

# BOOK

## agrégation de physique

commentaires du jury & retours des candidats

session 2019-2020





# Préambule

Le jury de l'agrégation publie tous les ans un rapport, disponible sur le site internet de l'agrégation<sup>1</sup>. Chaque rapport contient des commentaires sur les épreuves écrites de l'année, précise les exigences du jury concernant les épreuves orales, et souligne pour un certain nombre de leçons des points que le jury aimerait voir abordés différemment par les candidat(e)s. Le format de l'épreuve change pour la session de 2020, il est donc fortement recommandé de lire complètement le rapport de 2018 et 2019 expliquant les changements en questions et les attentes du jury par rapport à ces changements. L'ensemble des documents se trouvant sur internet (sans mot de passe) est accessible le jour de l'oral pendant la préparation et le passage du candidat(e). De plus, à partir de la session 2020, il n'y a plus de titres de leçon de physique à disposition. Le/la candidat(e) découvrira le titre de la leçon de physique le jour de l'oral 4 heures avant le passage.

Ce fascicule est une compilation partielle des rapports de jury, où les commentaires spécifiques à chaque leçon ont été regroupés. Nous avons pour le moment laissé les titres de leçons de physique pour avoir une vue d'ensemble sur ce qu'il peut être demandé sur chacun des thèmes. Vous trouverez l'intégralité des commentaires inclus dans les rapports 2013 à 2017 (nous avons parfois condensé les commentaires, pour éviter trop de répétitions). Le rapport de 2018 ne fait pas de commentaires détaillés par leçon contrairement aux années précédentes mais des remarques générales. Nous vous engageons donc d'autant plus d'aller lire ce rapport. Vous retrouverez tout le même les retours des étudiants qui ont passé les épreuves en 2018. Enfin, les retours des anciens agrégatifs sur leurs oraux ont été inclus. Néanmoins, notez-bien que j'ai enlevé une bonne partie des plans proposés par ceux-ci, car ce Book n'a pas vocation à être un catalogue de leçons "clés en mains". Les retours pour l'agrégation spécifique pour les candidats possédant un doctorat ont également été compilés : leurs retours sont également présents dans ce fascicule. Que tous ceux qui ont contribué soient ici remerciés !

Les leçons de physique et les montages de la session 2019 sont classés selon la liste officielle.

Le programme de chimie a été largement modifié à la session 2014. Les commentaires et retours concernant les leçons des sessions 2013 et précédentes ne sont donc plus inclus dans ce book, et peuvent être trouvés dans l'édition 2014 du *Book*. Ils peuvent toujours servir de source d'inspiration.

Insistons sur le fait que les rapports de jury contiennent davantage que ce fascicule. Ils explicitent en particulier les attentes du jury pour les épreuves orales, et donnent des conseils pour les aborder au mieux. Nous ne saurions trop vous conseiller d'aller lire en entier au moins le rapport de l'été dernier.

Je vous souhaite bon courage pour la préparation de vos leçons et montages.

Jérémy Ferrand

---

1. <http://agregation-physique.org/>



# Table des matières

<b>Leçons de physique</b>	<b>1</b>
LP01 : Contact entre deux solides. Frottements.	1
LP02 : Gravitation.	1
LP03 : Caractère non galiléen du référentiel terrestre.	2
LP04 : Précession dans les domaines macroscopique et microscopique.	3
LP05 : Lois de conservation en dynamique.	5
LP06 : Cinématique relativiste.	6
LP07 : Dynamique relativiste.	8
LP08 : Notion de viscosité d'un fluide. Écoulements visqueux.	9
LP09 : Modèle de l'écoulement parfait d'un fluide.	11
LP10 : Phénomènes interfaciaux impliquant des fluides.	12
LP11 : Gaz réels, gaz parfait.	12
LP12 : Premier principe de la thermodynamique.	13
LP13 : Évolution et condition d'équilibre d'un système thermodynamique fermé.	14
LP14 : Machines thermiques réelles	15
LP15 : Transitions de phase.	16
LP16 : Facteur de Boltzmann	17
LP17 : Rayonnement d'équilibre thermique. Corps noir.	17
LP18 : Phénomènes de transport.	18
LP19 : Bilans thermiques : flux conductifs, convectifs et radiatifs.	19
LP20 : Conversion de puissance électromécanique.	20
LP21 : Induction électromagnétique.	21
LP22 : Rétroaction et oscillations.	22
LP23 : Aspects analogique et numérique du traitement d'un signal. Étude spectrale.	24
LP24 : Ondes progressives, ondes stationnaires.	25
LP25 : Ondes acoustiques.	26
LP26 : Propagation avec dispersion	27
LP27 : Propagation guidée des ondes.	28
LP28 : Ondes électromagnétiques dans les milieux diélectriques.	28
LP29 : Ondes électromagnétiques dans les milieux conducteurs.	30
LP30 : Rayonnement dipolaire électrique.	31
LP31 : Présentation de l'optique géométrique à l'aide du principe de Fermat.	31
LP32 : Microscopies optiques.	32
LP33 : Interférences à deux ondes en optique.	32

LP34 : Interféromètres à division d'amplitude. . . . .	34
LP35 : Diffraction de Fraunhofer. . . . .	35
LP36 : Diffraction par des structures périodiques . . . . .	35
LP37 : Absorption et émission de la lumière. . . . .	37
LP38 : Aspects corpusculaires du rayonnement. Notion de photon. . . . .	38
LP39 : Aspects ondulatoires de la matière. Notion de fonction d'onde. . . . .	39
LP40 : Confinement d'une particule et quantification de l'énergie. . . . .	41
LP41 : Effet tunnel. . . . .	42
LP42 : Fusion, fission. . . . .	43
LP43 : Évolution temporelle d'un système quantique à deux niveaux. . . . .	44
LP44 : Capacités thermiques : description, interprétations microscopiques. . . . .	45
LP45 : Paramagnétisme, ferromagnétisme : approximation du champ moyen. . . . .	45
LP46 : Propriétés macroscopiques des corps ferromagnétiques. . . . .	45
LP47 : Mécanismes de la conduction électrique dans les solides. . . . .	47
LP48 : Phénomènes de résonance dans différents domaines de la physique. . . . .	48
LP49 : Oscillateurs, portraits de phase et non-linéarités. . . . .	48

**Montages de physique . . . . . 50**

MP01 : Dynamique newtonienne . . . . .	50
MP02 : Surfaces et interfaces . . . . .	51
MP03 : Dynamique des fluides. . . . .	55
MP04 : Capteurs de grandeurs mécaniques. . . . .	58
MP05 : Mesures de température. . . . .	58
MP06 : Transitions de phase. . . . .	59
MP07 : Instruments d'optique. . . . .	61
MP08 : Interférences lumineuses. . . . .	62
MP09 : Diffraction des ondes lumineuses. . . . .	63
MP10 : Spectrométrie optique. . . . .	64
MP11 : Émission et absorption de la lumière. . . . .	66
MP12 : Photorécepteurs. . . . .	67
MP13 : Biréfringence, pouvoir rotatoire. . . . .	69
MP14 : Polarisation des ondes électromagnétiques. . . . .	70
MP15 : Production et mesure de champs magnétiques. . . . .	70
MP16 : Milieux magnétiques. . . . .	72
MP17 : Métaux. . . . .	74
MP18 : Matériaux semi-conducteurs. . . . .	74
MP19 : Effets capacitifs. . . . .	75
MP20 : Induction, auto-induction . . . . .	76
MP21 : Production et conversion d'énergie électrique. . . . .	77
MP22 : Amplification de signaux . . . . .	79
MP23 : Mise en forme, transport et détection de l'information . . . . .	81
MP24 : Acquisition, analyse et traitement des signaux . . . . .	82
MP25 : Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu). . . . .	83
MP26 : Mesure de longueurs. . . . .	85

MP27 : Systèmes bouclés. . . . .	89
MP28 : Instabilités et phénomènes non-linéaires. . . . .	91
MP29 : Ondes : propagation et conditions aux limites. . . . .	92
MP30 : Acoustique. . . . .	93
MP31 : Résonance. . . . .	95
MP32 : Couplage des oscillateurs. . . . .	97
MP33 : Régimes transitoires. . . . .	98
MP34 : Phénomènes de transport. . . . .	98
MP35 : Moteurs. . . . .	99
Manipulations improvisées . . . . .	100
<b>Leçons de chimie . . . . .</b>	<b>101</b>
LC01 : Séparations, purifications, contrôle de pureté (L) . . . . .	101
LC02 : Polymères (Lycée) . . . . .	102
LC03 : Chimie durable (Lycée) . . . . .	103
LC04 : Synthèses inorganiques (Lycée) . . . . .	103
LC05 : Stratégies et sélectivité en synthèse organique (Lycée) . . . . .	105
LC06 : Dosages (Lycée) . . . . .	106
LC07 : Cinétique et catalyse (Lycée) . . . . .	109
LC08 : Caractérisations par spectroscopie en synthèse organique (Lycée) . . . . .	109
LC09 : Du macroscopique au microscopique dans les synthèses organiques (Lycée) . . . . .	110
LC10 : Capteurs électrochimiques (Lycée) . . . . .	111
LC11 : Molécules de la santé (Lycée) . . . . .	113
LC12 : Stéréochimie et molécules du vivant (Lycée) . . . . .	115
LC13 : Acides et bases (Lycée) . . . . .	116
LC14 : Liaisons chimiques (Lycée) . . . . .	117
LC15 : Solvants (CP) . . . . .	118
LC16 : Classification périodique (CP) . . . . .	121
LC17 : Solides cristallins (CP) . . . . .	122
LC18 : Corps purs et mélanges binaires (CP) . . . . .	123
LC19 : Application du premier principe de la thermodynamique à la réaction chimique (CP) . . . . .	125
LC20 : Détermination de constantes d'équilibre (CP) . . . . .	126
LC21 : Analyse chimique quantitative (CPGE) . . . . .	128
LC22 : Évolution et équilibre chimique (CP) . . . . .	129
LC23 : Diagrammes potentiel-pH (construction exclue) (CP) . . . . .	130
LC24 : Optimisation d'un procédé chimique (CPGE) . . . . .	131
LC25 : Corrosion humide des métaux (CP) . . . . .	132
LC26 : Conversion réciproque d'énergie électrique en énergie chimique (CP) . . . . .	133
LC27 : Solubilité (CP) . . . . .	133
LC28 : Cinétique électrochimique (CP) . . . . .	135
<b>Valeurs de la République . . . . .</b>	<b>136</b>

# Leçons de physique

## LP01 : Contact entre deux solides. Frottements.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Cette leçon gagne beaucoup à être illustrée par des exemples concrets maîtrisés.

**2016** : Cette leçon est l'occasion d'appliquer les lois de la mécanique du solide.

**2015** : Cette leçon est souvent présentée à un niveau trop élémentaire. La compréhension des aspects microscopiques en jeu est appréciée par le jury.

**2014** : Il est toujours intéressant de posséder des notions sur les modèles microscopiques du frottement.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Contact entre deux solides. Frottement de glissement. Applications au glissement et au roulement.*

**2012** : Les candidats sont invités à réfléchir sur la notion de contact ponctuel et à la réalité microscopique de ce contact. Il peut être intéressant d'illustrer et discuter la différence entre coefficients de frottement statique et dynamique.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 - Note : 15/20

Plan ; 1. Toutes les définitions, point de vue macro/micro + nécessité d'une équation pour résoudre les systèmes d'équations 2. Énoncé des lois, expérience du plan incliné, aspect énergétique. 3. Application au démarrage d'un cycliste.

Questions : Vous avez défini  $I_1$  et  $I_2$  mais sur le dessin vous montrez un  $I$ , quel lien vous faites entre tous ces  $I$  ? Vous avez appelé  $I$  le point de coïncidence, vous auriez un autre nom à donner ? Vous avez dit que le contact ponctuel était un cas idéal, pourquoi ? Qu'est ce que ça entraîne sur le contact entre les solides ? Ensuite j'ai du prendre une bonne quinzaine de minute sur l'application où j'avais volontairement passé la partie sur la détermination de la vitesse avec condition de non glissement, donc on est revenu dessus, et j'ai commencé à perdre ma lucidité. Vous pouvez m'expliquer rapidement comment on en vient à l'expression de la condition de roulement sans glissement ? Dans votre raisonnement vous avez négligé plein de source de frottements, lesquels ? Et par exemple au niveau de l'axe de rotation de la roue ça donne quoi ? Liaisons parfaites oui, mais ça donne quoi au niveau des moments ? Votre TMC, vous le faites dans quel référentiel ? Il est galiléen ce référentiel ? Il faudrait ajouter le moment de quelle force ? Pourquoi on l'ajoute pas ?

## LP02 : Gravitation.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Les applications ne doivent pas nécessairement se limiter à la gravitation terrestre.

**2016** : Les analogies entre l'électromagnétisme et la gravitation classique présentent des limites qu'il est pertinent de souligner.

**2015** : Deux nouvelles leçons ont été ajoutées [dont] une leçon intitulée « Gravitation », pour laquelle les candidats s'attacheront, dans le cadre de la physique classique, à développer quelques caractéristiques de l'interaction gravitationnelle.

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2019 - Note : 08/20

Plan : I/ Force et Champ Gravitationnels, II/ Dynamique d'un système gravitationnel à 2 corps, III/ Phénomènes des marées.

Questions : Trouver l'équation de l'ellipse, Applications envisageables ?

## LP03 : Caractère non galiléen du référentiel terrestre.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Les candidats sont invités à réfléchir sur la définition du référentiel terrestre. Cette leçon mérite la proposition d'exemples qui mettent spécifiquement en évidence le caractère non galiléen du référentiel terrestre (et non celui d'un autre référentiel). Les effets des forces d'inertie d'entraînement et de Coriolis sont tout aussi intéressants à expliciter.

**2016** : Cette leçon peut être illustrée par d'autres exemples qu'historiques.

**2015** : Les prérequis de cette leçon, comme les formules de changement de référentiel, doivent être bien maîtrisés afin de permettre une discussion aisée des phénomènes physiques en jeu. Les conditions dans lesquelles le référentiel terrestre peut être assimilé à un référentiel galiléen doivent être clairement énoncées. La présentation d'exemples pertinents récents, et non simplement historiques, est appréciée par le jury.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Caractère non galiléen du référentiel terrestre. Conséquences.*

**2013,2014** : Il est important d'expliciter les conditions dans lesquelles on peut négliger le caractère non galiléen d'un référentiel en général. Les candidats veilleront à choisir des exemples pertinents pour illustrer le caractère non galiléen du référentiel terrestre et à quantifier la précision à laquelle ils travaillent.

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2018 - Note : 17/20

Commentaires généraux : j'étais contente de tirer ce sujet, j'y avais passé beaucoup de temps pendant les révisions car c'était un des premiers que je préparais. La préparation s'est bien passée, mon technicien était très gentil et disponible, il m'a apporté et monté la Flexcam, fait plusieurs aller-retours pour trouver la casio collègue que j'avais demandée... J'ai utilisé le dernier quart d'heure pour faire un transparent mais j'aurais mieux fait de le passer à écrire mon plan au tableau, à me relire ou à boire un coup parce qu'à peine le jury entré dans la salle (3 ou 4 minutes en avance), l'un d'eux a déclenché le chrono avant même d'être assis. J'ai donc commencé ma présentation hyper stressée, mon plan n'était même pas écrit au tableau. J'ai un peu décompressé en parlant mais j'ai passé trop de temps sur la première partie : panique à bord quand je me rends compte qu'il me reste 25min (la moitié du temps) à la fin de mon I), puis de pire en pire jusqu'au bout : je n'ai même pas eu le temps d'entamer la partie III. Après la série de questions où j'ai bien senti que le jury essayait de me redonner confiance en moi, je suis sortie complètement effondrée.

J'étais donc très étonnée de ma note et je suis allée voir le jury lors des entretiens : ils m'ont clairement expliqué qu'une bonne note ne récompense pas nécessairement la leçon parfaite, mais une leçon où la physique est présente et surtout où les réponses aux questions sont sensées, même si fausses. Je tiens donc à insister sur le fait qu'il n'y a pas d'erreur "éliminatoire" et que même si vous croyez avoir touché le fond, il ne faut SURTOUT pas laisser tomber : vous n'êtes jamais à l'abri d'une (très) bonne surprise !

Questions posées : comment facilement faire comprendre à un élève que le pendule de Foucault tourne ? Pourquoi Coriolis n'est pas négligeable pour un tir au boulet de canon ? Expliquer et donner des conditions de réalisation de déviation vers l'est ? Le Soleil et la Lune ont-ils le même rôle vis-à-vis de la Terre ? Vous avez dit que les étoiles qui servent à définir le référentiel géocentrique sont fixes mais le sont-elles vraiment ? Comment mesure-t-on la vitesse d'une étoile ? Sur quel point de la surface terrestre a-t-on le plus gros écart angulaire entre les vecteurs  $g$  et  $G$  ? Vous avez dit que  $g$  est uniforme proche de la surface ? Quel est le mouvement de la Lune dans le référentiel géocentrique ? Sa période de révolution ? Vous avez dit que la force d'inertie d'entraînement est centrifuge ? Pourquoi la Lune nous montre toujours la même face ? Qu'est-ce qui ralentit la rotation de la Terre ? Lors de l'entretien, il m'a expliqué qu'il s'agissait d'une question en fait particulièrement difficile et que les variations de la vitesse de rotation de la Terre sont périodiquement corrélées aux séismes.

## LP04 : Précession dans les domaines macroscopique et microscopique.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : L'étude de l'un des domaines, macroscopique ou microscopique, ne doit pas conduire au sacrifice de l'autre : un certain équilibre est attendu. Il est nécessaire d'avoir suffisamment de recul en mécanique des solides pour préciser l'origine des formules avancées.

**2016** : Afin de bien équilibrer la leçon, il est judicieux de ne pas passer trop de temps sur les aspects cinématiques.

**2015** : La leçon « Précession dans les domaines macroscopique et microscopique » remplace la leçon « Approximation gyroscopique. Effets dans les domaines macroscopique et microscopique », dont l'énoncé pouvait conduire les candidats à des confusions.

Jusqu'en 2015, le titre était : *Approximation gyroscopique. Effets dans les domaines macroscopique et microscopique.*

**2015** : L'exposé doit être équilibré entre la description des effets macroscopiques et microscopiques. Il n'est pas souhaitable de faire un catalogue exhaustif des applications mais plutôt d'en traiter quelques-unes de manière complète. Le/la candidat(e) doit être capable de trouver l'orientation et le sens des effets gyroscopiques sur des exemples simples.

**2011, 2012, 2013, 2014** : Les candidats ignorent trop souvent les principes de fonctionnement et les performances des gyroscopes modernes.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2018 - Note : 10/20

La préparation s'est très bien passée, j'ai pris mon temps pour faire des beaux transparents, chercher les images dont j'avais besoin sur l'ordinateur et pour comprendre le principe de la RMN que je ne connaissais pas trop. La présentation s'est également bien passée, le seul problème que j'ai eu est le même que j'ai eu plusieurs fois dans l'année : en cours de leçon je me retrouve soudain persuadée d'avoir 45 min d'oral au lieu de 50 min... J'ai donc coupé des parties sur le gyroscope pour être sûre d'avoir le temps de traiter la RMN, que j'ai du également faire en accéléré (toujours persuadée qu'il me restait 2 min au lieu de 7). J'ai compris mon erreur quand le jury m'a annoncé qu'il me restait 5 min. J'ai donc pu finir tranquillement sur la RMN et revenir sur le gyroscope pour faire une manip et expliquer la stabilisation des bateaux. J'ai fini 2 min en avance, ne voulant pas finir sur un calcul du gyroscope (que j'avais sauté) et préférant finir sur du qualitatif.

Questions : J'ai du réexpliquer des choses sur le gyroscope, forcément. Réexpliquer le principe du roulis, pourquoi ça tourne quand on appuie à un endroit, de manière pas intuitive ? Quel est le nom du dispositif qui tient l'ensemble ? Quelle est la différence entre jour sidéral et jour terrestre ? Expliquer le phénomène des saisons. Pourquoi parle-t-on de résonance magnétique, en quoi est-ce une résonance, pourquoi cette condition est appelée résonance ? Quelles sont les autres forces qui s'appliquent sur la toupie ? Pourquoi leurs moments sont nuls ? Pourquoi la toupie s'arrête ? Comment se traduisent les frottements dans le TMC, si on les prenait en compte ? L'équation gyroscopique n'apparaît pas dans la partie I (Cas de la toupie), pourquoi ? (choix pédagogique, elle est là quand même, il faut juste changer de référentiel). Quelle correction quantique faudrait-il rajouter dans le modèle présenté de la RMN ?

Retour du jury : Honnêtement, je m'attendais à plus et je suis un peu déçue, je trouvais que la présentation ne s'était pas trop mal déroulée, malgré le couac dû au temps. J'avais plutôt bien répondu à la plupart des questions... excepté le phénomène des saisons. Ce qui est très bête, je le savais mais je me suis embrouillée sur place. Globalement, ils m'ont dit que la première partie s'était très très bien passé, qu'ils pensaient me mettre 20. C'est à partir du moment où j'ai vu qu'il "me manquait du temps" (spoiler : non) et que j'ai accéléré, sauté des parties en live que c'est devenu très brouillon. Je suis quand même passé rapidement sur la RMN et du coup, ce n'était pas assez clair. Le gyroscope, sans avoir fait les calculs et le détail des notations et phénomènes n'était du coup pas super clair non plus. Ils m'ont dit que le plus gros problème c'est que j'avais voulu en mettre trop et tout faire quand même (en fait, je suis persuadée que ça aurait pu tenir, en allant à un rythme assez soutenu, c'est juste que j'ai (encore) géré mon temps n'importe comment). Ne pas avoir su expliquer le phénomène des saisons alors que je maîtrisais parfaitement la précession des équinoxes m'a aussi un peu plombée. Le fait de ne pas avoir pas fait le lien avec l'équation de précession dans la partie I et II était aussi dommage, du coup ça ne s'enchaînait pas bien.

**Agrégation 2018 - Note : 18/20**

La préparation s'est bien passé, j'ai eu accès à une toupie et à un gyroscope, les techniciens ont été adorables. Je n'ai pas eu de problème de temps (ni en prépa ni pendant la présentation). Trois femmes dans le jury. Questions sur les aspects macro (précisions sur les référentiels de travail, sur l'approximation gyroscopique, sur qu'est-ce qu'il se passe au niveau du calcul et expérimentalement quand on sort de cette approximation / quand la toupie n'a pas la symétrie de révolution etc.); questions sur les aspects microscopiques (limites du modèle atomique classique, conséquences de la quantification de  $L$ , qu'est-ce qu'on mesure exactement en RMN / à quoi avons-nous accès lors d'une mesure / comment on sait qu'on est à la pulsation de résonance?). Avis à chaud : présentation passable, j'ai abordé tout ce que je voulais. Je suis nulle en mécanique du solide donc cela s'est vu pendant les questions, mais je ne suis pas (trop) mauvaise en méca  $Q$  donc j'ai su répondre à toutes les questions sur le sujet. Bilan : je me suis plantée lorsqu'on m'a demandé dans quel référentiel j'avais fait mon théorème du moment cinétique mais je leur ai parlé pendant 2 min du facteur de Landé..

Le jury a aimé la pédagogie, l'utilisation explicative et démonstrative de la toupie et du gyroscope pour illustrer la LP. Ils ont aimé l'équilibre entre calculs au tableau - usage de transparents - illustrations expérimentales.

**Agrégation 2016 - Note : 11/20**

Je n'étais pas très contente de tirer ce sujet.. Je ne maîtrisais pas très bien les notions. J'ai pris très peu de biblio pour ne pas me perdre : Pérez de Méca, BFR Méca 1 et Cagnac Physique Atomique. J'y suis allée tranquillement pendant la préparation et j'ai terminé 1h avant ce qui m'a permis de travailler les questions. Plan : 1- Précession de la toupie. 2-Domaine micro : la résonance magnétique. J'ai passé autant de temps sur le 1 que sur le 2; J'ai fait le choix de ne pas traiter le gyroscope car je ne le maîtrisais pas et que j'avais peur que ça me prenne du temps au détriment du domaine micro qui est attendu. Le jury m'a dit au retour que le choix était judicieux et que de toute façon ils n'ont pas d'attente particulière et sont ouverts à tous les types de plans. Commentaires du jury : Ce qui a payé a été mon dynamisme et ma motivation de bien faire malgré le fait que je ne maîtrisais pas entièrement le sujet. Ils ont trouvés que je n'avais pas assez dégagée l'idée générale de la leçon, qu'on ne savait pas ce qu'il fallait retenir à la fin. Ils ont senti les failles que j'avais notamment lors des questions. Honnêtement je ne pensais pas du tout avoir cette note, j'étais persuadée d'avoir 4. Il faut donc avoir en tête que le jury est bienveillant et que si vous êtes motivé il le voit et ça comptera dans la note.

Questions : Pourquoi en résonance magnétique le champ fixe est plus intense que le champ tournant ? Pourquoi la sensibilité dépend du champ fixe ? C'est quoi la sensibilité ? Quelles origines du moment cinétique ? La résonance magnétique du neutron existe-t-elle ? Dans le cas du proton, le moment magnétique est-il orbitalaire comme vous l'avez présenté avec le modèle de Bohr ? Pour le proton, de quoi dépend le facteur gyromagnétique ? Expliquer la précession des équinoxes. Pour la résonance magnétique, quel phénomène se passe quand la pulsation est environ égale à la pulsation de Larmor ? Pour la toupie, y a-t-il que le poids comme force ? Pourquoi on ne prend pas en compte la réaction du support dans les calculs ? Quels types de frottement qui fait que la toupie tombe ?

**Agrégation 2016 - Note : 15/20**

C'est une leçon difficile mais j'ai été content de tomber sur celle-là plutôt que sur pire. Mon plan est I Mouvement de précession d'un solide et II Approche semi-classique du magnétisme, je parle de RMN seulement en conclu car ça fait appel à la mécanique quantique et ça sort du domaine "précession".

La préparation s'est assez bien passée, mais je n'étais pas parfaitement au point sur la mécanique du solide et j'ai passé beaucoup de temps à préparer mon I. J'ai eu un ordinateur poussif et très mal placé dans la salle, j'ai perdu du temps à préparer des images à projeter, que je n'ai pas projetées parce qu'il fallait que je traverse la salle pendant mon oral. Les techniciens étaient gentils mais un peu perdus, heureusement qu'il n'a pas fallu monter de manip compliquées (j'ai montré une toupie en intro, ça a été le fil conducteur de mon I, et j'avais une partie illustrative sur le gyroscope).

Le passage s'est bien passé, j'ai passé beaucoup de temps à détailler les angles d'Euler et le référentiel propre d'inertie, je pense que ça a été apprécié, mais ensuite j'ai dû sabrer des pans entiers de mon exposé parce que j'avais prévu trop de choses. J'ai quand même réussi à passer suffisamment de temps sur le II et à finir dans les temps.

Lors de la confession, la membre du jury m'a félicité pour cette leçon en disant que les réponses aux questions avaient confirmé que le sujet était maîtrisé. Elle m'a critiqué sur le manque de pédagogie, dû au fait que mon exposé était un peu bancal après en avoir éliminé des grands morceaux en direct.

Questions : Comment on définit formellement le référentiel propre d'inertie ? Pour un solide quelconque ? Vous avez étudié la toupie comme en contact ponctuel fixe avec le sol, pourquoi la toupie se déplace-t-elle en réalité ? Pourquoi la toupie finit par tomber ? Qu'est-ce qu'il se passe si le support de la toupie est accéléré (par exemple dans un ascenseur, ou en chute libre) ? Sur la résolution du mouvement de Poinsot d'un solide, vous avez exhibé des solutions particulières, quelles sont les solutions générales ? Pouvez-vous revenir sur le mouvement de précession de

la Terre ? (partie expédiée en raison du manque de temps et peu claire) Vous avez dit que le gyroscope permettait de mettre en évidence le caractère non galiléen du référentiel terrestre, comment exactement ? Est-ce que c'est possible d'étudier des mouvements hors du cadre de l'approximation gyroscopique ? Par exemple ? Par rapport à l'expérience d'Einstein et de Haas, vous avez dit que la valeur du rapport gyromagnétique mesurée n'était pas en accord avec le modèle semi-classique et qu'il fallait faire appel à des modèles quantiques, pouvez-vous expliciter ? Qu'est-ce qu'on mesure exactement en RMN ? Comment on effectue cette mesure en pratique ?

### Agrégation 2016 - Note : 16/20

Questions : 1er correcteur : Application du gyro dans le domaine maritime (en lien avec l'expression du couple gyroscopique) ? Dans bateau, quelle partie du gyro (que j'avais montré) serait elle relié à la coque ? Garder le cap, quel domaine est ce utilisé ? (les avions de chasse notamment, système de rétroaction). Sur un échelle de temps de 24h, qu'observe t on si on maintient la rotation du gyro ? sur un an ? Pour la RMN, quel type de particule est étudiée ? (les protons H). Autre type de moment cinétique ? (orbitaire). Influence des voisins ? couplage, décalage en fréquence. Résolution typique d'un spectro RMN pour la détermination de la fréquence ? Intérêt de faire varier le champ  $B_0$  plutôt que  $f$  ? (les équations sont les mêmes, juste plus simple à réaliser). 2nd correcteur : Matériau para, plonge dans champ B et acquiert une aimantation induite. Pourquoi, alors qu'on a vu que ça ne devrait que faire précéder les moments magnétiques autour de la direction du champ ? (pas de réponse). Comment à partir de l'expression de l'état initial, on obtient l'état au temps  $t$  ? (application de l'opérateur évolution). J'ai fait une présentation assez classique avec I/application macro et II/ application micro. J'ai réussi à partager ma leçon équitablement et j'ai notamment donné la bonne approximation gyroscopique (que l'on trouve dans le BUP 587). Je pense que ça a plus. J'ai notamment développer la RMN en parlant directement de l'aspect quantique pour avoir le temps de faire les oscillations de Rabi. Je n'ai pas parlé de l'analogie classique (moment orbitaire) mais ils sont venus dessus en question. Niveau expérience, j'ai lancé une toupie et sorti le gyroscope, j'ai bien insisté sur l'effet du couple gyroscopique, et expliquer le mouvement "paradoxal" du gyro, ils ne m'ont pas posé de question dessus. Le jury était neutre, les techniciens très disponible et sympathique. Je n'ai pas eu de problèmes particulier pendant la préparation. Le temps de question n'a pas dépassé 20 min.

## LP05 : Lois de conservation en dynamique.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Des exemples concrets d'utilisation des lois de conservation sont attendus.

**2016** : Lors de l'entretien avec le jury, la discussion peut aborder d'autres domaines que celui de la mécanique classique.

**2015** : Cette leçon peut être traitée à des niveaux très divers. L'intérêt fondamental des lois de conservation et leur origine doivent être connus et la leçon ne doit pas se limiter à une succession d'applications au cours desquelles les lois de conservation se résument à une propriété anecdotique du problème considéré.

Jusqu'en 2014, le titre était : *Lois de conservation en dynamique des systèmes.*

Jusqu'en 2013, le titre était : *Exemples d'utilisation des lois de conservation en dynamique des systèmes.*

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 - Note : 7/20

La préparation s'est bien passée dans l'ensemble, j'ai changé de plan au bout de 1h30 réalisant que celui préparé durant l'année n'était pas optimal. Je n'ai pas eu le temps de finir, j'avais prévu comme plan : I) Loi fondamentales et quantités conservées , II) Mouvement à deux corps.

Je n'ai pas eu le temps de finir, je me suis arrêté à la loi des aires. Mon plan n'a pas été critiqué/commenté, les questions ont directement porté sur la video présentée : Vous avez défini un système au début de la leçon, quel était ce système exactement ? Peut on considérer que le système  $S = (\text{Homme-planche-ballon})$  est isolé ? À quoi sont dues les forces de frottements ? Vous avez parler du recul lorsque l'on tire au fusil, quel est la différence entre les frottements sur la planche à roulette et une balle dans un fusil ? Que faut il privilégier pour que la planche bouge des gros frottement ou des petits frottements ? Connaissez vous un autre système où les frottements de ne sont pas présent permettant de montrer cette loi de conservation ? Quelles forces s'appliquent sur le système ? Autres questions : Lors du TMC vous l'avez introduit avec des masses ponctuelles mais le système Tabouret-Moi-Roue n'est pas ponctuel, comment expliquer le lien entre les deux situations aux élèves ? Comment s'exprime le moment cinétique dans ce cas ? Quelles forces s'appliquent sur le système ? Expliquer ce qu'est le référentiel barycentrique ! Connaissez vous un exemple de système à deux corps ? En considérant le système Terre-Lune, quel référentiel galiléen vous considérez ? Vous avez établi que le référentiel barycentrique était en MRU donc galiléen, dans le

cadre du système Terre-Lune le barycentre est-il en MRU par rapport au référentiel héliocentrique ? “TMC, TEC, PFD” ok ... mais qu'est-ce que c'est ? En quoi sont-ils différents ? Comment les relier au premier principe de la thermodynamique ?

### Agrégation 2014 - Note : 17/20

Plan fait dans l'année (avec les notions de symétries très importantes) + fibre optique (traitée dans le Portelli). Qu'entendez-vous par espace isotrope ? (réponse rapide et le niveau s'est élevé, je me suis dit hurra) De quelle façon peut-on traiter des systèmes non conservatifs en les rendant conservatifs (j'ai invoqué la thermo, il a dit pourquoi pas mais il attendait autre chose) ? Pourquoi avoir proposé le vecteur de Runge-Lenz, quelle est son utilité en mécanique quantique (cf Aslangul) ? Un autre correcteur m'a posé des questions simples comme lier la courbe d'énergie potentielle effective à la trajectoire d'un astéroïde en état libre (situer le périhélie). J'ai répondu trop vite, je me suis fait avoir, j'ai eu un moment d'hésitation et j'ai bien répondu (la fatigue et peut-être aussi parce que je pensais à la question sans réponse de ma part). Puis une ouverture sur les états libres et liés en MQ.

Le jour des résultats, le jury était très satisfait de l'analogie mécanique/optique appliquée à la fibre à gradient d'indice et que le reste était bien traité (pas trop de calculs). On m'a dit que les 3 points en moins c'était l'hésitation lors de la question simple ...

### Agrégation 2013 - Note : 07/20

Pour la Terre autour du Soleil, est-ce qu'il y a des grandeurs conservées autres que le moment cinétique et l'énergie ? Pour le pendule pesant : quelle est la propriété fondamentale qui permet la conservation de l'énergie ? J'ai fait le choc frontal avec les billes : est-ce qu'on peut toujours résoudre le problème des chocs, même en 2D ou 3D ?

En parlant avec le jury le jour des résultats, ils m'ont dit qu'il fallait prendre du recul sur les conservations des grandeurs, les relier à l'invariance du système (invariance par rapport au temps donc conservation de l'énergie dans le cas du pendule), qu'il fallait chercher des grandeurs qui se conservent par exemple le vecteur de Runge-Lenz, et que le choc des billes est à une dimension donc ne reflète pas la réalité : en général on ne sait pas résoudre le problème. Traiter plutôt l'effet Compton.

## LP06 : Cinématique relativiste.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2016** : Les notions d'événement et d'invariant sont incontournables dans cette leçon.

**2015** : Le jury rappelle qu'il n'est pas forcément nécessaire de mettre en œuvre des vitesses relativistes pour être capable de détecter et de mesurer des effets relativistes.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Principes de la cinématique relativiste. Conséquences.*

**2014** : Cette leçon exige une grande rigueur dans l'exposé tant sur les notions fondamentales de relativité restreinte que sur les référentiels en jeu. Elle invite les candidats à faire preuve d'une grande pédagogie pour présenter des notions a priori non intuitives et faire ressortir les limites de l'approche classique. Un exposé clair des notions d'invariant relativiste est attendu.

**2013** : Cette leçon exige une grande rigueur dans l'exposé tant sur les notions fondamentales de relativité restreinte que sur les référentiels en jeu. Elle invite les candidats à faire preuve d'une grande pédagogie pour présenter des notions a priori non intuitives et faire ressortir les limites de l'approche classique. Un exposé clair des notions d'invariant relativiste et de composition des vitesses et de ses propriétés est incontournable dans cette leçon. La réciprocity des effets de dilatation des durées et de contraction des longueurs doit être soulignée.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2018 - Note : 10/20

Plan : I. Limites de la cinématique classique 1) Principe de relativité galiléenne (notion de référentiel, temps absolu, référentiel galiléen, principe de relativité galiléenne, transformation de Galilée, invariance de la force par changement de référentiel, qu'en est-il de l'électromagnétisme ?) 2) Incompatibilité avec l'électromagnétisme (Valeur précise de  $c$ , invariance de  $c$ , composition des vitesses classique en désaccord, deux hypothèses cf BFR : éther ou autre transformation ? Résolution par l'expérience ?) 3) Expérience de Michelson et Morley (principe, résultat, nécessité d'un nouveau formalisme ? Einstein, la relativité restreinte) II. Fondements de la relativité restreinte 1) Postulats (BFR pour les énoncés, le temps non absolu quelles conséquences ?) 2) Perte de simultanéité (train d'Einstein, Ok mais on a toujours pas de transformation d'un référentiel à l'autre) 3) Transformation de

Lorentz Poincaré (écriture de tête des transformations, a-t-elle résolu nos problèmes ?) 3) Vérifications (perte de simultanéité, invariance de  $c$ , composition des vitesses, mécanique classique valable à  $v$  petit devant  $c$ ) 4) Une conséquence : la dilatation du temps (expérience des muons, une explication ? Oui avec Lorentz, notion de temps propre et de dilatation des durées, analogie pour introduire la contraction des longueurs) 5) Cartographie nouvelle de l'espace-temps (Diagramme de Minkovski et invariance du carré de l'intervalle) Ouverture sur la dynamique relativiste, la diffusion Compton.

Après discussion avec le jury, ils ont apprécié le dynamisme et l'envie de transmettre la relativité de façon à susciter l'intérêt d'un élève. Ils m'ont reproché une mauvaise gestion du temps (plan à remanier peut-être ?) et un manque de rigueur dans la donnée des principes de la relativité que j'avais tiré du BFR (deux principes se recourent).

### Agrégation 2015 - Note : 04/20

Préparation : Comme j'avais appris mes plans par cœur et que la biblio était assez simple la préparation s'est très bien passée. J'ai eu le temps de bien préparer mes brouillons. Surprise sympa en arrivant : sur les ordinateurs étaient présent (et classés) des transparents tout prêts (tirés des bouquins). Du coup je m'en suis beaucoup servi.

Présentation : Évidemment je n'ai pas eu le temps de tout présenter ! Le fameux « il vous reste 5 minutes » est arrivé à la fin de mon II, donc je n'ai pas fait l'invariant relativiste pour évoquer les contractions des longueurs et dilatation du temps. Du coup j'ai très mal géré mon temps de présentation et la fin était rush ! J'ai pris le temps de faire une conclusion potable.

Beaucoup de questions sur l'expérience de Michelson et Morley (évidemment). Je n'ai pas été irréprochable sur la présentation de cette expérience ni sur les réponses aux questions. Moralité : Connaitre les motivations et les conclusions de cette expérience si vous voulez la présenter ... Ensuite des questions sur la notion de relativité Galiléenne. Le mouvement des planètes est dirigé par la relativité restreinte ?

Commentaires du jury : Il faut impérativement parler des conséquences [qui étaient en partie III, pas présentée] !!! Surtout la dilatation du temps et la perte de simultanéité. Les calculs c'est sympa mais il faut « du concret ». Puis il faut être béton sur Michelson et Morley.

### Agrégation 2014 - Note : 16/20

J'ai présenté cette leçon en classe en 2013 et la prestation du jour J a correspondu exactement au polycopié de l'époque, transparents compris. La préparation s'est passée idéalement.

Quelle est la particularité des ondes lumineuses par rapport aux autres ondes ? Vis-à-vis de la constance de  $c$  ? (je n'ai pas trop compris le sens de cette question). Existe-t-il une grandeur invariante par transformation de Lorentz ? (carré de l'intervalle relativiste). Quel est l'intérêt de cet invariant et sa signification physique concrète ? Connaissez-vous le paradoxe des jumeaux ? Pouvez-vous expliquer en quelques mots ce paradoxe et le lever ? Pouvez-vous donner les grandes lignes de la démonstration permettant d'aboutir à la transformation de Lorentz ? Existe-t-il une distinction entre le caractère homogène et le caractère absolu du temps ? Plus précisément, le caractère absolu entraîne-t-il le caractère homogène ? (rires du jury qui a précisé que ça pourrait être un bon sujet de philosophie). Vous avez donné une valeur numérique de  $c$  : comment cette valeur est-elle déterminée expérimentalement aujourd'hui ? Les systèmes atomiques sont-ils soumis à la notion de temps propre ? Dans quels systèmes d'utilisation courante utilise-t-on des horloges atomiques ? (GPS). Concernant les détecteurs de muons, y a-t-il une condition sur le déclenchement du comptage ? (pas compris). Vous avez donné des dates tout au long de la leçon, pouvez vous préciser quand a été établie la transformation de Lorentz, par rapport aux travaux d'Einstein ? Pourquoi on ne l'appelle pas la transformation d'Einstein ? (apparemment, l'expression mathématique de la transformation de Lorentz a vu le jour avant Einstein, mais n'a été interprétée physiquement qu'ensuite).

Ils ont beaucoup aimé la leçon, le dynamisme et la pédagogie. La « raison pour laquelle la note n'est que de 16 » réside en un manque de clarté sur certains calculs et notamment pour l'expérience de Frisch et Smith ...

### Agrégation 2014 - Note : 09/20

Détaillez le calcul de Michelson et Morley ? But premier de l'expérience de Fizeau ? Fonctionnement des détecteurs de muons dans l'expérience de Frisch et Smith ? Comment synchroniser deux montres dans un même référentiel ? Dans quel cas nous pouvons rencontrer la dilatation du temps ?

J'ai plus ou moins suivi le BFR méca1 et le Langlois, mais comme me l'a fait remarquer le jury durant l'entretien j'ai passé beaucoup trop de temps sur la première partie (transfo de Galilée et Michelson Morley) qui n'est pas au coeur du sujet de la LP et de ce fait je n'ai pas eu le temps de présenter la contraction des longueurs et l'intervalle espace/temps. Cependant ils ont apprécié l'usage des transparents, le fait d'apporter dès que j'ai pu une description des expériences qui ont confirmées ou infirmées l'avancée de la relativité (Michelson et Morley, Fizeau, Frisch et Smith).

**Agrégation 2014 - Note : 14/20**

Les questions ça a duré longtemps ... plus que les 20 minutes. Je trouvais que j'avais fait un truc vraiment bien et ils ont eu plutôt du mal à me coller dans les questions donc je trouve pas ça cher payé. Pendant les confessions, elle m'a dit -3 points parce que vous étiez beaucoup trop stressé et c'est pas bien pour un prof et -3 parce que vous avez dit certains trucs faux pendant les questions mais la leçon était très bien.

Fonctionnement du GPS ? Corrections relativistes ? Précision ? — Qu'est-ce qu'une horloge atomique ? Pourquoi veut-on mesurer le temps aussi précisément ? Définition de la seconde ? Qu'est ce que l'on fait de mieux pour mesurer le temps ? — Plusieurs questions historiques : apports de Poincaré, Lorentz, Einstein, Fitzgerald ? — Questions historiques sur l'expérience de Michelson : date, précision, précautions expérimentales ? Ré-expliquer la rotation du Michelson de 90°. Pourquoi prendre la vitesse de la Terre par rapport au système solaire pour le calcul ? Et si l'éther était lié au référentiel terrestre ? Fait-on encore ce genre d'expérience actuellement ? — Dynamique relativiste ? Quadrivecteurs ? PFD relativiste ? Existe-t-il toujours des vecteurs (pas quadri) en relativité restreinte ? Existe-il l'équivalent d'une deuxième loi de Newton pour définir les référentiels d'inertie en relativité ? Autres manifestations de la contraction des longueurs/ dilatation du temps ? — Propriétés d'un muon en tant que particule ? Comment expliquer l'écart entre la valeur mesurée et le flux de muon que vous avez calculé avec la correction relativiste ? La seule source d'incertitude est-elle sur le rapport  $v/c$  ? Quelles énergies en jeu au CERN ? — Quelle jauge est invariante de Lorentz ? Intérêt ? Peut-on retrouver la contraction des longueurs à partir du quadrivecteur source  $(\rho/c, \vec{j})$  ? Peut-on retrouver la perte de simultanéité sans les transfo de Lorentz ? Faites un dessin. — Paradoxe des jumeaux ? Est-ce que c'est vraiment à cause des phases d'accélération que l'on ne peut pas appliquer les transformations de Lorentz à la fusée ? Est-ce que ça a été réalisé en vrai ? — Expliquer les résultats sur le périhélie de Mercure, ordres de grandeur ? Où intervient la relativité ? — Effet Doppler ? Effet Doppler relativiste ? Effet Doppler transverse en mécanique classique ? Cet effet a-t-il été mesuré ? Sur quels systèmes ?

**Agrégation 2013 - Note : 02/20**

Comment être sûr qu'un des bras du Michelson est dans le sens du mouvement de la Terre dans l'expérience de Michelson Morley ? Expliquer le paradoxe des jumeaux.

Je n'ai pas eu le temps de traiter tout ce que j'avais prévu, notamment le paradoxe des jumeaux, la contraction des longueurs, la dilatation du temps, les exemples du temps de vie des muons, ou du train en mouvement avec les deux observateurs et les deux signaux, expérience qui met en évidence la perte de la simultanéité par changement de référentiel galiléen. Je maîtrisais le sujet parfaitement (j'adore la relativité) mais par manque de temps (car j'ai trop expliqué comme à des élèves) je ne l'ai pas traité complètement. Moralité : il ne suffit pas de savoir, il faut bien gérer son temps. La note est très sévère mais elle prouve que le jury ne note pas des compétences ou des connaissances mais note une prestation dans un format très précis qu'il faut absolument respecter.

**LP07 : Dynamique relativiste.****Commentaires extraits des rapports de jury**

**2017** : La cinématique relativiste n'est pas l'objet de cette leçon. De plus, il ne faut pas se limiter à une suite de formules et de calculs. L'utilisation des quadrivecteurs peut être judicieuse. Des illustrations de physique moderne et/ou des situations réelles devraient être décrites et analysées.

**2015** : La leçon doit souligner l'intérêt du formalisme quadrivectoriel.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Dynamique relativiste. Exemples.*

**Retour des années précédentes****Agrégation 2019 - Note : 15/20**

J'étais passée dessus durant l'année. La préparation était plutôt détendue, je me suis servie des retours pour modifier un peu mon plan, et j'ai tranquillement pris des notes pendant 2-3h avant de m'entraîner et de chercher des trucs sur wikipédia. Passage en 40 min avec la dernière sous-partie sur un powerpoint : 1) De la dynamique classique à la dynamique relativiste, 2) Collisions, 3) Mouvement d'une particule chargée dans un champ EM. C'est une leçon sans expérience, donc j'ai fait gaffe à donner plein d'ordres de grandeur et j'ai trouvé une petite animation sur le fonctionnement du cyclotron (ouverture internet, tout ça tout ça). Le passage s'est bien passé, mais j'ai moins assuré sur les questions, qui portaient uniquement sur ce que j'avais abordé ou évoqué dans la leçon. Question : On utilise des masses partout et pourtant dans l'effet Compton vous prenez un photon, vous avez le droit ? Pour les collisions inélastiques vous prenez le quadrivecteur énergie-impulsion dans deux référentiels différents, vous avez le droit ? C'est quoi une pseudo-norme ? La métrique de Minowski que vous avez mis en

prérequis, c'est quoi ? Quel autre formalisme vous auriez pu utiliser pour les calculs ? L'existence d'une vitesse limite, ça a été vérifié expérimentalement ? Ils sont revenus sur le fonctionnement des accélérateurs de particule (cyclotron, synchro-cyclotron, synchrotron), la signification physique de la longueur d'onde Compton, et surtout sur la pertinence de présenter le quadrivecteur force de Minkowski et le PFD relativiste si c'est pour n'utiliser que le quadrivecteur impulsion-énergie dans la suite.

### Agrégation 2015 - Note : 14/20

Une des premières leçons que j'ai préparée avec mon binôme, cela m'a donné du courage lors de la préparation ! J'ai donc fait un plan proche de ce qu'on avait fait en tenant compte de ce que je me souvenais de la correction. Mon approche a donc été d'étendre les lois classiques au cas relativiste (le BFR de mécanique étant la source principale pour cette approche), sans réelle démonstration (pour éviter le piège qui est de ne faire que des calculs). Néanmoins j'ai oublié un transparent dans ma présentation, rendant ma présentation un peu moins claire.

Questions : Quelles sont les conditions pour obtenir un quadrivecteur ? Qu'est-ce qu'un scalaire ? Quelles transformations subissent les quadrivecteurs ? Comment démontre-t-on que la masse du photon est nulle ? Expérimentalement, quelle est la borne supérieure de sa masse ?

## LP08 : Notion de viscosité d'un fluide. Écoulements visqueux.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Il peut être judicieux de présenter le fonctionnement d'un viscosimètre dans cette leçon.

**2016** : Le jury invite les candidats à réfléchir d'avantage à l'origine des actions de contact mises en jeu entre un fluide et un solide.

**2015** : Afficher un tableau d'ordres de grandeur de viscosité ne suffit pas en soi pour illustrer la leçon. Tout exemple donné d'écoulement visqueux doit être maîtrisé par le/la candidat(e).

Jusqu'en 2013, le titre était : *Notion de viscosité d'un fluide. Écoulements visqueux. Nombre de Reynolds. Exemples simples.*

**2011, 2012, 2013, 2014** : L'exemple de l'écoulement de Poiseuille cylindrique n'est pas celui dont les conclusions sont les plus riches. Les candidats doivent avoir réfléchi aux différents mécanismes de dissipation qui peuvent avoir lieu dans un fluide. L'essentiel de l'exposé doit porter sur les fluides newtoniens : le cas des fluides non newtoniens, s'il peut être brièvement mentionné ou présenté, ne doit pas prendre trop de temps et faire perdre de vue le message principal.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 Docteur - Note : 20/20

Questions : Pourquoi la formule que vous avez donnée n'est valable que dans le cas d'un fluide incompressible ? Ça changerait quoi qu'il soit compressible ? Comment on peut savoir si l'hypothèse d'incompressibilité est juste ? La formule que vous avez donnée pour la force de Stokes, est-ce qu'elle est valable tout le temps ? Dans le cas de votre expérience est-ce qu'il faut tenir compte de ces corrections ? Dans votre calcul de nombre de Reynolds, vous avez pris la taille de la voiture comme taille typique de "variation de l'écoulement", qu'est-ce que vous auriez pu prendre d'autres ? Vous pouvez nous en dire plus sur cette couche limite ? Vous nous avez dit qu'il y avait une analogie avec la diffusion, vous pouvez développer ? Est-ce que vous pourriez expliquer à un élève pourquoi c'est la courbure de la température, et non son gradient, qui entraîne une variation de la température locale ? Vous pouvez faire un schéma pour visualiser ça ?

Retour : J'ai été étonné de ma note parce que je pensais vraiment avoir été lent et pas au top de ce que je pouvais faire, donc je suis allé leur demander ce qui avait plu. Il m'ont dit que j'avais été très pédagogique tout le long, et que justement le fait que je n'aie pas trop vite était bien. Sur les questions ils n'ont pas trouvé que je manquais de réactivité, et m'ont dit "c'est normal d'avoir dû chercher quelques instants pour certaines questions qui étaient vraiment pas évidentes". Ils m'ont par contre dit "on a eu très peur que vous ne fassiez pas la manip, parce que dans ce cas on aurait été obligé de vous mettre 14 et pas plus alors que tout était très bon". Ça donne une bonne info sur l'impact de la manip dans la note !

#### Agrégation 2017 - Note : ??/20

Voici les questions qu'on m'a posées : Est-ce que vous auriez pu faire une manip d'intro qualitative pour montrer un exemple d'écoulement visqueux ? Vous parlez d'irréversibilité, quelles en sont les causes ? Qu'est-ce qu'un fluide newtonien ? Donnez des exemples de fluide non newtoniens. Est-ce que vous pouvez décrire son

comportement ? Mathématiquement ça se traduit comment ? Vous avez donné la valeur de la vitesse moyenne des particules dans un gaz, d'où vient cette formule ? Pouvez-vous donner son expression ? Est-ce que vous pouvez justifier que dans le préfacteur il y a un  $v^2$  ? Que devient l'équation que vous avez présentée (navier-stokes avec  $\text{div}(\mathbf{v})=0$ ) dans le cas compressible ? Vous avez dit qu'expérimentalement on pouvait mesurer la vitesse d'un fluide dans un écoulement de Couette plan. Comment fait-on en pratique ? Vous avez fait une analogie entre la conduction thermique et la viscosité, qui joue l'analogie de la loi de Fourier ? Pour Reynolds, vous avez pris l'exemple du modèle d'avion et vous avez dit que c'est le seul nombre important pour mettre à l'échelle un écoulement ? Pour le viscosimètre à bille, vous avez donné la force de Stokes, comment vous justifiez à un élève qu'elle est proportionnelle à la vitesse et non la vitesse au carré ? Est-ce qu'il existe une formule universelle qui donne la force exercée par un fluide sur un solide ? Parlez nous de la force de traînée. Comment varie le coefficient de traînée avec le Reynolds ? "Question pour l'amusement parce qu'il reste 30s, est-ce que vous savez comment varie la viscosité en fonction de la température dans un fluide supercritique ?"

A part ça, ils m'ont fait corriger une erreur que j'ai faite sur un schéma (je parlais de vitesse, je dessinaï une force et j'ai écrit "v" au lieu de "F" sur le schéma). Ils m'ont demandé de reformuler un truc aussi parce que pour un élève c'était peut-être un peu lourd/pompeux, je l'ai fait.

### Agrégation 2015 - Note : 18/20

Temps de préparation bien utilisé, j'ai eu le temps de demander 3 manips au technicien, mais j'en ai utilisé qu'une seule, et ça a pas marché comme je voulais. J'avais de toute façon assuré en cherchant dans les documents numérisés des photos de ce que je voulais montrer, donc je suis vite passé à autre chose. J'avais préparé beaucoup (trop) de trucs, mais ma dernière partie était une partie applications, donc j'ai pu enlever les deux derniers exemples, que j'ai seulement évoqués en conclusion pour diriger les premières questions. Questions : Vous n'avez parlé que de viscosité de cisaillement, il y en a d'autres, effets ? Comment définir la taille caractéristique d'un écoulement pour un industriel qui fait une étude avec un modèle réduit en soufflerie ? Si à haut  $Re$ , viscosité négligeable, comment expliquer à un élève l'origine de la traînée ? La traînée existe aussi pour un fluide parfait ? Il y a d'autres forces qui s'exercent sur une aile d'avion ? Et la portance existe aussi pour un fluide parfait ? Evolution du  $C_x$  en fonction du Reynolds ? Comment jouer sur les paramètres du viscosimètre de Couette pour augmenter la sensibilité ? Comment on définit un écoulement turbulent ? Pour modéliser un bateau, quel terme faut-il ajouter dans l'équation de Navier-Stokes ? Est-ce que ça crée un nouveau nombre caractéristique ou  $Re$  est suffisant ?

### Agrégation 2015 - Note : 15/20

LP relativement straightforward, j'ai pris le Cap Prépa + Guyon et go. Présentation bof, je me suis un peu embourbé sur le modèle microscopique. J'ai fait une expérience d'intro (écoulement de Couette) peu convaincante. Aux questions, je n'ai pas su répondre à grand chose (le début de préparation à 6h50 n'a pas dû aider, mais en plus j'ai pas des masses de culture en hydro), donc j'estime que l'oral n'était globalement pas terrible.

Questions : Différence entre fluide incompressible et écoulement incompressible ? L'expression de la force visqueuse (en laplacien de la vitesse) est-elle toujours valable en écoulement incompressible ? Dans le modèle microscopique, qu'obtient-on si on s'intéresse aux composantes des quantités de mouvement perpendiculaires à l'interface ? Connaissez-vous des fluides non-newtoniens ? Le dentifrice est-il non-newtonien, qu'est-ce qui le montre dans son comportement ?

### Agrégation 2014 - Note : 15/20

Les techniciens étaient vraiment à mon service, ils étaient très gentils et encourageant. Il n'y avait pas le montage que je voulais, ils ont essayé de me bricoler un petit truc. Ils ont eu du mal, mais ça a finalement marché à peu près, ils ont prévenu le jury. Le temps de préparation était correct.

Mon plan était simple, j'ai essayé au maximum de me faire comprendre et toujours d'évaluer l'influence du signe, ou de donner des ordres de grandeurs. Par contre, je n'ai pas eu le temps de traiter la partie sur le nombre de Reynolds, je l'ai donc juste mentionné en conclusion, ils m'ont donc directement posé des questions dessus pour vérifier mes connaissances. Le jury m'a dit que ça lui avait fait bizarre aux premiers abords de ne pas détailler ce point en leçon mais que comme j'avais bien répondu aux questions sur le Reynolds, cela ne leur avait pas posé de problème. De manière générale, j'avais visé un peu haut sans m'en rendre compte, j'ai manqué de temps, ce qui m'a énormément déstabilisée sur la fin, alors que c'était la partie la plus intéressante. J'ai dû réévaluer ma leçon au cours de la présentation et alors j'étais pas très claire sur la fin ...

Questions : (1) Questions sur le nombre de Reynolds. Retour sur la définition (j'avais donné la définition termes advectifs/termes diffusifs). Si  $\vec{v} \cdot \text{grad} \vec{v} = 0$  strictement, cas pour le Poiseuille, alors peut on dire que  $Re = 0$  ? (2) Classements des écoulements, significations. Déf de laminaire ? (3) Forme générale de Navier-Stokes ? (j'avais insisté sur le fait que je traitais que des écoulements incompressibles pendant la leçon.) (4) Retour sur l'aspect microscopique. Pourquoi c'est différent pour un liquide ? (5) Pourquoi parle t-on de viscosité dynamique ou

cinématique ? (6) Pourquoi des chercheurs utilisent des cellules de Helle-Shaw pour simuler un fluide de viscosité égale à 0 ? D'autres questions mais je ne me souviens plus ... (7) La dernière question était à propos de l'Hélium Superfluide. Est ce qu'il existe un fluide parfait ? Que se passe-t-il si l'on met ce fluide dans un cylindre et que l'on tourne le cylindre ?

Commentaires du jury : ils m'ont trouvée speed, mais la présentation était ok, ils ont bien aimé mes réponses aux questions. Ma conclusion : faire une leçon très simple et être solide sur les questions.

### Agrégation 2013 - Note : 04/20

Dépendance en température de la viscosité d'un liquide ? pourquoi lors de l'expérience de l'écoulement de Couette vous n'avez pas obtenu un profil totalement linéaire ?

## LP09 : Modèle de l'écoulement parfait d'un fluide.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : La multiplication des expériences illustrant le théorème de Bernoulli n'est pas souhaitable, surtout si celles-ci ne sont pas correctement explicitées.

**2016** : Les limites de ce modèle sont souvent méconnues.

**2015** : Le jury invite les candidats à réfléchir davantage à l'interprétation de la portance et de l'effet Magnus. Les exemples cités doivent être correctement traités, une présentation superficielle de ceux-ci n'étant pas satisfaisante.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Modèle de l'écoulement parfait d'un fluide ; validité. Relation de Bernoulli ; limites et applications.*

**2011, 2012, 2013, 2014** : La notion de viscosité peut être supposée acquise.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2016 - Note : 15/20

Questions : J'ai eu 20min de questions. - Sur l'effet Venturi, peut on atteindre un vide poussé ? Y a-t-il une limite pour la pression ? (oui, c'est la pression saturante lors du changement d'état de l'eau liquide en vapeur) - Comment s'écrivent la force de Coriolis volumique et la force d'accélération d'entraînement volumique ? - Pour une aile d'avion, connaissez vous le paradoxe de d'Alembert ? - Sur l'effet Coanda, pourquoi la balle tournait ? (effet de viscosité) - L'épaisseur de la couche limite est de l'ordre de 1 cm pour une voiture roulant à 100km/h. Pour un élève 1cm est négligeable devant 1m, faut-il pour autant négliger cette couche limite ? - Pouvez vous donner un exemple d'écoulement isentropique ? - Comment s'écrit l'équation de Navier-Stokes pour un fluide compressible ? - Comment prendre en compte un fluide compressible dans le théorème de Bernoulli ?

Le jury était très sympathique, ils m'aidaient dans les questions quand je n'arrivais pas à répondre immédiatement.

#### Agrégation 2015 - Note : 19/20

Technicien disponible et enthousiaste pendant la préparation. J'avais demandé une trompe à vide, montée sur le robinet présent dans la salle, et un manomètre pour mesurer la dépression. J'avais une seconde trompe à vide pour montrer au jury et estimer les différents diamètres.

Questions : Vous avez dit que l'hélium est un fluide parfait, vous pouvez en dire plus ? (J'ai répondu à propos de l'hélium 4 au dessous de 2.17 K.) Et pour l'hélium 3 ? Vous avez dit qu'on a pour l'énergie interne  $U(S, V, N)$ , pourquoi ces variables là ? (Car, par hypothèse, on considère un fluide simple ?) Vous avez des exemples de fluides non simples ? (Un plasma dans un champ magnétique ?) Que devient la relation de Bernoulli le long d'une ligne de courant si on n'est pas dans un référentiel galiléen ? (Ils m'ont fait retrouver l'expression dans le cas d'une rotation à vitesse constante.) Quand la pompe à vide est en marche, on voit nettement le débit d'eau ralentir, pourquoi ? (Probablement à cause de la dépression.) Et pourquoi y a-t-il un retour d'eau si on coupe l'eau sans casser le vide ? Comment pouvez-vous estimer expérimentalement la vitesse de l'eau en sortie de la pompe ? Vous dites que l'épaisseur des couches limites est en l'inverse de la racine du nombre de Reynolds, comment le démontrez-vous ? (J'ai redonné les éléments de démonstration.) Est-ce vrai si la couche est turbulente ? Est-elle alors plus grande, plus petite ? Pour l'aile d'avion, comment savoir si l'écoulement est plus rapide au dessus ou au dessous de l'aile ? Toujours pour l'aile, vous dites que dans un écoulement potentiel incompressible, la force de portance est nulle, pouvez-vous développer ? (Se démontre à partir de calculs un peu longs...) Et donc, quel est le rôle des couches limites ? (Il s'y crée de la vorticité, qui rend l'écoulement non potentiel, et la portance et la traînée peuvent être non nuls.) Cette notion de portance s'applique-t-elle aussi sous l'eau ? (Pour les poissons ?)

## LP10 : Phénomènes interfaciaux impliquant des fluides.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2014** : Le lien avec les potentiels thermodynamiques n'est pas souvent maîtrisé. Il est important de dégager clairement l'origine microscopique de la tension superficielle. Le jury constate que trop souvent les candidats présentent des schémas où la représentation des interactions remet en cause la stabilité mécanique de l'interface. Le jury apprécie les exposés dans lesquels le/la candidat(e) ne se limite pas à la statique.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Phénomènes interfaciaux impliquant des fluides : applications.*

**2013** : Le lien avec les potentiels thermodynamiques n'est pas souvent maîtrisé. Il est important de dégager clairement l'origine microscopique de la tension superficielle. Le jury constate que trop souvent les candidats présentent des schémas où la représentation des interactions remet en cause la stabilité mécanique de l'interface.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2017 - Note : 20/20

Plan proposé : I notion de tension de surface (1 : aspect microscopique 2 : minimisation d'énergie 3 : aspect thermo) II Quelques conséquences (1 : Loi de Laplace 2 : instabilité de Rayleigh plateau) III ligne triple (1 : gouttes sur des surfaces 2 : loi de Jurin).

Le plan était long, j'ai du massacrer la loi de Jurin pour boucler dans les temps et le jury m'a coupé au milieu de ma conclusion (j'ai juste eu le temps de dire : en physique nucléaire, par exemple, le modèle de la goutte liquide ... stop). Une partie portait sur le calcul de la caténoïde avec Euler-Lagrange (en accéléré) : d'après les retours du jury ça ne les a pas du tout dérangé. L'instabilité de Rayleigh Plateau était la petite originalité (hum hum ... ) dans une leçon sinon très classique. Ya un joli film dans la banque d'images, calcul dans le GHP. A préparer en avance, les bouquins de référence sont très laconiques sur la notion de courbure, les formules exactes, et les approximations faites pour arriver aux expressions utilisées.

Le jury était sympathique. Beaucoup de questions de pédagogie au début, ce qui n'a surpris, mais n'est pas déstabilisant, au contraire (on peut toujours enfumer son monde sur la pédagogie, beaucoup moins sur la physique).

Questions posées : Justifiez le niveau L3 ? Un élève doit-il vous croire sur parole quand vous affirmez que la sphère minimise la surface (à  $V = \text{cste}$ ) ? Ça veut dire quoi capillarité ? (je n'avais défini "que" tension de surface). Où retrouve-t-on Euler Lagrange en physique ? Comment trouve-t-on  $R_1$  et  $R_2$  dans la def du rayon de courbure ? Quelle est la courbure de la caténoïde ? Comment mesurer une tension de surface ? et, avec des élèves, en tp ? Quelles difficultés pour mesurer une tension de surface ? Justifiez la forme "en larmes" et non pas sphérique de la représentation habituelle des gouttes.

## LP11 : Gaz réels, gaz parfait.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Les corrections apportées au modèle du gaz parfait doivent s'appuyer sur des analyses physiques et pas seulement sur des développements calculatoires. La leçon ne peut pas se limiter aux modèles du gaz parfait et du gaz de van der Waals. L'utilisation d'un diagramme enthalpique permet notamment de voir les limites des modèles.

**2015** : Les discussions d'ordres de grandeurs sont importantes et l'appui sur des diagrammes thermodynamiques recommandé. La distribution des vitesses de Maxwell-Boltzmann est trop souvent méconnue.

Jusqu'en 2014, le titre était : *Gaz parfait, gaz réels.*

**2014** : Les candidats doivent avoir réfléchi à la notion de collision à l'échelle moléculaire et prendre du recul vis-à-vis du modèle des sphères dures. Le calcul de la pression cinétique doit être fait avec soin. Il faut préciser à quel moment intervient la moyenne statistique des grandeurs microscopiques. Les limites du modèle du gaz parfait et le cas des gaz réels doivent occuper une partie significative de la durée de la leçon.

**2013** : Les candidats doivent avoir réfléchi à la notion de collision à l'échelle moléculaire et prendre du recul vis-à-vis du modèle des sphères dures. Le calcul de la pression cinétique doit être fait avec soin. Il faut préciser à quel moment intervient la moyenne statistique des grandeurs microscopiques.

Jusqu'en 2012, le titre était : *Modèle du gaz parfait.*

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2018 - Note : 08/20

Le préparation s'est bien passée, et je pensais avoir fais une leçon décente au niveau de la forme. Mais moins au niveau des réponses au question.

Le plan suivi était le suivant : I. Le gaz parfait 1. Approche historique avec Boyle et Mariotte (BFR de thermodynamique) 2. Exposition de la loi des gaz parfaits (BFR de thermodynamique) 3. Théorie cinétique des gaz et calcul de pression (BFR de thermodynamique) II. Les limites de la théorie des gaz parfaits 1. La limite de densité, le libre parcours moyen (Diu de phystat) 2. La limite quantique (Diu de phystat) 3. La limite d'interaction (potentielle de Lennard-Jones) (Diu de phystat) III. Un gaz réels de le gaz de Van Der Waals. 1. Loi de Van der Waals et explication des ajustement par rapport à la loi des gaz parfaits (BFR de thermodynamique) 2. Transitions de phase Liq-Vap par l'équation de VdW (BFR de thermodynamique)

Questions : Dans quels limites l'atmosphère est un gaz parfait ? Comment en convaincre un élève ? Pour la limite quantique, dans Heisenberg comment passez vous de  $dxdp \gg h$  à  $xp \gg h$  ? Comment mesurer des valeurs de rayons de sphère durs (dans la loi de VdW par exemple ou pour le libre parcours moyen), de distance d'interaction typique pour le potentiel de Lennard-Jones ? Pourquoi l'énergie cinétique d'un gaz est  $E_c \sim Nk_B T$  ?

Le jury m'a expliqué que ma leçon n'était pas catastrophique mais manquait d'articulation (par exemple mon calcul de la pression cinétique était pas très utile dans ma leçon), que je devais soigner un peu plus la démonstration de la loi équipartition des vitesses, il serait intéressant à partir de la pression cinétique de remonter à  $PV = nRT$ . Enfin le jury m'a dit que ce n'était pas vraiment un problème de ne passer que 10 minutes sur la partie gaz réels, car de toute façon peu de candidat arrive à l'aborder. (à prendre avec des pincettes évidemment j'ai parlé avec un seul membre du jury, et parfois les attentes peuvent varier).

### Agrégation 2013 - Note : 01/20

Panique à bord en préparation. Je n'avais pas eu le temps de préparer toutes les leçons à la fin de l'année. Du coup, je n'avais ni plan ni idées concrètes de quoi dire sur cette leçon. J'ai pris un bouquin de prépa et raconté des banalités non maîtrisées sur le gaz parfait, puis l'équation de van der Waals. Sans conviction. J'ai tenu 20 minutes. À la fin le jury, voyant mon abattement, a fait sortir l'auditeur pour les questions. Ils m'ont d'abord bien dit qu'ils ne voulaient en aucun cas rajouter du stress à l'angoisse, puis ont posé quelques questions sur la théorie cinétique des gaz. Si les molécules sont ponctuelles et sans interaction, comment le gaz peut-il thermaliser ? Définition de la pression « cinétique » : en opposition à quoi ? Est-ce que les billes rebondissent vraiment sur la paroi ou est-ce plus compliqué ? Je n'ai pas eu beaucoup de réponses et la séance de questions s'est achevée prématurément. La note est donc totalement méritée. En quittant la salle, le jury m'a demandé d'où je venais, où j'avais préparé le concours. Ils m'ont encouragé très chaleureusement à représenter le concours.

## LP12 : Premier principe de la thermodynamique.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Des exemples concrets d'utilisation du premier principe de la thermodynamique sont attendus.

**2015** : La notion d'équilibre thermodynamique n'est pas toujours bien comprise. Des exemples pertinents doivent être utilisés pour mettre en exergue l'intérêt du premier principe, y compris pour l'introduire.

Cette leçon est apparue à la session 2014

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2016 - Note : 09/20

Plan : I) Travail macroscopique et transfert thermique d'énergie. 1) Description du système. 2) Travail macroscopique des forces de pression. 3) Lien entre travail macroscopique et transfert thermique : expérience de Joule. II) Premier principe de la thermodynamique. 1) Energie interne. 2) Enoncé. 3) Application à la détente des gaz : Joule-Gay-Lussac. III) Calorimétrie à volume constant. 1) Solides. 2) Liquides (pas eu le temps).

Préparation et passage : La technicienne était très gentille et à l'écoute. Au départ je voulais présenter le moteur de Stirling en application, on est allé le chercher ensemble et j'ai aussi pris un calorimètre. Elle a sorti le moteur et l'a branché. Finalement, au cours de la préparation je me suis rendu compte que c'était trop ambitieux et que je n'aurais pas le temps donc je lui ai fait ranger le moteur, j'ai juste montré le calorimètre pendant ma présentation. Tout s'est bien passé, j'ai préparé le plan que j'avais prévu et la présentation s'est bien passée. Le jury (deux hommes et une femme) était gentil, ils restent très neutres, parfois on ne sait pas si on a bien répondu ou pas, mais ils m'ont guidé dans les questions pour me faire dire ce qu'ils attendaient.

Questions : J'étais juste niveau temps pour la calorimétrie donc j'ai un peu terminé mon calcul à la va-vite, ils sont revenus dessus : quel système on étudie, pourquoi le  $Q$  reçu par le solide est forcément égal au  $Q$  cédé par l'eau ? Ils ont voulu que j'explique pourquoi on mettait des différentielles pour certaines grandeurs et des delta pour les autres (j'avais fait exprès de ne pas en parler pour qu'ils me le demandent), ils voulaient que j'en vienne à la notion de chemin suivi pendant la transformation. Autre utilité du premier principe ? (j'ai parlé du moteur de Stirling) Je n'avais pas capté que la calorie et la capacité thermique de l'eau c'était la même chose et du coup il y a eu une confusion dans mon exposé, on me l'a fait remarquer. Sur les forces de pression : je les ai présentées comme des forces orthogonales à une surface, on m'a demandé comment j'expliquerai le concept de la pression d'un gaz à un élève et le lien avec cette définition. J'étais un peu perdue sur cette question, je pense que j'ai mal répondu. Qu'est-ce que l'équilibre thermodynamique ? Est-ce que la stationnarité des variables d'état est suffisante ? Est-ce que le premier principe et l'identité thermodynamique  $dU = TdS - PdV$  c'est la même chose ? Globalement, j'ai eu l'impression qu'ils ont voulu soulever des points qui posent problème aux élèves. J'ai bien pris soin de ne jamais utiliser le terme chaleur.

Note : 9/20. Franchement je m'attendais à plus. Après discussion avec le jury après les résultats, ils ont trouvé mon exposé trop fragile et manque d'applications, mais "9 c'est une bonne note".

### Agrégation 2014 - Note : 13/20

Connaissez vous des variables à la fois intensives et extensives ? Où placer  $mc^2$  dans une approche relativiste du premier principe ? Différentes définitions de quasi-statique. Quelle différence avec l'équilibre thermodynamique local ? Quand l'expression  $dU = TdS - PdV$  est-elle valable ? Détail du fonctionnement du moteur de Stirling en maquette.

## LP13 : Évolution et condition d'équilibre d'un système thermodynamique fermé.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2016** : Il est intéressant de choisir un système physique dont l'évolution n'est pas intuitive.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Évolution et condition d'équilibre d'un système thermodynamique fermé. Potentiels thermodynamiques. Exemples.*

**2012, 2013, 2014** : Nous ne saurions que trop insister sur l'importance d'écrire systématiquement les variables et paramètres des fonctions thermodynamiques introduites au cours de la leçon. Si l'analogie avec la mécanique peut se justifier, nous invitons les candidats à bien identifier le message qu'ils souhaitent transmettre. Bien que ne faisant pas partie de la leçon, les candidats doivent réfléchir à l'interprétation statistique des potentiels thermodynamiques, et, en particulier, à leur lien avec la fonction de partition.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 - Note : 15/20

Plan : I) Notion de potentiel thermodynamique, II) Choisir le bon potentiel. J'ai fait la manip de la loi de Laplace avec le dispositif de cachan qui est mieux que celui de Lyon.

Questions : Pour l'analogie avec la bille dans la cuvette, hypothèses ? Quel type de frottement ? Que donnerai l'expérience avec des frottements secs ? Vous avez introduit le potentiel chimique dans la différentiel de l'entropie alors que durant toute la leçon vous travaillez avec une quantité de matière  $n$  constante. Est-ce pédagogiquement pertinent ? Est-ce que le fait que le système thermodynamique soit fermé implique forcément que la quantité de matière n'est pas une variable interne ? Connaissez vous des systèmes thermodynamique qui permettent de récupérer du travail sous forme électrique ? Expliquez comment fonctionne une pile ? D'où vient l'inégalité de Clausius ? Démontrez que l'enthalpie libre externe est le bon potentiel pour une transformation monobare monotherme ? Commentez l'odg du travail récupérable pour la détente de l'air comprimé ? Lors du calcul du travail récupérable vous avez écrit  $U = C_v T = 0$  alors que la transformation n'était pas isochore. Vous avez le droit ? Quelle fonction d'état à une variation nulle au cours de cette transformation alors ? Qu'est ce qu'un thermostat ? Dans l'exemple de la bulle de savon vous avez un terme en  $-P_a dV$  dans l'énergie interne associée au sous système "air piégé". Par contre il n'est pas présent dans l'énergie interne associée au deuxième sous système "eau savonneuse dans la coque sphérique". Justifiez ? Quelle Grandeur quantifie la compressibilité ? Et pour un solide ? Qu'est ce qui est le plus compressible entre un liquide et un solide ?

**Agrégation 2014 - Note : 10/20**

J'ai suivi le plan du cours proposé dans le Précis Bréal PC-PSI de Choimet avec quelques éléments sur la stabilité pris dans le DGLR de Thermo et des exemples du Tout-en-Un de PC ancien programme.

Dans la détente de Joule-Gay-Lussac, pourquoi le volume occupé par le gaz est-il une variable interne plutôt que la pression ? Si je considère que le système est en mouvement, ai-je un travail récupérable plus grand ou plus petit ? Comment récupère-t-on ce travail ? (il faut mentionner lors de l'exemple un système de récupération du travail sinon ça n'a pas de sens selon le jury). Pour la loi de Laplace, vous considérez une bulle sphérique, est-ce nécessaire ? (non, c'est pour la simplicité du calcul)

Le plan est tout à fait adapté à la problématique ainsi que le choix des exemples. Mais s'agissant d'une leçon de thermo, des erreurs sur les hypothèses des détentes ou sur les signes du travail font descendre la note en flèche (j'ai réussi à dire que le travail fourni à l'extérieur était compté positivement ...) Passage à 5h30 : le stress et la fatigue font dire beaucoup de bêtises et amènent des blancs sur des connaissances maîtrisées. Il faut absolument dormir pendant la semaine des oraux !

**LP14 : Machines thermiques réelles****Commentaires extraits des rapports de jury**

**2017** : L'utilisation de diagrammes enthalpiques peut permettre de discuter de façon quantitative l'irréversibilité d'une machine réelle et, en plus, d'éviter de se contenter du modèle du gaz parfait. Le jury rappelle en outre que les machines thermiques ne se limitent pas aux moteurs.

**2016** : Au-delà des modèles classiques, le candidat s'appuiera sur des diagrammes de fluides réels.

Jusqu'en 2016, le titre était : *Applications des deux premiers principes de la thermodynamique au fonctionnement des machines thermiques.*

**2015** : Les diagrammes thermodynamiques, exploités dans les programmes de CPGE, sont trop rarement présentés et utilisés.

**2014** : L'utilisation de diagrammes thermodynamiques relatifs à des fluides réels pour illustrer le propos est appréciée par le jury. Les moteurs thermiques ne sont pas réalisés en visant uniquement un rendement optimal.

**Retour des années précédentes****Agrégation 2019 - Note : 15/20**

Plan : Machines thermiques dithermes de Carnot, Moteurs thermiques, Réfrigérateur. J'avais préparé un plan mais je suis un peu parti en roue libre pendant la préparation, finalement j'ai juste présenté Stirling à la place du moteur diesel que j'avais prévu et fait le frigo en III alors que je l'avais prévu en II. Questions : Ils sont revenus sur une erreur que j'ai faite en énonçant l'efficacité de Carnot, puis m'ont demandé quelle différence de performances entre le moteur Stirling et le moteur à explosion ? Est-ce que vous pouvez calculer la puissance du moteur Stirling avec vos courbes ? Vous pouvez comparer avec la puissance d'une voiture ? Ou la puissance pour allumer l'ampoule ? Où va l'énergie du moteur lorsqu'il n'est pas relié à la génératrice de courant ? Vous pouvez énoncer les principes en système ouvert ? C'est l'enthalpie qu'on utilise ? Mais du coup on travaille avec l'énergie interne en général ? Comment expliquer à des élèves le lien entre sens de parcours et signe du travail. Aussi, à quoi ressemble le cycle réel du frigo ?

**Agrégation 2017 - Note : 06/20**

Avis global : Je n'ai pas eu le temps de présenter la dernière partie. Le moteur de Stirling de Montrouge est bien, il y a des capteurs de température qui ne sont pas sur celui de Lyon. La technicienne n'était pas trop au point sur le fonctionnement (tracé du cycle) du moteur mais ils s'y sont mis à trois et finalement le cycle était présentable.

Questions posées : Vous avez dit qu'une machine thermique est un modèle thermodynamique de transformations cycliques. Est-ce que c'est toujours le cas ? Si je vous vend un moteur de Stirling réversible vous êtes contente ? Comment on peut faire en pratique pour s'approcher d'un cycle réversible ? Quelles sont les causes de pertes de rendement pour le moteur de Stirling ? Comment on pourrait améliorer le régénérateur dans le moteur de Stirling pour avoir un meilleur rendement ? Expliquer le principe d'un réfrigérateur. Pourquoi il y a besoin de fournir du travail ? Écrire le 1er principe en écoulement permanent. Détailler pour le réfrigérateur. Comment fonctionnent les moteurs électriques ? Connaissez-vous des modèles ?

**Agrégation 2015 - Note : 08/20**

Je n'ai pas eu le temps de présenter tout ce que j'avais prévu ; j'ai de plus fait des erreurs sur le moteur de Stirling qui ne pardonnent pas.

Questions : Le rendement est-il le seul moyen d'étudier l'intérêt d'une machine thermique ? Quels sont autres moyens ? (ne sachant la réponse, ils m'ont torturé un petit moment dessus) Retour sur mes exemples dans la partie théorique. Quel est l'intérêt (pédagogique) de présenter le moteur de Stirling ? Pourquoi cette application et pas une autre ? Est-il vraiment intéressant pédagogiquement de parler des cycles réels par rapport aux théoriques ? Vaut-il mieux commencer par les cycles réels pour amener ou théoriques ou l'inverse ?

**Agrégation 2015 - Note : 14/20**

Je pense que ça s'est bien passé. Je n'ai pas dit de grosse bêtise, en tout cas le jury n'a pas cherché à me montrer que j'avais fait des erreurs importantes. J'ai fait une seule manip : moteur de Stirling, présentation qualitative avec description du cycle de fonctionnement et tracé du cycle réel à l'oscillo. Les techniciens étaient très disponibles et agréables. Ils m'ont apporté le moteur, un oscillo et ont tout branché. Ils connaissent très bien le matériel, il m'a suffi de dire « je voudrais le moteur Stirling de Lyon » pour qu'ils comprennent tout de suite la manip que je voulais faire.

Questions posées, dans l'ordre de mon plan : Dans le diagramme de Raveau, détailler le cas  $W \leq 0$ ,  $Q_f \leq 0$  (ni moteur, ni réfrigérateur). Est-ce vraiment inutile ? Dans quel cas ça peut être intéressant ? Pourquoi le rendement maximal est-il inférieur à 1 ? Quels autres moteurs n'ont pas cette limitation ? Quelles sont les sources d'irréversibilité ? Industriellement, préfère-t-on des cycles rapides ou lents ? La durée des transferts thermiques est-elle à minimiser ou bien maximiser ? Quelles différences entre le moteur de Stirling et un moteur de voiture ? J'ai dit que le rendement de 0.5 était mauvais. Ordre de grandeur du rendement des machines thermiques usuelles ? Par rapport à quoi 0.5 est-il un mauvais rendement ? Le moteur de Stirling présentait à l'époque de sa découverte le meilleur rendement parmi les autres moteurs. Pourtant il n'a pas eu beaucoup d'applications, à part les américains qui en utilisent dans leurs missions d'explorations spatiales. Pourquoi ? Peut-on facilement modifier le couple fourni par le moteur de Stirling (à puissance fixée) ? À quoi servent les ailettes sur l'échangeur ? Peut-on faire une machine frigorifique en l'absence d'un travail extérieur :  $W = 0$  ? (oui, il suffit de remplacer par une troisième source de chaleur). Quel doit être le signe de l'échange avec la troisième source ? C'est possible en pratique ou ça n'existe que sur le papier ?

**Agrégation 2013 - Note : 11/20**

Première partie sur les généralités qui s'est bien passée (définitions, monotherme, ditherme, efficacités, cycle de Carnot.) Seconde partie sur le frigo, je me suis emmêlé tout seul sur le choix du fluide, ce n'était donc pas clair du tout. Je n'ai pas du tout su répondre aux questions qui portaient sur la mécanique des fluides.

Définir un thermostat ? Calcul efficacité ou rendement ? Travail pendant la détente ? Bilan enthalpique ? Lien efficacité avec fiches en magasin ? efficacité de 105% signifie quoi ? Aux confession le jury m'a dit avoir été frustré par le fait que je me sois perdu dans la deuxième partie. Il m'a dit avoir aimé la démonstration du moteur de Stirling, la rigueur, et le diagramme des frigoristes (BUP).

**LP15 : Transitions de phase.****Commentaires extraits des rapports de jury**

**2015** : Il est dommage de réduire cette leçon aux seuls changements d'états solide-liquide-vapeur. La discussion de la transition liquide-vapeur peut être l'occasion de discuter du point critique et de faire des analogies avec la transition ferromagnétique-paramagnétique. La notion d'universalité est rarement connue ou comprise.

**2014** : Il n'y a pas lieu de limiter cette leçon au cas des changements d'état solide-liquide-vapeur. D'autres transitions de phase peuvent être discutées.

Jusqu'en 2014, le titre était : *Étude thermodynamique d'un système constitué par un corps pur sous plusieurs phases.*

Jusqu'en 2013, le titre était : *Étude thermodynamique d'un système constitué par un corps pur sous plusieurs phases. Exemples.*

**Retour des années précédentes****Agrégation 2009 - Note : 13/20**

Les techniciens ont monté et réalisé entièrement toutes les manips. Tous les livres et le matériel souhaités étaient disponibles. Le technicien m'a demandé de quelle préparation je venais pour m'amener mon matériel.

La préparation s'est très bien passée. Quelques questions : quelles est la propriété fondamentale d'un potentiel thermodynamique autre que minimal à l'équilibre ? Quand est-ce que l'oiseau buveur va s'arrêter de boire ? Un état métastable est-il un état instable ?

## LP16 : Facteur de Boltzmann

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2016** : La contextualisation est primordiale dans cette leçon.

Jusqu'en 2016, le titre était : *Étude statistique d'un système en contact avec un thermostat. Probabilité canonique.*

**2015** : Développer une théorie sans illustrations n'est pas acceptable. D'ailleurs, l'application de la probabilité canonique à des situations concrètes et classiques, lors de l'entretien, révèle parfois une culture assez limitée en physique.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Étude statistique d'un système en contact avec un thermostat. Probabilité canonique. Applications.*

Jusqu'en 2012, le titre était : *Introduction au facteur de Boltzmann à partir d'un exemple au choix.*

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2014 - Note : 18/20

Donner l'énergie d'un oscillateur harmonique quantique. Donner la dépendance en température de la capacité calorifique dans le modèle d'Einstein. Dans le modèle de l'atmosphère isotherme, pourquoi toutes les particules ne sont-elles pas collées au sol ? On imagine un modèle de plasma le plus simple possible. Quelle est la probabilité de trouver une charge  $q$  en  $r$  immergée dans ce plasma ? Pourquoi deux valeurs de la projection d'un moment magnétique (dans le modèle du cristal paramagnétique) ? Quelle est la différence entre la distribution de Maxwell-Boltzmann et l'ensemble canonique ? Un membre du jury a repris des phrases de ma leçon qu'il a sorties du contexte pour que je redonne toutes les hypothèses.

Lors de la discussion avec le jury, ils ont trouvé que la leçon était bien structurée et dynamique. J'ai présenté beaucoup d'exemples différents (modèle à deux niveaux, gaz parfait, ...) pour bien fixer les idées. Je pense que ça a été apprécié.

## LP17 : Rayonnement d'équilibre thermique. Corps noir.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Les bilans radiatifs doivent être traités de manière rigoureuse.

**2015** : Cette leçon ne doit pas se réduire à énoncer des lois historiques sans aucun élément de démonstration.

**2014** : Le/la candidat(e) doit être capable de faire le lien entre la définition du corps noir énoncée pendant la leçon et les exemples choisis pour l'illustrer. S'il/elle choisit de ne pas en faire la démonstration, le/la candidat(e) doit être capable de donner l'origine des différents termes de la loi de Planck et savoir l'énoncer correctement en fonction de la fréquence et de la longueur d'onde.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Rayonnement d'équilibre thermique. Corps noir. Application(s).*

Jusqu'en 2012, le titre était : *Rayonnement d'équilibre thermique. Corps noir. Application aux transferts thermiques radiatifs.*

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2016 - Note : 15/20

Plan suivi 1. Rayonnement thermique. Origine physique du rayonnement, bilans radiatifs et rayonnement d'équilibre thermique dans une cavité. 2. Lois du rayonnement. Démonstration de la loi de Planck. Cas extrêmes pour retrouver Rayleigh-Jeans et loi de Wien, exemples. 3. Corps noir. Définition, réalisation pratique. Loi de Stefan. Exemple : estimation de la température de la Terre. Questions du jury Retour sur le plan suivi : rayonnement de Planck introduit sans définir la notion de corps noir (ça les a surpris, on dirait, mais c'est fait comme ça dans un certain nombre de bouquins de prépa et le raisonnement n'est pas moins clair normalement).

Raisonnement de Planck : qu'est-ce qu'il dénombre (référence à la distribution de Bose-Einstein qui apparaît dans la loi de Planck, puisque la notion de photon n'est pas encore établie à cette époque? Pourquoi un facteur 2 dans le dénombrement? (C'est à cause de la projection de la polarisation du photon sur l'axe du spin). Comment l'expliquer simplement à des élèves? Loi de Wien : comment est-elle utilisée en pratique, par exemple pour évaluer les fuites thermiques d'un bâtiment? Y a-t-il incompatibilité entre le fait qu'un corps noir émette un spectre continu et le fait qu'une étoile contienne des raies d'émission dans son spectre? Le Soleil est jaune; pourquoi on dit que c'est un corps noir?

## LP18 : Phénomènes de transport.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : La leçon ne peut se limiter à la présentation d'un unique phénomène de transport.

**2016** : Les analogies et différences entre les phénomènes de transport doivent être soulignées tout en évitant de dresser un simple catalogue.

**2015** : Les liens et les limites des analogies entre divers domaines doivent être connus.

**2013** : [À propos du nouveau titre] Le candidat développera sa leçon à partir d'un exemple de son choix.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Exemples de phénomènes de transport. Illustration(s)*.

Jusqu'en 2012, le titre était : *Phénomènes de transport. Illustration(s)*.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 - Note : 14/20

Mon plan : I) Le transport, II) La diffusion, III) Applications et analogies Questions : Comment prendre h pour récupérer la continuité de  $T$ ? Du coup ça fait une résistance infinie en série? PFF! Vous avez dit conducto-convectif? Commenter le phénomène et la dépendance avec la vitesse du fluide? Dessiner les lignes de vitesses près de la vitre. On a parlé de conducto-convectif? En fonction du milieu, qu'est ce qui domine? Pourquoi est il important d'isoler aussi le toit des raisons? Il a fait quoi d'autre Fourier? Expliquer pourquoi c'est une bonne idée. Si il ya des forces, on fait comment? La convection, c'est quelle force? Pourquoi ne pas mettre le terme à droite? Dans la conservation, vous avez pris un volume constant, on fait quoi si le fluide est compressible? Des forces dont vous avez parlé, y en a t il qui sont surfaciques? Dans chaque cas, quel est le moteur du transport? Et qu'est ce qui est transporté? Et dans les autres cas? Vous connaissez Onsager?

#### Agrégation 2017 - Note : 16/20

N'étant pas une de mes leçons préférées, je n'étais pas particulièrement emballé par le sujet. J'ai repris le plan fait pendant l'année, en modifiant notamment la dernière partie : I-Généralités sur le transport (pas trop modifié par rapport au poly), II-Phénomènes de diffusion (Je n'ai pas fait la conduction électrique, en préférant bien insister sur l'analogie entre les différents modes de diffusion), III-Compétition entre les modes de transport (nombres sans dimension, couches limites, application à l'étude des flammes).

La préparation s'est bien passée, la technicienne était très avenante et m'a monté la flexcam et les manips (diffusion de  $\text{NH}_3$ , conductoscope et viscosimètre de Couette) correctement. J'ai été court pour aborder ma dernière sous-partie tirée du GHP d'hydrodynamique et qui pour moi était un peu la cerise sur le gâteau, mais le reste s'est plutôt bien passé

Questions : pourquoi avoir utilisé le 1er principe industriel pour le calcul du débit? Peut on faire autrement? Le signe - dans la loi de Fourier traduit-il l'irréversibilité de la diffusion? Est-il vrai qu'on respire au quotidien le même air que César au moment de sa mort? Est-ce que la couche limite thermique domine vraiment le refroidissement de la soupe quand on souffle dessus?

Commentaires du jury : Le jury a aimé tous les efforts de pédagogie : j'ai essayé de bien définir un fil conducteur en ayant bien cadré l'étude en intro, et je suis revenu régulièrement sur là où j'en étais et pourquoi je faisais ce que je faisais. Le jury m'a aussi dit que le fait que je réfléchisse avant de répondre aux questions, que je n'hésite pas à discuter des hypothèses de ce que j'avais fait en leçon leur avait plu. Les points perdus viennent du fait que j'ai un peu perdu en qualité sur la dernière sous-partie.

**Agrégation 2017 - Note : 18/20**

Clairement la leçon que je détestais le plus... Je n'étais satisfait de mon plan. C'est une des leçons où je n'avais aucune référence pour une partie, en l'occurrence tout le chauffe-eau solaire qui venait d'une correction des années précédentes. J'ai eu le temps de faire un quasi-passage avant de commencer ce qui m'a permis de gérer mieux mon temps. Autant le faire si possible, surtout qu'en leçon de physique il y a le temps. De mon point de vue la séance de questions s'était très mal passée, je n'avais quasiment pas eu de questions de physique. Lors de la rencontre avec le jury, ils n'ont pas eu l'air de réaliser qu'ils avaient été cassants et m'ont dit que j'avais bien répondu aux questions. La morale de cette histoire : le jury n'est pas forcément « bienveillant », mais qu'il le soit ou pas ne préjuge en aucun cas de la note qu'on aura !

Sur le plan, ils m'ont dit que le fil conducteur du Dewar était une bonne idée. Le reproche que j'ai eu est que sur le bilan radiatif j'ai utilisé la température de surface du vase et pas la température du café à l'intérieur, ce qui était l'occasion de coupler une fois pour toutes les types de transferts. Ils me l'avaient reproché lors des questions, mais apparemment j'avais conscience que c'était une limite de mon modèle donc ça allait. Ils n'ont rien dit sur le fait que j'aie détaillé le calcul de la loi de Newton, qui était ma partie originale...

Questions posées : A quelle condition on est en régime quasi-stationnaire lors de la diffusion de la chaleur ? Si on met une merguez au four, quelle taille caractéristique il faut prendre pour estimer le temps de cuisson par diffusion ? Comment on fait pour résoudre numériquement l'équation de la chaleur si une solution analytique n'est pas possible ? Est-ce que ça a un intérêt de montrer ça à des élèves ? Est-ce que la résistance thermique dépend de la géométrie du matériau ? Comment la calculer dans le cas cylindrique ? Quelle température doit être prise en compte dans la loi de Stefan dans le cas du Dewar ? Supposons que dans notre Dewar, on rajoute un dispositif qui fait passer un courant électrique constant à travers les parois. Comment modéliser le nouveau schéma électrique équivalent ? Et si le courant n'est imposé qu'à travers une des deux parois métalliques ? Plus des questions sur mes conventions d'orientation et notations.

**Agrégation 2016 - Note : 16/20**

Le prof de prépa a eu l'air dubitatif toute la présentation. Les membres du jury étaient bienveillants. Mon exposé était centré sur la diffusion thermique, cela n'a pas semblé leur poser de problème. Les manip ont été montées entièrement par le technicien.

Toutes les questions qui m'ont été posées étaient en rapport direct avec ma leçon et aucune n'était aussi difficile que celles qui ont été posées au cours de l'année.

Estimer le temps que met le régime forcé à s'installer pour l'effet de peau. A quelle profondeur se ressentent les effets d'une perturbation à la surface ? D'où vient l'irréversibilité pour la diffusion de particules ?

**Agrégation 2014 - Note : 10/20**

Ils sont revenus sur l'explication de l'échelle mésoscopique en me demandant d'expliquer plus en détail. Sur le bilan de flux d'énergie, pourquoi on divise par  $1/6$ . Sur la réversibilité, qu'en est-il pour Schrödinger (il faut conjuguer donc on conserve la réversibilité), donner l'équation. Sur l'expérience (barre de cuivre en régime sinusoïdal), pour déterminer expérimentalement l'épaisseur de peau, vaut-il mieux relever l'amplitude ou le déphasage ? Ils sont revenus sur le fait que j'avais parlé d'un gradient de potentiel chimique comme cause de la diffusion de particules, pourquoi on utilise généralement un gradient de concentration dans la loi de Fick ?

Apparemment j'ai pas très bien expliqué l'histoire de l'échelle mésoscopique, ils sont revenus sur 2/3 petites erreurs que j'avais faites à l'oral (par exemple, l'oubli de la normalisation dans une moyenne) alors que j'avais corrigé ça lors des questions. Je me suis trop reposée sur les prérequis.

Franchement je m'attendais vraiment à une meilleure note. J'étais passée sur cette leçon pendant l'année (3 chance sur 49, pas mal...) , je maîtrisais la théorie et j'avais bien modifié le plan afin de prendre en compte les remarques qui m'avaient été faites, et j'avais fait d'énormes efforts sur la pédagogie (qui était un peu mon point faible). L'oral s'était vraiment bien passé, enchaînements et transitions fluides. Surprise aussi par le compte-rendu du jury, car ils étaient vraiment très enthousiastes, un correcteur m'a même dit qu'elle avait vraiment adoré ma leçon et mon dynamisme avec un grand sourire ! Mais si la leçon était à refaire, je referai la même donc pas de regret !

**LP19 : Bilans thermiques : flux conductifs, convectifs et radiatifs.**

**2017** : Il ne faut pas oublier de faire des bilans thermiques dans cette leçon qui ne consiste pas en un catalogue des divers flux.

**2016** : Le jury attend un bilan mettant en œuvre les divers types de flux.

Jusqu'en 2015, le titre était : *Flux conductifs, convectifs, radiatifs, bilans thermiques.*

**2015** : Le traitement d'au moins un exemple mettant en jeu plusieurs mécanismes de transferts thermiques est l'un des objectifs de cette leçon.

Cette leçon est apparue à la session 2013

## LP20 : Conversion de puissance électromécanique.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Une approche à l'aide des seules forces de Laplace est insuffisante. Les candidats doivent aussi s'interroger sur l'intérêt d'utiliser des matériaux ferromagnétiques dans les machines électriques.

**2016** : Afin de pouvoir aborder des machines électriques de forte puissance, le rôle essentiel du fer doit être considéré car les forces électromagnétiques ne se réduisent pas aux seules actions de Laplace s'exerçant sur les conducteurs traversés par des courants.

**2015** : Il est souhaitable de préciser le rôle de l'énergie magnétique lors de l'étude des convertisseurs électromécaniques constitués de matériaux ferromagnétiques linéaires non saturés.

**2014** : Dans le cas des machines électriques, les candidats sont invités à réfléchir au rôle du fer dans les actions électromagnétiques qui peuvent également être déterminées par dérivation d'une grandeur énergétique par rapport à un paramètre de position.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Conversion de puissance électromécanique. Exemples et applications.*

**2011, 2012, 2013** : Dans cette leçon, le plus grand soin dans la définition des orientations et des conventions de signe s'impose. Les applications doivent occuper une place significative dans la présentation. Ce ne sont pas les machines de technologie complexe qui illustrent le mieux les idées en jeu. Les notions de base sur l'induction sont supposées connues.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 - Note : ??/20

J'avais un plan en trois parties, rail de Laplace, machine à courant continu et machine synchrone, assez dense en contenu.

Lors de l'entretien, le jury m'a tout d'abord posé des questions sur les conventions d'électrocinétique que j'avais choisies pour décrire mon système des rails de Laplace. Puis ils m'ont demandé d'expliquer le phénomène du point de vue de l'induction en rappelant les lois principales. Ils sont ensuite revenus sur les conventions pour le moteur à courant continu et sur le schéma électrique équivalent. Enfin ils m'ont posé quelque question sur un système de balai et de collecteur pour la machine synchrone mais je n'ai pas bien compris de quoi ils parlaient ici. Le jury est resté assez insondable et l'entretien paraît dans l'ensemble beaucoup plus court que pendant l'année.

#### Agrégation 2017 - Note : 11/20

J'ai présenté la leçon au niveau PSI en traitant des moteurs. Le jury a souligné la pédagogie et la maîtrise des contenus. Les bilans de puissance étaient propres et montraient la conversion, bien démontrée par le calcul dans le cas simple des rails de Laplace. Toutefois, j'aurais dû plus insister sur l'aspect mécanique et ils m'ont dit que traiter le cas du haut-parleur en suivant un plan plus classique aurait bien gonflé la note ...

#### Agrégation 2017 - Note : 09/20

La leçon sur laquelle mes bases de connaissances étaient les plus minces : je n'ai pas sauté de joie à l'ouverture des sujets. J'ai tout de même préparé soigneusement quelque chose qui semblait avoir fait mouche les années précédentes : Bonne gestion du temps et, je l'espère, bon dynamisme (il faisait facilement 30° dans la pièce, mon t-shirt était trempé, bonjour la classe). Leçon finie en 48 minutes en passant la fin sur transparent. Puis je me suis fait démolir lors de l'entretien. Globalement, il est très difficile de juger sa propre prestation, surtout quand on a l'impression d'avoir fait une bonne présentation mais un mauvais entretien. La note attachée à ce commentaire vous renseignera sur l'importance relative de ces deux aspects, j'imagine...

Questions posées : La 1<sup>e</sup> membre du jury a passé 15 minutes sur les 20 à me poser des questions sur la leçon : comment telle fem est orientée ? Quelle partie de la MCC crée le champ ? Comment se fait-il qu'on parle de forces de Laplace alors que les conducteurs ne sont pas dans le champ ? Pourquoi utilise-t-on des matériaux ferromagnétiques ? C'est le champ dans les matériaux ou dans l'entrefer qui est fort ? Dessiner des schémas

équivalents des dispositifs utilisés, les orienter, etc. C'est le moment où ils ont pu se rendre clairement compte de mes faiblesses en électrotechnique, puisque la plupart de ces questions m'ont complètement brain. 2e membre du jury, questions un peu plus éloignées de la leçon (je me suis dit : chouette) : vous avez dit que pour réduire les pertes par courants de Foucault on utilise "des matériaux de forte résistivité, par exemple des tôles de silice feuilletées" (trouvé dans le H-prépa), qu'est-ce qui est utile, l'aspect tôle, l'aspect feuilleté ou l'aspect silice ? (je ne suis pas sûr d'avoir compris où elle voulait en venir ; j'ai dit que la résistivité ne dépendait que de la nature du matériau, contrairement à la résistance, et que je ne savais pas pourquoi on les prenait feuilletés, sinon pour des questions de solidité). Pour les rails de Laplace, comment résoudre dans un référentiel centré sur la barre ? 3e membre du jury, en mode troll : si les moteurs électriques sont si fantastiques niveau rendement pourquoi on utilise encore des moteurs thermiques ? (ma réponse "il faut bien créer l'électricité avant de la convertir" a eu l'air de le satisfaire).

### Agrégation 2015 - Note : 18/20

J'ai présenté les rails de Laplace en fonctionnement générateur et introduit le bilan de puissance et les relations entre puissances sur un exemple simple. Puis j'ai fait la machine à courant continu (principe, modèle électromécanique et fonctionnement moteur). J'étais très short niveau temps, du coup je n'ai pas pu présenter ni le fonctionnement générateur, ni la machine synchrone que j'avais préparée. J'ai à peine eu le temps de faire une vague conclusion avec quelques ordres de grandeur, et le jury m'a coupé à 50 min. J'ai pensé que ça n'était pas brillant, mais j'ai en fait eu une très bonne note : le jury a beaucoup apprécié la pédagogie, le fait que j'introduise les nouvelles notions sur un exemple simple, en prenant le temps de bien définir le système. Ils voient apparemment souvent des candidats qui essaient de traiter la machine synchrone en 5 min, ce qui se révèle désastreux. Donc mieux vaut faire moins en posant bien les choses, ils reviennent sur le reste dans les questions.

Questions : Fonctionnement d'une machine asynchrone ? Comment sont les lignes de champs dans la MCC ? Rôle du ferromagnétique dans la MCC ? Pourquoi y a-t-il des encoches dans le rotor de la MCC et pourquoi sont-elles inclinées ? (en discutant avec le jury, ils considèrent que c'est une question technique et donc très difficile ; on l'avait vu en cours pendant l'année mais j'ai été incapable de retrouver...) Y a-t-il un intérêt à faire une étude de la MCC en régime non-stationnaire ? Lien force de Laplace/force de Lorentz ; que se passe-t-il au niveau micro ?

## LP21 : Induction électromagnétique.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2015** : L'algébrisation rigoureuse des grandeurs électriques et mécaniques est nécessaire lors de la paramétrisation.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Induction électromagnétique. Applications.*

**2014** : Dans cette leçon, le plus grand soin s'impose dans la définition des orientations et des conventions de signe. Les applications doivent occuper une place significative dans la présentation. Il n'est pas admissible à ce niveau de confondre les forces de Lorentz et de Laplace.

**2012, 2013** : Dans cette leçon, le plus grand soin dans la définition des orientations et des conventions de signe s'impose. Les applications doivent occuper une place significative dans la présentation. Il n'est pas nécessaire de traiter en détail les deux types d'induction.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2015 - Note : 07/20

Une leçon que je ne voulais pas car je ne suis pas du tout à l'aise avec ce sujet... La préparation s'est bien passé, la technicienne était adorable et a monté ce que je lui avais demandé. J'ai tenu les 50 minutes, mais le jury a senti mes faiblesses lors des questions.

Questions : Je ne me souviens pas vraiment ... Fonctionnement des plaques à induction ? Pourquoi le nom de champ électromoteur ? Nom que donnait Maxwell à la quantité  $-A$  ( $A$  = potentiel vecteur) ? Comment décrire l'induction sans force électromotrice ?

#### Agrégation 2015 - Note : 07/20

Mon plan était beaucoup trop long, ce qui m'a conduit à accumuler les erreurs lorsque j'ai voulu accélérer. J'avais trop de calculs dans induction et auto-induction ainsi que dans effet de peau, ce qui fait que 15 minutes avant la fin j'aborde la deuxième partie [sur trois]. Lors des retours jury, l'examinateur m'a confirmé que la mauvaise gestion du temps était le gros point noir de la leçon. Il m'a dit que j'aurais dû prévoir des tiroirs pour escamoter les parties superflues et me réaménager du temps pour les points importants. Il m'a également dit que j'aurais même pu ne parler que d'un type d'induction, à condition de bien justifier mes choix au début. C'était

assez en accord avec mes impressions : trop de stress (je n'avais pas la voix posée) et trop d'ambition pendant le temps de préparation (j'ai gaspillé du temps à élaborer des parties dont je n'ai même pas eu le temps de parler). La technicienne a monté les expériences des rails de Laplace et de l'aimant dans la bobine, la seule chose à faire était de bien monter les expériences avec le « bon sens d'orientation » par rapport aux conventions prises au tableau. Pour les réponses aux questions, je n'étais pas trop dans le coup. À ma décharge, c'était l'oral de 5h30 du matin. Il faut faire attention car la fatigue s'accumule très vite. Je n'étais même plus capable de redonner l'expression de l'épaisseur de peau. Attention à ne pas trop s'attacher aux détails et à plutôt réfléchir au tour général qu'on veut donner à la leçon, bien estimer le temps nécessaire, etc...

Questions : Vous avez parlé d'ARQS magnétique, pourquoi ? Comment évaluer précisément si on se place dans l'ARQS magnétique ou électrique ? Comment expliqueriez-vous à un élève le schéma du circuit électrique équivalent ? Expérience avec la bobine, que dire du champ magnétique ? (quasiment inexistant car l'intensité qui y circule est très faible). Le choix d'orientation de la spire est-il important ? Quelques questions sur des erreurs d'inhomogénéité que j'ai faites dans la préparation.

### Agrégation 2014 - Note : 14/20

Pour la mise en évidence avec la bobine, pourquoi avoir utilisé un aimant en U plutôt qu'un aimant droit ? (j'ai commencé à dessiner les lignes de champ mais je ne suis pas allé jusqu'au bout du raisonnement : je n'aurais pas dû utiliser un aimant en U). Formulation la plus générale de la loi de Lenz ? Pour l'inductance mutuelle, il y a un ordre précis pour les indices, lequel et pourquoi ? Je ne savais pas, il m'a demandé si je connaissais la matrice inductance. Après en avoir discuté avec lui aux confessions, c'est la bonne méthode pour amener les deux coefficients, une étude un peu plus poussée donne même les inégalités sur les coefficients. J'ai fait un ODG sur la valeur d'une inductance en utilisant la formule  $\mu N^2 S/L$ , il m'ont demandé pourquoi je n'avais pas exactement la bonne valeur (20 au lieu de 11 mH). Qu'est-ce qu'il y a de particulier sur les transformateurs (feuilletage), pourquoi ? Comment obtenir la loi de Faraday pour l'induction de Lorentz, est-ce qu'on peut la démontrer ? (oui, mais je ne savais plus la démo, j'ai dit qu'il y avait une méthode mathématique pour faire sortir la dérivée en présence de contour d'intégration dépendant du temps) Réalité physique de  $\vec{A}$  et  $V$  ? Et en MQ ? (Aharonov Bohm) Discussion aux confessions : je lui ai demandé ce que ça donnait en mécanique analytique (impulsion  $\neq$  quantité de mouvement), il m'a dit que quand on sort des situations simples, on ressent  $\vec{A}$ . Courant de Foucault avec l'aimant dans le tube : comment on écrit le PFD ? (je ne savais pas, je lui ai donné le raisonnement avec Lenz et l'énergie, je crois que c'est fait dans le garing) Validité de la loi de Faraday ? (il me manquait la condition "pas de contacts glissants")

Je me suis embrouillé sur le transformateur (je pensais avoir un problème de signe alors que je m'étais simplement trompé de convention sur la puissance au secondaire), j'ai manqué de temps pour la fin et je n'ai pas pu montrer l'expérience des rails de Laplace parce que j'ai fait tombé le tube mobile qui s'est plié. J'ai peut-être mis trop d'expériences, mais ils m'ont surtout reproché de ne pas avoir dessiné de schéma électrique équivalent complet. Ils auraient aussi préféré voir une autre démonstration pour l'induction (sans doute Lorentz, j'étais fatigué et je n'ai pas bien compris) pour laquelle on peut plus facilement faire le lien avec la RR, je crois que la formule que j'ai donnée pour la force électromotrice  $e = 1/q \int F \cdot d\ell = W/q$  n'est pas leur favorite, il doit sans doute y en avoir une plus physique. Me planter sur une convention (puissance au secondaire) dans une leçon comme celle-là m'a coûté cher ...

### Agrégation 2014 - Note : 10/20

Je n'ai développé que l'induction de Neumann : champ électromoteur, application au chauffage par courant de Foucault, induction et auto-induction, application au transformateur parfait, puis j'ai ouvert sur l'induction de Lorentz en conclusion. Le technicien m'a monté le transformateur et les rails de Laplace sans problème.

Intérêt du ferromagnétisme dans le transformateur ? Qu'apporte le feuilletage et dans quel sens doit-il être ? Détailler les différentes pertes du transformateur ? Comment traiter un problème d'induction si on est hors des cas simples de Neumann et Lorentz ? Comment prendre en compte les courants de Foucault pour une symétrie quelconque ?

## LP22 : Rétroaction et oscillations.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2015** : Dans le cas des oscillateurs auto-entretenus, les conditions d'apparition des oscillations et la limitation de leur amplitude doivent être discutées.

Le jury souhaiterait que le terme de résonance soit dûment justifié sans oublier une discussion du facteur de qualité. Il n'est pas indispensable de se restreindre à l'électronique.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Rétroaction et oscillations. Exemples en physique.*

2013 : Le jury n'attend pas une présentation générale et abstraite de la notion de système bouclé.

Jusqu'en 2012, le titre était : *Systèmes bouclés. Applications*

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2019 Docteur - Note : ? ? /20

Leçon non préparée en amont. L'expérience a bien marché (diagramme de Bode et critère de Barkhausen)

Questions : Est-ce que pour le pont de Wien, on a obligatoirement les mêmes résistances et condensateurs ? Donnez l'équation différentielle associée à une notation de Laplace. Est-ce que pour la notation de Laplace revient juste à remplacer  $j\omega$  par  $p$  ? Qu'est-ce que le facteur de qualité ? Connaissez-vous des oscillateurs avec un meilleur facteur de qualité ? Quand la fonction de transfert est plus grande que 1 pour toute une bande pourquoi on ne voit pas toutes les fréquences apparaître ? Comment sont créées les oscillations quand on boucle le système ?

### Agrégation 2019 - Note : 11/20

Plan : I/ Systèmes bouclés. II/ Asservissement d'un moteur en position. III/ Oscillateurs quasi-sinusoïdaux

Questions : Récrire une formule dans laquelle j'avais fait un typo. Faire une analogie entre le système bouclé du laser et une partie du pont de Wien. Retrouver la fonction de transfert de l'amplificateur inverseur (dans le pont de Wien). Illustrer la constance du produit (Gain x Bande) sur un diagramme de Bode.

### Agrégation 2018 - Note : 19/20

Plan présenté : I Systèmes bouclés linéaires. 1) Fonctions de transfert. 2) Exemple : ampli non-inv. II Conséquences de la rétroaction. 1) Amplification, bande passante. 2) Réponse dynamique. 3) Sensibilité aux fluctuations. III Oscillateurs. 1) Stabilité d'un système bouclé. 2) Condition de Barkhausen. 3) Exemple : oscillateur à pont de Wien.

Pas de problème en préparation, le technicien faisait des blagues et parlait beaucoup. En préparation je me suis entraîné à faire le calcul de la fonction de transfert de l'ampli non inverseur (ce qui ne m'a pas empêché de m'embrouiller en direct avec les fractions à étages) et j'ai travaillé mon introduction sur l'analogie avec le régulateur de vitesse, ça a plutôt bien marché. J'ai été un peu trop rapide sur les parties I et II (prévues pour être courtes, mais pas à ce point), du coup il me restait 5 minutes à la fin que j'ai meublées avec la PLL que j'avais prévue sur transparent au cas où. J'ai présenté la manip de l'oscillateur de Wien, avec la naissance des oscillations et la distorsion, à la fin de ma partie sur les oscillateurs, ce qui permettait de faire plein de retours en arrière pour illustrer.

Questions posées : Dans vos différents exemples, c'est des rétroactions positives ou négatives ? Dans l'oscillateur à pont de Wien, la condition de Barkhausen sur la phase c'est quoi ? Pourquoi vous ne l'avez pas dit alors (parce que la condition sur le gain est toujours intuitive quand on abandonne Barkhausen pour regarder plutôt Nyquist, alors que la condition sur la phase n'est utile que dans le cadre très restreint de Barkhausen) ? Quand on boucle l'ampli non inverseur, on change le type de circuit ? Vous avez dit que c'était une "réponse type RC", c'est-à-dire ? Il n'y a pas un truc qui est conservé quand on passe de l'AO à l'ampli non inverseur ? Là un élève demanderait, pourquoi vous dites  $Re > 0$  alors que sur le diagramme de Nyquist c'est  $Re < -1$  ? Comment on pourrait modéliser les pertes par les miroirs dans votre schéma à rétroaction positive ? Vous pouvez réexpliquer ce qui se passe quand vous prenez une résistance  $R_2$  très grande ? Il se passerait quoi si on augmentait le  $R$  des miroirs ? La forme des pics s'appellerait comment ? C'est quoi l'équivalent pour le pont de Wien ? Exemple de système asservi pour éviter les fluctuations thermiques ? Pourquoi être passé de  $p$  à  $j\omega$  en cours de leçon ? Vous parlez de quel laser dans votre exemple ? Il est fait de quoi le milieu amplificateur dans un He-Ne ? Comment on fait le pompage ? C'est quoi la condition sur le nombre de niveaux pour qu'il y ait amplification ? Autres conditions à respecter ? On cherche toujours à avoir des lasers monomodes ? En pratique c'est des lasers monomodes qu'on a ? C'est des modes transverses ou longitudinaux ? Dans l'oscillateur de Wien, c'est quoi l'équivalent du pompage ? Vous dites que si la croissance des oscillations s'arrête, c'est à cause de la saturation de l'AO, mais là c'est plutôt 4.5V que 15V, pourquoi ?

### Agrégation 2015 - Note : 10/20

La préparation s'est bien passée. Les techniciens ont monté les manips que je souhaitais présenter, mais n'ont pas réussi à faire tout à fait fonctionner l'une d'entre elles (moteur asservi en position). J'ai fait sans pour la présentation, en dessinant moi même les courbes sur lesquelles je voulais expliquer des choses.

Pendant la présentation, je pensais avoir bien le temps de présenter calmement ce que j'avais préparé. Finalement non, et j'ai été trop rapidement sur la dernière partie, pourtant importante puisque c'est là que je parlais le plus

d'oscillations... J'ai un peu trop parlé d'asservissement, et aurait dû plus développer la partie oscillations des rétroactions.

Questions : - fonctionnement d'un AO - généralisation de certains points que j'avais présentés sur des cas particuliers - fonctionnement montre à quartz - autres types d'oscillateurs

### **Agrégation 2015 - Note : 20/20**

J'ai réalisé une présentation classique, on débute sur l'asservissement et on enchaîne sur les oscillateurs en utilisant le critère de Nyquist. Dans l'asservissement, j'ai débuté sur les AO en amplification non inverseur pour présenter le formalisme avec les schémas blocs et les fonctions de transferts en boucle ouverte et en boucle fermée. Ensuite, j'ai discuté de l'asservissement en position d'un moteur en insistant sur les performances de l'asservissement et ensuite en discutant sa stabilité avec le critère de Nyquist. En illustrant expérimentalement le problème, on précise que l'instabilité dans le moteur asservi en position n'est pas une instabilité linéaire. Ensuite, on passe sur l'oscillateur à pont de Wien et on introduit le critère de Barkausen et on en discute.

La préparation s'est plutôt bien passée, sauf que l'on avait visiblement pas envoyé d'amplificateur différentiel intégré et que l'ampoule (critère de Barkausen) que l'on avait envoyé n'était pas la bonne et ne permettait pas de stabiliser l'amplitude des oscillations. J'ai choisi d'aller chercher le matériel avec la technicienne pour éviter d'avoir à faire des allers-retours et je suis convaincu que c'est préférable. Ceci m'a évité de nombreux allers-retours et de nombreuse demande. D'un point de vue préparation de la leçon, je connaissais la bibliographie qu'il me fallait ainsi que les emplacements des différents éléments ce qui m'a fait gagné beaucoup de temps.

Pour le retour du jury, il m'a dit que ce qui avait extrêmement apprécié était la contextualisation de la leçon. Il faut absolument motivé chacune des parties de la leçon et les lier entre elles. Par ailleurs, les illustrations expérimentales sont également très apprécié. Enfin, il est bon d'arriver d'être multitâche, c'est à dire de discuter de ce que l'on fait en même temps qu'on le fait. Il faut également arrivé à se détacher de ces notes et il n'est pas très grave d'avoir quelques erreurs mineurs sur le tableau, j'ai par exemple eu une erreur de signe qui ne m'a pas pénalisé.

J'ai eue des questions sur d'autres critères de performance d'un asservissement, le but était de me faire parler des limites de sécurité d'un asservissement. Ensuite, on m'a demandé si je connaissais un système physique non électrique avec des oscillations due à la rétroaction. Donc j'ai dit le Laser et on m'a demandé de préciser comment le système pouvait être traité avec Barkausen et ensuite quelle était la source de démarrage du laser. Enfin on m'a demandé de réexpliquer comment est-ce que l'on pouvait stabiliser un oscillateur à pont de Wien avec une ampoule à incandescence.

## **LP23 : Aspects analogique et numérique du traitement d'un signal. Étude spectrale.**

### **Commentaires extraits des rapports de jury**

**2018** : Jusqu'en 2017, le titre était : *Traitement d'un signal. Étude spectrale.*

**2017** : Ce n'est pas une leçon sur le filtrage qui est attendue ; il ne faut pas se réduire à l'étude d'un ou plusieurs filtres électroniques.

**2016** : Cette leçon ne peut en aucun cas se réduire à la simple étude de la théorie de Fourier.

**2015** : Cette leçon ne doit pas se réduire à un catalogue de systèmes de traitement analogique du signal. Elle peut aussi mettre en exergue des méthodes numériques enseignées notamment dans les programmes de CPGE.

Jusqu'en 2014, le titre était : *Traitement analogique d'un signal électrique. Étude spectrale.*

Jusqu'en 2013, le titre était : *Traitement analogique d'un signal électrique. Étude spectrale. Exemples et applications.*

### **Retour des années précédentes**

#### **Agrégation 2019 - Note 18/20**

Plan : I) Je parle du spectre d'un signal, des TF et de la numérisation (Shannon). II) Filtres linéaires avec application au filtrage anti-repliement. III) Modulation et démodulation d'amplitude.

Manips et programmes python : Programme sur les séries de Fourier avec slider, qui permet de montrer la convergence de la série de Fourier vers la fonction périodique. Programme montrant le spectre d'un signal

échantillonné avec un curseur pour changer la fréquence d'échantillonnage, pour illustrer le critère de Shannon. Filtre RC passe bas analogique + acquisition Latispro de la réponse impulsionnelle pour montrer son diagramme de Bode. Retour sur le deuxième programme en ajoutant un bruit haute fréquence + ajout d'un filtre passe bas (numérique) pour illustrer le principe du filtre anti-repliement. Modulation et démodulation d'amplitude (deux multiplieurs suivit d'un filtre RC).

Entretien : Je n'ai pas compris votre plan, vous pouvez me l'expliquer ? Toutes vos parties sont indépendantes ? Pourquoi un niveau L3 ? Montrez que la TF s'identifie aux séries de Fourier pour les signaux périodiques ? Qu'est-ce que c'est que le produit de convolution ? Comment l'expliquer simplement à un élève ? C'est quoi le critère de Shannon ? Comment on fait une TF numérique ? Peut-on reconstituer le spectre par des méthodes numériques s'il on a du repliement ? Concrètement, comment on fait pour acquérir un signal ? Filtrage analogique ou numérique ? Comment on choisit la fréquence d'échantillonnage, la quantification ? Quand est-ce que les TF ne marchent pas ? Fondamentalement, pourquoi ça marche quand c'est linéaire ?

### Agrégation Docteur 2017 - Note 14/20

J'ai repris le plan présenté durant l'année de préparation. Les questions posées ont porté sur la description de l'opération de convolution, la description du repliement de spectre, pourquoi la dérivée de la réponse indicielle permet de remonter à la fonction de transfert du filtre.

## LP24 : Ondes progressives, ondes stationnaires.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2015** : Les candidats doivent être attentifs à bien équilibrer leur exposé entre ces deux familles d'ondes qui, d'ailleurs, ne s'excluent pas entre elles.

**2014** : À l'occasion de cette leçon, le jury tient à rappeler une évidence : avec un tel titre, la leçon doit être équilibrée et ne peut en aucun cas se limiter pour l'essentiel aux ondes progressives.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Exemples de phénomènes de propagation unidimensionnels. Ondes progressives, ondes stationnaires. Aspects énergétiques.*

### Retour des années précédentes

#### Agrégation Docteur 2017 - Note 07/20

Questions : comment fonctionne un RLC mètre ? Analogies entre oscillateur forcé amorti et circuit RLC série pour les résonances ? Y'a-il une résonance si sortie aux bornes de l'inductance ?

#### Agrégation 2015 - Note : 16/20

Plan : I) Phénomènes ondulatoires, 1) corde vibrante 2) câble coax (très vite fait) II) Onde progressive, 1) solutions générales (avec le changement de variables) 2) Ondes planes progressives monochromatiques (les définitions des termes, dégager l'intérêt d'une telle approche grâce à la TF et la linéarité de d'Alembert) . III) Ondes stationnaires 1) Définition (et montrer que c'est parfaitement équivalent avec les ondes progressives), 2) Corde de melde non forcée.

J'ai eu largement le temps de préparer (j'ai fini d'écrire le plan détaillé au bout de 2h30). J'ai donc pu passer du temps sur les manip (mesure de la vitesse d'une onde dans un câble coax en envoyant une impulsion en entrée et en observant le signal à la sortie, et corde de melde avec visualisation des modes propres). J'ai également pu bien approfondir la leçon dans le temps restant, ce qui m'a bien servi pour les questions.

Le technicien que j'avais avec moi était très sympa. Il a monté tout le matériel et a mesuré et pesé la corde de melde pour que je puisse remonter aux modes propres.

Pendant la présentation de la manip sur la vitesse dans le câble coax, j'ai touché au té reliant deux câbles, ce qui a fait « sauter » le signal. Je n'ai pas su le stabiliser donc j'ai juste expliqué le principe de la manip et la valeur expérimentale que j'avais trouvé en préparation. Pour la corde de melde, j'ai été un peu vite pour mesurer la fréquence propre au stroboscope (j'ai commencé à basse fréquence plutôt qu'à haute), du coup j'ai mesuré la fréquence moitié. Comme c'était sur la fin et que j'étais presque au bout du temps, je n'ai pas pris le temps de chercher une explication et suis passée à la suite. Ils sont revenus dessus pendant les questions et j'ai alors pu leur expliquer le problème."

Questions du jury : Ils sont revenus sur les deux manip qui n'ont pas marché. Sur le câble coax : pouvez vous réexpliquer quels sont les deux signaux ? Quelle est la différence entre la vitesse de phase et la vitesse de groupe ? Que mesurez vous ici (vitesse de groupe) ? Comment mesurer seulement la vitesse de phase (en envoyant une

sinusoïde et en mesurant le décalage) ? Est-ce que l'ordre de grandeur de la célérité mesurée ici est bonne ? Sur la corde de melde : Quelle fréquence aviez vous théoriquement ? Pourquoi avoir obtenu une fréquence moitié ? Pourquoi la corde n'explose pas (hypothèse des petits angles plus valides, du coup la formule de la résonance ne s'applique plus) Définition de la vitesse de groupe théorique ? Dans quelle leçon pourrait-on la placer ? Si  $k$  est complexe, quelle partie intervient dans  $v_g$  ? Vous avez mentionné d'autres types d'équation à part d'Alembert, pouvez vous en citer d'autres (câble coax avec pertes) ? Quelle est la relation de dispersion pour le câble coaxial avec pertes ? Définition exacte de la dispersion ? Que se passe-t-il dans le câble si on a de l'absorption ou de la dispersion ? En quel matériau est fait l'isolant du câble ?

### Agrégation 2013 - Note : 07/20

J'avais prévu de présenter le plan suivant : Intro : introduction historique sur la vibration des cordes observée par Pythagore, mise en équation par d'Alembert bien plus tard, etc. — 1. Exemples de phénomènes de propagation unidimensionnels. 1.1. Vibration transverse d'une corde. 1.2. Propagation dans un câble coaxial. 1.3. Analogies, équations de couplage. — 2. Propagation 2.1 Solution de l'équation de d'Alembert, influence des conditions initiales. 2.2. Équations de couplage et impédance, conditions aux limites. 2.3 Aspects énergétiques. — 3. Ondes stationnaires. 3.1 Forme des solutions. 3.2. Résolution. 3.3 Aspects énergétiques.

J'ai perdu trop de temps à présenter les deux exemples du début et aux 50 minutes j'ai dû m'arrêter à mon §2.2. Ce qui fait que je n'ai parlé ni des aspects énergétiques ni des ondes stationnaires, soit des 2/3 du sujet. Je conseille de passer l'une des mise en équation à la trappe et simplement en donner le résultat, à moins d'être très rapide. J'ai essayé d'être proche de l'expérimental pour présenter les hypothèses (corde tendue, ARQS, etc.) : j'avais la corde de Melde avec pot vibrant + câble coaxial + corde à sauter attachée à un radiateur ; je crois que ça a été apprécié.

Les questions qui m'ont ensuite été posées ont essentiellement eu pour objectif de faire le point sur ce que j'aurai voulu présenter.

## LP25 : Ondes acoustiques.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : La contextualisation et des applications de la vie courante ne doivent pas être oubliées dans cette leçon qui se résume souvent à une suite de calculs. De plus, les fluides ne sont pas les seuls milieux dans lesquels les ondes acoustiques peuvent être étudiées.

**2014** : Cette leçon peut être l'occasion de traiter les ondes acoustiques dans les fluides ou dans les milieux périodiques, certes, mais elle peut aussi être l'occasion de traiter les deux cas qui donnent lieu à des phénoménologies très différentes.

**2013** : [À propos du nouveau titre] Le candidat est libre d'étudier les ondes acoustiques dans un fluide ou dans un solide élastique.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Ondes acoustiques dans les fluides*.

**2011, 2012, 2013** : Cette leçon peut être l'occasion d'introduire le modèle limite de l'onde plane progressive harmonique et de la comparer éventuellement à l'onde sphérique.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2017 - Note : 16/20

Étant peu inspiré par ce tirage, et pas particulièrement à l'aise sur le sujet, j'ai présenté un plan classique mais solide.

Pendant la séance de questions j'ai été lamentable, je n'ai su répondre à rien ou presque, j'étais fatigué et j'ai eu l'impression que mon cerveau marchait à 1 % de ses capacités, j'ai dit des tas de bêtises... Mais je suis resté toujours parfaitement confiant et parfaitement souriant. Quant à la leçon, il me semble que le jury a au moins eu l'air d'aimer les deux sous-parties « retour sur les hypothèses ». Il était constitué de deux hommes et d'une femme, les deux hommes étaient souriants et la femme était neutre sans froideur. L'un des deux hommes a fait les présentations et géré les temps de parole, les deux autres membres du jury m'ont questionné.

Questions posées : - Vous êtes revenu sur toutes vos hypothèses au cours de la leçon, sauf une : qu'en est-il de l'effet de la pesanteur ? À quel point peut-on la négliger ? Avez-vous une idée du domaine de validité de cette approximation ? - Avez-vous une idée du domaine de validité de l'approximation incompressible ? - Vous avez une idée de l'ordre de grandeur des variations de la masse volumique de l'air avec l'altitude ? - On a une

évolution isentropique et non pas isotherme, donc la température du fluide change au passage de l'onde. Comment change-t-elle ? Vous avez une idée de l'ordre de grandeur ? D'une façon de calculer ça ? - Existe-t-il d'autres applications que les cuves à ultrasons en chimie aux surpressions et aux sur-températures locales ? - Pouvez-vous évaluer les variations locales de la température pour une intensité de pression donnée ? - Savez-vous si la célérité des ondes sonores change avec l'altitude ? Évolue-t-elle beaucoup, peu ? - Vous avez parlé d'impédance acoustique... Est-ce que vous savez l'application que cette notion peut avoir, par exemple dans le cas des tuyaux d'échappement des voitures ? Comment ça se passe dans ce cas ? - Tout au long de votre leçon, vous avez fait une analogie entre les ondes acoustiques et les ondes électromagnétiques. Quelles sont les limites de cette analogie ? - Est-ce que ça change quelque chose que la propagation soit longitudinale ici plutôt que transverse ? - Justement, puisque vous parlez de guidage d'ondes : peut-on guider des ondes acoustiques ? - Vous avez une idée des applications de la chose ? - Maintenant, j'aimerais revenir sur votre expérience. Vous avez dit qu'en mode Lissajous, vous étiez plus précis qu'avec le mode de visualisation normal pour mesurer le défilement des longueurs d'onde. Pouvez-vous vous expliquer ? - Donc vous dites qu'il n'y a pas vraiment une différence de précision en fait, mais que c'est plus une question de commodité et de pédagogie ? - Toujours sur cette expérience, vous êtes allé très vite sur les incertitudes pendant votre présentation. Vous avez conclu qu'elles étaient suffisamment faibles pour pouvoir invalider l'hypothèse d'une évolution isotherme, mais vous ne les avez pas réellement données. Pouvez-vous revenir là-dessus ? - Vous n'avez pas parlé, au cours de votre leçon, de la propagation du son dans les solides. (Un geste pour dire que ce n'était pas un reproche.) Pouvez-vous me dire un peu comment ça se passe ? - Pourquoi utiliser la loi de Hooke ? - Est-ce qu'il y a beaucoup de différences entre la propagation du son dans un solide et dans un fluide ? - Est-ce que l'expression de la célérité des ondes sonores est la même dans un solide, avec le coefficient de compressibilité isentropique et la masse volumique ? - J'aimerais vous poser une dernière question. Je vais me placer dans la peau d'un élève, qui assiste à votre cours. Il se trouve que c'est l'été, j'aime bien prendre l'air dans mon jardin, chez moi, pendant la journée. Bon, j'habite à un kilomètre d'une autoroute avec plein de voitures, mais ça va, je ne les entends pas dans la journée. Par contre, quand c'est le soir, j'aimerais bien continuer à profiter de mon jardin, sauf que je me mets à entendre le bruit de la circulation... (Ici les deux autres membres du jury ont ri doucement.) Comment ça se fait ?

### Agrégation 2017 - Note : ?

La préparation s'est bien passée, ma technicienne s'est donnée du mal pour me trouver un ventilateur et a très bien monté mes manip (oscillations d'une bougie face à un haut-parleur et vitesse de propagation du son dans l'air). Lors de la présentation, j'ai été prise par le temps et j'ai survolé ma dernière partie, que j'avais préparée sur transparent au cas où. Le jury était bienveillant, et a essayé de me guider lorsque je ne comprenais pas où il venait en venir lors des questions.

Questions posées : Comment un émetteur à ultrasons fonctionne, mécaniquement parlant ? Quelle grandeur physique se déplace dans la propagation d'une onde sonore ? D'où vient le son produit par un instrument de musique ? Toutes les ondes sonores sont-elles longitudinales ? A quoi correspond physiquement l'impédance acoustique d'un milieu ? Est-ce que les ondes acoustiques se dissipent de la même façon que les ondes lumineuses ? Pourquoi ? Est-ce que vous connaissez le phénomène de sonoluminescence ?

### Agrégation 2015 - Note : 12/20

J'ai fait un plan classique : Intro : manip avec micro et haut parleur. 1- Mise en Equation. 2- Propagation d'une onde acoustique (OPPH, aspect énergétique). 3- Interface et adaptation d'impédance. J'ai insisté sur les hypothèses (approx acoustique, isentropie ...) et leur zone de validité. J'ai passé pas mal de temps au tableau à faire des calculs.

Questions du jury, dans le désordre : Expliquer physiquement l'impédance acoustique. Y-a-t'il des problèmes de cohérence avec une source type haut parleur ? Quelle est la force de viscosité dans le cas général ? Hypothèse sur le référentiel d'étude ? Influence de la gravité toujours négligeable ? La vitesse de l'onde = vitesse quadratique moyenne dans un GP. Coïncidence ? Interprétation des vitesse de phase et de groupe ? Autre hypothèse plus forte que l'isentropie ?

## LP26 : Propagation avec dispersion

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2016** : Il s'agit d'une leçon qui porte sur la dispersion et non sur la propagation.

**2015** : Le jury invite les candidats à réfléchir sur les notions de vitesse de groupe et de vitesse de l'énergie qui ne s'identifient pas forcément.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Propagation dans un milieu dispersif : vitesse de phase, vitesse de groupe. Paquets d'ondes planes et évolution. Exemples.*

**2012, 2013** : Les candidats doivent avoir réfléchi à la notion de vitesse de groupe et à son cadre d'utilisation.

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2017 - Note : 17/20

Le sujet ne me plaisait pas trop, même s'il y a bien pire je pense. Je savais quels livres prendre et je me souvenais parfaitement de mon plan. J'ai donc attaqué rapidement la leçon. J'ai également présenté l'étalement d'une impulsion dans un câble coaxial et une animation scilab de propagation d'un paquet d'onde. Les professeurs préparateurs m'ont aidé pour la manip : ils ont fixés une résistance de 75 Ohm pour adapter l'impédance du câble que j'avais. La préparation s'est bien passée, j'ai fini mes notes au bout de 2h30 puis j'ai présenté ma leçon seul pour m'entraîner. J'ai utilisé un chronomètre pendant la présentation et j'ai fini dans les temps, j'ai juste accéléré un peu le rythme vers la fin. De plus, j'ai utilisé 2 transparents pour mes schémas. Il faisait très chaud ce jour-là, penser à bien s'hydrater en particulier juste avant de passer.

Questions posées : Le jury (3 personnes) était neutre mais relativement courtois. Les questions posées sont les suivantes. Le lien entre absorption et dispersion est-il général ? Pour le modèle de Lorentz (électron élastiquement lié), que se passe-t-il si les électrons sont considérés comme quantiques ? Pourquoi  $v$  est petit par rapport à  $c$  pour l'électron ? Pourquoi  $u(x+dx,t)$  devient  $u(x,t)$  dans la loi des mailles ? La dispersion a-t-elle un intérêt ? Où a-t-on de la dispersion, à part le coax ? Question d'élève : comment voir la dispersion sans calcul, sans équation ?

## LP27 : Propagation guidée des ondes.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2014** : Les candidats doivent avoir réfléchi à la notion de vitesse de groupe et à son cadre d'utilisation.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Propagation guidée. Exemples et applications.*

**2012, 2013** : Les notions de modes et de fréquence de coupure doivent être exposées. On peut envisager d'autres ondes que les ondes électromagnétiques.

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2013 - Note : 15/20

J'avais présenté le plan préparé pendant l'année en mettant plus l'accent sur les structures des champs. On m'a demandé de rappeler l'équation de conservation de la charge et celle de Maxwell-Gauss (j'avais inversé les deux), l'équation de conservation de l'énergie ainsi que le sens physique du vecteur de Poynting. On m'a demandé quelles analogies on pouvait faire entre la trajectoire des rayons lumineux dans la fibre optique et la décomposition en deux ondes planes dans le guide d'onde. Ensuite le niveau s'est assez brutalement élevé et un des membres du jury m'a posé pas mal de question sur des analogies entre la leçon et la mécanique quantique : donner la relation de dispersion pour un électron en propagation libre. Exemple du confinement de l'électron qui implique de la quantification (comme pour le guide). Le fait que la vitesse de groupe soit inférieure à  $c$  implique-t-il que le photon a une masse ? (Il voulait que je lui parle de la théorie de Broca ...) et enfin connaissez vous l'effet Casimir et pouvez vous l'interpréter ?

## LP28 : Ondes électromagnétiques dans les milieux diélectriques.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Cette leçon ne doit pas se limiter à un cours sur les milieux diélectriques ; cela n'en est pas l'objet.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Dispersion et absorption d'une onde électromagnétique plane dans un milieu diélectrique. Modélisation microscopique.*

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2017 - Note : 10/20

Questions posées : Un des membres du jury n'a voulu poser des questions que sur ma dernière partie laissant clairement entendre dès le début que c'était la seule qu'il considèrerait comme étant dans le sujet...

Vitesse de phase, groupe expression ? Définition ? Milieux dispersif ? Loi de Cauchy, pourquoi définie à partir de la partie réelle de  $\epsilon_r$  ? Ré-expliquer deux trois points pour un élève. Si dans le modèle de l'électron classiquement

lié on fait  $E = 0$ , on a  $r$  (distance noyau/électron) qui tend vers 0 à cause du terme de frottement fluide, ce n'est pas ce qui se passe en réalité pourquoi ? Quelles sont les expressions de  $\chi'$  et  $\chi''$  dans un modèle quantique ? Que doit-on considérer comme interaction ? J'avais donné des ODG pour  $\epsilon_r$ , dans le cas de l'eau pourquoi n'a t'on pas  $\epsilon_r = n^2$  ? De quoi cela dépend-il ?

Retour du jury :

Ils n'ont pas du tout aimé le fait que je traite la réponse du milieu, ils auraient préférés l'étude de la propagation dans les milieux diélectriques, diélectriques anisotropes... Selon eux le modèle de l'électron élastiquement lié peut être traité mais peut également tout à fait être considéré comme un prérequis.

### Agrégation 2015 - Note : 18/20

I/ EM dans les milieux 1. Eq. de Maxwell 2. Polarisation du milieu 3. Relation de fermeture II/ Propagation d'ondes EM dans les diélectriques 1. Eq. d'onde 2. Relation de dispersion 3. Transport de l'énergie III/ Modélisation d'un milieu 1. Modèle de l'électron élastiquement lié 2. Susceptibilité diélectrique dans le modèle de l'électron élastiquement lié

I/ J'ai bien insisté sur le décompte des équations et des inconnues pour appuyer ma démarche de modélisation du milieu matériel. J'ai ensuite introduit de façon ad hoc une relation de fermeture. II/ Ici on parle de propagation d'onde. III/ Petite intro sur les différents types de polarisation. Puis modèle de l'électron élastiquement lié. J'ai fini sur une courbe représentant l'évolution de la susceptibilité diélectrique avec la fréquence pour ouvrir sur les applications.

J'avais prévu une autre partie pour discuter proprement les applications mais je n'ai pas eut le temps car j'ai décidé de faire très proprement le début. Ce qui a payé finalement.

Questions du jury : Justifier la force de rappel élastique, la force de frottement fluide ? Milieu à polarisation spontanée ? Il voulait entendre parler de ferroélectrique. Comportement non linéaire, comment changer la relation de fermeture ? Comment décrire un tel problème ? (j'ai parlé d'ensemble canonique comme pour le paramag, ça lui allait) Matériaux anisotropes, comportement des cristaux liquides, forme de la susceptibilité diélectrique ? Pourquoi Maxwell = 6 équations ? Pourquoi en complexe pour calculer  $B$  on multiplie  $k$  et  $E$  mais pour  $\Pi$  on multiplie  $E$  et  $B^*$  ? Exemple d'effets non linéaire sur les diélectrique ? J'ai parlé de doublement de fréquence. Un autre exemple ? J'en avais pas Le modèle de l'électron élastiquement lié permet de prédire la couleur des rubis par exemple ? Je crois que non mais je ne sais plus d'où ça vient. Pourquoi une telle différence entre la susceptibilité de l'eau liquide et de la glace ?

Commentaires du jury : Effet non-linéaire cubique : Kerr (compensation de dispersion, soliton optique), Pockels.  $B = k \times E/\omega$  : il n'y a que  $E$  qui est sinusoidal alors que pour le vecteur de Poynting on multiplie deux grandeurs sinusoidales et on accède uniquement à la valeur moyenne grâce à l'artifice de calcul  $\Re(E \times B^*/2\mu_0)$ . Modèle électron élastiquement lié explique les couleurs des diélectriques pour les solutions et quelques pierres précieuses. Cristaux liquides nématiques : couplage lumière/matière et donc polarisation lumière suit orientation molécules.

On lit souvent dans les rapports de jury qu'il veulent voir des applications. Je n'en ai pas fait mais j'ai mentionné en ouverture le four à micro-ondes et la spectroscopie. En m'appuyant sur un paragraphe traitant des différents types de polarisation.

### Agrégation 2015 - Note : 07/20

La LP s'est mal passée, elle n'a pas été appréciée car trop calculatoire et sans contextualisation. J'étais déçu de ce tirage.

Questions : Milieu contenant une polarisation spontanée ? Exemple d'utilisation de ces milieux ? But de la leçon ? Longueur caractéristique d'évolution [de quoi ?] ? Pourquoi la force de rappel a cette forme ?

### Agrégation 2014 - Note : 13/20

Quel est l'équivalent des milieux ferromagnétiques pour les diélectriques : connaissez vous un milieu possédant un moment dipolaire permanent ? La relation  $k = k' + ik''$  est elle vectorielle ? Existe-t-il des milieux dans lesquels  $k'$  et  $k''$  ne sont pas dans la même direction ?

### Agrégation 2013 - Note : 05/20

Questions sur une expérience que j'avais présenté pour mettre en évidence la polarisation d'un diélectrique (à l'aide du condensateur d'Aepinus et de l'électroscope), mais qui est trop dure à interpréter à mon avis. La surface englobant l'élément  $d\tau$  que j'avais introduite pour définir la densité volumique dipolaire est elle matérielle ? Pourquoi les charges s'arrêtent à cette frontière ? Et d'autres questions dont je ne me souviens plus...

## LP29 : Ondes électromagnétiques dans les milieux conducteurs.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Les analogies et différences observées entre les différents milieux étudiés méritent d'être clairement soulignées. Il est intéressant d'évoquer les aspects énergétiques.

**2015** : Cette leçon ne doit pas se réduire à la présentation exclusive du modèle de Drude. Les métaux ne sont pas les seuls milieux conducteurs.

**2014** : Cette leçon ne doit pas être confondue avec la leçon 47 [qui était *Mécanismes de la conduction électrique dans les solides.*].

Jusqu'en 2013, le titre était : *Effet de peau. Comportement d'une onde électromagnétique à la surface d'un conducteur.*

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2018- Note : 11/20

La préparation s'est bien déroulée, je connaissais bien le plan. I) Modèle de Drude II) Comportement basse fréquence III) Comportement hautes fréquences. La présentation ne s'est pas bien passée, je n'ai pas réussi à me séparer de mes notes, j'ai fait des erreurs de calcul, et j'ai manqué de donner certains commentaires physique et ordres de grandeurs... La séance de questions ne s'est pas bien passée, j'étais stressé et je n'ai pas su répondre à nombre de questions.

#### Agrégation 2017 - Note : 15/20

J'étais tombé sur cette leçon pendant la préparation aux oraux donc j'étais plutôt à l'aise sur le sujet. En cherchant les livres pour cette leçon, je suis tombé sur un bouquin que j'avais consulté sur internet justement pour cette leçon et qui était disponible (amené par Cachan), il faut donc pas hésiter à bien regarder tous les livres le jour de la visite du lycée! Je n'ai fait aucune manip, j'ai présenté un tableau résumant les ondes EM dans les milieux conducteurs durant ma leçon. Pendant la leçon, un des jurys était très captivé par ce que je faisais, les deux autres personnes faisaient la gueule.. Un étudiant est venu assister à ma présentation.

Questions : - Vous avez parlé de la couleur des métaux. Votre modèle marche t'il pour l'aluminium ? Le cuivre ? L'or ? Dans le cas où ça ne marche pas (cf Ashcroft), que faut-il prendre en compte en plus ou changer dans le modèle - Que représente tau dans le modèle de Drude ? Et dans le modèle de Sommerfeld ? - Dans le cas où le modèle de Drude ne marche pas, que faut-il prendre en compte/changer ? (cf leçon conduction électrique dans les métaux) - Comment expliquer à un élève de prépa la couleur des métaux ? (je n'ai pas compris pourquoi j'ai eu cette question) - Quelles sont les similitudes et différences entre les propriétés conductrices et diélectriques d'un milieu ? - Comment les propriétés changent lorsqu'on a à faire à un alliage de métaux ? Citer des alliages de métaux. - Y'a t-il tout le temps électroneutralité dans un milieu conducteur ? (OUI, le cap prépa raconte n'importe quoi à ce sujet d'ailleurs, il faut regarder plutôt dans le Garing ou le H-prépa d'EM) Que se passe t-il à la pulsation plasma ? - Vous n'avez pas parlé de plasma (c'était un choix volontaire, je m'y connais pas trop), pourquoi ? (ils m'ont dit que c'était pas du tout un problème de pas en parler, et que justement autant ne rien dit si on s'y connaît pas trop)

Commentaire : j'étais très content de ce que j'avais fait, mais j'ai vraiment TROP fait, j'ai traité le sujet de manière exhaustive (du moins pour tout ce qui est propriétés optiques et réponse du milieu) et j'ai été vraiment vite, ce que deux membres du jury n'ont pas apprécié. Lors de l'entretien, j'ai appris que chaque personne du jury avait attribué une note, et j'avais eu 9-12-18. Les deux premières personnes trouvaient qu'un élève de prépa n'aurait pas pu assimiler, et je pense aussi qu'ils ont eu du mal à suivre (mon débit était très soutenu). La dernière personne au contraire m'a dit que j'avais été vite certes, mais que c'est un concours dans lequel il faut montrer qu'on a une connaissance solide du sujet. Du coup les avis étaient un peu contradictoires. Je pense que j'en ai quand même trop fait (j'aurais pu admettre certains résultats).

#### Agrégation 2014 - Note : 15/20

Pendant la préparation, je n'ai eu aucun problème avec les livres, les techniciens étaient très sympas. Pendant le passage, je me suis embrouillé sur certaines notations et hypothèses. Le jury est revenu dessus pendant les questions (électroneutralité, ARQS). Le jury a également demandé pourquoi on pouvait, dans le modèle de Drude, négliger les interactions électrons/électrons et un commentaire sur la signification physique de la pulsation plasma. A posteriori, le jury a dit que j'avais très bien traité le sujet, bien expliqué le modèle de Drude, bien mené les calculs, mais pas assez donné d'intuition physique, d'applications. Il faut, après chaque calcul, rappeler le modèle, et interpréter en conséquence les équations, puis donner des applications et des exemples pour donner du relief à la leçon.

## LP30 : Rayonnement dipolaire électrique.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : La leçon ne doit pas se réduire à une suite de calculs.

**2015** : Le sens physique des approximations réalisées, ainsi que les propriétés de symétrie des champs électrique et magnétique rayonnés, doivent être discutés. Cette leçon peut également être l'occasion de réfléchir à la stabilité de la matière.

**2014** : Certains candidats utilisent un modèle faisant intervenir une charge électrique variable, ce qui ne semble pas très réaliste. Cette leçon ne doit pas être exclusivement technique et doit être l'occasion de discussions physiques poussées.

Jusqu'en 2014, le titre était : *Propriétés et applications du rayonnement dipolaire électrique.*

**2013** : Certains candidats utilisent un modèle faisant intervenir une charge électrique variable, ce qui ne semble pas très réaliste.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2012 - Note : 14/20

Vous avez parlé de la jauge de Lorentz, pourquoi celle là ? Qu'est ce qui change si on considère une distribution de charges pas neutre ? Comment rendre des antennes très directives ? J'ai fait l'expérience de la polarisation par diffusion/coucher de Soleil avec un tube de Cachan très pratique : dans l'expérience, l'extinction n'est pas totale, pourquoi ? Pouvez-vous expliquer avec les mains pourquoi la puissance rayonnée dépend de l'accélération et pas de la vitesse par exemple ? Modèle de l'électron élastiquement lié : vous avez pris une force de frottements type Stokes : quelle en est l'origine ? est-ce que l'expression est adaptée au phénomène ? Je me suis trompée dans le calcul de la puissance rayonnée : pouvez-vous nous rappeler l'expression de l'élément d'intégration ?

## LP31 : Présentation de l'optique géométrique à l'aide du principe de Fermat.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Les applications à des systèmes optiques réels sont trop souvent absentes de cette leçon.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Présentation de l'optique géométrique à l'aide du principe de Fermat. Exemples.*

**2014** : La leçon doit illustrer ce que le principe de Fermat apporte de plus que les lois de la réfraction et de la réflexion. Les analogies avec d'autres principes variationnels sont appréciées.

**2013** : La leçon doit illustrer ce que le principe de Fermat apporte de plus que les lois de la réfraction et de la réflexion.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2017 - Note : 11/20

Très soulagé par le tirage (c'était ma LP blanche en mai). Pendant la préparation j'ai un peu tourné en rond (elle a été prête très vite). J'ai présenté I/ Du rayon de lumière au principe de Fermat, II/ Démontrer les lois de l'optique géométrique (propag rectiligne, retour inverse et Descartes) III/ Propagation dans un milieu d'indice optique non homogène (équation des rayons et application au mirage) En conclusion, j'ai ouvert sur les fibres à gradient d'indice (Houard). Seule boulette à signaler : dans les lois de Descartes j'ai démontré celles sur la réflexion et j'avais prévu de juste énoncer celles de la réfraction (la démo étant analogue) et j'ai oublié... J'ai rectifié aux questions.

Questions posées : pouvez-vous démontrer plus simplement les lois de la réflexion ? Plusieurs fois la remarque classique : « moi je suis un élève je comprends pas, vous pouvez expliciter ? » Quel rapport entre la troisième partie et le principe de Fermat ? Comment pourrait-on justifier qualitativement la trajectoire des rayons ? Retour du jury : Ce qui a péché est surtout la pédagogie de la leçon, ils ont trouvé certains passages un peu rapides et pas assez justifiés. Oublier les lois de la réfraction a fait mal aussi. . .

**Agrégation 2015 - Note : 07/20**

La préparation s'est bien déroulée. J'ai trouvé les livres que je voulais et j'ai demandé 2 manips aux techniciens (limitation du rayon lumineux avec la diffraction et mirage supérieur avec la cuve et l'eau avec un gradient de salinité). J'étais dans une salle avec un grand tableau c'était pratique. Par contre l'écran du rétroprojecteur était situé sur toute une moitié de tableau (quand je le descendais) et j'avais écrit mon plan sur transparent en pensant avoir un rétro à côté du tableau que j'allumerais en permanence. Donc ce n'est pas forcément une bonne idée d'avoir son plan sur transparent. J'ai tenu les 50 minutes mais sans avoir pu faire ma partie avec le lien sur l'optique ondulatoire ni faire de conclusion.

Le jury m'a reproché plusieurs choses :

- 1) De manière générale la leçon est restée trop superficielle
- 2) On sentait que j'étais fragile sur certaines choses et que je n'avais pas assez de recul sur ce que je présentais.

Après il y avait les remarques particulières :

- 1) La définition de rayon lumineux aurait dû être plus claire
- 2) L'équation des rayons lumineux aurait dû être donnée avec les hypothèses associées
- 3) Il vaut mieux avoir des explications solides sur les mirages
- 4) Il faut faire le lien avec l'optique ondulatoire (Malus par exemple).

Questions : Comment convaincre un élève qu'on ne peut pas isoler un rayon lumineux ? Qu'est-ce qui se passe si la longueur d'onde est très petite devant la largeur de la fente ? (ça passe pas) Pourquoi dans ce cas y a-t-il des petits trous dans un four à micro ondes ? Si le chemin optique est noté avec les bornes A et B, on peut croire que celui-ci ne dépend que des bornes, existe-t-il une autre notation ? (intégrale sur le chemin C) Le chemin optique est-il défini algébriquement ? Dans la formule  $n = c/v$ , quel type de vitesse ? (vitesse de phase) Exemples de phénomènes avec chemin stationnaire maximal, minimal et quelconque ? Pourquoi la température au niveau du sol est plus élevée quand dans l'air ? Conditions de stabilité de l'atmosphère ? Quelles sont les positions des images dans les mirages supérieurs et inférieurs ? (notion d'image renversée) Existe-t-il une meilleure définition d'un rayon lumineux ? (direction du vecteur de Poynting) Un laser peut-il être considéré comme une source ponctuelle ? Qu'émet une source ponctuelle comme type d'onde ? Quel type d'onde émet un laser ? Quelle autre critère pour justifier l'optique géométrique apart l'approximation des très petites longueurs d'onde ? Est-ce que le principe variationnel se retrouve dans d'autres domaines ? Définition du lagrangien ?

**LP32 : Microscopies optiques.****Commentaires extraits des rapports de jury**

**2017** : L'intérêt des notions introduites doit être souligné.

**2016** : Une technique récente de microscopie optique à haute résolution doit être présentée.

**2015** : Deux nouvelles leçons ont été ajoutées [dont] une leçon intitulée « Microscopies optiques », dans laquelle un développement rigoureux et suffisamment complet d'au moins une technique est souhaité.

Cette leçon est apparue à la session 2016

**Retour des années précédentes****Agrégation 2016 - Note : 07/20**

Étant une véritable chèvre en optique, je suis resté niveau L1 et optique géométrique : microscope simple (communément appelé loupe), microscope double, limitations d'un instrument (aberrations, pouvoir de résolution) et améliorations possibles d'un microscope. J'ai dû enlever une ou deux sous-parties pour finir dans les temps ; ça doit pouvoir rentrer en connaissant le sujet et en utilisant des transparents (mais pas trop non plus, je pense qu'il faut montrer qu'on sait tracer des rayons). Les questions étaient surtout des précisions et des corrections sur les bêtises que j'ai pu dire. Les techniciens étaient très sympas, et m'ont monté le microscope depuis le livre et une liste de matos.

**LP33 : Interférences à deux ondes en optique.****Commentaires extraits des rapports de jury**

**2016** : Les approximations mises en œuvre dans les calculs de différence de marche doivent être justifiées *a priori*.

**2015** : L'exposé doit permettre de préciser clairement les contraintes particulières que l'optique impose aux dispositifs interférentiels par rapport à d'autres domaines.

**2014** : Un interféromètre comportant une lame séparatrice n'est pas obligatoirement utilisé en diviseur d'amplitude. La notion de cohérence et ses limites doivent être discutées.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Obtention d'interférences à deux ondes en optique. Notion de cohérence.*

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2019 - Note : 20/20

J'ai passé un assez mauvais oral, j'avais l'impression de dire des choses pas intéressantes/pas claires. J'ai pas eu le temps de vraiment abordé les problèmes de cohérence spatiale et temporelle, ce qui m'a mise très mal à l'aise pcq dans les rapports de jury iels disent que c'est super important pour cette leçon. Pour les questions je me sentais à côté de la plaque.

Questions : Dans le formalisme du train d'onde, à quel caractéristique du rayonnement est lié le temps de cohérence ? Après plein de questions sur les causes d'élargissement spectrale, des ODG de ces élargissements, les profils Lorentzien/Gaussien/Voigt dans les lampes spectrale haute/basse pression. Comment ça fonctionne un filtre interférentiel ? Mach-Zender avec deux polariseurs croisés dans les bras, comment on fait pour rétablir les interférences ? Ensuite on a parlé "d'interférométrie stellaire", on m'a demandé une "petite expérience, à faire sur une paillasse devant des élèves" pour illustrer les mesures de distance angulaire entre des étoiles.

Retour du jury : Les points "forts" de ma leçon c'est que c'était très clair, très pédagogique, iels m'ont dit que les choses s'enchaînaient bien et qu'on était jamais "dans le flou". Aussi la tenue du tableau leur a plu, mes schémas étaient clairs, propres, bien annotés et je les faisais assez rapidement. Iels ont bien aimé les discussions physiques à chaque expression mathématique que j'obtenais. Le fait que j'ai pas eu le temps d'aborder la fin de mon plan avec la cohérence temporelle et que j'ai juste illustrer expérimentalement la cohérence spatiale les a pas dérangé-es, iels ont préféré que je fasse une conclusion claire pour finir dans les temps. Bilan : pas besoin de faire une leçon super compliquée, plutôt en faire une très pédagogique et claire et bien construite, surtout en 40 min où on a pas forcément le temps de tout aborder.

### Agrégation 2016 - Note : 09/20

J'ai pris le plan de quelqu'un d'autre et la préparation s'est plutôt bien passée, j'ai sur-utilisé le technicien qui m'a adorablement amené un café, des craies de toutes les couleurs, un montage de fentes d'Young monté sur banc d'optique avec une QI, tout réglé comme il fallait et avec le sourire dès 6h... C'est pendant la présentation que j'ai commencé à bafouiller et oublier des infos. On m'a demandé de préciser l'importance d'une source primaire, pourquoi on parlait de cohérence temporelle ou spatiale, on est revenu sur le développement limité de la différence de marche dans l'expérience des trous d'Young, qu'est-ce que le modèle scalaire de la lumière ? Qu'est-ce que ça changerait fondamentalement de prendre une description en terme d'onde électromagnétique ? Du point de vue des unités ? Du point de vue de la polarisation ? La QI n'est pas polarisée, pourquoi est-ce qu'on arrive à voir des interférences ? Quel lien faire entre les trous d'Young et les fentes d'Young ? Vous parlez de trous, et pourtant vous choisissez d'illustrer expérimentalement avec les fentes, comment le justifier ? Qu'est-ce que les ondes lumineuses ont de particulier par rapport à d'autres ondes ? On peut avoir des interférences avec des ondes mécaniques ? Par exemple on fait comment dans une cuve à onde ? La figure d'interférence est immobile dans une onde mécanique ? On peut comparer la fréquence d'une onde lumineuse à celle d'actualisation d'un œil humain ?

### Agrégation 2016 - Note : 10/20

La leçon ne me semblait pas trop dure, je savais quels livres il me fallait, je savais les manips que j'allais réaliser et j'avais bien mon plan en tête. J'ai donc très vite attaqué la préparation.

La présentation en elle même s'est passée, je pense, correctement, même si je n'ai pas eu le temps de finir, et donc que toute la partie sur la cohérence temporelle a sauté. J'ai dû pas mal lire mes notes par contre, le jury s'en est probablement rendu compte.

Pour les questions, j'ai su répondre à la plupart des questions, mais il y en a quelques unes sur lesquelles je ne savais vraiment où le jury voulait en venir.

En ce qui concerne les techniciens, ces derniers étaient vraiment agréables, il m'ont tout installé sans que j'ai besoin de dire quoi que ce soit, je n'avais qu'à utiliser leur dispositif (c'est à dire les fentes d'Young avec fente variable, filtres interférentiels et caméra pour projeter les franges) pendant la leçon.

Questions : - Pourquoi ai-je mis un filtre interférentiel dans mon montage pour montrer la cohérence spatiale ? - Comment marche un filtre interférentiel ? - Est-ce qu'une cavité Fabry-Pérot ne sélectionne qu'une seule longueur d'onde ? - En ce qui concerne la cohérence des sources, suffit-il que les trains d'onde des sources se superposent

pour qu'il y ait interférence ? - Est-il possible de réaliser des interférences avec 2 sources primaires différentes ? - Quelle est la différence fondamentale entre les ondes lumineuses et les autres ondes, par exemple acoustiques ? Par exemple, pourquoi puis-je réaliser des interférences avec des ondes à la surface de l'eau en utilisant 2 excitateurs différents alors qu'avec la lumière, il faut la même source ? - Pourquoi, dans le calcul de la différence de marche des fentes d'Young, je fait un développement limité à l'ordre 2 ? Pourquoi je DOIS dire à mes élèves qu'en fait j'ai fait un DL à l'ordre 3 mais que le 3ème terme est nul ? - Comment interpréter la durée d'un train d'onde ? A quoi correspond vraiment cette durée ?

### Agrégation 2015 - Note : 09/20

Elle est un peu plus difficile qu'il n'y paraît. On tombe très vite sur des considérations compliquées à propos des notions d'éclairement, de modèle scalaire de la lumière (cas polarisé ou non polarisé) et de cohérence. Je suis un peu passé à côté du cœur de la leçon en ne consacrant qu'un petit quart-d'heure à la cohérence, il faut vraiment cadrer le sujet sinon il est facile de s'égarer comme je l'ai fait. Malgré tout, je pense que le jury a été sensible aux analogies que je me suis efforcé d'établir entre cohérences spatiale et temporelle (sans prononcer les mots Van Cittert-Zernike et Wiener-Khinchin).

Les techniciens ont pas mal galéré pour régler les miroirs de Fresnel et les fentes d'Young pour visualiser l'inversion de contraste, j'ai dû mettre un peu les mains à la pâte.

Questions : Dans quel cas l'éclairement ne s'identifie pas à l'intensité ? Que faut-il modifier lorsque l'on a à faire à une source polarisée ? Comment polariser une source ? Faire le lien entre figures de diffraction des fentes d'Young et champ d'interférence. Pour quelle largeur de fente source a-t-on un brouillage ? Ordre de grandeur pour le montage sur la pailleasse, pour Capella. Comment expliquer à un élève l'inversion de contraste ? (Le jury m'a demandé de bien distinguer terme de contraste et l'intensité sur un schéma.) Y a-t-il, comme en optique, un problème de cohérence pour les ondes mécaniques ? Si oui, citer une expérience qui met en jeu ce phénomène. Dans quel cas les franges sont localisées ? Détailler le théorème de localisation. Justifier le modèle des trains d'ondes. Est-il équivalent au modèle où l'on somme les systèmes d'interférences sur une certaine densité spectrale ? Vous avez dit dans votre exposé qu'un atome, quand il se désexcite, émet un photon de façon finie dans le temps. Ce photon est donc un paquet d'onde. Cela remet-il en question la formule  $E = h\nu$  ?

## LP34 : Interféromètres à division d'amplitude.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Le candidat doit réfléchir aux conséquences du mode d'éclairage de l'interféromètre (source étendue, faisceau parallèle ou non...). Il est judicieux de ne pas se limiter à l'exemple de l'interféromètre de Michelson.

**2016** : La distinction entre divisions du front d'onde et d'amplitude doit être précise. Le jury rappelle que l'utilisation d'une lame semi-réfléchissante ne conduit pas nécessairement à une division d'amplitude.

**2015** : Les notions de cohérence doivent être présentées.

**2014** : Un interféromètre comportant une lame séparatrice n'est pas obligatoirement utilisé en diviseur d'amplitude. La notion de cohérence et ses limites doivent être discutées.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Interféromètres à division d'amplitude. Applications.*

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2015 - Note : 06/20

C'était une leçon que j'avais moyennement travaillée, et en quatre heures, j'ai tout de même eu le temps de faire un cours, en ayant le plan en tête. Après, j'ai beaucoup manqué de clarté au cours de l'exposé. Ils sont revenus en questions sur des transparents où je pensais avoir été claire, mais visiblement le stress a donné l'impression inverse. Je n'ai eu le temps de faire un calcul entier au tableau, ce qui m'a beaucoup pénalisé.

#### Agrégation 2014 - Note : 07/20

Quel siècle pour Newton ? Redonner la définition de la longueur de cohérence, est-ce ce qu'on mesure sur l'écran ? Peut-on faire de la division du front d'onde avec un Michelson ?

On est très entouré par les techniciens qui sont vraiment extraordinaires. Tout donner jusqu'au bout et ne rien lâcher, même si une épreuve est plus dure, on a le droit d'avoir un carton ! J'ai failli tout arrêter début juin, tellement je me sentais en retard et n'ayant pas le niveau, cela aurait été dommage ... !

## LP35 : Diffraction de Fraunhofer.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Les conditions de Fraunhofer et leurs conséquences doivent être présentées, ainsi que le lien entre les dimensions caractéristiques d'un objet diffractant et celles de sa figure de diffraction.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Diffraction de Fraunhofer. Applications.*

**2011, 2012, 2013, 2014** : Les conditions de l'approximation de Fraunhofer doivent être clairement énoncées. Pour autant, elles ne constituent pas le coeur de la leçon.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2017 - Note : 06/20

J'étais plutôt contente du tirage puisque je l'avais eu en oral blanc. La préparation s'est bien passée. J'avais choisi de suivre les conseils donnés dans l'année de suivre le nouveau programme qui consiste à utiliser une approche avec les ondes planes et non pas Huygens Fresnel.

J'ai fait deux manips : la diffraction par une fente et l'expérience d'Abbe.

La séance de questions s'est plutôt bien passée même si je voyais qu'une membre du jury (qui était en fait la prof de prépa) était pas du tout contente de voir que j'avais suivi le nouveau programme ... En sortant, l'auditeur m'a dit qu'il avait trouvé chouette, je m'attendais à une note moyenne mais au moins 8 ou 9. Au vu de la note, je suis hyper déçue, à mon avis ils attendaient Huygens Fresnel et si je devais refaire la LP je ferais cette méthode. J'avais beaucoup travaillé pour comprendre la nouvelle approche et ça n'a pas payé... Faut croire que le jury ne veut pas toujours qu'on respecte le programme.

Questions posées : - Est ce que c'est une approche classique de la diffraction que vous venez de montrer ? - Pouvez vous énoncer le principe d'Huygens Fresnel ? - Comment savoir si on est en diffraction de Fraunhofer ? - Qu'est ce que le nombre de Fresnel ? Qu'est ce que la diffraction de Fresnel ? Comment l'observer expérimentalement ? - Vous avez parlé de microscopie et de diffraction ? Comment fait on pour s'affranchir de la diffraction ? ODG de la résolution ? - Qu'est ce que la microscopie à contraste de phase ? Qu'est ce qui joue un rôle parmi les grandeurs présentées ? - Pourquoi avoir choisi un laser pour les expériences ? - D'où vient la transformée de Fourier ?

#### Agrégation 2015 - Note : 08/20

C'était ma dernière épreuve. La préparation s'est plutôt bien déroulée. J'ai demandé un montage de strioscopie pour ma dernière partie. Les techniciens ont un peu galéré, mais ils ont fini par y arriver. Comme toutes les épreuves, j'avais mon plan en tête, mais j'en ai fait bien moins que ce que j'avais prévu dans l'année.

Questions : Comment expliqueriez vous la cohérence temporelle à un élève ? Quels sont les différents montages expérimentaux pour observer la diffraction de Fraunhofer ?

#### Agrégation 2014 - Note : 11/20

À quoi sert de faire un développement limité au second ordre ? Quelle est la condition sur le nombre de Fresnel pour être en complètement en Fraunhofer ? Peut on démontrer le principe de Huyghens-Fresnel ou est ce une formule empirique ? Que se cache-t-il derrière la constante que vous avez noté  $C$  ? Quelle est l'unité de la vibration lumineuse ? Expliquez concrètement comment est réalisé le filtrage spatial dans votre expérience ? Comment l'expérience (Duffait p. 109) illustre-t-elle le critère de Rayleigh ? Connaissez vous d'autres domaines où l'on réalise de la diffraction ? Quelles conditions faut-il respecter pour avoir diffraction entre la longueur de l'onde et la taille de l'obstacle ? Dans un cristal, quelle est la taille de l'obstacle ? Quelles sont les ondes utilisées ? Quelles particules fait-on diffracter ? Donnez une condition sur la longueur d'onde de De Bröglie en vous aidant de l'incertitude d'Heisenberg pour avoir diffraction.

## LP36 : Diffraction par des structures périodiques dans différents domaines de la physique.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Il faut traiter de diffraction par des structures périodiques et pas seulement d'interférences à N ondes.

**2015** : Il est important de bien mettre en évidence les différentes longueurs caractéristiques en jeu.

**2012, 2013, 2014** : Cette leçon donne souvent l'occasion de présenter les travaux de Bragg ; malheureusement, les ordres de grandeur dans différents domaines ne sont pas toujours maîtrisés.

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2018 - Note : 15/20

La préparation s'est bien passée, les techniciens se sont mis à plusieurs pour faire le spectre du lampe Cadmium avec un réseau et le résultat était très bien. J'ai aussi demandé la diffraction des électrons et j'ai utilisé un programme python de la base de donnée pour tracer l'éclairement après un réseau.

Questions : Revenir sur les réseaux de phase et d'amplitude, comment peut-on décrire cela mathématiquement ? Comment faire sentir à un élève ayant déjà eu un cours sur la diffraction la séparation en un facteur de forme et un facteur de structure ? Comment fonctionne un réseau blazé ? Revenir sur le critère de Rayleigh pour repréciser les notations (conflit de notation avec le début de la leçon). Question sur la courbe de l'éclairement tracée avec python, comment justifier rapidement les propriétés énoncées ? Peut-on faire un lien avec une fonction que les élèves connaissent déjà ? ( $1 + \cos x$ , éclairement des fentes d'Young si  $N = 2$ ). Diffraction des électrons : dans quel sens est le graphite, pourquoi on observe un cercle ? S'agit-il d'un réseau en transmission ou en réflexion ?

Commentaires du jury : Ils ont apprécié le plan et le déroulement. Les expériences étaient bien choisies et illustraient l'avancement de la leçon. Ils ont trouvé la présentation dynamique et agréable à suivre, il y avait quelques erreurs de calculs à cause de la précipitation et des points pas toujours très clairs mais ils m'ont dit qu'ils ne m'en avaient pas trop tenu rigueur car devant une classe j'aurais eu plus de temps et plus de préparation sur les points un peu compliqué à expliquer.

### Agrégation 2017 - Note : 20/20

La préparation s'est plutôt bien passée, le technicien était gentil (bien qu'un peu trop bavard à mon goût) et m'a montré les deux expériences que je voulais (diffraction par un réseau avec une lampe à vapeur de mercure et diffraction des électrons par le graphite). La leçon a été rapide, mais j'ai pu présenter tout ce que je voulais. Mon plan était assez classique.

Questions posées : Les questions ont été surtout posées par une examinatrice, l'autre en a posé quelques-unes, la troisième était muette. Pour la 1ère partie : Pouvez-vous préciser la notion de diffraction cohérente/incohérente ? Pouvez-vous expliquer à un élève pourquoi le montage de diffraction avec une lentille est équivalent à celui avec deux lentilles ? Pouvez-vous expliquer qualitativement la formule des réseaux ? Comment le réseau blazé joue-t-il sur le pouvoir de résolution ? Comment fait-on un monochromateur ? Pour la 2ème partie : Pouvez-vous expliquer qualitativement la figure de diffraction obtenue avec le canon à électrons ? Comment génère-t-on des rayons X ? Dans quels laboratoires de France en trouve-t-on ? Quel est le lien entre la symétrie de la figure de diffraction et celle du cristal ? Que signifie une symétrie d'ordre 5 de la figure de diffraction ? (Cela correspondrait à des quasi-cristaux) Vous avez parlé de cristaux où tous les atomes étaient bien à leur place, est-ce vraiment le cas ? Qu'est-ce que ça change ? Quelles informations tirer de la figure de diffraction ? N'y a-t-il pas un problème pour remonter à la densité électronique à partir de la figure de diffraction ? Comment fait-on un monochromateur à neutrons ? Comment expliquer à un élève qu'on passe de la diffraction des rayonnements électromagnétiques à celle des électrons pendant la leçon ?

### Agrégation 2017 - Note : 10/20

Bon la LP, ce n'est pas mon fort : j'y allais à reculons... Tirage à 12h30 ! Quand j'ai vu le titre, je me suis dit "y'a pire"... Pendant les 4 heures, j'ai eu le temps de rédiger ma leçon et mes transparents (non fournis). Les 2 techniciennes m'ont préparé mes différentes manip (une introductive pour passer de 1 fente à N fentes et une pour retrouver la valeur d'une longueur d'onde moyenne). J'ai tenu les 50 minutes mais je n'ai pas trop aimé ma présentation car j'ai fait 35 min sur la première partie et 15 sur la dernière. Pas de retour sur la LP car je n'ai pas été à l'annonce des résultats

Questions posées : Réseau optique : Réexpliquer ce que vous vouliez montrer avec la manip' avec le sodium ? Pouvoir de résolution : dépendance en N ? C'est quoi N ? Redessiner le réseau avec les différentes longueurs caractéristiques ; redessiner l'éclairement en fonction de z et mettez les échelles correspondantes ; on voit que la dispersion augmente avec l'ordre... supposons qu'on puisse aller à l'ordre infini, n'y aura-t-il pas un autre pb ? (recouvrement des ordres) Comment définir le chemin optique ? N'est ce que  $n \cdot AB$  ? Connaissez vous d'autres système d'interférence à ondes multiples ? Comment est définie sa résolution ? Comment se voit-elle ? Réseau acoustique : pq la longueur a du transducteur ne doit pas être trop grande ?

### Agrégation 2014 - Note : 10/20

Plan : (I) Réseau plan en optique – (II) Deux échelles : l'échographie – (III) Diffraction à 3D par un cristal, à peine abordé par manque de temps

Commentaires : Faire plus de lien entre les différentes parties et bien faire ressortir la diffraction dans chacune des parties et les conditions d'application du principe de Huygens-Fresnel.

**Agrégation 2013 - Note : 11,5/20**

Pourquoi historiquement on a continué à utiliser des prismes alors que les réseaux existaient encore ? Comment fabrique-t-on un réseau blazé ? Réalisation précise d'un émetteur ultrasonore utilisé pour l'échographie ? Dans quelle démarche épistémologique s'inscrit l'expérience de Davisson et Germer (diffraction d'électrons en 1925) ?

**LP37 : Absorption et émission de la lumière.****Commentaires extraits des rapports de jury**

**2017** : Cette leçon ne peut se résumer à une présentation des relations d'Einstein.

**2015** : Cette leçon peut être traitée de façons très variées, mais il est bon que les candidats aient réfléchi aux propriétés des diverses formes de rayonnements émis, aux dispositifs exploitant ces propriétés et au cadre théorique permettant de les comprendre.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Absorption, émission spontanée ou induite du rayonnement. Caractéristiques et applications.*

**2011, 2012, 2013, 2014** : Trop souvent, il y a confusion entre les processus élémentaires pour un atome et un ensemble d'atomes. De même le candidat doit préciser au cours de sa leçon le caractère monochromatique ou non du champ de rayonnement qu'il considère et plus généralement les caractéristiques du rayonnement stimulé.

**Retour des années précédentes****Agrégation 2018 - Note : 10/20**

Plan : Première partie sur l'interaction lumière-matière avec l'observation de spectres expérimentaux, l'introduction des coefficients d'Einstein, et l'identification avec la formule de Planck. Deuxième partie sur l'émission LASER où je présentais l'établissement des équations de peuplement d'un milieu à trois niveaux, le bilan de flux lumineux ainsi que le rôle de la cavité optique. Troisième partie sur le cas des semi-conducteurs (à partir de Dangoisse, Donnini-Quaranta et Sextant), avec applications à la diode LASER, à la DEL et à la photodiode.

J'ai présenté le calcul des équations différentielles de peuplement du laser à trois niveaux : c'était une grave erreur, parce que c'est laborieux et que ça ne laisse pas le temps d'en discuter les résultats. Ça m'a conduit à parachuter complètement le bilan de flux, sans même introduire toutes les grandeurs qui intervenaient dans le calcul, alors que c'est ce dernier qui est le plus facile à discuter à mon avis. En introduction, j'avais présenté la couleur de flamme du sodium ; divers spectres réalisés en direct ou numérisés en I.1, et le calcul qui aboutit à identifier coefficients d'Einstein et formule de Planck en I.3. Le III. présentait l'intérêt d'être complètement adaptable en fonction du temps restant, j'ai fusionné les deux sous-parties initialement prévues en une (photodiode d'une part, DEL/diode LASER d'autre part). Les questions ont porté principalement sur la deuxième partie, plus une sur la justification de l'utilisation de la statistique de Maxwell-Boltzmann au I.3. Aucune en revanche sur la troisième partie. Ils m'ont demandé : « Pourquoi avoir fait le calcul du LASER à trois niveaux alors que vous ne vous êtes pas servi de la formule ( $\dot{D} = \dots$ ) à laquelle il permet d'aboutir ? ».

La technicienne m'a apporté tout le matériel dont j'avais besoin (essentiellement des sources lumineuses et un spectro. Le jury était composé de 3 personnes tout à fait neutres. Ils m'ont dit de commencer dès qu'ils sont rentrés sans attendre qu'ils s'installent. L'une d'eux a posé l'essentiel des questions (techniques), son voisin intervenant parfois pour préciser une question ou en poser une de culture générale. Le troisième n'est pas (ou presque) intervenu dans la discussion.

Je suis allé voir les trois jurés. La dame qui a été la plus incisive lors des questions, m'a expliqué que m'a leçon manquait grandement de pédagogie, mais qu'ils m'avaient quand même mis la moyenne parce qu'ils avaient senti que la physique ne me posait pas de problèmes. Les remarques des autres jurés étaient un peu plus constructives. Ils m'ont dit avoir apprécié les manip et spectres présentés. Sur le fond, ils ont trouvé la partie II trop calculatoire, tandis que les autres étaient trop qualitatives. Le jury n'avait pas vraiment d'attendus sur cette leçon, vu que quand je leur ai demandé quels étaient les points clés à faire passer, ils étaient incapables d'en faire une liste (ou ne l'ont pas voulu). Parler des mécanismes d'émissions-absorption ainsi que d'émission stimulée semble incontournable mais la façon dont on les introduit et le choix des applications traitées est tout à fait libre. Il est par contre essentiel d'avoir un message à faire passer et de le montrer à l'oral. Il faut donc faire des choix : si on veut parler de semi-conducteurs, il faut quasiment laisser tomber le LASER, mais on peut tout à fait se recentrer sur le LASER et ne traiter que ça.

**Agrégation 2016 - Note : 15/20**

Mon plan : processus d'absorption et émission, sources lumineuses (classiques et lasers), coefficients d'Einstein (lien avec la loi de Planck, loi de Beer-Lambert démontré dans le Cagnac). J'ai été un peu surpris par le temps, j'ai terminé ma deuxième partie 5 minutes avant la fin.

Questions : Quel est le rôle des miroirs sous incidence Brewster dans les lasers He-Ne? Quelle sont les conséquences d'avoir un miroir partiellement réfléchissant? A quoi correspondent les dégénérescences dans les niveaux d'énergie? Comment les lever?

**Agrégation 2013 - Note : 06/20**

Je n'ai pas eu le temps de finir mon exposé : j'ai commencé par définir les trois comportements et faire les calculs sur les coefficient d'Einstein. J'ai eu uniquement le temps d'expliquer le principe du laser. Ma note s'explique par le fait que j'ai perdu beaucoup de temps au début, j'ai donc accéléré mon rythme de parole et donc perdu beaucoup en clarté, tout en m'embrouillant sur des détails comme les notations. Ce que j'en ai retenu c'est qu'il ne faut pas être trop ambitieux et surtout ne jamais se précipiter. Les questions que l'on m'a posé étaient (en tout cas je trouve) étonnamment dures par rapport à la qualité de ma prestation : le jury n'est pas revenu sur des détails de ma présentation mais m'a posé (en tout cas il me semble) des questions de haut niveau auxquelles je n'ai pas su répondre.

La note que j'ai eue est donc amplement méritée même si j'ai été très étonné par les questions qu'ils m'ont posé, m'attendant plutôt à des question de base où j'aurais dut réexpliquer les concepts.

Sinon pour les détails techniques, le technicien qui m'encadrait était très sympa et m'a monté le laser transparent avec SpidHR, sans que je perde trop de temps pour lui dire comment faire.

**Agrégation 2013 - Note : 08/20**

**Questions et commentaires du jury :** Comment décrire classiquement aux élèves de CPGE les 3 phénomènes d'interaction rayonnement-matière? Comment le modéliser de manière quantique? De quoi dépend la finesse de la cavité laser?

**Commentaires personnels :** Les techniciens que j'ai eu ont toujours été très avenants, et très gentils. On m'a dit aussi que la sympathie que je transmettais dans mes oraux a été un atout pour mes résultats. Ne pas hésiter à demander de reformuler une question si elle ne semble pas bien comprise. Les membres du jury savent qu'au bout de 4 heures de préparation et 50 min de présentation, on n'est plus très au taquet.

**Agrégation 2013 - Note : 10/20**

Pourquoi le photon émis par émission stimulée a même direction, même fréquence et même état de polarisation? Lien entre largeur énergétique du niveau et temps de relaxation? Au niveau spectral la largeur est-elle due seulement à la largeur énergétique non nulle du niveau? Comment mesure-t-on des longueurs d'onde avec un appareil de lycée? Vous avez parlé de refroidissement d'atomes et n'avez pas eu le temps de le traiter, vous pouvez détailler? De même le rôle de la cavité pour un laser? Vous avez conclu sur les condensats de Bose-Einstein, vous pouvez définir ce que c'est?

Après la proclamation j'ai été les voir, il m'ont dit qu'ils ont bien aimé mon dynamisme mais qu'il manquait dans la leçon un peu de sens physique et surtout des applications, qui font partie du titre. Je n'avais traité que rapidement le laser à 3 niveaux car la première partie sur les coefficients d'Einstein m'avait pris trop de temps.

**Commentaires personnels :** Je conseille de s'organiser au mieux pour prendre 10 à 15 min avant l'arrivée du jury pour se poser, relire les notes, boire un coup et se concentrer sur la leçon.

**LP38 : Aspects corpusculaires du rayonnement. Notion de photon.****Commentaires extraits des rapports de jury**

**2015 :** Le jury apprécie des illustrations décrivant des mécanismes récents impliquant des interactions lumière-matière.

**2014 :** Cette leçon ne devrait pas se limiter à une description d'expériences historiques du début du XXème siècle. Des développements récents, expériences à un photon, décohérence, peuvent être mentionnées. Le transfert de quantité de mouvement est souvent présenté par le biais de l'expérience de Compton, il peut également être illustré à l'aide d'applications modernes de l'interaction atome-rayonnement. Cette leçon peut éventuellement permettre de parler de la notion de superposition d'états. La lumière peut parfois présenter un comportement ni corpusculaire, ni ondulatoire.

**2012, 2013** : Le transfert de quantité de mouvement est souvent présenté par le biais de l'expérience de Compton, il peut également être illustré à l'aide d'applications modernes de l'interaction atome-rayonnement. Cette leçon peut éventuellement permettre de parler de la notion de superposition d'états. Le jury invite les candidats à réfléchir sur la physique à l'oeuvre à l'échelle de la longueur d'onde Compton.

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2019 - Note : 12/20

Questions : Expliquez nous pourquoi un système isolé conserve son impulsion ? Refaites nous le calcul où vous avez eu un - en trop. Est-ce que l'effet photoélectrique montre la nature corpusculaire de la lumière ? Quelle expérience montre cet aspect ? L'effet Compton est-il important ? Expliquez nous les figures d'interférences à photons uniques. .

### Agrégation 2017 - Note : 19/20

J'ai commencé par l'effet photoélectrique puis j'ai parlé d'expérience à photon unique. J'ai fait une deuxième partie sur les caractéristique du photon et une dernière sur le refroidissement LASER. L'avantage du refroidissement LASER est qu'on peut facilement faire un tampon dessus permettant de finir tranquillement. Les techniciens m'ont monté l'expérience de l'effet photoélectrique. Ils étaient très sympa.

Questions posées : Pouvez-vous réexpliquer pourquoi le courant de saturation de dépend que de l'intensité lumineuse ? A quoi correspond le travail d'extraction ? Comment créer une source à photon unique ? Quelle expérience pour savoir si une source est une source à photon unique ? Pourquoi est ce important que le moment cinétique du photon ne peut prendre que deux valeurs ? Vous avez dit que c'était les polarisations circulaires droite et gauche, est ce que ça peut être des elliptiques ? Application de l'effet photoélectrique ? Expérience faisant intervenir l'aspect corpusculaire du photon ? Expérience ne pouvant pas être expliquée par la dualité onde-corpuscule ? Comment expliquer la formule de la pression de radiation avec l'aspect ondulatoire ?

Retour du jury : Le jury a beaucoup apprécié mon dynamisme et le fait que je commence par montrer l'expérience photoélectrique puis que j'explique les observations et enfin que je l'explique grâce au photon (expérience, résultats, explication). Ils m'ont reproché d'avoir parler de parcours du photon, de ne pas avoir contextualisé le moment cinétique du photon et enfin de ne pas savoir comment faire une source à photon unique

### Agrégation 2013 - Note : 11/20

**Questions et commentaires du jury** : Les questions ont portés sur la différence d'interprétation entre les effets que l'on observe et les effets que l'on pourrait déduire avec la théorie classique du champ électromagnétique, notamment via la force de Lorentz : la force de Lorentz est orthogonale à la direction de propagation alors que l'interprétation en terme de photons donne une force selon la propagation. On m'a également posé des questions sur la masse du photon. Comment on fait la démonstration en vrai ? (*je ne sais même pas si on peut la faire*) Quelle seraient les conséquences si le photon était massique ? (*limitation de la portée de l'interaction*). Quel est le rôle de la force de frottement dans l'existence d'un moment dans le modèle de l'électron élastiquement lié ? Quelle est son origine ? (*j'ai répondu que c'était dû à la perte d'énergie d'une particule chargée accéléré et que cela induisait un déphasage entre le champ  $\vec{E}$  polarisé circulairement et l'électron d'où un moment*). On m'a posé des questions sur l'effet Compton et sur l'aspect déterministe du calcul alors qu'a priori on a des ondes et des probabilités (*en fait dans le calcul on suppose l'angle de déviation  $\theta$* ).

## LP39 : Aspects ondulatoires de la matière. Notion de fonction d'onde.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Un exposé sans présentation de l'équation de Schrödinger ne paraît pas raisonnable.

**2015** : Les dispositifs interférométriques avec les ondes de matière ne se résument par aux expériences du type fentes d'Young. .

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2018 - Note : 17/20

Plan : I) Aspects ondulatoires de la matière, 1) Hypothèse de de Broglie, 2) Mise en évidence expérimentale (Davisson & Germer) expérience : diffraction électrons graphite. II) Notion de fonction d'onde, 1) Etats de la matière, 2) Interprétation probabiliste simulation B&D : fentes d'Young. III) Dynamique de la fonction d'onde, 1) Equation de Schrödinger, 2) Paquet d'onde, 3) Indétermination d'Heisenberg.

Préparation : Technicien adorable qui a tout monté. Diffraction des électrons avec le matériel de Lyon et simulation du Basdevant (je lui ai dit de regarder si ça marchait dès le début parce qu'il y a toujours des problèmes, pas loupé! Il a réglé ça avec les préparateurs.). J'étais large niveau temps : je connaissais mon plan par cœur et les bouquins aussi donc en 2h30/3h, j'avais tout rédigé. J'ai eu le temps de faire une répétition, c'est assez rassurant!

Passage : Pas de soucis notable! Je suis allée un peu vite au début donc j'ai ralenti beaucoup sur la fin.

Questions : Retour sur le calcul de la vitesse de groupe : bornes intégrale, condition sur fonction d'onde (continuité et continuité de la dérivée), ... Faire le calcul en direct de la propagation d'une onde plane (on retrouve  $E = p^2/2m$ ). Pourquoi dans fentes d'Young, si on bouche une fente on retrouve figure classique? (problème de la mesure). Limite classique? Question exotique sur un autre domaine de la physique ondulatoire où il y a une limite classique. Question sur OGD que j'avais fait sur inégalité de Heisenberg pour électrons et goutte d'eau. Définition des moyennes? Opérateur  $p$ ?

Retour du jury : Très belle leçon. Ils ont beaucoup aimé l'expérience de diffraction que j'avais exploitée à fond pour calculer la distance inter-planaire du graphite. Quelques imprécisions dans les questions justifient la note.

### Agrégation 2017 - Note : 10/20

C'était une des leçons que je n'avais pas pu rédiger en entier et dont je n'avais préparé que le plan. La préparation et l'oral se sont déroulés sans encombre. J'ai élagué la dernière sous-partie pour rester dans le temps imparti. J'ai pas pu parler de l'équation de Schrödinger à la fin comme prévu et j'ai oublié d'en parler dans la conclusion. Je pense que c'est une des choses qui a manqué dans la leçon... (d'où la première question d'ailleurs) Le jury était sympa. Je suis sorti sans savoir que penser de l'épreuve : ni ratée complètement, ni bien réussie...

Questions posées : - Vous avez parlé de  $\psi_1$  et  $\psi_2$  comme étant les fonctions d'onde des particules passées par chacune des fentes. Pourtant vous avez indiqué qu'on ne pouvait pas savoir par où étaient passées les particules. Est-ce correct de parler de  $\psi_1$  et  $\psi_2$ ? Faut-il sommer ces deux fonctions d'onde pour avoir des interférences sur l'écran? ( $\psi_1(2) =$  fonction d'onde quand la fente 2 (1) est fermée. On somme pour avoir des interférences.)

- Comment expliquez-vous à un élève que lorsqu'on ajoute un détecteur de position les interférences disparaissent? (On travaille à une échelle très réduite. Les détecteurs perturbent donc le système étudié.) Quel est l'impact sur la fonction d'onde? Après la mesure de position, dans quel état se trouve le système?

- Comment expliquez-vous à un élève que la particule n'a pas de trajectoire propre contrairement à la mécanique classique? - Pouvez-vous me parler de la loi de Malus avec des ondes de matière?

- Qu'est-ce qu'une particule libre? Que devient l'équation de Schrödinger pour une telle particule?

### Agrégation 2015 - Note : 18/20

Biblio : Sanz PC, Pérez, Basdevant, Aslangul. La préparation s'est bien passée à part la destruction du canon à électrons par le technicien mais il a pu me monter celui de Cachan et le fait que le cd du Basdevant ne fonctionnait pas (il manquait un plugin) mais le technicien informatique a réglé ça quand il est arrivé à 8h. Plan : I aspect ondulatoire de la matière (relation de De Broglie et Davisson et Germer), II Notion de fonction d'onde (fentes d'Young, notion de fonction d'ondes, inégalité de Heisenberg), III Dynamique de la fonction d'onde (Schrödinger, exemple de la particule libre, paquet d'onde). Je n'ai pas eu le temps de traiter du paquet d'onde mais le jury est revenu dessus pour les questions. Je pense que le jury a apprécié que j'insiste sur les transitions et la logique dans laquelle la leçon a été construite. Ils apprécient également l'usage de simulations numériques (cd Basdevant) et le fait que j'ai développé une analogie optique/ mécanique au long de la leçon.

Pas beaucoup de questions sur la leçon. Un des jurys m'a demandé de refaire un des calculs développé pendant la leçon car il pensait que c'était faux mais les deux autres membres du jury ont dit que c'était juste. Réexpliquer les fentes d'Young. De nombreuses questions sur les fentes d'Young et les ondes de matières. Comment expliquer que la particule « passe par les deux fentes »? Que pouvez vous me dire des problèmes de cohérence spatiale et temporelle si on poursuit l'analogie avec l'optique? Question bizarre : si je place une fente et que je la rétrécis autant que je veux j'ai un  $\Delta x$  tout petit si je place ensuite une seconde fente très fermée je sélectionne un  $\Delta p_x$  très petit, est ce que ça contredit Heisenberg? Comment faire interférer des atomes (refroidir)? Quelles sont les plus grosses particules que l'on a fait interférer?

### Agrégation 2015 - Note : 16/20

La préparation s'est passé tranquillement. J'ai repris en gros le plan qui avait été présenté durant l'année. Les techniciens étaient sympa. Ils m'ont montré l'expérience de Davisson et Germer avec le graphite. Par contre à cause des mises à jour java, ils leurs a fallu plus de 2h pour faire marcher l'animation des fentes d'Young du CD du Basdevant. Ils ont dû aller chercher un vieil ordi portable qui tournait sous XP pour que ça marche enfin...

Questions du 1er correcteur : Avec quelles autres particules a-t-on déjà fait l'expérience des fentes d'Young? Comment a-t-on fait pour réussir à le faire avec des particules de plus en plus grosse? Il y a t il une notion de

déphasage comme en optique ? C'est quoi le facteur limitant qui historiquement a fait qu'on a mis longtemps avant de voir des interférences en optique ? Pour l'ODG de la longueur d'onde de De Broglie pour un humain, s'il reste immobile, alors elle devient infinie et il devient quantique ; comment lever ce paradoxe ? En optique, on a des objets pour manipuler les ondes (miroirs, lentilles ...) y a-t-il des équivalents pour les ondes de matières et comment les réalisent-on ? Questions du 2e correcteur : Pouvez vous écrire une équation de diffusion ? Pourquoi est-elle irréversible ? Mais alors Schrödinger aussi est irréversible ? Qu'est ce qu'apporte Heisenberg dans le cas d'une particule dans un puits de potentiel comparé à la mécanique classique ? (il attendait l'énergie du fondamental et que la particule ne puisse être au repos). Questions du 3e correcteur : Si l'évolution de la fonction d'onde est entièrement donnée par Schrödinger, est-on sûr qu'elle restera toujours normée ? Comment peut-on le montrer ? Vous avez montré Heisenberg à partir des propriétés des TF, comment peut-on le montrer autrement ?"

Le jury a bien aimé mon dynamisme et on dit que ma leçon était présentée clairement. Le seul chose qu'il trouvait dommage était que mes exemples étaient un peu datés et pas assez modernes. Par contre il m'a aussi dit que si je n'avais pas de grandes connaissances en quantique (ce qui est mon cas), il valait mieux présenter des expériences classiques que l'on maîtrise plutôt que des modernes que l'on ne comprend pas.

### Agrégation 2014 - Note : 20/20

La préparation s'est bien passée (biblio assez facile : Pérez, Cohen, Badevant, Aslangul) et j'ai demandé la manip de diffraction des électrons, qui a bien fonctionné. Plan assez classique et plein d'ordres de grandeur. J'ai utilisé aussi le CD du Badevant pour les interférences de particules avec le dispositif des fentes d'Young.

Donner les modifications à apporter pour la résolution d'un problème pour un système de particules ? (modification de la fonction d'onde, ex pour une molécule polyélectronique ; modif du Hamiltonien en prenant en compte les interactions) Donner les plus grosses particules avec lesquelles on a fait des interférences ? Pour l'expérience des fentes d'Young, on voit la figure se dessiner selon la position sur l'écran., exemple d'expériences de figures de diffraction dans le domaine des impulsions ? (Mach et Zehnder, en prenant un atome à deux niveaux, impulsion laser modifie l'impulsion de l'atome et on fait interférer en sortie, je ne savais pas répondre) Comment faire des interférences d'atomes ? (il faut les refroidir, écrire la longueur d'onde de de Broglie et dire qu'il faut  $mv$  faible, refroidissement laser)

### Agrégation 2014 - Note : 14/20

Questions sur les limites de la fonction d'onde, retour sur des choses qui leur ont paru peu claires lors de la leçon. Questions sur les manip présentées sur transparents (genre quelles tailles pour les fentes d'Young ? c'est écrit dans le Badevant).

## LP40 : Confinement d'une particule et quantification de l'énergie.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Cette leçon est une leçon de physique et ne doit donc pas se limiter à des calculs.

**2016** : Le lien entre le confinement et la quantification doit être explicité.

**2015** : Cette leçon peut être l'occasion de développer des arguments qualitatifs et des calculs simples permettant de donner des ordres de grandeur dans des domaines divers de la physique avant d'envisager des applications élaborées.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Confinement de l'électron et quantification de l'énergie. Exemples.*

**2011, 2012, 2013** : La justification des conditions aux limites est essentielle.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 - Note : 09/20

Plan : I) Particule confinée dans un potentiel, II) Des niveaux d'énergie quantifiés, III) Influence de la forme du potentiel.

Questions : Comment choisir la bonne forme de potentiel ? Est-ce qu'on peut revenir sur l'interprétation physique des conditions limites ? Comment faire comprendre à un élève la différence de condition limite pour la dérivée première de la fonction d'onde quand on a un puits fini et un puits infini ? Pourquoi l'expression de l'énergie donnée par le puits infini ne donne pas la bonne tendance pour les raies du spectre de l'hydrogène ? Quelles sont les séries associées au spectre de l'hydrogène ?

**Agrégation 2015 - Note : 17/20**

Plan classique (Approche expérimental de la quantification, modèle de Bohr - Approche à l'aide de la méca Q, puits de potentiel - Applications à des systèmes réels : atome d'hydrogène et structure de bande des solides). La préparation s'est plutôt bien passé, sauf que je me suis embrouillé sur les livres, je ne retrouvais plus ou étaient faites les conditions aux limites à l'aide des courants de probabilités. Du coup j'ai présenté une explication assez mathématique.

Questions : Réexpliquer la stabilité de la matière à l'aide de l'inégalité de Heisenberg. Pour résoudre le puit fini vous avez dit que comme le potentiel est symétrique, la densité de probabilité est symétrique et donc  $\Psi$  est soit symétrique, soit antisymétrique, mais cette condition sur  $\Psi$  est plus forte que celle sur la densité. Comment s'en sortir ? Pour expliquer la radioactivité  $\beta$ , quelle taille de puit prendre pour l'électron ? Quelle énergie de liaison obtient-on ? Pour l'atome d'hydrogène, vous avez dit que l'on considérait une symétrie sphérique mais pour les harmoniques sphériques, on obtient des fonctions qui dépendent de  $\theta$ . (Si par exemple on excite de manière isotrope un électron dans l'orbitale 1s (qui respecte la symétrie sphérique) vers la 2p, alors l'électron excité se retrouve dans une combinaison des harmoniques sphériques  $Y_{10}, Y_{11}, Y_{1-1}$  qui conserve la symétrie sphérique. Mais généralement, l'absorption d'un photon est non isotrope et envoie l'électron sur une seule des harmoniques sphériques de 2p.) Comment interpréter physiquement les conditions aux limites de la fonction d'onde ? (J'ai donné très sommairement l'explication à l'aide de la conservation du courant de probabilité et ça a semblé suffire).

Commentaires du jury : Le membre du jury que je suis allé voir ne se souvenait plus trop de ma leçon. Apparemment elle avait apprécié le dynamisme et le déroulement global de la leçon. Elle avait noté en gros une phrase que j'avais dit pendant la leçon et qui lui avait plu : « la quantification n'a rien de quantique, c'est un phénomène uniquement ondulatoire ».

**Agrégation 2014 - Note : 15/20**

Questions : Vous avez dit que l'énergie de la particule ne peut pas être plus basse que le minimum du potentiel, pourquoi ? Il y a une explication dans le Aslangul si la fonction d'onde est réelle, je l'ai donnée. Oui, mais est-ce que la fonction d'onde est nécessairement réelle ? Non, elle peut être complexe. Et dans ce cas ? (apparemment dans ce cas on peut avoir une énergie plus basse que le minimum du potentiel mais il faut réinterpréter la fonction d'onde). Vous avez déjà entendu parler de l'équation de Dirac ? Qu'est-ce que ça implique l'équation de Dirac ?

Commentaires du jury : Ils ont apprécié mon dynamisme, ma partie « cas général », l'application aux ions colorés (Basdevant, Problèmes quantiques). Ils ont précisé qu'il faut faire attention, en traitant ma partie « cas général », de ne pas la rendre trop lourde. Il y a eu quelques imprécisions sur la continuité de la fonction d'onde, je n'ai pas été assez rigoureuse sur la justification des conditions aux limites (qui sont le cœur de la leçon). Je n'ai pas assez développé l'utilité du modèle des électrons confinés dans une boîte, donc comme en plus c'était dans la partie applications ça les a laissé un peu sur leur faim. Enfin, je n'avais plus que 5 minutes pour traiter l'atome d'hydrogène donc je l'ai fait beaucoup trop vite, du coup je n'ai pas suffisamment justifié ce que j'ai fait.

**LP41 : Effet tunnel.****Commentaires extraits des rapports de jury**

**2017** : Cette leçon est une leçon de physique et ne doit donc pas se limiter à des calculs.

**2015** : Trop de candidats pensent que l'effet tunnel est spécifique à la physique quantique.

**2014** : *Même commentaire qu'en 2011, 2012, 2013, mais la dernière phrase sur le microscope à effet tunnel a été supprimée.*

Jusqu'en 2013, le titre était : *Effet tunnel. Applications.*

**2011, 2012, 2013** : Dans le traitement de l'effet tunnel, les candidats perdent souvent trop de temps dans les calculs. Le jury invite les candidats à réfléchir à une présentation à la fois complète et concise sans oublier les commentaires physiques relatifs à la dérivation de la probabilité de transmission. Certains candidats choisissent d'aborder le cas de la désintégration alpha mais ne détaillent malheureusement pas le lien entre la probabilité de traversée d'une barrière et la durée de demi-vie de l'élément considéré. La justification des conditions aux limites est essentielle ! Le microscope à effet tunnel peut être un bon exemple d'application s'il est analysé avec soin (hauteur de la barrière, origine de la résolution transverse, ...).

**Retour des années précédentes****Agrégation 2012 - Note : 18/20**

Connaissez-vous des manifestations macroscopiques de phénomènes quantiques ? (*On m'a fait chercher des exemples jusqu'à ce que je mentionne la supraconductivité*). Sur le calcul de la probabilité de transmission :

comment convaincre un élève que la probabilité de transmission est le rapport des coefficients des deux ondes planes? (*Analogie avec la physique des ondes, il faudrait raisonner en terme de courant de probabilité*). Comment justifier physiquement la continuité de la dérivée première de la fonction d'onde? Pourquoi chercher des solutions de l'équation de Schrödinger stationnaire? Comment peut-on interpréter l'effet tunnel avec les relations d'incertitude de Heisenberg temps-énergie? Sur le microscope à effet tunnel : comment se fait le déplacement de la pointe du microscope à effet tunnel? (*À courant constant ou à hauteur constante*). Comment faire si on n'a pas une surface conductrice? Sur la molécule d'ammoniac : comment répondre physiquement à la question d'un élève qui ne comprendrait pas pourquoi on a une fonction d'onde antisymétrique bien que le potentiel soit lui symétrique?

### Agrégation 2012 - Note : 15/20

Autre technique que le microscope à effet tunnel pour sonder les surfaces et qui n'utilise pas les propriétés électriques des métaux? Autre exemple où il y a autant d'écart d'ordres de grandeur j'avais présenté 1030 OG entre les temps de demie-vie de l'uranium et du polonium? Expliquer pourquoi on fait l'approximation de barrière épaisse pour découper un potentiel quelconque, alors qu'on les fait tendre vers une épaisseur nulle? Quelles conséquences si on considère un puits de potentiel au lieu d'une barrière de potentiel? Est-ce incohérent avec la mécanique classique? Dans la molécule de  $\text{NH}_3$ , pourquoi la fonction d'onde n'est-elle pas symétrique alors que le potentiel l'est? Pourquoi la dérivée de la fonction d'onde est-elle continue aux bornes de la barrière de potentiel?

## LP42 : Fusion, fission.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Un exposé purement descriptif des réactions de fusion et de fission nucléaires est insuffisant.

**2014** : Cette leçon peut être abordée de manières diverses, mais on peut raisonnablement s'attendre à ce que les candidats aient quelques notions sur la structure et la cohésion nucléaire, les formes de radioactivité et les interactions mises en jeu, les réacteurs nucléaires, le confinement magnétique.

**2013** : [À propos du nouveau titre] Le nouvel intitulé de cette leçon doit inviter les candidats à réfléchir à la physique sous-jacente aux phénomènes de fusion et fission nucléaires.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Le noyau : stabilité, énergie. Applications.*

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2018 - Note : 11/20

Leçon préparée et sur laquelle j'ai les bases d'un cours introductif de physique nucléaire. J'ai passé 3h de la préparation à rédiger mon plan et à obtenir les images nombreuses sur la banque d'image. Il me restait une heure pour peaufiner l'introduction, la conclusion et les commentaires physiques. C'est clairement une leçon sur laquelle il faut un bon sens physique et c'est d'ailleurs demandé par le jury puisqu'on n'a eu une discussion seulement sur la physique du problème, sans jamais revenir sur les détails techniques (calculatoires). Exemple : le modèle de la goutte liquide, j'ai développé l'analogie avec l'étude d'une goutte en matière molle et ils m'ont posé plein de questions sur les limites de l'analogie. Mon plan était on ne peut plus classique : I - Étude de la structure atomique : possibilité de fusion et fission. II - La fission III - La fusion. Tout au long de la leçon j'ai essayé de distiller des ordres de grandeurs mais le jury n'est pas revenu dessus dans les questions.

Après discussion avec le jury ils m'ont dit que sur cette leçon ce serait pas mal du tout d'essayer de trouver un calcul à mener au tableau. (alors bon courage pour en trouver un facile). Et sinon ils ont aimé que j'essaye d'expliquer la physique derrière le modèle de la goutte liquide mais ils auraient aimé que ça soit beaucoup plus approfondi!

#### Agrégation 2016 - Note : 17/20

Plan : I] Le noyau (Energie de liaison ; Modèle de la goutte liquide) ; II] Fission (Energie et produit de fission ; réaction en chaîne) III] Fusion (Mécanisme ; la fusion dans les étoiles). Bien penser, tout le long à s'appuyer sur les courbes et à faire des ODG. La présentation s'est bien passée, j'ai fait attention à ne pas passer trop de temps sur la première partie pour avoir le temps nécessaire pour les suivantes. Ils ont dit avoir aimé la pédagogie et le dynamisme. Les points perdus sont dûs au fait que je ne connaissais pas des modèles plus contemporains que celui de goutte liquide.

Questions : Comment ont pu se former initialement les gros noyaux (uranium, ...)? Quelques questions supplémentaires sur les différents termes de la goutte liquide. Le modèle de la goutte liquide est-il encore utilisé? Connaissez-vous d'autres modèles? Points communs et différences entre force électrostatique et d'interaction forte? Vous avez parlé de confinement (magnétique, inertiel), pouvez-vous en détailler un?

**Agrégation 2014 - Note : 12/20**

Comment fonctionnent les confinements magnétiques et inertiels ? Sur quelle force repose le confinement magnétique ? Dans quels centres de recherche l'une ou l'autre de ces méthodes est-elle employée ? Pourquoi faut-il un temps de confinement de 1 ou 2s ? La première fission, réalisée par Fermi, dégageait quelques kW, qu'en pensez-vous ? Pourquoi les expériences actuelles de développement de la fusion sont-elles de dimension beaucoup plus grandes que celle de Fermi ? Qu'est-ce qu'une section efficace ? Sur quelle condition nécessaire de la fusion intervient-elle ? Le modèle de la goutte liquide est-il suffisant pour tout expliquer ? Sur quoi repose-t-il ? Quelles sont ses limites ? Modèle semi-empirique. Quels termes de l'expression de l'énergie de liaison de Bethe-Waiszecker permet-il d'expliquer ? D'où viennent les autres termes ? Que signifie que le noyau d'uranium est dans un état excité ? Peut-on faire une analogie avec l'excitation d'un atome et les niveaux électroniques ? Comment voir les niveaux d'énergie du noyau ? Vous avez supposé dans le calcul d'ODG pour l'énergie cinétique des neutrons thermiques une température de  $10^6$  K. Que représente-t-elle ?

**Agrégation 2014 - Note : 13/20**

J'ai été rapide sur les réactions en chaîne, du coup ils m'ont demandé de détailler un peu plus. J'ai eu des questions sur l'interaction forte, sur le médiateur de l'interaction forte, sur la radioactivité, sur le rayon critique avec ODG, sur les différents types de confinement du plasma, sur comment fabriquer une bombe nucléaire, sur pourquoi le proton et le neutron ont des masses différentes, etc. Au final, le jury m'a dit que je m'en étais bien tiré, que c'était une LP casse-gueule où ils pouvaient toujours trouver une question pour nous enfoncer.

**LP43 : Évolution temporelle d'un système quantique à deux niveaux.****Commentaires extraits des rapports de jury**

**2017** : Il est intéressant que les candidats s'appuient sur un exemple de système quantique à deux niveaux d'énergie pour construire cette leçon.

**2015** : Il est étonnant de voir cette leçon s'appuyer sur les états stationnaires sans aucun élément de justification. L'évolution d'un système quantique en régime forcé est trop souvent totalement négligée.

Jusqu'en 2014, le titre était : *Oscillateurs à deux degrés de liberté en mécanique classique et en mécanique quantique.*

Jusqu'en 2013, le titre était : *Oscillateurs à deux degrés de liberté en mécanique classique : modes propres. Systèmes à deux niveaux d'énergie en physique quantique. Analogies et différences.*

**Retour des années précédentes****Agrégation 2017 - Note : ?**

La préparation s'est bien passée, les agrégés préparateurs sont aux petits soins, trop sympas (ils nous ont vannés en attendant de donner les sujets, pour détendre l'atmosphère, et m'ont amené un ventilateur pour survivre à la chaleur). J'ai eu le temps de faire un passage complet avant l'arrivée du jury, ce que je conseille. Ça permet de se rendre compte de la durée de ce qu'on a préparé, d'éventuellement ajuster les transparents, et d'être à l'aise pour le début de la présentation.

Questions posées : Comment prendre en compte l'émission spontanée dans les équations ? Comment expliquer à un élève l'émission stimulée ? Quelles différences entre émissions stimulée et spontanée ? Comment créer l'inversion de population pour le MASER ? Pour un laser ? Possible de réaliser l'inversion avec deux niveaux ? Comment fonctionne un laser à trois niveaux ? Vous avez seulement présenté des pulses  $\pi$ , quelles utilisations des pulses  $\pi/2$  ? Comment expliquer à un élève, sans calcul ("puisque vous avez quand même fait beaucoup de calculs"), l'écart d'énergie entre les états symétrique et antisymétrique ? Elles voulaient apparemment un raisonnement avec la forme du puits et avec la relation d'incertitude, j'ai pas vraiment compris. Comment sélectionner les vitesses des atomes en entrée du MASER à ammoniac ? Quelle distribution de vitesse ? Quelle influence sur les molécules en sortie du dispositif ? Sur l'émission ?

Après discussion avec le jury, ils ont beaucoup apprécié la première partie, surtout le détail des degrés de liberté et des énergies associées pour justifier la restriction à un système à deux niveaux. Ils ont cependant regretté le peu de temps passé sur le MASER. J'avais fait le choix de faire tous les calculs pour la molécule dans un champ électrique, peut-être vaut-il mieux moins les détailler pour garder du temps pour les applications.

## LP44 : Capacités thermiques : description, interprétations microscopiques.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Le jury invite les candidats à réfléchir aux conditions d'utilisation du théorème d'équipartition de l'énergie. Des explications rigoureuses de l'évolution expérimentale des capacités thermiques en fonction de la température sont attendues.

**2015** : Le lien entre capacité thermique et fluctuations thermiques peut être développé et doit, dans tous les cas, être maîtrisé.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2009 - Note : 11/20

questions sur le modèle du gaz parfait, la notion de particules ponctuelles, le passage à Van der Waals et le covolume. Autres questions sur les limites quantiques du théorème d'équipartition. Questions sur les degrés de liberté dans les gaz parfaits polyatomiques : par exemple pourquoi deux degrés de liberté de rotation et seulement un seul de vibration ?

Le jury a trouvé le sujet très bien maîtrisé, mais pense que la leçon était trop ambitieuse. Question temps, ils n'ont pas reproché le déséquilibre entre les parties. Ce qui les a embêté, c'est que je suis allé trop vite sur les hypothèses pour le gaz parfait. En fait, ils auraient voulu voir moins de calculs : un fait de A à Z, mais j'aurais pu zapper les autres à condition de les poser très soigneusement.

## LP45 : Paramagnétisme, ferromagnétisme : approximation du champ moyen.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2011, 2012, 2013** : Le moment magnétique, son image semi-classique et son ordre de grandeur doivent être maîtrisés. De même, le lien avec l'ordre de grandeur de l'aimantation d'un aimant doit être connu.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2016 - Note : 13/20

La LP n'était pas une de mes préférées, je ne maîtrise pas du tout le magnétisme et encore moins l'approximation de champ moyen. La préparation ne s'est pas passée parfaitement car je ne trouvais plus un livre que j'utilisais : le Kittel ! J'ai tout fait avec le Diu de physique statistique mais c'est moins bien ! La présentation ne s'est pas bien passée : trop de temps passé sur la première partie Origines du magnétisme, et peu de temps (8 min environ) sur le ferromagnétisme. Je pensais avoir 2. La technicienne a été très sympa et très efficace. J'ai présenté le plan classique de 2015 avec l'expérience des aiguilles aimantées. J'ai essayé de bien présenter les choses, de présenter le sens physique de tout ce que je présentais et d'être pédagogique. Ce qui a été récompensé à mon avis. Selon moi, présenter beaucoup de choses survolées ou trop rapidement est moins récompensé que présenter moins de choses mais bien maîtrisées et avec pédagogie. Attention c'est une leçon de physique statistique donc il faut justifier les notions de fonctions de partition et l'ensemble statistique dans lequel on se place.

Les questions qui m'ont été posées sont les suivantes : - qu'est ce que l'approximation de champ moyen ? est ce qu'on l'utilise pour le paramagnétisme ? pourquoi ? est elle utile ? - qu'est ce que l'interaction d'échange ? - pourquoi on ne s'intéresse pas au diamagnétisme ? - pourquoi les spins sont alignés quand on impose un champ magnétique ? est ce intuitif ? exemple de système physique où ça ne l'est pas ? (spins dans les orbitales sont de sens opposés par principe de Pauli) - d'où viennent les domaines de Weiss ? - expériences qu'on aurait pu faire ? (clou chauffé, domaines de Weiss au polariseur, transitions ferro para) - pourquoi se placer dans l'ensemble canonique ?

## LP46 : Propriétés macroscopiques des corps ferromagnétiques.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : L'introduction des milieux linéaires en début de leçon n'est pas judicieuse.

**2016** : Un bilan de puissance soigné est attendu.

**2015** : Le principe de fonctionnement du circuit électrique utilisé pour présenter un cycle d'hystérésis doit être connu.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Propriétés macroscopiques des corps ferromagnétiques. Applications.*

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2016 - Note : 16/20

PLAN : I) Caractérisation des matériaux ferromagnétiques (Relation constitutive, modèle du transformateur parfait, champ fort et canalisation, aspects thermo) II) Cycle d'hystérésis de l'aimantation (Problématique, obtention du cycle, interprétation macroscopique, interprétation mesoscopique, pertes hystérésis) III) Application des matériaux ferros (comment choisir son ferromagnétique ? Doux et durs, Exemples : plaque à induction, mémoires magnétiques, paléomagnétisme)

AVIS : Je n'ai pas été aux confessions donc je n'ai pas eu de retour sur ma leçon. J'avais mis en pré-requis les équations de Maxwell dans la matière, l'aimantation et l'excitation magnétique. Ces notions sont généralement introduites dans le chapitre sur les ferromagnétiques dans livres de PSI, mais ce n'est peut être pas obligé de le faire dans la leçon. J'ai seulement rappelé à l'oral les définitions, brièvement l'intérêt de  $H$ , et dégagé la spécificité des ferromagnétiques parmi ces milieux présentant une susceptibilité magnétique. Mon idée était de se servir du transformateur et de son modèle idéal pour faire émerger les propriétés des ferromagnétiques. A mon avis, je n'ai pas parfaitement réussi à transmettre le message comme je le souhaitais, ce n'est peut être pas très pédagogique de le présenter ainsi, je sentais que ça les perturbait pendant les questions. Avec le recul, je pense qu'on peut étoffer cette idée mais prendre beaucoup de précautions. J'ai montré le cycle d'hystérésis en continu, et j'avais préalablement désaimanté le matériau, j'expliquais ainsi pourquoi du fer quelconque n'était pas aimanté, et ce qu'il subissait durant la première aimantation. Je crois qu'ils ont vraiment aimé la façon dont j'ai motivé et présenté la manip, car ils se sont levés, regardaient de près et semblaient assez enthousiastes, ce qui m'a plutôt surpris. J'ai trop traîné sur les caractères durs et doux, et suis allé beaucoup trop vite sur les applications, donc bof sur la gestion du timing. Il faut absolument garder le temps pour une ou deux applications, l'idéal étant d'en choisir une où l'on exploite la grosse susceptibilité (induction, électro-aimant), une autre où l'on exploite coercivité et rémanence (disque dur, aimants, magnétométrie...). J'ai abordé le paléomagnétisme en ouverture. C'est très ambitieux d'en parler dans le corps de la LP car complexe et qu'on a forcément plus beaucoup de temps. Cela dit, c'est quand même intéressant de voir une véritable manifestation macroscopique du point de Curie dans une application concrète.

Questions : - ODG de la susceptibilité d'autres comportements magnétiques. - Le transformateur proposé est-il vraiment parfait ? Ma grosse erreur fut d'introduire une perméabilité magnétique finie, ce qui allait déjà contre les hypothèses du transfo idéal sans que je le dise dès le début. - Comment justifier la canalisation des lignes de champ ? Pourquoi un ferromagnétique se comporte ainsi ? J'ai avancé un argument basé sur l'expression de l'énergie électromagnétique, grandeur à minimiser, ils n'étaient pas assez convaincus. - Bornes homologues d'un transfo et intérêt ? Je n'étais pas au point - Explication du point de Curie ? Comment le faire comprendre à des élèves de lycée ? - L'interaction qui favorise l'ordre ferromagnétique est-elle de type dipolaire ? Quelle est son origine ? Réexpliquez simplement la transition de phase. Il me semble que j'ai donné tous les éléments importants, mais il leur manquait quelque chose... - Qu'est ce que sont les parois de Bloch ? Rôle de Mr Bloch en physique du solide ? J'ai donné quelques réponses mais je me suis ridiculisé sur une qui était très fautive - J'ai eu beaucoup de questions sur la manip, notamment sur le montage, et malheureusement pas eu le temps de revoir certains aspects théorique : fonction de transfert ? pseudo-intégrateur ? rôle de chaque composant ? pourquoi un ampli de puissance ? Quand vous coupez l'alim, quels processus de relaxation et quels temps caractéristiques mis en jeu ?

### Agrégation 2016 - Note : 17/20

La préparation s'est super bien passée, les techniciens ont été super gentils (j'ai quand même eu un petit coup de stress parce que la manip incontournable et demandée par le jury dans les rapports sur le cycle d'hystérésis d'un ferromagnétique ne fonctionnait pas avec le matériel à disposition, mais les techniciens se sont mis à 4 dessus pour la faire fonctionner et elle a marché au dernier moment). Pour la présentation, j'ai présenté un plan assez classique (Description du ferromagnétisme / Aimantation et cycle d'hystérésis / Applications du ferromagnétisme) et plusieurs manips (le tracé du cycle d'hystérésis, la visualisation des domaines de Weiss, le transformateur parfait). Le jury a apprécié l'approche de l'aimantation par un décompte d'équations (en montrant qu'on avait besoin d'une relation constitutive supplémentaire pour fermer le problème) et l'analogie circuit électrique - circuit magnétique (avec la reluctance). Questions : très peu de questions sur la leçon en elle-même (juste sur des méthodes pour calculer des lignes de champ ou obtenir les relations sur les flux et circulations) et beaucoup de questions sur le magnétisme et son origine quantique (quelle échelle pour le magnétisme ? Comment fonctionnent les domaines de Weiss ? Microréversibilité du cycle due à quoi et observable à quelle échelle ? Quelles recherches aujourd'hui sur le magnétisme ? Existe-t-il du magnétisme pour des systèmes monoatomiques ? etc)

### Agrégation 2014 - Note : 07/20

Provenance de l'hystérésis ? Qu'est-ce que la reluctance ? Comment faire sentir pédagogiquement le lien entre le sens du courant et la direction du champ induit ? D'autres applications de l'aimantation ? (J'avais parlé des aimants et du paléomagnétisme)

**Agrégation 2014 - Note : 15/20**

Expliquer qualitativement d'où vient la formule  $\vec{j}_{\text{lié}} = \text{rot } \vec{M}$ . Comme j'avais négligé les courants dans le circuit secondaire sur le montage pour tracer le cycle d'hystérésis, il m'a demandé d'expliquer cette approximation (courants faibles dus à l'amplificateur opérationnel). Pourquoi observe-t-on les domaines de Weiss au microscope polarisé (effet Faraday)? À quoi sont dues les irrégularités sur la courbe de première aimantation (aux défauts du matériau qui « fixent » les parois de Bloch)? Pourquoi n'observe-t-on plus l'aimantation à hautes températures, quelles sont les grandeurs en compétition?

**LP47 : Mécanismes de la conduction électrique dans les solides.****Commentaires extraits des rapports de jury**

**2017** : Cette leçon ne concerne pas que la conduction dans les métaux.

**2014** : Dans la présentation du modèle de Drude, les candidats doivent être attentifs à discuter des hypothèses du modèle, en particulier celle des électrons indépendants. Le jury se permet par ailleurs de rappeler aux candidats que les solides ne sont pas tous métalliques. Voir également le commentaire sur la leçon 29 [*Ondes électromagnétiques dans les milieux conducteurs.*].

Jusqu'en 2013, le titre était : *Mécanismes de la conduction électrique. Loi d'Ohm. Effet Hall. Applications.*

**Retour des années précédentes****Agrégation 2019 - Note : 20/20**

Plan présenté : 1) Le modèle de Drude, 2) Le modèle de Sommerfeld, 3) La théorie des bandes

Questions : Lien entre résistance et résistivité? Unités? Comment apparaît le champ électrique dans le modèle de Sommerfeld? Quel est l'effet dans l'espace des phases? Comment l'expliquer à un élève? Quand est-ce que les élèves voient la distribution de Fermi-Dirac? Est-ce qu'un semi-conducteur conduit bien le courant? Comment l'améliorer? Evolution de la résistance en fonction de la température? Comment fabrique-t-on des films métalliques d'une centaine d'ångströms d'épaisseur? Expérience pour montrer que les porteurs du courant sont de charge négative? Forme d'une bande d'énergie dans le cas d'une approche des liaisons fortes?

**Agrégation 2017 - Note : 03/20**

Je prends le plan de l'article du BUP 550, suivi de la jonction PN comme application. Le BUP est très élégant mais pas certain que ça soit le meilleur choix. Je manque énormément de clarté à cause du stress. Je passe trop de temps à préparer la jonction PN que je maîtrise très mal. Résultat je m'embrouille durant l'exposé du modèle de Drude et Sommerfeld et je n'ai plus le temps de parler de la jonction PN... Il en résulte cette note catastrophique. Préparez vos plans pour que vous maîtrisiez tout! Ma présentation est confuse. Le jury, bienveillant, n'hésite pas à m'interrompre pour me dire de prendre mon temps.

Questions posées : Quel est le message à retenir? Comparer les vitesses de déplacement des électrons à cause du champ électrique d'une part et à cause de l'agitation thermique d'autre part. La loi d'Ohm reste-t-elle toujours valable en régime variable? Conséquence? Que signifie  $\Delta x$  dans la relation d'indétermination? Pourquoi considérer qu'après le choc l'électron a une vitesse nulle? Montrer  $j = nqv$ . Pourquoi mettre la loi d'Ohm locale en prérequis? A quelle occasion les élèves l'auraient vu avant? Signification de la distribution de Fermi Dirac? Comment définir un fermion à un élève? Particularités d'un gaz de Fermion?

**Agrégation 2014 - Note : 04/20**

Comparez les ordres de grandeur de l'énergie de répulsion entre électrons et de leur énergie d'interaction avec le champ électrique extérieur. Appliquer une statistique de Maxwell-Boltzmann aux électrons revient-il à les assimiler à un gaz parfait?

**Agrégation 2013 - Note : 17/20**

Est-il légitime de négliger les interactions électromagnétiques entre les particules dans un métal? En mécanique quantique, les électrons doivent-ils être considérés comme des particules? Vous avez négligé la force magnétique et vous avez dit qu'elle était  $10^{10}$  fois inférieure à la force électrique, comment le justifiez-vous? Il m'ont ensuite demandé de plutôt majorer le champ magnétique mais j'ai pas tout compris, peut-être que le Ashcroft apporte des précisions. Si on garde comme expression de la conductivité  $\sigma_0$  (c'est à dire en régime permanent) et qu'on essaye de propager une onde dans un fil qu'est ce qui se passe? Connaissez-vous un autre effet qui rentre en compte? Supraconducteur? La loi d'Ohm est-elle encore valable? Loi équivalente pour les supraconducteurs? Pour illustrer

l'effet Hall, vous avez pris un conducteur long dans le sens du courant et étroit dans l'autre sens (un rectangle quoi). Si on fait cela dans l'autre sens en prenant quelque chose de très long pour pas avoir d'accumulation de charges et très court dans le sens du courant pour que les électrons soit absorbés de suite, qu'est-ce qui se passe ? Quel est cet effet ? Effet Hall quantique ? Soudures de la sonde de Hall qui ne sont pas forcément en face, comment on fait ? Comment le constructeur fait-il pour corriger ce problème ? Vous avez un bouton réglage du zéro sur le dispositif, il sert à quoi ?

Ils ont regardé mes livres pendant la présentation et ont apparemment apprécié que j'utilise le BUP 550.

## LP48 : Phénomènes de résonance dans différents domaines de la physique.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2015** : Présenter l'exemple célèbre du pont de Tacoma n'est pas pertinent, sauf s'il s'agit d'effectuer une critique d'une interprétation erronée très répandue.

**2010** : L'analyse du seul circuit RLC est très insuffisante pour cette leçon. Le phénomène de résonance ne se limite pas aux oscillateurs à un degré de liberté.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2017 - Note : ?

J'ai présenté le plan sur lequel j'étais passé pendant l'année, le fil conducteur était l'augmentation du nombre de degrés de libertés (tout en martelant les caractéristiques universelles de la résonance). J'ai pu faire à peu près ce que je souhaitais et ai fini juste à temps, les expériences (RLC et Melde) ont bien marché.

Questions posées : - A quel niveau placez vous la leçon (ils n'avaient pas vu ce que j'avais écrit) ? Comment concevez vous cette leçon dans le cadre d'une année universitaire ? Quels sont les notions fondamentales qu'un élève doit retenir ? - Pourquoi n'avez vous pas montré aussi la résonance en charge du RLC expérimentalement ? - Un exemple courant de systèmes à résonance multiple (je crois qu'il voulait parler des solides) ? - Définition de degrés de libertés - Quelles conséquences au fait de négliger toute dissipation ? - Exemples courants d'emplois de résonance et de cas où l'on souhaite l'éviter ? - Comment avez vous trouvé la fréquence de résonance pour Melde ? Comment avez vous calculé la célérité dans la corde ?

#### Agrégation 2017 - Note : 09/20

Je ne suis pas surpris par cette note, je pense n'avoir pas assez fait ressortir le message pédagogique de la leçon (pas assez martelé les caractéristiques de la résonance sur les exemples donnés après la définition, exemples dans la vie quotidienne...)

Questions posées : Comment avez-vous choisi les valeurs pour R, L et C ? Pourquoi avoir choisi de modifier R pour faire varier le facteur de qualité ? Vous avez utilisés la notation complexe en électricité, pourrait-on également l'utiliser pour une excitation crénneau ? Vous avez affirmé que l'on pouvait considérer le régime transitoire comme terminé. Pouvez-vous justifier ? Est-ce que le phénomène de résonance est voulu ou à éviter ? Avez-vous un exemple dans ce domaine ? Quel est son fonctionnement ?

## LP49 : Oscillateurs, portraits de phase et non-linéarités.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Les définitions d'un oscillateur et d'un portrait de phase sont attendues. La leçon doit présenter des systèmes comportant des non-linéarités.

**2015** : L'intérêt de l'utilisation des portraits de phase doit ressortir de la leçon.

**2013** : [À propos du nouveau titre] Les aspects non-linéaires doivent être abordés dans cette leçon sans développement calculatoire excessif, en utilisant judicieusement la notion de portrait de phase. Une simulation numérique bien présentée peut enrichir cette leçon.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Exemples d'effets de non linéarité sur le comportement d'un oscillateur.*

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2013 - Note : 10/20

Ouverture sur le chaos : quel type de chaos ? Qu'est-ce que le chaos ? Pourquoi traiter le Van der Pol, quel intérêt pédagogique ? Même question pour le stick-slip. Quels commentaires physiques peut-on faire sur la formule de Borda ? Même question sur le portrait de phase du pendule. Citer des noms (en rapport avec la leçon). Qu'est-ce qu'une bifurcation ?

Sujet bien maîtrisé. Leçon très illustrée expérimentalement, mais du coup peut-être trop : manque de temps pour tout exploiter à fond, oubli des aspects physique parfois. Problème, essentiellement, d'organisation, pour savoir comment gérer les illustrations expérimentales sans tomber dans l'excès en oubliant de discuter. Il faut faire parler les équations, exploiter au maximum les illustrations expérimentales. Sur la fin (Van der Pol) : c'est devenu confus.

**Commentaires personnels :** Techniciens super sympas. Pleins de petits problèmes techniques qu'ils ont réussi à régler à temps, des petites blagues pour détendre l'atmosphère.

# Montages de physique

## MP01 : Dynamique newtonienne

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : L'énoncé du titre de ce montage ouvre vers un large champ d'expérimentation. Si la mécanique des systèmes ponctuels, dans un référentiel galiléen, se déplaçant à une dimension est évidemment au programme, l'étude de la dynamique des systèmes complexes, des objets en rotation, ou de la dynamique dans un référentiel non galiléen est autorisée.

**2014, 2015, 2016** : Contrairement à une idée apparemment répandue chez les candidats, les mesures précises en mécanique ne sont pas nécessairement hors d'atteinte, et il est possible de discuter quantitativement une loi de conservation en prenant en compte les incertitudes expérimentales. Par ailleurs, le jury constate que les mobiles autoporteurs donnent le plus souvent lieu à des expériences trop simples, mal exploitées quantitativement et coûteuses en temps, au détriment d'expériences plus en accord avec le niveau attendu à l'agrégation ; une informatisation de ces expériences serait profitable pour éviter des erreurs de mesures et limiter leurs durées.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Quantité de mouvement, moment cinétique et énergie en mécanique classique.*

**2013** : Contrairement à une idée apparemment répandue chez les candidats, les mesures précises en mécanique ne sont pas nécessairement hors d'atteinte. L'étude quantitative du moment cinétique est très peu abordée. L'étude des solides en rotation est essentiellement limitée au gyroscope, dont le principe est par ailleurs souvent mal compris.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2017 - Note : 17/20

Le jury était très gentil, ils m'ont parlé pendant mes 40min de passage. J'ai fait la chute de la règle, le pendule pesant avec une étude énergétique mais que j'ai pas eu le temps de traiter en entier par manque de temps en préparation. Ensuite j'ai présenté la loi des aires avec les mobiles autoporteurs et le programme "mouvement à force centrale" sur python puis j'ai terminé par le viscosimètre à billes.

Questions posées :

Chute libre de la règle : - pourquoi on a une vitesse initiale ?

Pendule pesant : - j'ai modifié les paramètres d'acquisition pendant ma présentation en disant que j'avais pas respecté le critère de shannon, ils m'ont demandé de l'énoncer. Qu'est ce qui se passe si on est juste au dessus ? On récupère quelle information ?

Loi des aires : - d'où vient le programme ? - Pouvez-vous retracer la courbe pour les premiers points sur python ? - je suis un élève et je me demande pourquoi on se complique alors que le mouvement est circulaire et uniforme. Que me répondez vous ? j'avais attaché les mobiles avec un fil, j'ai dit que normalement on utilise plutôt des ressorts mais que c'est vraiment galère à fixer et que c'est quasi impossible de le fixer au niveau du centre de masse donc la j'ai choisi de faire avec un fil

Viscosimètre : - la poussée d'archimède est vraie pour la statique des fluides mais la on est en dynamique pourquoi l'expression de la vitesse est vraie quand même ? - quelle température fait il dans la pièce ? Comment ça influe sur la viscosité ? et sur la valeur théorique de votre loi ?

#### Agrégation 2014 - Note : 14/20

Mes manips : Mesure de  $g$  et conservation de l'énergie sur la chute de la règlette, mesure du moment d'inertie d'un pendule, conservation de l'impulsion et du moment cinétique sur table traçante.

Le point négatif soulevé pendant la discussion avec le jury était qu'il faut être rigoureux sur les conservations car elles ne sont jamais parfaites donc il faut se donner des critères pour être convaincant. Par exemple, pour l'énergie sur la règle, il faut regarder que  $E_c$  augmente de 10 J (exemple au hasard),  $E_p$  diminue de 10 J et les fluctuations de  $E_c + E_p = E_m$  bien plus petite que 10 J. Donc  $E_m$  fluctue peu et on peut conclure qu'elle est conservée.

## MP02 : Surfaces et interfaces

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Le jury a vu de bons montages dans ce domaine. La notion d'hystérèse de l'angle de contact pour améliorer la mesure de la tension de surface par l'étude de la loi de Jurin a été appréciée.

**2015** : Le principe de certaines mesures est mal maîtrisé. Par exemple, la mesure de la tension de surface par la balance d'arrachement nécessite d'avoir compris avec précision la nature des forces en jeu lors de la rupture du ménisque pour pouvoir justifier la formule qui est utilisée. Plus généralement, il convient de préciser clairement l'interface étudiée lorsqu'une expérience fait intervenir plus de deux phases. Enfin, il faut veiller à nettoyer le mieux possible les surfaces étudiées plutôt que de justifier de mauvais résultats par une « saleté » sensée excuser des écarts parfois excessifs aux valeurs tabulées. Une alternative à laquelle les candidats pourraient penser serait d'utiliser des fluides de plus basse tension superficielle que l'eau et donc moins sensibles aux pollutions.

**2014** : De bons montages ont été vus sur ce sujet. Toutefois, le principe de certaines mesures est mal maîtrisé. Par exemple, la mesure de la tension de surface par la balance d'arrachement nécessite d'avoir compris avec précision la nature des forces en jeu lors de la rupture du ménisque pour pouvoir justifier la formule qui est utilisée. Plus généralement, il convient de préciser clairement l'interface étudiée lorsqu'une expérience fait intervenir plus de deux phases. Enfin, il faut veiller à nettoyer le mieux possible les surfaces étudiées plutôt que de justifier de mauvais résultats par une « saleté » sensée excuser des écarts parfois excessifs aux valeurs tabulées.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Phénomènes de surface*.

**2013** : Ce montage se limite trop souvent aux liquides et à l'étude de la tension superficielle. Le titre est pourtant large et n'exclut pas les surfaces solides.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 - Note : 15/20 - choix avec *Photorécepteurs*

Plan : Coefficient de frottement statique avec un plan incliné, tension superficielle avec balance d'arrachement, lois de Snell-Descartes.

Questions : Sur le frottement : Pourquoi avoir présenté cette manip ? Sources d'erreurs ? Interprétation de la loi de Coulomb ? De quoi dépend le coefficient de frottement ? Est-ce que la dispersion serait aussi grande avec le coefficient de frottement dynamique ? Sur la balance à arrachement : De quoi dépend la tension superficielle ? Qu'est-ce que l'angle de contact ? Pourquoi la force est dirigée dans ce sens ? Quelle est l'influence du solide utilisé ? Pourquoi la force mesurée augmente-t-elle avec l'écartement ? Que se passe-t-il à la rupture ? Quelle est la forme idéale du biseau pour l'anneau ? Sur les lois de Descartes : Que se passe-t-il si la nappe laser n'est pas horizontale ? Outil statistique pour quantifier l'écart au modèle linéaire ?

#### Agrégation 2018 - Note : 19/20 - choix avec *Régimes transitoires*

J'étais passée dessus pendant l'année et ça s'était bien passé donc j'ai refait tout pareil. Rien à signaler pour la préparation. Puisque je savais précisément où j'allais je n'ai pas été prise par le temps. Pendant la présentation, j'ai bien évidemment fait nettement moins bien que ce que j'avais fait pendant l'année... J'ai eu la désagréable surprise de constater en live qu'un des fichiers Regressi enregistré en préparation était vide et ai donc du improviser 3 points... qui bien sûr ne se sont pas alignés. J'ai donc perdu du temps et n'ai pu faire que 3 des 4 manip' voulues.

Questions : Rien sur les incertitudes, rien sur "comment marche le moteur / le capteur de force / le conditionneur de la machine à stick-slip ?". Des questions sur l'origine des diverses ordonnées à l'origine que j'avais alors que normalement elles n'ont pas lieu d'être, et comment les éviter, sont-elles gênantes etc. Rien sur la loi de Jurin. Rien sur la dernière manip' que je n'ai pas faite<sup>1</sup>. Des questions sur le frottement solide.

Le jury a apprécié l'attitude (calme mais dynamique et surtout pédagogique (limite pédestre) pour la présentation des manip'). Les manip' simples mais accompagnées d'une réalisation et d'une exploitation rigoureuses,

1. Le jury ne pose pas de questions sur ce que vous n'avez pas présenté même si c'est sur la table.

notamment au niveau des incertitudes, permettent visiblement d'avoir d'excellentes notes. Ils ont aimé que je manipule beaucoup devant eux (je pense vraiment qu'un point en live, c'est pas assez, il faut en faire 3 ou 4, car il faut le temps que les 3 jurys scrutent, comprennent, analysent et jugent la qualité de la mesure et la gestion des incertitudes, même si vous vous avez l'impression de perdre du temps). A noter que le jury ne m'a rien reproché sur le fichier Regressi qui a disparu entre la prépa et le passage. Le cas échéant si ça vous arrive, il suffit de refaire 3 points en live, quitte à sacrifier la fin du montage, pour montrer qu'on sait rebondir et manipuler vite et bien (je dis ça mais mes 3 points ne se sont pas alignés ; la cause ayant été discutée lors des questions).

### **Agrégation 2017 - Note : 17/20 - choix avec Moteur**

Premier oral / première semaine / première horaire : 6h40... J'étais hyper stressée car il fallait que je défonce tout car c'est surtout en montage qu'on gagne "facilement" des points. Tirage : Surfaces et interfaces VS Moteur ! Mon choix a été instantané ! J'ai pris les livres (Physique Expérimentale, Fruchart et al. ; PGDG, Perles Gouttes et ondes ; GHP, Hydrodynamique ; Handbook ; Quaranta I Mécanique ; Andreotti, Milieux granulaires ; Sanz Physique PC ancien programme), je suis partie dans ma salle de préparation j'ai fait ma liste de matos ! Mes deux techniciens : des anges ! Ils ont tout monté et ils ont fait toutes les mesures (il faut leur montrer la méthode tout de même ;-). J'ai fini au bout de 3h : j'ai fait 3 manips que je voulais exploiter à fond : calcul d'un coef. de frottement statique, Mesure d'une tension superficielle par loi de Jurin ; mesure d'une tension superficielle par la cuve à ondes ! C'est un montage de mécanique : il faut donc bien poser le pb (référentiel ; système étudié ; bilan des forces) Pas présente à la réunion avec les jurys donc pas de retour.

Questions posées : Cuve à ondes : Pourquoi a-t-on une alternance traits clairs / bandes larges sombres ? Pourquoi quand je m'éloigne de l'excitation c'est moins clair/lisse ? Vos manips date de quelle heure ? Pourquoi tout près de l'excitation, les ondes sont déformées ? (mouillage entre le plexiglas et l'eau) Est ce que les impuretés augmentent ou diminuent la tension de surface ? Le  $\chi^2$  de la régression linéaire, pouvez vous le discuter ? ( 0.1) [j'avais des pb d'incertitudes, elles étaient énormes et je n'ai pas pu faire de propagations d'incertitudes - j'ai réalisé le lendemain que j'avais pas divisé les incertitudes par le nombre de longueurs d'ondes mesurées] Avez vous réglé l'horizontalité ?

Jurin : Pourquoi avoir fait une régression affine ? Qu'est ce que peut nous apporter comme information l'ordonnée à l'origine ? Pouvez vous expliquer le  $\chi^2$  (1.3) ? Pourquoi n'avoir pas mesuré H (hauteur du ménisque par rapport à la surface de l'eau) ? pq avoir fait une photo et pas avoir mesuré à l'oeil ? Qu'est ce que la parallaxe ? Avec quoi avez vous pris la température ? (il m'avait donné une résistance de platine plutôt qu'un thermomètre à alcool donc j'ai eu le regard de "comment ça fonctionne")

### **Agrégation 2017 - Note : 15/20**

Plan de l'année. Pour la cuve à onde le « bricolage du fil de fer tordu » de Lyon avec le pot vibrant pose problème, donc je bascule sur le matériel de Montrouge qui est très bon. Il est plus facile de fixer le hacheur optique puis régler la fréquence du GBF alimentant le pot plutôt que l'inverse (on s'affranchit de l'inertie et manque de finesse du hacheur). Je demande aux techniciens de m'installer une caméra pour la loi de Jurin, ils passent beaucoup de temps pour comprendre pourquoi la définition de l'image est très faible (traits du dépoli millimétré non visible !). Je gâche du temps pour préparer l'ajout de SDS dans la mesure par arrachement, mais finalement je ne la ferai pas. Au final beaucoup trop d'énergie consacrée à la recherche du matériel et à la résolution de problème. Je gribouille un tableau en 10 minutes et fais toutes les traitements en direct devant le jury faute de ne l'avoir fait avant. J'ai pu corriger la plupart de mes erreurs au fur à mesure de l'oral. Étonnement le Jury ne s'est jamais déplacé, faute à la chaleur assommante ?

Questions posées :

-Coefficient de frottement entre solide : J'ai, à tort, mis comme titre « loi de Coulomb ». Est-ce que votre manip vérifie la loi ? Cette loi est-elle toujours vérifiée ? (cas du caoutchouc, vieillissement des contacts, expérience des 2 annuaires aux pages entrelacés) le caoutchouc est-il un solide ? Explication microscopique de cette loi ? Pourquoi avoir choisi du bois pour cette démonstration ? Fun fact : A la sortie un membre du jury me dit qu'il a justement publié l'année dernière dans PRL (chercher Frédéric Restagno 2016) pour montrer que l'expérience des annuaires ne permet pas de montrer la variation du coefficient de frottement avec une surface de contact très grande contrairement à ce qui avait été dit pendant une correction de l'année.

-Jurin : origine du facteur 2 ? (confusion rayon/diamètre). Quel problème pose la mesure de la hauteur du liquide à partir du niveau à l'extérieur des tubes ? Quel est l'OdG du ménisque en bas ? Est-il possible de mesurer la montée à partir d'une autre référence ? Conséquence ? (ordonnée à l'origine pour la régression). Pourquoi le liquide monte dans le tube ? Pourquoi le ménisque est-il courbe ? Pourquoi faire la mesure pour l'éthanol ?

-Mesure par arrachement : pourquoi utiliser cette fois de l'eau ? Retour sur les incertitudes type B sur la mesure de la force et type A sur le périmètre de l'anneau. Pourquoi la tension de surface diminue avec les impuretés ?

-Cuve à onde : Retour sur l'approximation de la relation de dispersion. Pourquoi cette manip ne permet pas mesurer  $g$  avec précision ?

**Agrégation 2016 - Note : 14/20 - choix avec photorécepteurs**

Les techniciens étaient lents et mauvais! J'ai demandé un laser installé sur potence et noix et il a voulu absolument à l'installer sur pieds d'optique et supports boy, puis il y en a un qui pointait le laser partout dans la salle, et ils ont été très lents, les mesures qu'ils ont faites étaient mauvaises. Et quand je leur ai expliqué le protocole, pour prendre la fréquence sur oscillo avec les curseurs, un des techniciens a laissé les curseurs fixés donc la fréquence mesurée était constante. J'ai quasi tout fait seule. J'ai fait la loi de Snell Descartes, ça a très bien marché, puis la balance de Gouy avec étalonnage du dynamomètre avec des masses (TB mais ne pas oublier qu'il faut mettre le dynamo à zéro quand on met la balance!!!), j'ai fait la loi de Jurin (un troisième technicien est venu m'aider avec la flexcam) mais j'avais pris le bas des capillaires au lieu du niveau d'éthanol comme axe des abscisses, ce qui donne une ordonnée à l'origine non nulle! et enfin la cuve à ondes qui a bien marché!"

Questions : Jury neutre mais sympathique! - c'est quoi l'axe des abscisses que vous avez pris pour Jurin? - c'est vraiment ça qui joue? si on baisse les capillaires, ça monte plus/moins? - définition de la tension superficielle? - phénomènes de surface sur surfaces rugueuses : que se passe t il, la tension de surface est plus grande/faible? - retour sur les hypothèses pour la cuve à ondes : elles sont vraiment valables ici? comment les vérifier? on est dans quel régime d'approximation? - pour le dynamomètre, vous avez fait le zéro? - tension de surface pour l'éthanol? - Snell- Descartes : si un élève vous dit que les milieux 1/2 sont pas eau/air mais eau/dioptre et dioptre/air vous dites quoi? influence du dioptre? indice du dioptre en plexi? influence négligeable car l'indice du plexi est grand devant l'indice de l'air donc en appliquant la loi à l'interface air/dioptre on a un angle de réfraction faible et une déviation du rayon lumineux négligeable.

**Agrégation 2016 - Note : 18/20**

J'ai eu deux techniciens très gentils que j'ai beaucoup sollicités. J'ai trouvé tout le matériel dont j'avais besoin, notamment un écran brillant très pratique qui m'a servi de backlight pour Jurin et qui venait de je ne sais quelle prépa.

Pour le contact solide, je me suis contenté de petites expériences de glissement sur plan incliné, qui permettent de bien illustrer le phénomène, rendre visuel un coeff de glissement et discuter les aspects expérimentaux de ces interfaces particulières. On peut clairement y accorder plus de temps.

La partie sur l'influence d'un tensio-actif est assez originale et les a plutôt intéressés. Il faut avoir la motivation de faire les solutions, les techniciens ont bien aidés. On a fait 10 mesures sur l'eau pure, et j'en ai repris devant le jury pour montrer graphiquement la distribution des résultats. C'est bien de montrer plusieurs méthodes d'évaluation des incertitudes. Trop long de faire 10 mesures sur chacune des solutions, on en a fait seulement 2, je n'ai donc pas affiché les incertitudes au jury pour la courbe de l'influence de la concentration, ça ne les a pas dérangés.

Pour la loi de Jurin, il faut faire la manip complète de vant le jury. Prendre la photo, bien zoomer dessus et faire les mesures. il y avait des erreurs dans mon tableau, j'avais échangé deux capillaires, et j'avais rentré les diamètres au lieu des rayons. J'ai pu corrigé progressivement pendant les questions. Surtout, être honnête et pas chercher à mettre des trucs sous le tapis, ils vérifient ce qu'on rentre dans les logiciels et les formules. Se laisser guider sans se brusquer lorsqu'ils vous aident à trouver vos erreurs.

RAS sur les ondes de surface, à part que le point pris devant eux sortait pas mal de la droite, ce qui les fâchait mais ils n'avaient plus le temps de m'interroger.

J'avais monté une petite démo de réfraction d'un faisceau laser à la traversée d'un dioptre air/eau, pour ouvrir vers les problèmes de conditions aux limites posés par les interfaces pour les ondes. Ce serait très intéressant de placer une expérience sérieuse de ce type dans ce montage, la difficulté est d'en trouver une qui caractérise vraiment l'interface.

Questions : - CONTACT SOLIDE, mesure d'un coefficient statique : Pourquoi le glissement commence pas d'un coup. A quoi comparer ces valeurs? (Il faut donner des ODG, mais ne pas chercher à valider trop fermement sa mesure. Un coefficient pour le contact bois/bois dépend trop de l'état des surfaces pour donner lieu à des comparaisons pertinentes. On obtient dans tous les cas le bon ODG, entre 0.2 et 0.6...) Bois ou caoutchouc pour une voiture? Pourquoi? Le caoutchouc respecte les lois de Coulomb?

- MESURE DE TENSION SUPERFICIELLE PAR ARRACHEMENT : Influence de la poussée d'Archimède? De l'eau soulevée? Etalonnage dynamomètre? Intérêt d'une évaluation statistique des erreurs ici? Comment modifier l'affichage du résultat si on fait plus ou moins de mesures?

- INFLUENCE D'UN TENSIO-ACTIF : Comment est modifiée la mesure avec le savon? Comment interpréter l'allure de la courbe de la tension superficielle en fonction de la concentration? A-t-on toujours un coude? Pourquoi c'est constant à haute concentration? quelles sont les phénomènes entrant en compétition dans la solubilisation d'un surfactant? Ainsi comment calculer théoriquement une concentration micellaire critique? Quel type de micelle ici? Influence de la température

- MONTEE CAPILLAIRE, loi de Jurin : Il y a des erreurs dans votre tableau de données, corrigez-les. Pourquoi une ordonnée à l'origine ? Quel est le mécanisme moteur dans la moutée ? Pourquoi mouillage ? Où sont les tensions liquide/solide, solide/gaz ? Applications de la montée capillaire.

- ONDES GRAVITO-CAPILLAIRES : Que voit-on sur cet écran ? Est-ce vraiment une image ? Lignes brillantes et sombres, pourquoi ? Problème si ce n'est pas une onde plane ? Est-ce une onde stationnaire ? Comment en être certains ?

### **Agrégation 2016 - Note : 15/20**

La préparation s'est assez bien passée. Les techniciens étaient très gentils, prévoyants et dynamiques. Je n'arrivais pas à avoir toujours de beaux résultats et de belles courbes, mais j'ai tenté d'expliquer pourquoi au jury. J'avais plusieurs manip assez qualitatives, notamment sur les coefficients de frottement. Mais comme j'avais pas mal de quantitatif aussi, et que j'annonçais bien lorsque j'allais faire une manip qualitative pour expliquer et mettre en évidence un phénomène, le jury a apprécié. La présentation s'est bien passée, j'étais dans les temps.

Questions : - d'où viennent les différentes lois données - expliquer un peu plus les coefficients de frottements, de quoi ils dépendent... - rectifier une phrase que j'avais dite pendant la présentation et qui était fautive - expliquer comment je manipule les capillaires pour montrer la loi de Jurin

### **Agrégation 2013 - Note : 14/20 - choix avec *Systèmes bouclés (oscillateurs exclus)*.**

**Questions et commentaires du jury :** J'ai présenté le plan de l'année. On m'a posé pas mal de questions sur les problèmes expérimentaux ... Pourquoi le stick slip n'a pas marché ? Pourquoi ne peut-on pas utiliser le coté mousse ? Pourquoi sur la loi de Jurin il y a une ordonnée à l'origine ? Pourquoi votre verre n'est pas totalement mouillant ? Pourquoi sur la balance d'arrachement vous ne trouvez pas la bonne valeur ? (Le disque de platine n'était pas bien horizontal). Il y a aussi eu les questions théoriques bien sûr : interprétation microscopique du frottement. Le coefficient de frottement dépend-t-il de la vitesse ? Pourquoi la valeur du coefficient de tension de surface du platine n'intervient pas dans la balance d'arrachement ? Est-ce une approximation de négliger le rôle du matériau ? Pourquoi le coefficient de frottement est-il si fluctuant ? (pour la manip du plan incliné) Enfin : une petite question de pédagogie : comment expliquer à un élève le sens physique des lois d'Amontons-Coulomb ? En particulier le fait que ça ne dépend pas de la surface de contact ?

### **Agrégation 2013 - Note : 19/20 - choix avec *Lasers*.**

**Présentation :** Est-ce que les phénomènes de capillarité et de mouillage n'ont pas un lien physique ? J'ai oublié de préciser que les coefficients de tension superficielle étaient entre deux phases et donc il m'ont demandé si les valeurs que j'avais donné pour l'eau et l'air étaient valables dans une atmosphère d'azote pur par exemple. — I - Frottements solides : La force de frottement dépend-elle de la surface ? Comment l'expliquez-vous au niveau microscopique ? Il ont été de me faire dire que j'avais caché sous le tapis la vitesse de glissement et m'ont demandé à la fin si le coefficient dynamique dépendait de la vitesse de glissement. Ils m'ont demandé de réexpliquer le mouvement du stick slip que l'on avait parce que je suis passé un peu vite dessus. Puis il m'ont demandé de recadrer les incertitudes. — II - Capillarité. Ils ne sont pas vraiment revenus sur les valeurs bizarres que j'avais trouvé mais ils m'ont demandé pourquoi se mettre à l'arrachement pour mesurer. Il m'ont demandé de redéfinir l'angle de contact puis m'ont demandé quel coefficient je mesurais dans cette manip ? J'ai alors dit qu'il fallait appliquer la loi de Young-Dupré et que l'on négligeait des termes car le platine mouillait bien.

**Commentaires personnels :** La préparation a été un peu galère pour diverses raisons : la salle était loin du matos donc un aller-retour prenait du temps, on n'a pas trouvé tout le matériel que je voulais notamment pour les ondes gravitocapillaires on a dû fabriquer une tige plus longue pour faire marcher la manip, la disposition de la salle était pas optimale car c'était une salle de TP donc pas trop la place de circuler. Les techniciens (un mieux que l'autre) très efficaces mais savent pas toujours où sont les choses... Au final j'ai perdu beaucoup de temps en préparation et j'ai fait les mesures un peu trop vite je pense et je n'ai pas pu les refaire pour voir ce qu'il n'allait pas. La manip du Stick and Slip est peut-être à améliorer pour qu'elle marche plus rapidement (1h pour la faire marcher). Donc au final je pense qu'il faut vraiment gérer son temps et mon erreur a été de m'acharner sur les ondes gravito-capillaires au lieu de me focaliser sur la balance d'arrachement/Jurin. Les professeurs préparateurs passe 2 à 3 fois dans la salle pour savoir ce que l'on a prévu comme manip et savoir si tout se passe bien. Il m'a également un peu donné des indications pour le stick and slip pour l'optimiser.

**Commentaires du jury le jour des résultats :** Ce qui a été apprécié : bonne qualité expérimentale (connaissance des protocoles et des conditions), illustration des différents phénomènes de surface (lecture des rapports de jury), tableau propre, des manip variées, exploitation complète de chaque manip, stick and slip vraiment apprécié des 3 jurés, balance d'arrachement aussi simple avec les 3 fils pour que l'anneau ne bascule pas apprécié aussi et enfin les manip qualitatives d'intro appréciées pour savoir de quoi on va parler. J'ai demandé pour les valeurs que j'ai trouvées complètement à côté, ils m'ont dit qu'il n'y avait pas de soucis pour ce montage parce que c'est très dur de mesurer ces coefficients. Pour la balance d'arrachement on arrive jamais à trouver la bonne valeur

pour l'eau (77) on trouve 40 en général. En effet pour avoir une meilleure mesure il faudrait nettoyer puis brûler la surface du platine puis aspirer les poussières sur le platine et à la surface de l'eau... et encore on trouve que 60 apparemment. Enfin pour la loi de Jurin il est préférable de faire une régression affine même si l'origine que l'on a prise est la surface de l'eau car on peut avoir une erreur systématique et on compare la valeur à l'origine à l'erreur systématique que l'on peut avoir.

## MP03 : Dynamique des fluides.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Si l'évaluation du nombre de Reynolds est faite régulièrement, il est regrettable qu'un nombre de Reynolds grand devant 1 soit systématiquement associé à un écoulement turbulent. L'étude des corrections des effets de tailles finies sur certains écoulements peut être menée pour peu que ces dernières aient un sens par rapport aux erreurs expérimentales associées aux mesures. Une mesure de vitesse constante peut être effectuée très simplement, sans nécessairement faire appel à des moyens d'acquisition informatiques complexes.

**2009 à 2015, 2016** : Comme recommandé par les précédents rapports, les candidats pensent à évaluer le nombre de Reynolds mais les conclusions qu'ils en tirent sont souvent incomplètes ou erronées. D'autres limitations des modèles (Stokes et Poiseuille en particulier) sont ignorées. Le principe des anémomètres utilisés doit être connu. Les viscosités mesurées doivent être comparées aux valeurs tabulées aux températures des expériences réalisées. Rendre l'expérience de l'écoulement de Poiseuille quantitative nécessite certaines précautions. <

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 - Note : 16/20

J'ai fait viscosimètre, poiseuille avec le vase de mariotte et Bernoulli avec la soufflerie.

Questions : Autres nombres sans dimension en thermodynamique ou mécanique des fluides que Reynolds ? Pour le viscosimètre pourquoi avoir rajouté le terme en  $r^3$  ? Un moyen de quantifier ça ? C'est quoi le  $\chi^2$  ? Affichez le  $\chi^2$  pour un ajustement avec et sans le terme correctif ? Conclusion ? D'où vient ce terme correctif ? Pouvez vous retrouver le rayon du cylindre avec votre modélisation ? C'est quoi un fluide non-newtonien ? Cette expérience donnerait quoi avec un fluide non-newtonien ? Pour poiseuille pourquoi ça fait des bulles dans le vase de Mariotte ? La pression est différente au bout du tuyau par rapport à quoi ? Décrivez le champ de vitesse dans le capillaire ? Pour le tube de pitot expliquez d'où vient la différence de pression ? Comment le fluide dans le manomètre à colonne peut monter si les deux extrémités sont à la même pression ? Comment fonctionne l'anémomètre à fil chaud ? Comment avez vous choisi son positionnement ? Vous avez comparé vos mesures à des grandeurs "théorique". Ce sont vraiment des grandeurs théoriques ou tabulées ? Il y a des incertitudes sur les grandeurs tabulées ?

#### Agrégation 2019 - Note : 12/20 (choix avec Milieux Magnétiques)

Plan :I) Viscosimètre à bille, II) Ecoulement de Poiseuille, III) Ecoulement de Stokes. Questions : Est-ce que les effets des parois jouent vraiment un rôle pour le calcul de la vitesse ? Pourquoi avoir fait analyse statistique ? Est-ce que la quantité de points que l'on prend a une incidence ? Commenter le nombre de Reynolds ? Revenez à la définition du nombre de Reynolds et faites le lien avec Navier Stokes ? Formule de l'incertitude statistique ? Comment savoir si une valeur est à garder ou pas, avec incertitudes ?

#### Agrégation 2018 - Note : 15/20

J'ai présenté le viscosimètre à bille, Poiseuille et Bernoulli dans la soufflerie. La préparation s'est bien passée, si ce n'est que j'ai été un peu trop lente, rassurée par le sujet. Je n'ai donc, sur la dernière heure pas eu le temps de préparer l'exploitation correcte de mes manips, c'est à dire de calculer les coefficients de mes courbes (qui n'étaient pas simple). J'ai donc du calculer en direct les valeurs et les unités des coefficients, et évidemment, ça ne marchait pas... Donc pensez à bien tout faire à l'avance, en même temps que vos manips, pour ne pas vous retrouvez dans la même situation !

Ils m'ont posé des questions sur les hypothèses prises en compte pour chaque manip et si on a besoin d'être sur une ligne de courant pour pouvoir appliquer Bernoulli. Des questions sur les coefficients de viscosité dynamique et cinématique. Pour Poiseuille, comme j'étais vraiment à la bourre, 2 min avant je ne savais plus comment s'exprimait le débit volumique, j'ai juste réfléchi à ce que je mesurais (masse et temps) et j'ai fait le quotient des deux, me retrouvant donc, sans m'en rendre compte avec un débit massique et non volumique. Donc j'ai eu des questions dessus. J'ai eu des questions sur pourquoi on met du téflon autour du tube cylindrique en sortie et si c'était vraiment utile, si ça changeait le résultat ou pas. J'ai essayé de rester dynamique tout du long et d'être de bonne humeur, mais c'était un peu dur de me voir me tromper sur des choses aussi basiques, d'autant plus que c'est un domaine que j'aime bien, simplement à cause d'un manque d'organisation de ma part. Autrement les

techniciens ont été adorables et m'ont fait beaucoup de points. Je suis un peu déçue de ce que j'ai fait, comparer à ce que j'aurais pu faire.

Retour du jury : Je m'attendais à une note plus faible, du fait de quelques embrouilles sur la théorie et les calculs, mais ils ont vraiment apprécié les qualités d'expérimentatrice et le fait que tout les protocoles étaient vraiment bien décrits à l'oral. Le fait que j'ai pensé à justifier beaucoup de petits détails souvent oubliés, et chercher à améliorer expérimentalement les manips sur des petites choses (mettre du teflon autour du tube pour Poiseuille, le fait de mettre l'anémomètre juste devant la sonde de Pitot et l'impact que ça peut avoir sur la mesure, etc) a été beaucoup apprécié. Le dynamisme de la présentation a aussi un peu joué.

### **Agrégation 2018 - Note : 15/20 - choix avec *Production et mesure de champs magnétiques.***

J'ai fait ce choix car mon binôme était passé sur ce sujet pendant l'année. Ce montage présente la difficulté de devoir maîtriser de très près les modélisations des problèmes qu'on utilise. Le jury s'est attaché à détailler les hypothèses des différentes expériences et ils ont testé mon niveau de connaissance vis-à-vis de ces hypothèses. Les expériences présentes dans mon montage étaient toutes dans le FLTCD Physique Expérimentale, et le matériel utilisé était en bonne santé. Mes deux techniciens étaient particulièrement motivés et motivant, me rappelant qu'il fallait rester concentré et déterminé sur les expériences que nous mettions en place. Ils étaient très à l'écoute et compétents. Ils étaient aussi très intéressés par une petite mise en situation avant de leur donner une consigne, ils m'ont dit par la suite que ça leur avait donné confiance pour faire les mesures.

Mes manips : viscosimètre à bille, étude du poiseuille dans les tubes cylindriques, soufflerie : vérification de la loi de Bernoulli et pour finir relation de dispersion des ondes gravito capillaires avec une cuve à ondes.

Problème de préparation : le réveil fourni avait 25 min de retard et les techniciens se sont fait avoir comme moi, ce n'est qu'en sortant de la salle lorsque j'écrivais mon tableau qu'ils sont venus me dire qu'il ne me restait que 10 min quand je croyais en avoir plus de 35 pour finir dans les temps tranquille. C'était évidemment une situation d'urgence et ça m'a fait commencer mon oral dans un état de confiance plus que relatif. Ce qu'il m'a manqué c'est une relecture des hypothèses des modèles employés pour modéliser les expériences que je présentais. Et je pense que les questions ont bien mis en évidence certaines lacunes. Bref, toujours est il que l'agrégé préparateur a informé le jury avant qu'il entre dans ma salle de ce problème d'horloge et ce, sans que j'en discute avec lui. Les questions étaient plutôt bienveillantes mais mon état n'étant pas au mieux j'étais un peu pris de court. La délibération a été très très longue... je pense que les jurys ont scruté le bouquin et les expériences, mon tableau ainsi que mes fichiers ouverts sur l'ordinateur avant de conclure sur ma note.

### **Agrégation 2015 - Note : 17/20**

J'ai suivi le plan de Rémi que nous avons vu en présentation. Chute de bille, écoulement de Poiseuille puis tube de Pitot de la soufflerie. J'ai parlé de la force de traînée à la fin avec le facteur de forme mais pas de manip dessus. La présentation s'est bien passé, techniciens un peu mous et nonchalants, mais ils ont quand même fait ce que je leur avais demandé. Au niveau du timing c'était le méga rush. Mon avis est que le montage est l'épreuve la plus chronophage, j'ai vraiment terminé ma préparation au bout de 4H00, j'ai calculé mes résultats à comparer aux valeurs théoriques pendant les 3 dernières minutes. Ouf! Cela collait. Je n'ai pas trouvé la viscosité du rothitherme pour la première manip. Apparemment il y a un 0.97 écrit sur le papier mais rien n'indiquait que c'était la viscosité du rothi. J'ai donc comparé ma valeur expérimentale (je trouve 1) avec l'huile qui vaut 1.5. J'ai beaucoup axé la présentation sur : hypothèse du modèle, expérience, vérification théorique et discussion sur la validité des hypothèses. Ça peut paraître évident mais pas tout le monde le fait pas en montage, et je crois qu'ils ont beaucoup apprécié, enfin c'est un ressenti donc ça vaut ce que ça vaut. Pensez donc à privilégier cette démarche le plus souvent. J'ai eu des questions sur un peu les 3 manips, pas trop sur les incertitudes, je n'ai pas fait de traitement statistique sur la première manip ce qui pas bien, mais j'ai expliqué le principe en question. Une autre question pour le Poiseuille, sur une courbe qui n'était plus linéaire pour des grands gradients de pression, ils m'ont amené vers la réponse, à savoir la limite de l'hypothèse de l'écoulement établi dans tout le tube (pas le cas pour un grand gradient).

### **Agrégation 2015 - Note : 20/20 - choix avec *Couplage des oscillateurs.***

J'ai présenté le viscosimètre à bille, l'écoulement de Poiseuille, le tube de Pitot, et la force de traînée en fonction de la vitesse. La préparation s'est bien passée. Les techniciens étaient très sympas et on fait toutes les mesures. Le seul problème aura été que l'on a pas retrouvé le flacon de produit pour remplir le tube de Pitot afin de bien pouvoir régler la hauteur 0. Mais vu qu'il n'en manqué que très peu, on a juste complété avec de l'éthanol.

Commentaire du jury : Ils ont apprécié que je discute des effets de bords pour le viscosimètre. Pour les incertitudes, ils auraient préféré que je prenne l'écart type des valeurs puis que je le divise par  $\sqrt{N}$  en parlant de l'écart type sur la valeur de la moyenne calculée, plutôt que je divise juste l'incertitude d'une mesure par  $\sqrt{N}$  sans trop expliquer pourquoi. Pour le vase de Mariotte, ils ont beaucoup apprécié que je fasse l'ordre de grandeur de la longueur d'établissement du profil. Pour ce qui est du raccordement des pressions, ils m'ont

dit que l'on pouvait faire un ODG de la perte de pression au niveau du raccord vase de Mariotte / capillaire et montrer qu'il était négligeable. En conclusion, il m'a dit que j'avais à chaque fois bien présenté les expériences et discuté des différentes hypothèses que je faisais et c'est ce qu'ils attendent en montage. Il m'a aussi dit qu'il noté positivement et que même s'ils m'ont un peu pris de court sur les incertitudes, j'avais fait suffisamment de choses à côté pour avoir ma note.

Questions : Sur le viscosimètre à bille : Pourquoi avoir divisé l'incertitude par racine de 10 (j'avais fait 10 mesures) ? Avez vous calculé l'écart type de vos mesures ? Ce n'est pas mieux de prendre cet écart type comme incertitude ? ODG du temps d'établissement de la vitesse final ? Pourquoi, physiquement, avoir pris une ordonnée à l'origine dans la régression ? ODG de la taille de la couche limite sur la bille ? Ecoulement de Poiseuille : Dans le vase de Mariotte avant le capillaire, comment être sur que la pression est la même sur toute la largeur du vase à la hauteur de l'entrée du capillaire ? Pourquoi peut on raccorder au niveau des pression un régime d'hydrostatique dans le vase à un régime de Poiseuille dans le capillaire à l'entrée de celui ci. D'où vient la formule de la longueur d'établissement du profil de Poiseuille ? Il y a t il aussi un temps d'établissement ? L'avez vous pris en compte, ODG ? Tube de Pitot : Que pensez vous de votre résultat ? (j'avais trouvé une masse volumique de l'air de 1.7 au lieu de 1.2). Regardé l'étiquette noir sur la soufflerie (celle qui indique qu'il faut remplir le tube de Pitot donne la pression en millimètre d'eau avec le mélange d'alcool-eau à 0.835), votre erreur de vient pas de là, pourquoi ne pas avoir utilisé la densité de l'alcool ? (Non car les graduations sont bien étalonnées en mm d'eau).

### **Agrégation 2015 - Note : 08/20 - choix avec *Induction, auto-induction.***

J'étais plutôt stressé parce que je ne suis pas très bon en montage. J'ai présenté l'écoulement de Stokes et de Poiseuille. Je n'ai pas eu le temps de faire le tube Pitot de la soufflerie. Je n'ai eu le temps de bien traiter les résultats (incertitudes y compris) malgré l'aide des 2 préparateurs qui m'ont fait beaucoup de mesures.

J'ai fait beaucoup d'erreurs d'homogénéité et d'ordre de grandeur au tableau. Le jury est donc largement revenu dessus. Et c'est ce qui explique ma note.

Les questions portaient exclusivement sur les erreurs d'homogénéité et d'ordre de grandeur que j'avais écrites au tableau.

### **Agrégation 2014 - Note : 09/20 - choix avec « Effets capacitifs »**

Plan : écoulement de Poiseuille, viscosimètre à chute de bille et viscosimètre d'Ubbelohde, écoulement d'air en soufflerie.

Les expériences n'ont pas marché du premier coup, je ne trouvais plus certaines valeurs numériques dans le Handbook, et surtout la soufflerie est tombée en panne à cause d'un faux contact, m'empêchant de faire des mesures en préparation. Finalement, le jury est rentré alors que les manip n'étaient pas finalisées, et j'ai donc dû les faire tant bien que mal devant eux. Pour la soufflerie, le jury a été prévenu par les techniciens et m'a proposé de l'aide pour faire les mesures en live. Du coup un membre du jury était à mes ordres pour les manip, ce qui était assez agréable ! :-). J'ai pu prendre trois points et faire une droite. Au final, malgré des manip pas bien finies, j'ai discuté à chaque fois en détail les protocoles de mesure, les incertitudes, les hypothèses (longueur d'établissement du régime de Poiseuille, régimes permanents atteints, etc. . .). Les fits ont donné à chaque fois des valeurs à un facteur multiplicatif près, qui venaient de problèmes d'unités que j'ai su corriger pendant les questions. Ils m'ont donné les valeurs numériques des trucs qui me manquaient pour faire les applications numériques.

Globalement j'ai su répondre à toutes les questions, et corriger ou préciser les trucs pas clair du montage (ça a pris la moitié du temps de questions). Toutes les valeurs numériques se sont avérées correctes après correction. Vous avez dit que l'écoulement de Reynolds était purement diffusif, vous pouvez justifier pourquoi exactement ? Comment quantifier les effets des bords lors de la chute de la bille ? Comment évaluer numériquement le temps d'établissement du régime permanent pour la chute de la bille ? Pour le viscosimètre d'Ubbelohde, aurait-on pu mesurer la viscosité de l'eau ? (non, il y a des classes différentes selon la gamme de viscosité). Sur la soufflerie : pourquoi le ressort de droite n'a-t-il aucune incidence ? (toujours la même tension à l'équilibre).

Entretien avec le jury : Ils ont ressenti le stress de la présentation et ont regretté les nombreuses étourderies lors des calculs, et le manque d'exploitation des mesures. Par contre, ils ont trouvé les expériences très bonnes, bien menées et les protocoles très bien justifiés, ce qui justifie la note ...

### **Agrégation 2013 - Note : 09/20 - choix avec *Acquisition analyse et traitement des signaux***

**Commentaires personnels :** J'ai fait la chute de la bille dans le rhotitherme<sup>2</sup>, l'écoulement de Poiseuille, et la soufflerie. La dynamique des fluides n'est pas mon domaine de prédilection et ça s'est senti. Discours brouillon sauf lors de l'explication des expériences. Les expériences ont marché dans l'ensemble.

**Questions et commentaires du jury :** ils ont repris manip par manip. Chute de la bille : vous avez parlé d'effet de bord, vous pouvez en dire plus ? comment détermine t on la vitesse limite ? Comment obtient l'expression

2. Nous supposons qu'il s'agit de l'huile silicone Rhodorsil (NDE).

de la viscosité que vous avez marqué au tableau ? La viscosité dépend elle de la température ? Poiseuille : Cette manip était foireuse car je suis remontée à la longueur du capillaire alors que je me servais de cette longueur pour déterminer le diamètre. Je n'avais donc pas assez réfléchi à quoi remonter. J'avais d'énormes incertitudes car entre la préparation et la présentation j'ai enlevé et remis le capillaire sur le vase et le débit était différent car la longueur devait être différente. J'avais évalué la longueur d'établissement du régime. Ils sont beaucoup revenus dessus : Vous pouvez réexpliquer à partir de quand on considère que le régime est établie ? En considérant cette longueur d'établissement, quelle est la différence de pression que l'on évalue alors ? Si on enfonce le tube dans le vase de Mariotte (sans ouvrir le robinet), on voit que le niveau de l'eau par rapport au bout du tube a changé, pourquoi ? Soufflerie : Comment ça marche un anémomètre à fil chaud ? Comment avez vous étalonné la force en fonction de la graduation lue ? Comment êtes vous sûre que la graduation circulaire donne une expression de la force linéaire ? A la proclamation, ils m'ont dit que la manip de Poiseuille était foireuse et que remonter à la longueur du capillaire n'était vraiment pas une bonne idée. Ils m'ont dit que les manips ce sont bien passé mais que ça se voyait que je n'étais pas à l'aise avec les notions.

## MP04 : Capteurs de grandeurs mécaniques.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Les candidats peuvent choisir d'étudier tous types de capteurs qui mesurent des grandeurs mécaniques : accéléromètres, jauges de contrainte, capteurs de position, de vitesse... Le mot capteur dans ce montage signifie que les caractéristiques des capteurs : linéarité, finesse, gamme, sensibilité... doivent être étudiés.

**2014, 2015, 2016** : Les candidats peuvent choisir d'étudier tous types de capteurs qui mesurent des grandeurs mécaniques : accéléromètres, jauges de contrainte, capteurs de position, de vitesse ... En revanche, ce montage ne peut pas se limiter à l'étude d'un ressort ! Lors de l'étude d'un capteur, le candidat doit s'intéresser aux qualités de fidélité, de sensibilité et de justesse qui permettent d'utiliser ce capteur comme un instrument de mesure. Par ailleurs, certaines grandeurs mécaniques varient dans le temps et il n'est pas obligatoire de se limiter aux grandeurs stationnaires. (2014 : Par ailleurs, les notions de temps de réponse et de fonction de transfert ne doivent pas être ignorées.)

**2013** : Dans ce nouveau montage, les candidats peuvent choisir d'étudier tous types de capteurs qui mesurent des grandeurs mécaniques : accéléromètres, jauges de contrainte, capteurs de position, de vitesse ...

Jusqu'en 2013, le titre était : *Capteurs et transducteurs*

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2018 - Note : 15/20 - choix avec *Milieux magnétiques*.

J'ai présenté le capteur de position angulaire, la jauge de contrainte et l'accéléromètre. En application, j'ai mesuré le module d'Young d'une réglette en fer grâce aux deux derniers capteurs et j'ai comparé les valeurs obtenues. J'ai beaucoup insisté à parler des caractéristiques types sur chaque capteur (temps de réponse, précision, fidélité, etc) ainsi que des exemples concrets d'utilisation et je crois que cela a été très apprécié.

Ils m'ont posé beaucoup de questions sur le fonctionnement des capteurs et les raisons de leur saturation : tout est dans le Asch (exemple : le potentiomètre sature pour des raisons électroniques, non pas parce que le curseur arrive en bout de bobine). Je crois qu'ils ont également apprécié que je trace la fonction de transfert de l'accéléromètre en le plaçant sur un pot vibrant, ça permet de parler du fonctionnement dynamique des capteurs.

Enfin, il faut vraiment que vous sachiez comment fonctionnent tous vos appareils : j'ai perdu des points parce que je n'avais pas eu le temps de regarder le fonctionnement du pont qui contient le boîtier de lecture de la jauge de contrainte.

En bref je trouve que c'est un sujet "cadeau" parce que la physique est assez simple, il n'y a rien de fondamental, il est facile de faire des choses originales et de justifier proprement ses choix comme l'exigent si souvent les rapports de montage.

## MP05 : Mesures de température.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Les caméras infrarouges entrent parfaitement dans le cadre de ce montage. Certains candidats font une erreur sur la mesure de la résistance par la méthode 4 fils à cause d'une copie non réfléchie de certains ouvrages. La question de la référence de température dans un thermomètre à thermocouple commercial ne doit pas surprendre les candidats.

**2014, 2015, 2016** : De nombreux candidats utilisent à bon escient les échelles secondaires de température (résistance de platine) et ont compris que la notion de point fixe est essentielle pour l'établissement d'une échelle thermométrique. En revanche, certains ignorent encore les mécanismes physiques mis en jeu dans les différents capteurs qu'ils utilisent et ne réfléchissent pas suffisamment à la précision requise lors de l'utilisation d'un thermomètre « de référence ». Enfin, il serait intéressant de faire intervenir des capteurs de température plus modernes, comme des caméras infra-rouge.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Échelles et mesures de température.*

**2013** : Les candidats utilisent en général à bon escient les échelles secondaires de température (résistance de platine). Les mécanismes physiques mis en jeu dans les différents capteurs utilisés doivent être connus. La notion de point fixe est essentielle pour l'établissement d'une échelle thermométrique.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Thermométrie.*

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2017 - Note : 13/20

J'aimais bien ce montage. Techniciens très disponibles et motivés. Attention à bien faire une liste de matériel la plus complète possible au départ. J'avais oublié beaucoup de choses et les techniciens ont dû faire beaucoup d'aller-retour. On a eu un problème avec le dispositif d'asservissement en température. Après 40min à essayer de résoudre ce souci, on l'a changé et tout s'est résorbé. J'ai pas eu le temps de préparer la dernière manip et j'ai dû la monter en direct dans les 5 dernières minutes de la présentation : évidemment ça n'a pas marché mais j'ai pu expliquer le principe de la manip. L'oral et les questions se sont bien passés. Le jury était avenant et décontracté. Je suis sorti en pensant que j'aurais une super note vu l'attitude du jury mais... non !

Questions posées : - Connaissez-vous d'autres thermomètres primaires ? - Non basés sur le gaz parfait ? - Pourquoi avoir incliné le tube de Kundt ? - Vous avez une erreur de 1% sur la pente de la courbe  $c^2=f(T)$ . Un thermomètre primaire est censé être précis. Est-ce le cas ? Quelle est l'erreur sur T ? Comment augmenter la précision sur T ? - Problème de chiffre significatif sur l'AN de la pente  $\Gamma \cdot R/M$ . Que vaut  $\Gamma$  ? Est-ce toujours le cas ? - Quelle est la source d'erreur principale ? La longueur d'onde ou f ? - Étalonnage de la Pt100 : Vous avez dit que l'erreur sur la température des transitions de phase est nulle. Commentez. Quel est l'odG de variation de la pression au cours de l'année ? Quelle est la variation de température associée ? Quels points utilise-t-on habituellement pour les étalonnages ? - Pourquoi la résistance de la Pt100 augmente avec la température ? - Problème avec les coefficients de la courbe d'étalonnage  $R=f(T \text{ en K})/R=f(T \text{ en } ^\circ\text{C})$ , les coefficients changent de signe. Simplement du à la conversion  $K \rightarrow ^\circ\text{C}$  - Pourquoi la résistance de la CTN diminue avec la température ? - Quel détecteur a le temps de réponse le plus court ? - De quoi dépend le temps de réponse des capteurs ? Que pouvez-vous dire sur le temps de réponse propre des capteurs (sans leur conditionnement) ? - Un des jurés m'a dit : "j'ai placé le thermomètre à alcool dans votre mélange eau-glace. Le thermomètre indique 4°C. Pouvez vous expliquer pourquoi ? "

### Agrégation 2013 - Note : 12/20 - choix avec *Amplification de signaux.*

**Commentaires personnels** : J'ai fait la manip du thermomètre à gaz avec la seringue, où l'on trace une droite dans le diagramme d'Amagat et on construit une échelle à partir de l'ordonnée à l'origine. Ça n'a pas très bien marché, ils sont donc revenus dessus. Je pense qu'ils voulaient me faire dire que supposer que  $PV = a(T) + b(T) \times P$  est une grosse approximation pas toujours vérifiée.

## MP06 : Transitions de phase.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Comme 2016, sans la partie après le "Enfin".

**2015, 2016** : Ce montage doit être quantitatif et il ne faut donc pas se limiter à une série d'expériences qualitatives mettant en évidence des transitions de phases dans différents systèmes. Il faut, lors des mesures, avoir bien réfléchi aux conditions permettant d'atteindre l'équilibre thermodynamique. Dans ce domaine, les mesures « à la volée » sont souvent très imprécises. Une grande attention doit être apportée à la rigueur des protocoles employés. Enfin, il faut rappeler aux candidats que le diazote n'est pas le seul liquide dont il est possible de mesurer la chaleur latente de vaporisation et que plonger un corps solide dans un liquide conduit à l'existence d'une force appelée poussée d'Archimède.

**2013 et 2014** : Ce montage doit être quantitatif. Il faut pour cela avoir bien réfléchi aux conditions permettant d'atteindre l'équilibre thermodynamique. Dans ce domaine, les mesures « à la volée » sont souvent très

imprécises. Une grande attention doit être apportée à la rigueur des protocoles employés. Dans les expériences de calorimétrie, il est important de tracer l'évolution temporelle de la quantité mesurée (température, masse) avant et après le phénomène étudié afin d'estimer les fuites thermiques.

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2018 - Note : 17/20

Plan : I/ Transition liquide/gaz SF<sub>6</sub>, II/ Chaleur latente du diazote III/ Surfusion du gallium.

Questions : Quelles sont les sources possibles d'erreur dans la mesure de la chaleur latente du diazote ? Décrire de fond en comble les isothermes de Van Der Waals. Représenter la zone supercritique dans un diagramme PV et sur les isothermes de Van Der Waals.

### Agrégation 2017 - Note : 15/20

J'ai fait la mesure de l'enthalpie de fusion de la glace, SF<sub>6</sub> avec le passage par le point critique et la mesure de la température critique d'un supraconducteur. Je savais exactement quel était le matériel que je voulais ce qui a raccourci sa recherche d'autant plus que pour ce genre de montage les techniciens sont un peu paumés. Les techniciens étaient tous de même très réactif et efficace, ils m'ont tracé quatre courbes sur SF<sub>6</sub> du coup j'étais content. Le thermocouple de type T était cassé quand je l'ai récupéré et il n'en existait qu'un seul exemplaire. Les préparateurs agrégés me l'ont "réparé" mais il ne donnait pas la bonne température. À cause du thermocouple je n'ai pas vraiment eu le temps de me poser et de réfléchir à ce que je devais dire, du coup le jury est arrivé et j'ai dû improviser. L'expérience sur la glace a marché, SF<sub>6</sub> n'a pas du tout donné le bon résultat et le jury ne savait pas d'où venait le problème. Un des membres ne comprenait pas comment j'avais calculé la quantité de matière à partir du viriel. Elle voulait absolument que je trace PV en fonction de T pensant qu'on pouvait modéliser le gaz comme un gaz parfait ce qui est totalement impossible quand on parle de transition de phase. Pour finir la manip sur la température critique de supra n'a pas donné la bonne température mais je m'y attendais vu le thermocouple mais la chute de la résistance à zéro se voyait très bien sur les graphes. Pour finir le jury a débattu pendant très longtemps, je pense qu'il n'était pas d'accord entre eux en particulier celle qui voulait que j'utilise la loi des gaz parfait et les deux autres qui avait compris ce que j'avais fait.

Questions posées : Réexpliquer l'expérience sur le supraconducteur ? Pourquoi un filtre passe bas ? qu'est ce que le gain en entrée et le gain en sortie ? L'expérience dure plusieurs minutes comment le 50Hz peut-il vous gêner ? Sur SF<sub>6</sub> comment avez-vous calculé la quantité de matière ? comment avez-vous évalué l'incertitude sur la variation de volume ? Pourquoi n'a-t-on pas des plateaux pour la pression ? D'où pourraient provenir les impuretés dans le SF<sub>6</sub> ?

Retour du Jury : En effet une des examinatrices s'était trompée à propos du gaz parfait mais ceci avait été en partie dû au fait que j'avais été peu clair. Ils m'ont reproché que mes résultats ne soient pas compatibles avec les valeurs tabulées. Ils ont beaucoup aimé le réel effort sur SF<sub>6</sub> en particulier sur la détermination de la quantité de matière. Ils m'ont dit que j'aurais pu mettre plus en valeur ce que j'avais réalisé en préparation et plus exploiter la manipulation sur le supraconducteur qu'ils ont beaucoup aimé (j'ai manqué de temps). En conclusion ils m'ont dit que j'aurais pu apporter un peu plus de précaution dans mes protocoles chose très importante en transition de phases.

### Agrégation 2015 - Note : 15/20

Des techniciens adorables, vraiment là pour nous aider. La préparation se passe bien, les livres et le matériel se trouvent facilement, et le tout n'est pas stressant. Les tableaux et les paillasse sont grandes. J'ai pu réaliser les expériences que je voulais, et celles-ci ont toutes fonctionnées. Je me suis trompée dans des unités, le jury a voulu revenir dessus sur les questions, cela a donc pris du temps car je devais recalculer chaque incertitude. J'ai eu très peur que cela me pénalise lourdement.

Questions : Retour sur les incertitudes et les unités. Pour la calorimétrie : pourquoi la masse augmente lorsque l'on plonge la résistance chauffante dans l'azote ? Comment améliorer la précision de cette mesure ?

### Agrégation 2015 - Note : 12/20 - choix avec *Résonance*.

Toutes les expériences ont posé problème lors du montage. Au début j'avais prévu plusieurs expériences (SF<sub>6</sub>, transition ferro-para, calorimétrie, surfusion de l'étain). Au vu des difficultés j'ai recentré sur la transition liquide-vapeur. Une heure et demi s'est écoulée avant que j'ai une expérience opérationnelle (les techniciens n'arrivaient pas à régler le débit du réfrigérant sur le SF<sub>6</sub>, et encore j'ai eu de la chance d'avoir le seul dispositif disponible, comme celui de Cachan était cassé). Après impossible de trouver une résistance chauffante pour l'expérience de mesure de la chaleur latente de vaporisation de l'azote. Le technicien me propose un montage avec un thermoplongeur et un joulemètre, qui s'est révélé impraticable. A un moment j'avais trois techniciens en train d'essayer de régler les divers problèmes et je ne pouvais travailler sur aucune expérience. Finalement

je suis arrivée à faire quelques isothermes pour le SF6, j'avais prévu de calculer la chaleur latente à partir des paliers de liquéfaction mais j'ai perdu les courbes au dernier moment. J'ai fait un calcul en direct avec un palier. Ensuite j'ai réalisé l'opalescence critique et la chaleur latente avec une petite résistance chauffante qu'ils avaient fini par dénicher. L'alimentation stabilisée était limitée en puissance (l'examinateur est venu me montrer comment changer la limitation lors de la séance de questions) et je n'ai pas pu avoir un différentiel suffisamment important par rapport aux pertes seules. Lors du retour, l'examinateur m'a dit qu'ils attendaient plus de discussion sur les incertitudes.

Questions : Hystérésis du montage SF6 si on prend les mesures dans un sens ou dans l'autre ? Questions sur l'opalescence critique (elle était un peu bizarre, il n'y avait pas d'obscurité totale mais une ébullition permanente) Préciser qu'est-ce que j'entends par fluctuations ? Préciser quel est le paramètre d'ordre sur la transition considérée ? Quel est l'intérêt de la calorimétrie avec résistance chauffante par rapport à la calorimétrie par mélange ? Quelles sont les limites lorsque l'on augmente la puissance dissipée par la résistance ? Quel est l'intérêt de cette technique pour la mesure sur l'azote, par rapport à la mesure sur l'eau ?

### Agrégation 2014 - Note : 07/20

J'ai mené trop d'expériences de front pour gagner du temps (SF6, chaleur latente azote, fusion de l'étain, transition métal/supra). Résultat : j'avais plein de données que les techniciens m'avaient notés sur papier (du genre 5 isothermes avec 30 points par isotherme pour le SF6), qu'on n'a pas pu rentrer sur l'ordinateur à la fin de la préparation. Je n'ai donc pas pu exploiter ces courbes ainsi que celles sur l'azote. J'ai essayé de sauver le montage en reprenant des points devant le jury, l'expérience du SF6 devient qualitative avec une isotherme, et la manip de la chaleur latente n'a pas marché (sous le coup du stress certainement, j'ai pris des pertes de masse pendant des durées différentes, erreur stupide...). Les questions portaient essentiellement sur les manipulations .

Le jour des résultats, le jury m'a dit que bien évidemment, une expérience quantitative ne suffisait pas (celle de la fusion de l'étain était la seule qui avait bien fonctionné) mais que j'avais bien répondu aux questions sur les expériences et que j'avais fait mon possible. Un conseil : traiter plus rapidement vos données, pour avoir une expérience quantitative qui tient la route.

### Agrégation 2014 - Note : 11/20 - Choix avec « Instabilités et phénomènes non linéaires »

(I) SF6 : Incertitudes sur la lecture de la pression et du volume ? Température critique ? Hypothèses pour le modèle du gaz parfait ? Phénomène physique à l'origine de la thermalisation ? Comment estimer le temps de thermalisation ? De quel paramètre dépend le coefficient de diffusion ?

(II) Acquisition de la courbe de refroidissement de l'étain liquide à solide avec Picolog. Détermination de la température de fusion de Sn. La température de fusion est-elle toujours la même ? De quoi dépend elle ? La profondeur de la surfusion est elle toujours la même ou varie-t-elle d'une expérience à une autre ? Comment fonctionne le thermocouple que vous avez utilisé ?

(III) Pourquoi avez vous donné un intervalle de confiance à plus ou moins 100°C ? Quelles sont les plus grosses sources d'erreur sur cette mesure ? Comment pourrait-on l'améliorer et obtenir une mesure précise ? Que signifie la lettre K sur le thermocouple ? Pourquoi avoir utilisé une mesure 4 fils pour la résistance du supraconducteur ? Pouvez vous expliquer le principe de la mesure 4 fils ? Que signifie le Y dans YBaCuO ?

## MP07 : Instruments d'optique.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2015, 2016, 2017** : Les candidats doivent connaître et comprendre les conditions d'obtention d'images de bonne qualité. L'étude des limitations et de défauts des instruments présentés est attendue. Les candidats doivent comprendre quelles sont les conditions pour que la mesure du grossissement puisse se ramener à la mesure d'un grandissement lorsqu'ils présentent des dispositifs afocaux. Enfin, dans certains cas, les candidats peuvent envisager l'utilisation de lunette de visée afin d'améliorer leurs mesures [2017 : de distance].

**2013, 2014** : Les candidats doivent connaître et comprendre les conditions d'obtention d'images de bonne qualité. L'étude des limitations et de défauts des instruments présentés est attendue. De bons exposés ont été observés sur ce sujet.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Instrument(s) d'optique.*

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2015 - Note : 11/20 - choix avec *Amplification de signaux.*

Préparation : Les techniciens étaient trop gentils. C'était très agréable. Après pas trop de soucis pendant la préparation. Plan : J'ai traité la lentille, puis la lunette astronomique. Présentation : Du classique. J'ai effectué de

nombreuses mesures devant eux. J'ai beaucoup parlé d'incertitudes. Le jury se déplaçait beaucoup (même au fond de la salle pour discuter entre eux). J'ai dû me dépêcher pour finir dans les temps.

Questions : Ils m'ont bombardé de questions sur les incertitudes ! Comment Regressi calcul les incertitudes ? Ils sont allés très dans le détail et autant dire que j'étais pas trop calé !

## MP08 : Interférences lumineuses.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Comme 2016, sans la remarque sur le Michelson.

**2015, 2016** : Il n'est pas raisonnable d'envisager d'apprendre à régler un interféromètre de Michelson devant le jury. Par ailleurs, les connaissances théoriques sur les cohérences spatiale et temporelle doivent être reliées aux observations expérimentales. Enfin, il est judicieux de réaliser des expériences simples avant de se lancer dans des expériences sur les notions de cohérence.

**2013, 2014** : Certains candidats ne font pas le rapport entre leurs connaissances théoriques sur les cohérences spatiale et temporelle, et leurs observations expérimentales. Il en résulte alors des montages mal réglés ou mal utilisés. Pourtant ce montage peut fournir des résultats quantitatifs précis. Il est en particulier intéressant de se placer dans des cas limites où la cohérence spatiale ou la cohérence temporelle peuvent être étudiées indépendamment. Enfin, il n'est pas raisonnable d'envisager d'apprendre à régler un interféromètre de Michelson devant le jury.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Interférences lumineuses ; conditions d'obtention.*

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2018 - Note : 14/20 - au choix avec *Moteurs*

Manips : I) Fentes d'Young, 1) Laser  $i = f(D)$ , 2) Lumière blanche : cohérence spatiale. II) Michelson : cohérence temporelle (doublet du mercure), 1) Interférogramme en préparation, 2) Comptage des anticoincidence à la main. III) Interférences en lumière polarisée : spectre cannelé lame quartz.

Préparation : Techniciens super serviables et disponibles ! 30/45min pour récupérer le matos et tout installer, ça passe vite. Problème de moteur de Michelson assez vite réglé. Problème de sensibilité du spectro, les techniciens ont essayé 5 spectro avant d'en trouver un qui marche... 3 minutes avant le début.

Passage : Les manips ont plus ou moins bien marché. Caliens qui sature pour la cohérence spatiale et valeurs un peu aberrante pour le doublet (probablement dû à une erreur de calcul de ma part d'après les questions).

Questions : Une seule vraie question sur les incertitudes : Vous avez divisé parfois par  $\sqrt{12}$  ou  $\sqrt{24}$ , pourquoi ? (J'ai fait un gros topo de 1min sur les incertitudes et ensuite ils m'ont laissé tranquille) I) Fentes d'Young : Alignement laser-fentes d'Young, important ? Précision mesure ? Origine erreur systématique ? Que faire pour éviter saturation Caliens ? II) Michelson : Faire calcul de la différence de marche attendue pour les longueurs d'onde du mercure (je trouvais en fait la bonne valeur donc j'avais fait une erreur en live). Pourquoi utiliser une lentille en sortie ? Pourquoi plusieurs jeux de battements sur l'interférogramme ? III) Lame biréfringente : Comment marche spectro ? Qu'est-ce qui limite sa résolution ? Problème à éviter dans fibre optique ?

Beau montage avec 3 manips quantitatives donc assez pour avoir 20. J'ai perdu des points sur la première manip pour laquelle j'avais fait les mesures un peu à l'arrache avec le stress. Par contre, ils ont apprécié la réactivité aux questions. Conclusion : pas besoin d'avoir des résultats cohérents pour avoir une bonne note, il faut bien justifier les choix faits et se donner à fond dans les questions pour montrer que l'on a bien compris l'importance de tous les paramètres expérimentaux.

#### Agrégation 2016 - Note : 15/20 - au choix avec *amplification de signaux*

Expériences présentées – Fentes d'Young, mesure de l'interfrange en fonction de la longueur d'onde en utilisant des filtres interférentiels et une barrette CCD (c'était pas CALIENS mais ça fonctionne pareil). – Fentes d'Young. Cohérence spatiale de la source. – Interféromètre de Michelson en coin d'air : discussion sur la cohérence temporelle et utilisation du spectre cannelé pour déterminer l'épaisseur optique d'une lame mince placé dans le dispositif. Questions du jury Retour sur la deuxième expérience qui avait été un peu brouillonne pour expliciter son but (qu'est-ce qu'on observe et qu'est-ce qu'on cherche à mesurer). Retour sur les calculs d'incertitude (définition de l'incertitude-type quand on a des graduations, etc...) et sur leur estimation dans les expériences. Fonctionnement du spectro ? Comment améliorer le nombre de cannelures dans le spectre du blanc d'ordre supérieur ? Interpréter physiquement l'annulation de contraste dans l'expérience de cohérence spatiale ?

**Agrégation 2014 - Note : 14/20**

Pourquoi mettre un verre anti-calorifique devant la lampe quartz-iode ? Comment fonctionne le dispositif Caliens ? Expliquer le réglage du condenseur de la lampe par rapport aux autres éléments du banc optique.

**MP09 : Diffraction des ondes lumineuses.****Commentaires extraits des rapports de jury**

**2017** : Ce montage a parfois été très bien présenté. Une condition nécessaire est de connaître la différence entre diffraction de Fraunhofer et diffraction de Fresnel, et on doit s'assurer que les conditions de Fraunhofer sont remplies si l'on utilise les formules associées. La détermination de la taille d'un fil ou d'un cheveu est d'autant plus intéressante que la valeur mesurée peut être comparée à une valeur tabulée ou mesurée par une technique complémentaire. Le jury voit trop souvent des expériences de diffraction par des fentes, généralement mal calibrées, servir à mesurer des longueurs d'ondes de lasers !

**2014, 2015, 2016** : La différence entre diffraction de Fraunhofer et diffraction de Fresnel doit être connue, et l'on doit s'assurer que les conditions de Fraunhofer sont remplies si l'on utilise les formules associées. Attention aux expériences de filtrage spatial qui sont souvent mal comprises. La détermination de la taille d'un fil ou d'un cheveu est d'autant plus intéressante que la valeur mesurée peut être comparée à une valeur tabulée ou mesurée par une technique complémentaire.

**2010 à 2013** : La différence entre diffraction de Fraunhofer et diffraction de Fresnel doit être connue, et l'on doit s'assurer que les conditions de Fraunhofer (tant sur l'onde incidente que sur le plan d'observation) sont remplies si l'on utilise les formules associées. Rappelons que les phénomènes de diffraction peuvent s'observer avec d'autres sources lumineuses que des lasers, dont le « speckle » peut parfois nuire à la précision des mesures.

**Retour des années précédentes****Agrégation 2018 - Note : 17/20 - Choix avec « Moteurs »**

J'étais tombé dessus en oral blanc alors je l'ai pris direct. Manips : diffraction de Fraunhofer, mesure d'une largeur de fente par étalonnage (Duffait, Sextant, Jolidon), de Rayleigh à Fraunhofer (Jolidon), limite de résolution pour l'oeil (pas de référence).

La préparation s'est bien passée, même si j'ai beaucoup galéré pour bien aligner mes montages et avoir des lentilles à la bonne hauteur, mais les techniciens étaient très gentils. Mon but était de pouvoir tracer 3 droites au tableau et ça a bien marché, sauf pour la dernière manip qui est assez capricieuse. J'ai aussi fait une énorme bêtise, en relevant l'interfrange pour la première manip avec l'écran tourné pour que le jury voie bien ce que je faisais, ce qui a complètement faussé ma mesure.

Commentaire du jury : les points perdus viennent de cette bêtise, tout va bien sinon.

**Agrégation 2017 - Note : 20/20 - Choix avec « Production et conversion d'énergie électrique »**

La préparation s'est plutôt bien passée. Les techniciens sont super, ils m'ont mis à l'aise et n'ont pas rechigné à faire des mesures répétitives. J'ai présenté les diffractions de Fresnel (diffraction en champ proche par un trou, validation du modèle en étudiant l'évolution du nombre de Fresnel avec la distance au trou, et mesure du rayon du trou) et de Fraunhofer (montage à deux lentilles pour Fraunhofer exact, diffraction par une fente fine) et du détramage par filtrage spatial (montrer le plan de Fourier avec un laser et un montage 4f, puis détramage d'une grille en lumière blanche). J'ai eu des soucis avec la manip de Fraunhofer pendant la préparation, et je n'ai trouvé le problème que pendant la présentation : il vaut mieux faire un ajustement sur une fonction linéaire en la largeur de la fente (et non son inverse), pour pouvoir prendre en compte une éventuelle largeur résiduelle quand le vernier de la fente réglable indique zéro, et s'assurer que les conditions de Fraunhofer sont vérifiées.

Questions posées : Expliquer l'expression du nombre de Fresnel. Que se passe-t-il si la source n'est pas alignée au reste du montage ? Pourquoi avoir utilisé un microscope pour élargir le faisceau ? Comment pourrait-on utiliser les mesures que vous avez faites pour mesurer la focale de l'objectif de microscope ? Pourquoi avoir choisi un montage à deux lentilles pour obtenir les conditions de Fraunhofer exactes ? Comment pourriez-vous améliorer la mesure de la largeur de la tâche ? (j'avais projeté la figure sur un écran, et mesuré seulement la largeur de la tâche centrale) Comment fonctionne un capteur CCD ? Pour le filtrage, la figure dans le plan de Fourier n'était pas très jolie, ce que j'ai justifié par les aberrations des lentilles (il n'y avait pas d'achromat de taille adéquate). Parler nous des aberrations des lentilles. Y a-t-il des applications au filtrage spatial ?

**Agrégation 2014 - Note : 09/20 - Choix avec « Amplification de signaux »**

J'ai présenté la diffraction de Fresnel, celle de Fraunhofer via la diffraction par un fil, la diffraction par un réseau à l'aide d'un spectromètre, les limites liées à la diffraction (critère de Rayleigh). Questions : Autres types de diffractions ? Construction des anneaux de Fresnel (cf Bruhat optique) ? Dans Fresnel, où est située la source ? Dans Fraunhofer, expliciter les incertitudes prises en compte. Quels types de réseaux existent ? Leur fonctionnement ? Comment fonctionne le spectro ?

En préparation les techniciens ont été très sympa et à l'écoute cependant ils m'ont plus ralenti qu'autre chose sur certaines manips. Concernant le spectro, Ulysse était cassé et Ocean optics uniquement sur le pc de Lyon qui était déjà utilisé donc j'ai pris un autre spectro dont je ne connaissais pas le logiciel, ça m'a valu la détection de 2 longueurs d'onde correspondant à la série de Balmer au lieu de 4 et une question à laquelle je n'ai pas su répondre. J'ai eu beaucoup de mal à obtenir plus de 3 anneaux de Fresnel (j'ai tout essayé sauf modifier la distance objectif de microscope/trou, c'est le jury qui me l'a fait remarquer) cependant ils ont apprécié la prise de risque avec cette manip qui est très rarement présentée. Pour la spectro, ils m'ont dit lors de l'entretien que c'était un peu hors sujet, et que la diffraction par un réseau pouvait cependant être présentée via un réseau posé sur un goniomètre tout en utilisant la formule des réseaux. Pour le critère de Rayleigh (que je n'ai pas eu le temps de présenter) qui n'était que qualitatif, ils conseillent de remplacer cette manip par une autre plus quantitative.

En sortant du montage que j'ai passé à 5h30 et qui était mon premier oral, j'étais certaine d'avoir 3 ou 4/20. Au final j'ai eu 9, ce qui reste correct pour un montage et m'a permis d'avoir l'agreg. Surtout ne vous auto-évaluez pas, on n'y pense pas assez mais nous préparons l'agrégation dans les meilleures conditions et on place la barre très haute tout au long de l'année, le jour J c'est différent.

**Agrégation 2013 - Note : 09/20**

**Questions du jury :** Qu'est-ce que vous avez voulu montrer par votre première expérience ? Quelle différence entre Fresnel et Fraunhofer ? Est-ce que l'on ne peut pas tirer davantage d'information de votre première courbe (largeur de la tache principale de diffraction en fonction de l'ouverture de la fente, ndlr) ? Pour le choix du laser vert, vous avez parlé du rôle du filtre anticalorique. N'y a-t-il pas une autre raison (max de sensibilité de l'oeil, ndlr) ? Dans les expériences de filtrage, vous avez parlé de transformée de Fourier, mais dans quel domaine ?

**Remarques du jury :** Début de l'exposé pas clair, et questions correspondantes aussi. Il manquait un enchaînement logique pour rendre l'exposé plus pédagogique. Sinon, la suite était bien et a été appréciée. Pouvoir de résolution bien traité, et filtrage aussi. L'expérience sur la diffraction de Fresnel est rarement présentée ainsi (protocole du Duffait, ndlr). Ça a été apprécié. Ce qui manquait pour passer au dessus de la moyenne, c'est une exploitation plus poussée des courbes. Il faut les exploiter jusqu'au dernier détail.

**MP10 : Spectrométrie optique.****Commentaires extraits des rapports de jury**

**2017 :** Comme 2016, sans la partie sur les mesures d'angle.

**2014, 2015, 2016 :** Quel que soit l'appareil de mesure utilisé, notamment le spectromètre à entrée fibrée interfacé avec l'ordinateur, son principe de fonctionnement et ses caractéristiques d'utilisation, en particulier son pouvoir de résolution, doivent être connus. Dans le cas où un candidat souhaite utiliser un spectromètre qu'il a réalisé lui-même, il est rappelé que la mesure des angles au goniomètre est bien plus précise que le simple pointé avec une règle sur un écran ; en outre, s'il souhaite utiliser un réseau en incidence normale, le candidat doit s'assurer de la réalisation expérimentale correcte de cette incidence particulière.

**2010 à 2013 :** Quel que soit l'appareil de mesure utilisé, notamment le spectromètre à entrée fibrée interfacé avec l'ordinateur, son principe et sa manipulation doivent être connus. Le prisme à vision directe doit être réservé aux observations qualitatives. Enfin, le pouvoir de résolution des appareils doit être connu et leurs limitations discutées. Dans le cas où un candidat souhaite utiliser un spectromètre qu'il a réalisé lui-même, il est rappelé que la mesure des angles au goniomètre est bien plus précise que le simple pointé avec une règle sur un écran.

**Retour des années précédentes****Agrégation 2017 - Note : 15/20 - choix avec *Couplage des oscillateurs***

Expériences présentées : - Mesure d'une largeur spectrale d'un filtre interférentiel (au Michelson) - Mesure de l'épaisseur d'une lame de quartz par (spectre cannelé) - Diffraction par un fil

Expériences non présentées : - Goniomètre, réseau et lampe Hg (remplacée par la diffraction par contrainte matérielle)

La préparation a été laborieuse. Si le début s'est bien passé, la mise en place de Caliens pour la diffraction a échoué, personne n'a su la faire fonctionner (signal complètement surréaliste). Après plus d'une heure, un technicien a ramené un capteur "Caliens-like" de Cachan : pas de succès non plus (ils ont essayé eux-même de la mettre en place, je préparais une autre manip à ce moment là). C'est finalement encore un autre "Caliens-like", de Montrouge, qui a bien voulu afficher un signal correctement. Malheureusement, je n'avais plus le temps de tester la manip, ni le logiciel qui m'a été brièvement présenté. Heureusement, face au jury, cette manip a bien fonctionné. Autre aléa, survenu en même temps que Caliens, un préparateur a dérégulé le Michelson alors qu'il était tout prêt pour traiter le filtre interférentiel (il n'y avait plus de lampe QI devant car je l'utilisais pour la manip du quartz en attendant une seconde QI pour ne pas avoir à les déplacer ; il a alors pensé qu'il n'était pas encore réglé et a donné un tour de vis au réglage fin ...). Heureusement, il l'a réglé à nouveau. Il ne me restait plus de temps pour préparer la feuille de calcul pour les incertitudes, je l'ai donc fait en direct devant le jury avec explications.

Note : 15/20, bien plus que la note que j'imaginai obtenir. La troisième manip a été considérée hors-sujet et non notée, je m'y attendais. Ils ont beaucoup aimé la communication, la pédagogie et le soin apporté aux manipulations et leurs explications. L'introduction présentant rapidement les trois expériences et leurs liens a également été appréciée. "On avait envie d'y aller avec vous, de vous suivre [...] nous avons compté deux points bonus pour la note car c'était vraiment bien". Plus que de montrer que l'on arrive à obtenir un phénomène donné et de le mesurer, l'articulation des expériences entre elles et leur explication, même brève pendant la présentation quitte à revenir dessus dans les questions, sont incontournables.

Questions posées : - Comment est réglé le Michelson ? Étapes du réglage ? Utilisation possible de l'autre réglage ? - Pourquoi faire le filtre interférentiel et pas la largeur spectrale d'une raie du mercure, par exemple ? - Qu'y a-t-il dans cette boîte (spectromètre) ? Comment ça fonctionne ? - Comment la lame de quartz est-elle taillée ? - Le  $\Delta n$  du quartz dépend-t-il de  $\lambda$  ? - N'y avait-il pas plus simple pour mesurer l'épaisseur de la lame de quartz ?

### **Agrégation 2016 - Note : 09/20 - choix avec systèmes bouclés**

Plan : I) Principe du spectromètre à réseau 1) Etalonnage 2) Mesure de la longueur d'onde moyenne du doublet du Sodium 3) Pouvoir de résolution (pas fait) II) Spectromètre commercial 1) Mesure de la constante de Rydberg 2) Mesure du pouvoir de résolution (pas fait) III) Spectromètre par transformée de Fourier (pas fait) 1) Présentation de l'interféromètre de Michelson → réalise une TF 2) Mesure de l'écart du doublet du Sodium

Préparation : Les techniciens étaient très sympathiques et m'ont installé tout le matériel sur la paillasse. J'ai perdu du temps dans ma préparation à manipuler et faire les mesures. J'ai mis un peu de temps pour élaborer mon plan et donc j'ai commencé à manipuler un peu tard. Du coup je n'ai pas pu préparer les parties sur le pouvoir de résolution et la mesure avec le Michelson. Je n'ai pas beaucoup demandé d'aide pour les mesures car j'ai choisi de faire quelques points ( et pas un seul) des droites moi même en raison des problèmes de placement des lentilles ou écran pour les spectromètre. J'aurais dû demander aux techniciens de faire des mesures pour l'écart du doublet du sodium (expérience avec le Michelson à montrer absolument dans ce montage).

Présentation : Le jury était très agréable et sympathique (un des membres du jury allumait le vidéoprojecteur avec la télécommande quand j'en avais besoin). Ils ont touché beaucoup au manip mais cela n'était pas gênant. J'ai perdu du temps sur la première expérience car je l'ai fait deux fois, en changeant de lentille de projection, (refaire alignement lentille pour montrer aux jury) pour avoir une meilleure précision sur la valeur du pas du réseau à comparée avec la valeur tabulée. Pour la mesure de la longueur d'onde moyenne du Sodium, j'avais fait l'erreur d'éteindre la lampe sodium, du coup le temps qu'elle se rallume, je n'ai pas pu exploiter cette manip. Ensuite j'ai également perdu du temps sur la constante de Rydberg car je n'arrivait pas à bien régler l'alignement pour avoir assez de raies pour tracer la droite. Je n'avais que deux raies à exploiter, donc seulement deux points ce qui est juste pour tracer une droite. Je n'ai pas eu le temps d'aborder le Michelson ce qui est dommage dans ce montage.

Questions : j'ai eu 20min de questions, il m'ont aidé dans les questions quand je ne voyais pas immédiatement. - Pourquoi choisir une focale de 2m pour le spectromètre à réseau ? - Pourquoi avoir refait avec  $f=40\text{cm}$  ? - La luminosité n'est pas juste dû à l'ouverture de la fente ? - Pourquoi un seul côté sur l'écran est bien lumineux ? - Comment fonctionne un réseau blazé ? - Comment obtenez vous l'incertitude sur le pas du réseau ? - Pourquoi ne pas avoir fait une modélisation linéaire au vu de la formule des réseaux ? - Y a-t-il une fente dans le spectromètre commerciale ? Située où ? - Quelle est la résolution du spectromètre monté ? - Pourquoi ne pas avoir utilisé un goniomètre ? - Comment associer le numéro  $m$  aux longueurs d'onde ? - Pourquoi avez vous écrit  $1/4 - 1/m^2$  ? - Comment vérifier la justesse des modélisations dans régressi ?

### **Agrégation 2015 - Note : 02/20**

J'avais écrit le titre « Spectroscopie optique », le jury m'a demandé de corriger avant de commencer la présentation. Bon début. Lors de la préparation, je savais quelles expériences je voulais faire, elles marchaient bien durant l'année. Pas cette fois là. Seulement une expérience marchait, et j'ai eu la merveilleuse idée de la traiter en dernier quand il reste seulement deux minutes. Pas malin. J'ai mesuré une longueur d'onde verte de  $2\mu\text{m}$ . Je

savais que c'était pas normal, ils m'ont peut-être donné un demi-point pour ce trait de génie. j'ai essayé alors de calculer les incertitudes pour voir si ça pouvait expliquer ça. Bien sûr que non, mais bizarrement j'ai essayé. En commençant par des erreurs, j'ai stressé, alors j'ai continué par des erreurs de plus en plus grosses (formule non homogène par exemple), puis j'ai encore plus stressé, puis je disais n'importe quoi de façon inintelligible, etc. J'ai fini ma conclusion en retenant mes larmes par « Je sais plus ce que je voulais dire »

Au cours de ma présentation, le jury avait l'air de plus en plus triste. Vraiment. Ils sont pas méchant dans le fond, je me disais. Mais ça ne pas pas rassuré.

Pour éviter le crash que je viens de faire, il faut surtout éviter le décrochage et garder son sang froid. La plus grande partie de ce désastre provient du stress qui m'a fait disjoncté au point de dire des choses franchement fausses (dont j'ai eu la merveilleuse idée de me rappeler les jours qui ont suivi, avant les résultats). On a le temps de relire les livres quand les choses ne marchent pas en préparation, on peut changer le plan pour présenter ce qui marche avec plus de temps et le jury est bienveillant.

### Agrégation 2014 - Note : 15/20

Réseau particulier ? (blasé<sup>3</sup>) Principe ? Résolution ? Comment on trouve  $\Delta\lambda$  ? Et sur la manip de principe ? — Pas la 4e raie de Balmer, méthodes pour l'avoir ? On moyenne, pourquoi ? Spectro commercial : pourquoi miroirs et pas lentilles, idem pour réseau ? — Protocole de réglage du FP ?

Spectra suite buggait quand je mettais les deux spectro en même temps (pas la version habituelle), quand j'ai voulu passer sur le 4000 pour montrer les raies isotopiques, il a définitivement planté J'avais eu un problème avec caliens, et les arbres du moteur et du michelson n'étaient pas alignés donc je ne pouvait pas faire un interférogramme automatique et je n'ai pas eu le temps de faire un contraste local, j'ai voulu leur montrer le principe mais en échangeant la sodium avec la mercure j'ai dû toucher quelque chose parce que le Michelson s'est déréglé, je n'ai pas retrouvé les franges facilement et je ne savais plus où était mon papier avec la position du contact optique donc je suis passé à la suite J'avais divisé par  $\sqrt{N}$  et non  $N$  pour l'incertitude sur le doublet du sodium et j'ai mis un moment à comprendre quand ils sont revenus dessus pour les questions. Le FP s'était déréglé aussi mais je l'ai reréglé devant eux en 3 secondes, directement sur l'écran ... c'est clairement ce qui a sauvé mon montage !

## MP11 : Émission et absorption de la lumière.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2014 à 2017** : Ce montage ne devrait pas être confondu avec le montage « Spectrométrie optique ». Des expériences quantitatives sur l'absorption sont attendues. En outre, les propriétés d'émission du laser ne sont pas hors sujet.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Émission et absorption dans le domaine optique.*

**2013** : Il est regrettable que les expériences d'absorption restent qualitatives.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2017 - Note : 17/20

j'ai suivi le plan :

1) Émission spontanée : mesure de la constante de Rydberg Vérification de l'étalonnage du spectromètre avec une lampe Mercure Cadmium puis prise de mesure sur une longueur d'onde et calcul de la constante de Rydberg. Problèmes car Regressi n'affichait pas les valeurs des puissances de 10 (arrive parfois si on force la valeurs des unités) et certains pics du l'hydrogènes n'apparaissaient pas sur le spectre.

2) Rayonnement du corps noir : vérification de la loi de Stefan Mesure de  $U$  aux bornes d'une ampoule et  $I$  dans le circuit GBF/ampoule. Une loi phénoménologique donne la variation de la résistance avec la température. On trace  $\log(UI)$  en fonction de  $\log(T)$  et la pente doit donner 4 d'après la loi de Stefan. Beaucoup de questions sur le modèle et ses hypothèses.

3) Fluorescence de la rhodamine Mise en évidence de l'absorption à 530nm pour la rhodamine quand on éclaire en lumière blanche. On excite alors la transition avec un laser vert et on observe un décalage en longueur d'onde de la lumière émise. Dans cette manipulation j'ai utilisé un autre spectromètre qui n'a pas fonctionné (spectres incohérents et non reproductibles).

3. Ça, c'est sans doute le candidat. Le réseau, lui, est blasé.

4) Loi de Beer-Lambert Je n'ai pas pu vérifié la loi de Beer-lambert car le spectromètre (le même que celui utilisé pour la fluorescence de la rhodamine) ne fonctionnait toujours pas bien et il est le seul à posséder un système d'éclairage/cuves adaptées à cette expérience. Avec les techniciens nous n'avons pas réussi déterminer l'origine du problème.

Questions posées : Comment avez-vous réalisé l'étalonnage du spectromètre ? Lien entre longueur d'onde et émission/absorption. Couleur des objets et loi du corps noir. Pourquoi les pics des raies sont-ils élargis ? Différentes causes d'élargissement ? Comment évolue l'effet joule avec la température (à propos de la manipulation sur la vérification de la loi de Stefan avec une ampoule) ? Évolution de la résistance avec la température ? Résolution des spectromètres, à quoi est-elle due ? Si on n'a pas de spectromètre à fibre mais à fente comment est affectée la résolution avec l'ouverture ou le positionnement de la fente d'entrée ? Le jury a regardé le spectromètre déficient et a essayé de le faire fonctionner sans succès non plus.

Retour du Jury :

Ils ont aimé la présentation didactique des expériences et leurs exploitations. Un des membres du jury n'a pas été convaincu par l'expérience de mise en évidence de la loi de Stefan. Dans le cas d'expériences peu conventionnelles, le jury veut, lors de la présentation, une explicitation claire des hypothèses de travail.

## MP12 : Photorécepteurs.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Il ne faut pas perdre de vue les aspects de métrologie dans ce montage. Il faut aussi connaître les principes physiques des photodétecteurs utilisés et pouvoir justifier les liens entre ces principes et les caractéristiques métrologiques. Il faut également, lorsqu'on cherche à effectuer une étude spectrale, faire attention à la réponse spectrale de tous les éléments du montage, y compris celle des éventuels polariseurs et analyseurs.

**2014, 2015, 2016** : Dans ce montage, les questions classiques de métrologie peuvent être abordées : sensibilité, bande passante et temps de réponse. Il importe de distinguer les détecteurs photoniques et thermiques, notamment du point de vue de leur réponse spectrale. Plus généralement, il faut connaître les principes physiques des photodétecteurs utilisés et pouvoir justifier les liens entre ces principes et les caractéristiques métrologiques. Il faut également, lorsqu'on cherche à effectuer une étude spectrale, faire attention à la réponse spectrale de tous les éléments du montage, y compris celle des éventuels polariseurs et analyseurs. Remarquons pour finir que la notion de point de fonctionnement peut être utile pour bien expliquer et justifier un montage avec photodiode.

**2013** : Il importe de distinguer les détecteurs photoniques et thermiques, notamment du point de vue de leur réponse spectrale. La notion de point de fonctionnement peut être utile pour bien expliquer et justifier un montage avec photodiode.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 - Note : 19/20

Manips classiques du Jolidon avec uniquement l'étude de la photodiode (conditionnement, linéarité/sensibilité, temps de réponse) et taille d'un pixel sur le capteur CCD. J'ai fait toutes mes mesures en direct parce que le flux change dès qu'on bouge le montage, donc les deux premières manips m'ont pris beaucoup de temps. J'ai pas eu le temps de faire le temps de réponse, j'ai attaqué le capteur CCD à 5min de la fin, j'avais fait un fichier excel pour pas avoir à utiliser ma calculatrice et ça m'a permis d'obtenir une valeur rapidement donc c'était une bonne idée je pense.

Questions : Vous connaissez d'autres photorécepteurs ? Vous pouvez détailler l'allure des caractéristiques de la photodiode ? Comment fonctionne une photodiode ? Pourquoi vous utilisez des polariseurs dans votre montage ? Vous avez dit que mesurer le photocourant pour deux valeurs opposées de l'angle permet de réduire l'erreur sur la position du zéro, vous-êtes sûre que ça fonctionne pour une loi non linéaire en l'angle ? Vous pouvez réexpliquer la manip pour la taille du pixel ? Ça marche comment un capteur CCD ? Comment on fait pour stocker des électrons ?

Retour du jury : Ce qu'ils ont aimé c'est que mes manips étaient simples, et rapport avec le sujet et que je les expliquait bien : "Vous n'avez pas choisi de manips stratosphériques". Ils ont trouvé que ma présentation était pédagogique et dynamique, et que je parlais suffisamment sans que ça tombe dans le bavardage, donc visiblement la pédagogie joue aussi dans l'épreuve de montage. Bilan : faire des manips simples et maîtrisées ça marche très bien, pas besoin de se lancer dans des choses ultra compliquées pour impressionner le jury.

**Agrégation 2017 - Note : 17/20**

Les techniciens étaient sympas mais allaient à 2 à l'heure. Pour le temps de réponse, le technicien a mis 30 min à faire 3 points qui étaient faux, du coup j'ai fait ça moi-même. 1h avant la fin, j'étais vraiment à la bourre : j'avais 1 manip et demi qui marchaient, mais j'ai réussi à finir à temps. Le plan est : I)Caractéristique II)Linéarité III)Temps de réponse, que je faisais à chaque pour la photodiode et la photorésistance pour les comparer. Je déconseille la réponse spectrale, qui fait intervenir la thermopile. Il s'agit d'un montage 100% Jolidon.

Questions posées : Le jury était plutôt neutre, et il y avait 3 auditeurs. C'est quoi la quantification de la tension acquise? Pourquoi une photorésistance n'est-elle pas linéaire? Comment prendre en compte l'incertitude de précision et celle de fluctuations de la valeur affichée? Pourquoi les caractéristiques ne sont pas des droites parfaites? Le flux dépend-il de  $\lambda$ ? Est-il possible d'écrire la relation conductance=f(flux) en lumière blanche? Quelles hypothèses doit-on faire sur les polariseurs. Pourquoi placer la source à 30 cm? Et le condensateur, il sert à quoi? Comment on sait que ce n'est pas le temps de réponse de la diode laser qu'on mesure? C'est bien un  $\chi^2$  de 0.162? Passer en log a-t-il une influence sur la modélisation? Pourquoi ne pas faire une modélisation non affine?

**Agrégation 2016 - Note : 09/20**

Les techniciens n'ont pas été méga aidants (lents pour aller chercher le matos, il a fallu que je leur demande certains trucs plusieurs fois, ils étaient pas là quand j'ai eu une manip à leur demander, ils m'ont refilé du matos un peu foireux, etc). Du coup, j'ai un peu perdu du temps et ma présentation s'en est ressentie. J'ai eu droit à des questions sur le fonctionnement de la photodiode, pourquoi la polariser en inverse, la réponse spectrale des photorécepteurs. Qu'est ce qu'une densité? lien entre densité inscrite et quantité de lumière transmise? J'ai fait la manip de détermination de la largeur d'un pixel de ccd, ils m'ont demandé si c'était la méthode la plus simple. Ils m'ont aussi demandé de réexpliquer le principe du montage de l'allumeur de réverbère.

**Agrégation 2015 - Note : 17/20 - choix avec *Systèmes bouclés*.**

Les quatre heures de préparation sont passées très vite. J'ai eu le temps de préparer seulement les manip suivantes : I- Caractéristique et linéarité, avec I-1 Photodiode (caractéristique courant-tension pour justifier le circuit de polarisation, puis linéarité de la photodiode), et I-2 Photorésistance (caractéristique courant-tension puis non-linéarité de la réponse). II- Réponse spectrale de la photodiode. Je n'ai pas eu le temps de préparer le temps de réponse, ni de montrer Caliens. Lors de la présentation j'ai été trop vite par rapport au peu de chose à présenter, et j'ai conclu à 34 minutes.

Questions : À propos de l'utilisation des polariseurs pour faire varier l'intensité : vous croyez en la loi de Malus? Autres alternatives? (Des filtres densité, mais c'est même moins bien.) Pour la linéarité de la photodiode et de la photorésistance, j'ai utilisé une lampe QI sans filtre interférentiel. Pourquoi un anti-calorique? (Enlever les infrarouges.) Quel est la réponse spectrale des polariseurs? (Elle est plate dans le visible, et justement mauvaise dans l'IR, d'où l'importance de l'anticalorique.) Est-ce gênant si elle n'est pas plate? En fait, lors des retours, ils m'ont dit qu'il était préférable de caractériser la linéarité à un  $\lambda$  fixé, avec un filtre interférentiel, sinon on ne sait pas trop ce que l'on fait (il y a un peu d'IR qui passe, de l'UV, et au final c'est linéaire tout de même, mais on a alors montré la linéarité pour une source donnée avec les polariseurs utilisés...). Idem pour la photorésistance. Comment fonctionne une lampe quartz-iode? Peut-on voir, à l'aide de la photodiode, le bruit à 50 Hz issu de la QI? (Je ne savais pas trop et eux non plus lors des retours, mon enregistrement n'avait pas la résolution nécessaire pour trancher, et puis on a un éclairage proportionnel à  $T^4$ ,  $T$  proportionnel à  $I^2$ , donc une fréquence de 400Hz??); et avec une lampe spectrale? Pouvez-vous expliquer pourquoi pour la photodiode, on a une réponse spectrale qui augmente à grande longueur d'onde? (Car il s'agit d'un récepteur photonique, qui compte les photons, or ici on travaille à flux énergétique fixé.) Quels sont les avantages comparés entre photorésistance et photodiode? (Temps de réponse, linéarité, ...) À quelle loi résistance-éclairage s'attend-on pour une photorésistance? (Je ne savais pas.) J'ai utilisé le puissance-mètre commercial Thorlabs pour la réponse spectrale (et non pas la thermopile!), et ils ne m'ont rien reproché là dessus. Ils m'ont demandé comment ça marchait, j'ai répondu qu'il s'agissait d'une photodiode étalonnée en usine, par une thermopile par exemple.

Retours du jury : J'ai présenté peu d'expériences, mais avec une progression et des explications qu'ils ont apprécié (caractéristiques courant-tension et donc recherche de la grandeur photosensible, justification du choix de  $E$  et de la résistance dans le montage de la photodiode, on parle de capteurs, donc mentionner la sensibilité, la linéarité, le temps de réponse). Comme quoi il est possible d'avoir une bonne note avec peu d'expériences bien mises en valeur et bien expliquées. Ils m'ont dit ne pas m'en avoir voulu d'avoir terminé 5 minutes trop tôt. J'ai perdu quelques points car mes montages auraient pu être mieux (éclairage plus uniforme, plus parallèle), et à cause de la linéarité en lumière blanche.

**Agrégation 2015 - Note : 20/20 - choix avec *Transitions de phase*.**

J'ai d'abord discuté de la caractéristique d'une photodiode avec plusieurs éclairagements. J'ai fait, la linéarité comparé de la photodiode et de la photorésistance et j'ai discuté de la relation donnée dans le Asch pour la

photorésistance. Ensuite, j'ai discuter du temps de réaction de la photodiode pour mesurer la capacité de la photodiode puis j'ai mesurer le temps de réaction de la photorésistance en discuter du temps de relaxation des porteurs. Puis j'ai discuter la réponse spectrale de la photodiode en utilisant la photopile et le nanovoltmètre.

La préparation s'est bien passé, les expériences se sont bien passées excepté pour le temps de réponse de la photodiode où le laser pulsé avait un problème à cause d'une alimentation Jeulin (éviter ABSOLUMENT le matériel Jeulin).

Le jury a apprécié la discussion complète des expériences et le vaste type d'expériences différences. Ils ont aussi précisé qu'il n'était pas nécessaire d'en faire autant, ils comptent globalement 6 points par manip quantitative et 4 points pour la présentation (oui ça fait plus de 20...). Ils ont bien aimé la discussion sur les incertitudes statistiques avec le nanovoltmètre.

Des questions sur les capacités parasites dans la mesure du temps de réponse de la photodiode. Ils ont beaucoup insisté sur les points de fonctionnements des différents manipulations. Ils m'ont également demandé sur pourquoi avoir choisi un nanovoltmètre et non un instrument plus classique.

### Agrégation 2014 - Note : 06/20

Les polariseurs fonctionnent-ils pour toutes les longueurs d'onde ? Pourquoi pas d'ordonnée à zéro à l'extinction totale ? À quoi servent les filtres anticaloriques ? Principe effet photoélectrique interne, expliquez la proportionnalité en  $1/R$  pour la photorésistance. Expliquez ce qu'est la zone de charge d'espace. La relation  $R = L\tau S$  (Duffait) est incomplète, pourquoi ? (il manque le  $\Delta\lambda$  de l'intervalle spectral de chaque filtre).

## MP13 : Biréfringence, pouvoir rotatoire.

### Commentaires extraits des rapports de jury

2017 : Comme les années précédentes, exceptée la dernière phrase.

2013 à 2016 : Le candidat doit être capable d'expliquer le principe physique des protocoles utilisés pour l'étude de la biréfringence d'une lame mince. Le jury attend des mesures quantitatives avec confrontation aux valeurs tabulées. Une connaissance minimale des milieux anisotropes est indispensable.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Milieux optiquement actifs : biréfringence, pouvoir rotatoire.*

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2012 - Note : 18/20 - choix avec *Systèmes bouclés (oscillateurs exclus).*

**Questions et commentaires du jury :** qu'est-ce que le polariseur que vous employez ? Précision du spectromètre ? Spectre cannelé : pourquoi les minima d'intensité ne sont pas nuls ? (J'ai reporté sous Regressi toutes les longueurs d'ondes des minima successifs - une vingtaine de points - puis j'ai raisonné en nombre d'ondes pour obtenir une loi linéaire. J'ai même discuté en ordre de grandeur la variation de la pente entre le bleu et le rouge, ce qui a manifestement plu). Et si vous raisonnez en fréquences ? Principe du compensateur de Babinet ? Quel est le mouvement relatif des 2 cristaux lorsqu'on actionne la vis ? Différence d'indices droite/gauche du quartz : sens de la mesure (j'avais fait une 1ère mesure en lumière blanche, en recherchant la teinte sensible, et en faisant remarquer la dispersion chromatique) ? Loi de Biot (que j'ai fait au sodium plutôt qu'au laser pour rester dans l'esprit historique de cette loi et parce que les tables sont données pour la raie D du sodium) : comment obtenir « plus de lumière » ? (je n'en avais pas assez pour la projeter sur un écran et je devais faire les mesures en plaçant mon oeil dans l'axe optique). Pour toutes les mesures quantitatives, des questions sur les incertitudes.

#### Agrégation 2012 - Note : 20/20

**Questions et commentaires du jury :** principalement des questions sur les manip que j'ai présentées (rhomboèdre de spath, existence des lignes neutres, interférence entre les polarisations ordinaire et extraordinaire : spectre cannelé pour un éclairage en lumière blanche, compensateur de Babinet, pouvoir rotatoire et chiralité : loi de Biot, pouvoir rotatoire provoqué : loi de Faraday) : est-ce que l'éclairage est rigoureusement parallèle ? Comment faire pour avoir un éclairage rigoureusement parallèle ? Est-ce que les milieux biréfringents ont aussi un pouvoir rotatoire ? D'où vient la biréfringence qu'on peut observer sur une règle en plastique ? Quel est l'intérêt du compensateur de Babinet par rapport à la mesure « directe » au spectromètre ? Que se passe-t-il si on éclaire le compensateur de Babinet de biais ? Qu'appelle-t-on « cannelure » ? Est-ce que les couleurs que l'on voit lorsqu'on éclaire le compensateur de Babinet sont les teintes de Newton ? Quelles sont les précautions à prendre avec un laser ? Est-ce que le champ magnétique est homogène dans un électro-aimant ?

## MP14 : Polarisation des ondes électromagnétiques.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Comme 2016, avec cette phrase en plus : par ailleurs, l'analyse d'une lumière polarisée quelconque par utilisation d'une lame quart d'onde dans un cas quelconque, sans comparaison avec rien de connu présente peu d'intérêt.

**2014, 2015, 2016** : Ce montage permet d'explorer les ondes électromagnétiques au-delà de la gamme spectrale de l'optique. Le jury constate que la loi de Malus est souvent mal réalisée et mal exploitée ; les candidats gagneraient à réfléchir au choix de la source : spectrale, blanche avec filtre, laser polarisé ou non polarisé. Enfin, il faut connaître le principe des polariseurs utilisés, que ce soit des polariseurs dichroïques ou de simples grilles dans le cas des ondes centimétriques.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Production et analyse d'une lumière polarisée.*

**2010 à 2013** : Il s'agit ici d'étudier les propriétés des ondes lumineuses. Il est indispensable de différencier, si possible par des expériences, polarisation partielle et polarisation elliptique, même remarque pour la lumière naturelle et polarisation circulaire. La loi de Malus est souvent mal réalisée et mal exploitée : réfléchir au choix de la source : spectrale, blanche avec filtre, laser polarisé ou non polarisé. Il faut connaître le principe de fonctionnement du détecteur utilisé (photodiode, luxmètre).

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2018 - Note : 18/20 - choix avec « Instrument d'optique »

J'ai choisi ce montage sans trop hésiter, instrument d'optique étant un montage très technique à BIEN faire selon moi. Les expériences choisies furent les suivantes : I. Loi de Malus avec les cornets hyperfréquences. II. Angle de Brewster (Sextant). III. Interférences en lumière polarisée avec une lame de Quartz (épaisse) taillée parallèle (Houard et Jolidon/FTCLD). IV. Mesure de l'écart en fréquence entre les deux modes du LASER qui sont polarisés normalement l'un à l'autre.(Jolidon/FTCLD).

La préparation s'est bien passée, j'ai beaucoup fait courir mes techniciens par maladresse. En troisième semaine il n'y avait plus qu'un seul spectromètre fonctionnant, celui de Rennes, heureusement le technicien me l'a installé et lancé le bon soft pour moi. Pour le reste tout s'est bien passé. J'ai fini la préparation 30 minutes avant l'arrivée du jury dans la salle. Je suis parti trop rapidement lors de ma présentation si bien qu'à 16 minute de la fin j'avais quasiment fini mon expérience 3 j'ai donc meublé en discutant rigoureusement les incertitudes et j'ai même pris une autre lame de Quartz d'épaisseur différente pour remesurer le Delta n du Quartz pour "gagner" du temps.

Questions : I. Malus : Pourquoi mesuré la valeur de l'intensité pour deux angles opposé à chaque fois ? Pour éviter les problèmes avec l'orientation de l'émetteur et du récepteur à l'intérieur des cornets Quelles sont les sources d'incertitudes ? Est-ce qu'en passant d'une modélisation linéaire de  $\sqrt{I}$  en fonction de  $\cos \theta$  on peut prendre en compte l'erreur systématique sur l'angle ? II. Brewster : Vous avez utilisé 0 degré comme angle de référence de votre goniomètre est-ce judicieux ? L'orientation de la QI est-elle source d'incertitude ? Pourquoi mettre un filtre coloré devant le goniomètre qu'observerait-on sans filtre ? Pourquoi une si grande incertitude sur  $n$  l'indice optique ? III. Biréfringence : Y a-t-il des conditions sur l'écart entre les pics dans le spectre du blanc d'ordre supérieur pour que la méthode marche ? Filtrez en couleur aurait-il du sens ? Pourquoi la QI loin du montage ? IV. Le Laser : Pourquoi utiliser le LASER pédagogique ? Condition pour qu'un mode soit autorisé par la cavité du LASER ?

Le jury a trouvé le montage ambitieux mais bien fait. Ils ont aussi apprécié (beaucoup) mes réponses aux questions.

## MP15 : Production et mesure de champs magnétiques.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : La mesure de champs de différents ordres de grandeur peut être intéressante. L'utilisation d'un électro-aimant nécessite de savoir justifier le choix des pièces polaires, les non-linéarités champ-courant.

**2015, 2016** : La sonde à effet Hall est souvent le seul instrument de mesure présenté dans ce montage. D'autre part, les mesures de champs magnétiques ne sont pas limitées à ceux qui règnent dans l'entrefer d'un électroaimant.

**2013, 2014** : La sonde à effet Hall est souvent le seul instrument de mesure présenté dans ce montage. Trop de candidats ignorent son principe de fonctionnement. D'autre part, les mesures de champs magnétiques ne sont pas limitées à ceux qui règnent dans l'entrefer d'un électro-aimant. L'étalonnage de l'électroaimant permet cependant une étude quantitative.

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2017 - Note : 18/20

La préparation s'est bien passée. Les deux techniciennes étaient serviables et ont spontanément proposé de rentrer les données recueillies sur Regressi. J'ai présenté le plan suivant (classique et peu risqué) :

I – Production de champs magnétiques 1 – Bobines de Helmholtz 2 – Electroaimant a –  $B = f(I)$  à e fixé b –  $B = f(e)$  à I fixé II – Mesure de champs magnétiques 1 – Sonde à effet Hall 2 – Fluxmètre

Le premier problème de taille a eu lieu très tôt dans la présentation, à savoir à la deuxième minute en l'occurrence. Lorsque j'ai voulu mesurer le champ magnétique au centre des bobines de Helmholtz avec la sonde à effet Hall commerciale, je me suis aperçu que celle-ci était restée sur le calibre « 0,001 T », ce qui n'était pas idéal pour mesurer des champs de l'ordre de 3 mT. J'ai donc essayé de changer le calibre, mais je n'ai pas trouvé l'option correspondante dans le menu. J'ai donc fait la mesure avec ce calibre inadapté, en prenant soin de bien expliquer le principe et de correctement retourner la sonde ; bien entendu le point résultant s'est trouvé hors de la courbe, j'ai expliqué qu'il n'était pas significatif dans la mesure où l'incertitude associée était immense, et j'ai fait l'exploitation des mesures avec les points pris en préparation. Le reste de la présentation s'est bien passé. Il y avait de fortes fluctuations de la tension de Hall pour la plaque de cuivre qui me servait de "sonde à effet Hall pédagogique", mais les points constituaient quand même une courbe honnête. Je n'ai pas eu le temps de présenter l'expérience sur le fluxmètre.

Le jury était constitué de deux hommes très souriants, très agréables, et d'une femme au contraire très neutre, voire assez froide. Les deux hommes ont posé beaucoup de questions, la femme en revanche n'en a posé que deux ou trois.

Questions posées : Je vais présenter les questions qui m'ont été posées en les groupant par expérience, pour plus de clarté ; elles ne se sont pas du tout succédé dans cet ordre, le jury virevoltant d'une expérience à l'autre à tout bout de champ.

Question générale - Pourquoi modélisez-vous vos données expérimentales par une loi affine quand vous voulez vérifier une loi linéaire ?

I – 1 – - Comment expliquez-vous que le point ne soit pas sur la courbe ? - Vous avez dit qu'un mauvais positionnement du capteur ne pouvait pas expliquer que le point soit au-dessus de la courbe, pouvez-vous ré-expliquer pourquoi ? - Vous avez pris la précaution de tourner la sonde à effet Hall et de reprendre une mesure à chaque fois, pourquoi ? - Vous avez eu apparemment un problème de calibre, vous ne savez pas comment régler le calibre de la sonde à effet Hall commerciale ? - Connaissez-vous le mode « averaging » ?

I – 2 – - Vous avez dit qu'une partie de la courbe  $B = f(e)$  ne devait pas être prise en compte, car elle sortait du domaine de linéarité de la loi. Vous avez notamment évoqué des fuites de champ magnétique. . . Pouvez-vous revenir là-dessus ? Quelles sont les limitations de la loi linéaire pour  $B = f(e)$  ? - Comment avez-vous fait pour être sûr que la sonde à effet Hall était bien transverse au champ ? Vous n'aviez pas un repère ? - Quel est le type d'erreur associée à la non-transversalité de la sonde ? - Est-ce que ce type d'erreur pourrait expliquer l'ordonnée à l'origine des courbes ? - Vous avez une ordonnée à l'origine non nulle pour la courbe  $B = f(I)$ . Avez-vous vérifié que le champ mesuré dans l'électroaimant était nul à courant nul ? - Vous avez dit que vous désaimantiez le matériau ferromagnétique avant chaque série de mesures, pouvez-vous revenir là-dessus ? - Désaimantez-vous réellement le matériau en lui appliquant un fort courant négatif avant chaque série de mesures ? - Dans ces conditions, n'auriez-vous pas une explication supplémentaire à donner concernant l'ordonnée à l'origine de la courbe  $B = f(I)$  ? - Savez-vous quel est l'ordre de grandeur des champs parasites produits par ce genre d'alimentations en fonctionnement ? - Savez-vous à quoi sont dus ces champs parasites ? Est-ce que ce sont des champs plutôt statiques, plutôt variables ? - N'avez-vous pas une idée du phénomène expliquant la production de cette sorte de champs parasites ? Vous savez comment sont faites ces alimentations ?

II – 1 – - Une sonde à effet Hall en cuivre, est-ce que c'est usuel ? - De quoi sont faites les sondes à effet Hall d'habitude ? - Pourquoi avoir choisi de faire l'expérience avec une plaque en cuivre ? - Comment faire pour limiter les incertitudes associées à la mesure d'une si faible tension de Hall ? Y aurait-il eu un autre montage possible ? - Par exemple, est-ce qu'il est important que les deux prises de tension pour la tension de Hall soient placées exactement en vis-à-vis ? - Il y a une chute de tension le long d'un conducteur parcouru par un courant, vous êtes d'accord ? - Cette chute de tension le long du conducteur ne risquerait-elle pas de masquer une si faible tension de Hall ? - Regardez le dos de la plaque de cuivre. À quoi servent ces deux canaux ? - À quoi sert ce machin bleu là ? Vous observerez qu'il comprend une vis, on dirait que c'est réglable. . .

II – 2 – Un fluxmètre est manifestement un appareil un peu plus compliqué à utiliser qu'une sonde à effet Hall. Présente-t-il quand même un avantage ?

**Agrégation 2014 - Note : 11/20**

J'ai fait le même plan qui avait été présenté pendant l'année. La préparation s'est plutôt bien passée, les manips ont toutes marché. Les techniciens étaient vraiment disponibles et gentils. C'était des manips répétitives, je les ai donc beaucoup sollicités. Il fallait que je crée les tableaux, et ils rentraient ensuite les données. Je m'occupais ensuite du traitement, des incertitudes, etc.

Pendant la présentation avec l'électroaimant, les points ne se superposaient pas à ceux réalisés en préparation. J'ai donc fait les droites entières devant eux.

Pendant les questions, ils sont surtout revenus sur les expériences, sur les choix de matériel. (1) Ordres de grandeurs des champs magnétiques. — (2) Retour sur le champ créé par une bobine. Ils m'ont fait remarquer que c'était Radial que je mesurais et je m'étais trompée sur l'expression que j'avais écrite au tableau, j'avais mis Bz. Le jury m'a dit ensuite que j'avais eu donc 0 sur cette expérience. — (3) Retour sur le choix des pièces polaires : mauvais choix, et c'était pour ça que les points étaient différents. J'avais utilisé les pièces tronconiques (qui étaient déjà installées sur l'électroaimant), alors qu'il fallait mettre selon eux des pièces plus grandes, juste sous forme de cylindres, pour avoir un champ plus homogène. — (4) Effet Hall, ils n'ont rien redit sur la manip mais plutôt sur la construction d'un teslamètre, et sur les origines de la différence de tension Hall selon la face du teslamètre. Pourquoi on utilise un semi-cond par rapport à un métal ?

En commentaires, ils m'ont dit que la présentation était plaisante et dynamique mais des grosses erreurs sur la bobine et le mauvais choix des pièces avait été décisif, ce qui est tout à fait normal. Ils m'ont expliqué qu'ils notaient sur 6 une expérience, si elle était bien menée, avec les incertitudes ou une comparaison avec une valeur tabulée, on avait facilement 6/6.

Ma conclusion : si on fait trois expériences et que l'on est sûr de soi, on peut avoir 18, sinon il faut en faire un peu plus pour assurer ... Je sais pas ... En tout cas, faire simple car le temps défile rapidement.

**Précision importante du rédacteur du book** : le membre du jury s'exprime ici vraisemblablement à titre personnel. Aux dires de Marc Vincent, ancien membre du jury (2010-2013) intervenant en prépa agrég : « Je ne pense pas qu'il y ait un barème très précis et strict ; en tout cas à l'époque où "j'officialiais", cela n'existait pas, et le président du jury nous demandait clairement d'être bienveillant, souple, et de ne pas attendre de plan tout fait. Néanmoins, il a toujours clairement été dit de réaliser des manips avec une exploitation menée à son terme, c'est-à-dire tracés de courbes caractéristiques (très souvent des droites), souci des incertitudes (discussions expérimentales, puis estimation de la grandeur intéressante avec son incertitude) et surtout interprétation et conclusion (souvent sabordées). Et si on fait cela sérieusement, on n'a pas vraiment la possibilité de faire beaucoup plus que trois manips à peu près. »

**Agrégation 2008 - Note : 16/20 - choix avec *Instabilités et phénomènes non-linéaires*.**

Sur le fluxmètre, elles m'ont demandé d'expliquer le choix des composants, et ensuite d'expliquer en quoi on pouvait l'appliquer au tracé du cycle d'hystérésis. On m'a demandé la forme du champ créé par une seule des bobines de Helmholtz. J'ai eu aussi quelques questions sur la sonde de Hall et l'électroaimant, notamment l'influence des pièces polaires.

**MP16 : Milieux magnétiques.****Commentaires extraits des rapports de jury**

**2017** : Il n'est pas souhaitable de se limiter aux milieux ferromagnétiques. Dans l'expérience de mesure de la susceptibilité paramagnétique du chlorure de fer(III), le mécanisme de montée, ainsi que la position du ménisque dans l'entrefer de l'électroaimant doivent pouvoir être justifiés par les candidats.

**2015, 2016** : Il n'est pas souhaitable de se limiter aux milieux ferromagnétiques. L'étude du transformateur est marginale dans ce montage.

**2010 à 2014** : Ne pas se limiter aux milieux ferromagnétiques. L'étude du transformateur est marginale dans ce montage, son étude exhaustive n'y a pas sa place. Cet appareil n'a d'intérêt que dans la mise en évidence des propriétés des ferromagnétiques.

**Retour des années précédentes****Agrégation 2019 - Note : 10/20 - choix avec « Biréfringence »**

La préparation s'est très, très mal passée, et je me suis retrouvée plusieurs fois au bord de la panique. Manips : ascension de FeCl<sub>3</sub> et étude d'un tore de ferrite en quantitatif ; para/dia magnétisme du diazote et du dioxygène et visualisation des domaines de Weiss en qualitatif. J'ai abandonné assez rapidement l'idée de faire les manips

qualitatives. Je n'avais pas eu le temps de traiter les incertitudes pour le FeCl<sub>3</sub>, je n'ai pas su le faire en direct, le cycle s'effaçait dès qu'on bougeait un câble à proximité du montage. J'ai vaguement essayé de décrire ce que j'aurais pu faire, mais je n'avais pas bossé la partie théorique faute de temps (ce que je m'étais promis de ne pas faire, à la base). Deux minutes trente avant la fin, je n'avais plus rien à dire. On m'a invitée à continuer. J'ai mal meublé pendant deux minutes avant qu'ils acceptent de passer aux questions. Questions : Retour sur FeCl<sub>3</sub>, précision, mesure, paramètres, comment améliorer le montage. Vous avez dit qu'il y avait un gradient de  $B$  pour la force, et pourtant  $B$  intervient dans votre formule : clarifiez. Pour le tore, l'A.O. de votre montage intégrateur, il sature à combien ? Comment vous testeriez ça ? L'intégrateur, c'est un vrai ? La résistance, elle sert à quoi ? Qu'est-ce qui a motivé votre choix des composants ? Le teslamètre que vous avez utilisé, il marche comment ? Discussions sur le cycle d'hystérésis de l'électro-aimant.

### **Agrégation 2016 - Note : 14/20 - choix avec « amplification de signaux »**

C'était 2 montages que je n'appréciais pas vraiment et j'ai donc pris celui qui, selon moi, était le moins pire des 2. Je connaissais les manips que je voulais présenter et les livres dans lesquels elles étaient expliquées, mais la préparation s'est plutôt mal passée. On a mis beaucoup de temps à installer la manip du FeCl<sub>3</sub> et elle n'a finit pas fonctionner qu'une heure avant la fin de la préparation. J'ai aussi voulu faire les cycles d'hystérésis de différents tores mais je n'ai réussi à obtenir un joli cycle qu'avec l'un d'entre eux. Pendant la préparation, j'ai montré 2 manips qualitatives sur le diamagnétisme (Plaque de graphite sur 4 aimants et effet Meissner). J'ai ensuite fait le FeCl<sub>3</sub>, j'obtenais bien une droite, mais je n'ai pas pu mettre toutes les incertitudes par manque de temps. Et au final, la valeur de  $X$  que j'ai obtenu n'était pas du tout en accord avec la valeur tabulée. Ensuite j'ai fait le cycle d'hystérésis, j'ai fait une mesure à l'oscillo pour remonter à la valeur de  $B$  à saturation qui est noté sur le boîtier et là non plus, ça ne rentrait pas du tout dans les barres d'erreur. Au final, je n'aurais fait aucune mesure compatible avec les valeurs attendues.

Questions : - Pouvez vous me réexpliquer comment vous avez mis en place le dispositif de FeCl<sub>3</sub> ? - La force magnétique se trouve sous la forme d'un gradient de  $B$ . Pourquoi ici alors c'est la valeur de  $B$  et non son gradient qui compte ? - Le champ  $B$  est-il bien uniforme dans l'entrefer ? - Expliquez le choix des composants pour l'intégrateur - Vous avez projeté la mesure de la montée du FeCl<sub>3</sub> dans le capillaire, comment avez vous choisi votre lentille, la distance à l'écran, etc. - Expliquez la formule pour retrouver la susceptibilité du FeCl<sub>3</sub> à partir de la susceptibilité de la solution.

### **Agrégation 2016 - Note : 06/20**

Deux manips : montée d'un liquide paramagnétique et cycles d'hystérésis de matériaux ferromagnétiques. Pour le liquide paramagnétique, les graduations de la pipette ne coïncidait pas avec l'entrefer de l'électroaimant. Il a fallu prendre le tube en U de Cachan, non gradué et projeter le ménisque. Je l'ai fait trop grossièrement, ils m'en ont voulu, j'obtenais bien une droite mais les ordres de grandeur n'étaient pas bon. Pour les cycles d'hystérésis, j'ai mesuré les valeurs des champs coercitifs et rémanents de trois ferro différents, j'ai montré aussi la désaimantation d'un matériau.

Questions : Pas mal de questions sur le premier montage, sur la qualité de l'image obtenue notamment. Pour le second montage, questions sur les hypothèses de calcul. Pour les supraconducteurs et le diamagnétisme : si on met un aimant sur une pastille supra, l'aimant est repoussé. Mais si maintenant on retourne le système (pastille sur un aimant) on constate que le comportement est identique. Comment expliquer ce comportement à un élève ?

### **Agrégation 2014 - Note : 08/20 - choix avec « Phénomènes de transport »**

Il faut déjà savoir que pendant l'année on se prépare dans des conditions idéales, on sait où se trouve le matériel et on va le chercher et on l'installe rapidement. Entre le choix du sujet (5min) et commencer les manips, on perd facilement une heure : choix bouquin (assez rapide) liste du matos (assez vite) chercher le matos (long) et installation sur les paillasse, très long ...

J'ai pas su refaire le cycle d'hysteresis, je ne sais pas pourquoi. Ensuite, température de Curie fausse à 200 °C près, je n'avais pas le thermocouple intégré, les techniciens ne l'avaient pas trouvé. Étalonnage de l'électroaimant mais valeur fausse de la susceptibilité magnétique de FeCl<sub>3</sub>, je ne connaissais pas la concentration et puis j'avais pas eu le temps de chercher la valeur tabulée (erreur stupide!!!)

**Questions :** OG de la taille des domaines de Weiss ? Expliquer l'expérience avec les polariseurs du microscope (j'ai dit que c'était de la birefringence avec des interférences de polarisation puisque on prend une polarisation rectiligne, elle passe à travers la lame de grenats et elle est projetée sur un analyseur, mais je ne savais pas et ils m'ont reproché de présenter une expérience que je ne connaissais pas bien...) — Valeur différente de la température de Curie ? Prise de température n'était pas au bon endroit (ne touchait pas le clou). — Cycle d'hystérésis, écrire les théorèmes, où prendre les courant/tension... — Question sur les barreaux et la force qui s'applique dessus choix des pièces polaires, dessin de la force, OG du champ nécessaire pour voir l'alignement.

C'était vraiment un montage nul, d'où la note en dessous de la moyenne puisque je n'avais pas assez d'exploitation, il faut absolument des courbes et des résultats quantitatifs. Le membre du jury que j'ai été voir m'a dit de faire passer le mot, comme quoi entre deux montages, l'un où c'est quantitatif assez facilement et un autre il fallait toujours choisir celui qui avait le plus de courbes et de valeurs parce que les autres expériences comptent peu.

**Précision importante du rédacteur du book** : le membre du jury s'exprime ici vraisemblablement à titre personnel. Aux dires de Marc Vincent, ancien membre du jury (2010-2013) intervenant en prépa agrég : « Je ne pense pas qu'il y ait un barème très précis et strict ; en tout cas à l'époque où "j'officialiais", cela n'existait pas, et le président du jury nous demandait clairement d'être bienveillant, souple, et de ne pas attendre de plan tout fait. Néanmoins, il a toujours clairement été dit de réaliser des manips avec une exploitation menée à son terme, c'est-à-dire tracés de courbes caractéristiques (très souvent des droites), souci des incertitudes (discussions expérimentales, puis estimation de la grandeur intéressante avec son incertitude) et surtout interprétation et conclusion (souvent sabordées). Et si on fait cela sérieusement, on n'a pas vraiment la possibilité de faire beaucoup plus que trois manips à peu près. »

## MP17 : Métaux.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2013 à 2017** : Ce montage doit mettre en évidence différentes caractéristiques propres aux métaux. L'étude de caractéristiques mécaniques par exemple nécessite d'être mise en perspective par rapport aux propriétés équivalentes d'autres matériaux. Notons que pour les mesures de résistance, le principe et l'intérêt d'un montage quatre fils doivent être connus. [Ajout 2017] : il subsiste une confusion chez de nombreux candidats entre ce montage à quatre fils et la distinction entre courte et longue dérivation. Un montage à quatre points n'a pas pour but de seulement s'affranchir de la résistance des fils, contrairement à ce que pensent de nombreux candidats.

### Retour des années précédentes

**Agrégation 2015 - Note : 7/20 - choix avec *Couplage des oscillateurs*.**

Une catastrophe, la barre de cuivre a planté deux fois, ça m'a fait perdre beaucoup de temps malgré l'aide des professeurs préparateurs. Une erreur aussi sur le dural, j'ai pris les mauvais signaux. La résistivité du cuivre : bien mais les incertitudes n'étaient pas rigoureuses.

Questions : capteurs de la barre ? chauffage peltier ? pourquoi cette fréquence ? critère pour la distance d'atténuation ? vous montrez quoi avec le dural ? valeur de la constante de Lorenz ?

## MP18 : Matériaux semi-conducteurs.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2010 à 2017** : La variété des matériaux semi-conducteurs fait qu'il est parfois difficile de savoir quel est le matériau utilisé dans un composant commercial, ou quel est le dopage dans certaines plaquettes. Les candidats mesurent alors des propriétés sans pouvoir les comparer à quoi que ce soit. Il vaut donc mieux utiliser des composants de caractéristiques connues. Par ailleurs, il est essentiel de connaître quelques ordres de grandeur, en particulier celui de l'énergie de gap et de la densité de porteurs.

**2008** : Il est essentiel de savoir différencier les régimes de conduction intrinsèque et extrinsèque.

### Retour des années précédentes

**Agrégation 2010 - Note : 15/20 - choix avec *Tension superficielle*.**

Le jury est passé à plusieurs reprises devant la paillasse pour examiner mes expériences. À la fin de mon exposé, j'ai eu des questions sur chacune d'entre elles. On m'a demandé de justifier l'écart au modèle pour la thermistance, son domaine de validité. On a parlé convection, puis on m'a demandé quel était le semi-conducteur qui constituait la thermistance. Avoir en tête les valeurs de gap peut servir en ce genre de moment ! Ils sont alors passés à ma deuxième expérience, l'effet Hall. Ils ne sont pas revenus sur l'étalonnage de l'électro-aimant, ils m'ont par contre interrogé sur le branchement de la plaquette à effet Hall, branchement qui leur a paru suspect jusqu'à ce qu'une mesure à l'ampèremètre lève le doute. Enfin, on est passé à l'étude de la cellule photovoltaïque. On m'a demandé d'expliquer succinctement son fonctionnement, puis de tracer à la main sa caractéristique récepteur sur

sa caractéristique générateur que j'avais tracée au tableau. Enfin, j'ai eu quelques questions sur le fonctionnement de la thermopile que j'avais utilisée.

Il peut être bon de lancer les manips assez tôt, car l'étalonnage de l'électro-aimant et les mesures propres de l'effet Hall prennent du temps. Ceci mis à part, les manips ne présentent pas de grande difficulté expérimentale particulière, d'autant que les techniciens présents sont là en cas de mauvaise surprise.

## MP19 : Effets capacitifs.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : La connaissance du principe d'un RLC mètre est essentielle dans ce montage.

**2015, 2016** : Les modèles de condensateurs et les effets capacitifs sont nombreux et aisément accessibles à l'expérimentation. Le jury constate que l'étude de la propagation d'une impulsion dans un câble coaxial est, à juste titre, souvent proposée dans ce montage, mais que les propriétés physiques de ce phénomène sont souvent mal maîtrisées.

**2014** : Les modèles de condensateurs et les effets capacitifs sont nombreux et aisément accessibles à l'expérimentation. Il est dommage que les candidats se limitent le plus souvent à l'étude du condensateur d'Aepinus et à celle d'un circuit RC. Le jury constate que l'étude de la propagation d'une impulsion dans un câble coaxial est, à juste titre, souvent proposée dans ce montage, mais que les propriétés physiques de ce phénomène sont souvent mal maîtrisées.

**2013** : Les modèles de condensateurs et les effets capacitifs sont nombreux et aisément accessibles à l'expérimentation. Il est dommage que les candidats se limitent le plus souvent à l'étude du condensateur d'Aepinus et à celle d'un circuit RC.

Jusqu'en 2012, le titre était : *Effets capacitifs. Applications.*

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 - Note : 07/20 - Choix avec *Acoustique*

Je voulais présenter le condensateur d'aepinus, le multivibrateur astable avec mesure de la capacité d'un câble coaxial en application, et finir avec le niveau d'eau. Au moment de la présentation, en étirant autant que possible, en détaillant chaque montage, chaque principe de mesure, en revenant à la fin sur une mesure aberrante, j'ai quand même fini avec 5 minutes d'avance... Questions : Pour le condensateur d'Aepinus, vous avez utilisé un modèle affine et pas linéaire, que vous justifiez avec les capacités des fils et une imprécision sur l'écart mesuré entre les armatures (parallélisme, aspérités) ; est-ce que le modèle affine correspond vraiment à une erreur sur l'écart mesuré ? Comment faire un modèle qui en tient compte ? Si l'erreur ne venait que de ça, quelle erreur systématique on trouverait à partir des données de modélisation (i.e. quelle épaisseur pour une capacité nulle) ? Quelles sont les limites du modèle utilisé ici (j'avais oublié de préciser qu'on négligeait les effets de bord) ? Comment vous avez évalué les incertitudes sur la capacité et sur l'épaisseur ? Pour le multivibrateur astable : pourquoi avoir choisi ce montage pour faire un RLC-mètre ? On aurait pu faire quoi d'autre ? Comment avoir choisi les valeurs des composants ? Pourquoi un pseudo-intégrateur plutôt qu'un intégrateur ? C'est quoi un câble coaxial, pourquoi il a une capacité linéique ? On peut faire un modèle ? D'où vient l'inductance du câble coaxial ? Vous avez donné le niveau d'eau comme exemple d'application d'effets capacitifs dans la vie de tous les jours, on peut en avoir d'autres ?

#### Agrégation 2017 - Note : ? - Choix avec *Transitions de phases*

J'ai présenté le condensateur d'Aepinus, l'oscillateur à relaxation avec mesure de la capacité d'un câble coaxial, et le détecteur à niveau d'eau. Aucun problème en préparation avec les deux premiers par contre j'ai eu beaucoup de difficultés avec le détecteur à niveau d'eau. D'ailleurs, le lycée ne possédait pas une des capacités utilisées dans le montage (valeur trop basse) et mes techniciens ont perdu pas mal de temps à la chercher, avant que je ne décide de changer d'autres valeurs de résistance dans le circuit pour l'adapter. J'aurais dû faire ça tout de suite. Le jury était sympathique. Au cours de ma présentation je me suis rendue compte que j'avais une erreur d'ordre de grandeur assez conséquente ( $10^6$ ) dans ma manip sur l'oscillateur à relaxation. En fait j'avais oublié un terme dans la formule donnant la période en fonction de la capacité, une résistance de valeur 100 kOhm... j'ai fini par le réaliser et corriger la formule. J'ai entendu un des membres du jury dire "bien" donc je suppose que ça a été apprécié. Je n'ai pas réussi à faire fonctionner le détecteur de niveau d'eau correctement (la diode ne s'allumait pas pour la bonne tension) et j'ai dû me contenter d'en expliquer le principe.

Questions posées : Est-ce que l'oscillateur à relaxation est encore utilisé de nos jours ? Comment fonctionne un capacimètre ? Expliquez plus en détail le fonctionnement du montage du détecteur à niveau d'eau (pour essayer

de trouver le problème, mais je n'ai pas réussi) D'où vient l'ordonnée à l'origine non nulle lors du tracé de la capacité en fonction de la distance inter-armatures du condensateur d'Aepinus ? (les fils) En quoi cela modifie-t-il la mesure de la valeur de la permittivité diélectrique du plastique ? (j'avais effectivement oublié d'en tenir compte et cela permettait de retrouver des valeurs plus proches des valeurs attendues)

### Agrégation 2013 - Note : 10/20

Dans la formule utilisée pour modéliser le condensateur d'Aepinus, que signifie l'ordonnée pour la distance infinie entre les deux plaques ? Comment marche un LC-mètre ? (ce n'est pas un multivibrateur astable, mais un circuit résonnant).

## MP20 : Induction, auto-induction

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Les notions d'induction, auto-induction, induction mutuelle sont souvent mal comprises rendant l'interprétation délicate de certains résultats.

**2014, 2015, 2016** : Lors de ce montage, trop de candidats abusent des expériences qualitatives et transforment la séance en une série d'expériences de cours sur l'induction et obtiennent de ce fait une note médiocre. Par ailleurs, la notion d'inductance mutuelle est souvent mal dégagée, en particulier à cause de mauvais choix dans les composants utilisés et dans la fréquence d'excitation.

**2013** : La notion d'inductance mutuelle est souvent mal dégagée, par suite en particulier de mauvais choix dans les composants utilisés et dans la fréquence d'excitation.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2016 - Note : 14/20 - choix avec *instruments d'optique*

Manip présentées : Vérification de la loi de Faraday (étalonnage de l'électroaimant, mesure du champ magnétique avec un fluxmètre), Mesure d'un coefficient d'inductance mutuelle et Etude d'un transformateur maison (Loi des courants et loi des tensions).

J'ai hésité sur le sujet parce que l'induction ce n'est pas trop mon truc, mais l'idée de me faire lyncher sur des images pas assez propres en optique m'a convaincue de choisir l'induction. Au départ j'avais prévu deux manipulations en plus : illustration qualitative de la loi de Lenz et mesure d'un coefficient d'inductance propre. Pour la première, c'était qualitatif et j'étais juste niveau temps donc c'est vite passé à la trappe : je n'ai même pas essayé de la mettre en place. Pour la deuxième, il s'agit juste d'un circuit RLC où il faut trouver la résonance en Lissajous à l'oscilloscope : rien de bien compliqué, mais avec le stress (et le passage à 5h30) j'ai complètement oublié le  $2\pi$  entre la fréquence et la pulsation... Je ne voyais vraiment pas d'où venait le problème, après avoir changé de bobine, d'oscilloscope et de GBF, j'ai abandonné cette manip pour avoir le temps de faire les autres. Je pense que c'est une erreur parce que j'ai éliminé la manip qui porte sur l'auto-induction et je n'ai traité qu'une partie du sujet... Ca pourrait clairement me porter préjudice. J'ai parlé pendant les 40minutes, j'ai galéré avec le vidéoprojecteur au début, un des mecs du jury s'est levé et a réglé le problème, ils venaient éteindre ou allumer la lumière quand ça les arrangeait ou que j'avais oublié. On m'a même tendu mon stylo lorsque je ne le trouvais plus. Ils parlaient pas mal entre eux dans l'oreille mais il faut faire abstraction. Une alarme d'un téléphone a sonné au bout des 40 minutes, mais ils ne m'ont pas coupé, j'ai pu conclure rapidement. Pour les questions, ils ont repris manip par manip.

Questions : Manip 1 – Etalonnage de l'électroaimant : Expliquer la relation théorique qui donne le champ dans l'entrefer de l'électroaimant et le courant qui circule (je n'avais pas dit à quoi correspondait mes notations... et j'avais fait une hypothèse selon laquelle la perméabilité du ferromagnétique était grande devant 1, d'où une relation linéaire). Justifier le choix des pièces pour l'électroaimant (je n'avais pas pris les cylindriques mais les autres qui font des champs forts, je ne sais plus le nom). La forme des pièces d'intervient pas dans la formule ? Calculer un ODG de la pente théorique et comparer à la valeur expérimentale (j'avais oublié de le faire alors que j'avais préparé les valeurs sur une feuille...). Interpréter l'ordonnée à l'origine non nulle. Manip 2 – Mesure au fluxmètre avec un intégrateur et on trace le champ magnétique en fonction du champ créé par l'électroaimant : J'avais voulu faire mon propre intégrateur mais j'ai galéré donc j'ai fini par prendre la boîte toute faite de l'ENS. Est-ce que c'est vraiment un intégrateur ? Rôle de la résistance en parallèle avec le condensateur ? Pourquoi elle n'intervient pas dans l'expression de la tension intégrée ? Expliquer pourquoi on ne retrouve pas vraiment une pente de 1 et la présence d'une ordonnée à l'origine non nulle ? Vous ne connaissez pas par cœur d'ODG du champ magnétique terrestre ? (euh bah non...) Comment fonctionne la remise à zéro ? Expliquer les petites variations de tension sur la courbe. Vous avez dit « je retire délicatement le fluxmètre de l'entrefer », peut-on le

faire brutalement ? Qu'est-ce que ça change ? (j'ai dit que ça ne changeait rien, que c'était la différence de champ magnétique qui comptait). Manip 3 – Mesure du coefficient d'inductance mutuelle : Expliquer l'allure du signal (on avait plutôt des cycles de charges/décharges qu'un carré). On ne peut avoir des régimes transitoires comme ceux-ci seulement pour des capacités ? J'avais utilisé un transformateur d'isolement alors que ça ne servait à rien, ils m'ont posé des questions pour que je m'en rende compte. Par contre est-ce que ça peut poser problème d'en mettre un, notamment au niveau de la fréquence ? (J'ai dit qu'en BF ça marchait bien, puisqu'on en utilise sur le secteur à 50Hz. . . , mais qu'on pouvait avoir des problèmes en HF). Manip 4 – Transformateur : Revenir sur le schéma au tableau (j'avais dessiné l'étude en court-circuit et pas celle à vide). Je crois qu'il y a eu d'autres questions mais je ne me souviens pas de plus que ça. C'était la fin des questions, une alarme a sonné. On m'a tout de même posé une ultime question : j'avais fait une grosse bourde au tableau en définissant le flux du champ magnétique sur une surface fermée, on m'a demandé ce qu'il en était. Heureusement j'ai tout de suite corrigé cette erreur, je pense que le contraire aurait pu être dramatique !

Note : 14/20. Le jury n'a pas du tout pris en compte le fait que je n'ai pas traité l'auto-induction, à ma grande surprise. Ils ont trouvé mon montage classique, rien d'extraordinaire mais des manip qui fonctionnent. J'ai perdu des points sur les incertitudes : en fait ils ont trouvé que c'était tellement nul qu'il ne m'ont attribué aucun point pour ça ! Conclusion : Plan classique, manip classiques, même sur un sujet qu'on kiffe pas spécialement, ça le fait !

### Agrégation 2016 - Note : 20/20 - choix avec photorécepteurs

La préparation s'est bien passée. J'ai fini de préparer le montage en 3h environ.

Un des préparateurs n'était pas d'une grande aide et a failli prendre des mesures fausses à plusieurs reprises (mesure d'une capacité sans la débrancher du circuit alors que je lui avais dit de le faire, mauvaise lecture des appareils de mesures, ...). Ce même préparateur a émis des doutes sur la sécurité d'une des manipulations (utilisation d'une alimentation 20V, 10A du fait de son fort ampérage (elle ne présente aucun danger, même si on touche les fils)) mais ne l'a pas communiqué au jury.

Le jury était bienveillant.

Toutes les questions portaient de très près sur le montage et avaient pour objet de justifier des choix.

### Agrégation 2015 - Note : 19/20

Le montage s'est relativement bien passé, à part une bête erreur à cause des nouveaux oscilloscope où j'ai lu la position absolue du curseur au lieu de l'écart à l'autre curseur, ce qui fait que j'ai pris un point en direct qui n'était pas sur la droite. Super préparateurs, ils m'ont pris beaucoup de séries de points. En tout cas, je n'avais pas l'impression d'avoir réussi en sortie, je me suis parfois embrouillée dans mes réponses au jury, mais c'était la fin de journée, peut être qu'ils ont été plus indulgents ? Mais je me suis tout de même rectifiée, quand je disais des bêtises.

Questions : Re-expliquer l'illustration de la loi de Lenz avec l'aimant et la bobine (où je n'avais pas été très claire) Mutuelle d'inductance : pourquoi quand on envoie une tension triangle en entrée de la première bobine, la forme du courant est aussi triangulaire ? Comparer la courbe obtenue avec le fluxmètre à ce que l'on aurait obtenu avec un teslamètre ( $B = f(I)$ ).

## MP21 : Production et conversion d'énergie électrique.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2014 à 2017** : Le principe de fonctionnement des dispositifs utilisés (moteurs, tachymètres, variateurs, ...) doivent être connus afin que la présentation illustre pleinement le sujet et ne se limite pas à des mesures de rendement. D'autre part, lors de l'étude de dispositifs de production et de conversion d'énergie électrique, la notion de point de fonctionnement nominal est importante ; en particulier, des mesures de puissance de l'ordre du mW ne sont pas réalistes. Enfin, les modèles utilisés pour décrire ces dispositifs ne doivent pas être trop simplifiés, au risque d'obtenir des écarts excessifs entre les modèles et les systèmes réels.

**2013** : La production d'énergie, par divers moyens, a été ajoutée à ce montage.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Conversion de puissance électrique-électrique*.

**2013** : Comme l'an dernier, le jury regrette de ne pas voir plus souvent de réelles mesures de puissance et de rendement, pour des convertisseurs utilisés en régime nominal. Dans ce montage, des mesures de puissance de l'ordre du mW ne sont pas réalistes.

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2018 - Note : 20/20 - choix avec *Diffraction des ondes lumineuses.*

J'avais déjà décidé que dans ce cas de figure je choisirais le MP21, mais ça ne m'a pas épargné un gros doute au moment de signer... Les techniciens m'ont directement mis en confiance : "bon j'espère que vous savez faire les branchements parce que moi j'y connais vraiment rien". Je leur avais demandé la MCC, ils ont appelé des collègues pour les aider à transporter depuis la collection jusque dans ma salle, suant et haletant... la machine asynchrone. Bon finalement ils ont été adorables et très efficaces, j'avais juste à leur montrer quoi faire et ils faisaient tous les points (et en plus l'un d'eux avait l'air de plutôt s'y connaître, même s'il ne l'a laissé paraître qu'en bavardant pendant la délibération du jury). Le jury aussi était très gentil, ils m'ont laissé quelques secondes avant et après le montage pour me désaltérer, et tout au long de ma présentation (et pendant les questions) ils étaient très expressifs, prenaient des photos de mon tableau et m'encombraient un peu (tout était aligné sur des tables devant l'estrade, avec peu d'espace pour circuler avant la première rangée de tables).

Questions posées : Retour sur vos deux valeurs qui ne collaient pas. Pourquoi utiliser du 110V pour vos inducteurs ? Il y a quoi dans la génératrice tachymétrique ? Il y a quoi dans le couplemètre ? Vous êtes allé un peu vite, refaites un point de mesure pour vos tracés de caractéristiques en charge. Elle correspond à quoi l'ordonnée à l'origine de votre régression affine ? Une idée d'où elle peut venir ? Pourquoi ne pas avoir visité un peu plus loin pour la courbe de rendement ? Est-ce qu'on peut comparer la résistance fer que vous trouvez à quelque chose ? Et la résistance cuivre ? Comment on peut expliquer le petit écart à ce qu'on attend ? C'est quoi la dépendance en fréquence de la résistance d'une bobine ? Pourquoi votre courbe de rendement ne ressemble pas trop à une cloche ? Et c'est plutôt bien ou pas ? Vous avez calculé la moyenne en utilisant Regressi, pourquoi ? Finalement j'étais assez déçu qu'ils ne m'aient pas posé de questions sur le système balai-collecteurs ou sur les cycles d'hystérésis du circuit magnétique (que j'avais certes déjà discutés dans ma présentation).

### Agrégation 2016 - Note : 07/20 - choix avec *Résonances.*

Plan : Transformateurs (loi des courants, tensions, rendement : calcul par pertes séparées) ; moteur à courant continu (2 caractéristiques, rendement).

Je n'étais pas aussi au taquet sur ce montage que ce que je pensais... montage assez difficile : j'ai fait le calcul du rendement par la méthode des pertes séparées, où l'interprétation physique est plus complexe qu'il n'y paraît. De grosses erreurs de ma part aussi : calculer une puissance alternative par UI (il faut prendre un puissance-mètre), faire la loi des tensions et courant avec une charge en sortie, ... Mais l'année précédente un ami a eu 20 avec ce plan, donc le plan est bien en théorie !

Questions : Quelles sont les hypothèses de validité de la loi des tensions/des courants du transfo ? Pourquoi les pertes fer sont en  $E^2$  ? Pourquoi on se met en coupe-circuit/court-circuit et on a quand même une puissance en entrée ? Expliquer le fonctionnement d'un puissance-mètre, des capteurs de la MCC (de couple et de vitesse de rotation). D'où viennent théoriquement les caractéristiques de la MCC ?

### Agrégation 2015 - Note : 20/20 - choix avec *Interférences lumineuses.*

Techniciens super sympas. Ils m'ont fait plein de mesures répétitives. Un des 2 gros transfos langlois utilisés pour convertir le 220V secteur en courant continu ne marchait pas, ils m'ont monté un transfo + redresseur à diode pour remplacer. Pour les incertitudes, j'ai regardé les ordres de grandeurs sur les notices des multimètres et en conséquence je les ai toutes prises à 1% pour me simplifier la vie. Le jury était très sympa, très détendu. Je n'ai pas eu le temps de faire toutes les mesures en cours de présentation, mais j'en avais pas mal. J'ai globalement su répondre aux questions donc j'estime que le montage était dans l'ensemble plutôt réussi.

Questions : Comment marche un transfo redresseur (comment feriez-vous pour redresser le courant) ? Comment marche le capteur de couple ? De vitesse angulaire ? Les Wattmètres ? Il y a une dérive dans la loi électrique de la MCC par rapport au modèle linéaire, qu'est-ce qui peut l'expliquer (résistance de l'induit) ? Comment avez-vous géré les incertitudes ? Pourquoi 1% ? Qu'est-ce que le  $\chi^2$  ? D'où viennent les pertes fer d'une transfo et pourquoi sont-elles proportionnelles à la tension au carré ? En conséquences, quels sont les types de matériaux utilisés pour faire les circuits magnétiques des transfos ?

### Agrégation 2014 - Note : 12/20 - choix avec « Émission et absorption de la lumière »

Les questions ont porté essentiellement sur la machine à courant continu qui constitue une partie importante du montage. On m'a demandé de préciser les branchements et de bien revenir sur les raisons physiques qui font que brancher une résistance aux bornes de la génératrice entraîne la création d'un couple résistant sur le moteur. Dans la partie où le moteur fonctionne "à vide" j'avais continué d'alimenter le circuit inducteur de la génératrice, on m'a demandé quel était l'impact. On m'a demandé également comment fonctionne le tachymètre et le couplemètre.

**Agrégation 2013 - Note : 12/20**

J'ai suivi le même plan que celui présenté pendant l'année, sauf que j'ai essayé de détailler le fonctionnement du transformateur à la façon du HPrépa Électronique II (en particulier tracer les rapports  $I_1/I_2$  et  $U_2/U_1$  pour différentes charges au secondaire). Je n'ai pas eu le temps de tout présenter, j'ai du passer au moins 30 minutes sur le transformateur. Les questions ont donc essentiellement porté sur ce sujet.

Comment saviez vous que la tension serait divisée par deux dans le cas du transformateur fait maison ? Comment choisit-t-on un transformateur ?

**MP22 : Amplification de signaux****Commentaires extraits des rapports de jury**

**2017** : L'amplificateur opérationnel (AO) permet l'étude de systèmes d'amplification dans le contexte de l'instrumentation, dont l'étude peut être envisagée dans ce montage. Ce dernier comporte néanmoins de nombreux circuits internes de compensation, résultant en des limitations techniques qu'il faut connaître ; ainsi si l'étude de circuits à AO pour l'amplification de signaux peut être abordée dans ce montage, d'autres circuits simples à bases de transistor(s) peuvent être également envisagés. D'autre part, de nombreux aspects des amplificateurs sont éludés, comme la distorsion, les impédances caractéristiques et le rendement.

Commentaire de C. Cabart : on appréciera le revirement du jury, qui après avoir dit pendant 7 ans "l'AO n'est pas idéal", dit cette fois qu'il peut être abordé. . .

**2015, 2016** : L'amplificateur opérationnel, comportant de nombreux circuits internes de compensation, n'est pas l'objet idéal pour aborder ce montage. On peut, au contraire, envisager des circuits simples à base de transistor(s). D'autre part, de nombreux aspects des amplificateurs sont éludés, comme la distorsion, les impédances caractéristiques et le rendement.

**2010 à 2014** : Il y a de trop nombreux aspects des amplificateurs qui sont éludés : distorsion, impédance, rendement, en particulier. D'autre part, l'amplificateur opérationnel, comportant de nombreux circuits internes de compensation, n'est pas l'objet idéal pour aborder ce montage. Un circuit simple à transistors pourrait être plus illustratif.

**Retour des années précédentes****Agrégation 2018 - Note : 11/20 - choix avec « Acoustique »**

Les techniciens étaient supers même si je n'avais pas grand chose à leur faire faire. Ils sont allés chercher tout le matériel qu'il me manquait, remplacé les ampèremètres qui ne marchaient pas, installé un ventilateur.

Questions :

Caractéristiques d'un transistor : Est-ce qu'on a toujours la tension aux bornes du diode passante = 0,6V ? De quoi ça dépend, comment ? Choix de la fréquence pour tracer les caractéristiques du transistor ? On observe pas vraiment un palier mais plutôt une pente, comment le prendre en compte ? Est-ce que c'est un problème par rapport à ce que vous voulez montrer ?

Montage à émetteur commun : Comment définir la résistance d'entrée ? Pourquoi ne pas mesurer  $V_g/I_g$  au lieu d'utiliser la méthode de tension moitié ? Placer les courants mesurés sur le schéma pour le gain en courant. Est ce que ce gain dépend de la charge en sortie ? Pourquoi observe-t-on un offset sur le signal de sortie ? Quel est le rôle du condensateur en sortie ? Comment choisir sa valeur ?

Montage Push-Pull : Pourquoi les alimentations continues font-elles du bruit ? Quel est le lien avec le montage ? Revenir sur la mesure de la puissance fournie dans le push-pull. Quelle est l'allure du courant ? Comment mesurer le courant moyen ? Que mesure le mode AC, DC ?

Ils ont apprécié la pédagogie, les efforts d'explications et le dynamisme. Par contre il me manquait des connaissances techniques sur le sujet, c'est un montage difficile mais il faut quand même le maîtriser. Ils m'ont conseillé de faire plus simple, et de commencer par exemple avec simplement des AO, le titre étant amplification de signaux et non amplification de puissance. Conclusion : viser simple pour maîtriser et avoir le temps de tout faire en préparation et soigner l'oral et la pédagogie.

**Agrégation 2017 - Note : 13/20 - choix avec « Absorption et émission de la lumière »**

Au tirage au sort je n'ai pas trop hésité, j'étais passé en montage blanc sur Amplification de signaux et même si ça avait été une cata, ayant des retours comme quoi les spectro ne marchaient pas (passage en 3ème semaine), le choix fut vite fait. Techniciens très sympas, assez peu efficaces pour tracer un diagramme de Bode mais ils ont

finis par le faire. Quelques problèmes en préparation : il n'y avait qu'une seule plaquette pour monter les circuits, je m'en suis servi pour faire le tracé automatisé des caractéristiques statiques du transistor. Pour l'émetteur commun, mon montage était donc un sac de nœud, les techniciens ont prévenu le jury à ce propos. A posteriori c'était peut-être aussi bien, au moins ils ont pas regardé dans le détail comment c'était monté et ont dit qu'ils seront indulgents. J'ai présenté : 0/ Mesure de la tension nécessaire à fournir à un haut-parleur pour détecter 10mV de signal avec un micro situé à proximité. I/ Caractéristiques du transistor (tracé automatique) et mesure de  $\beta$  grâce à la courbe  $I_c = \beta I_b$ , II/ Le montage émetteur commun (diagramme de Bode, impédance d'entrée, gain en tension et gain en intensité) III/ Le push-pull (sur plaquette tout fait), gains en tension et en intensité, impédances de sortie IV/ Chaîne totale d'amplifications : j'ai relié les deux étages d'amplification et vérifié qu'une très faible tension envoyée par le GBF (500 fois moins) suffisait à avoir le même son qu'en 0/. J'ai mesuré plusieurs valeurs assez bizarres (gain en intensité que de deux sur le push pull et impédance de sortie de 33000 ohm) mais bon.

Questions posées : -Comment expliquer que le début de la courbe  $I_c = \beta I_b$  n'est pas linéaire ? -Quel gain en intensité attendrait-on théoriquement pour le push-pull ? -à quoi sert le fait de connaître les caractéristiques statiques ? -Comment avez-vous choisis les différentes valeurs de composants ? -Pourquoi l'émetteur commun s'appelle comme ça ? -une petite question d'incertitudes : j'avais fait des différentielles logarithmiques pour gagner du temps ils m'ont demandé comment on fait habituellement

À mon avis ils ont bien compris que je connaissais pas grand-chose à la théorie, j'espère que l'aspect expérimental aura suffi ! Ah et un conseil, laissez pas traîner des livres dans la salle gardez tout avec vous au tableau ça évite qu'ils puissent aller vérifier quand on dit des bêtises !

Retour du jury : Rien à redire sur les manips, juste la théorie du transistor où j'ai été trop light et ils ont trouvé qu'il n'y avait pas suffisamment de fil directeur pour lier les différentes manips.

#### **Agrégation 2014 - Note : 14/20 - choix avec « Diffraction des ondes lumineuses »**

**Plan :** Intro : micro + haut-parleur : ça ne rend pas de son, problématique : amplifier au milieu. — I. Le transistor. I.1) Caractéristique de sortie. I.2) Amplification en courant. I.3) Caractéristique d'entrée. — II. Le montage émetteur commun — III. Le montage "push-pull"

**Commentaires personnels :** La préparation s'est très mal passée, j'ai paniqué et au bout des deux premières heures je n'avais toujours aucune courbe ayant la bonne allure dans le I. J'ai fini par tout débrancher et tout rebrancher plus calmement. Du coup, je n'ai pas eu le temps de relire la théorie, je n'avais aucune idée de comment tout ça fonctionnait, et j'ai dû abandonner l'idée de mesurer les impédances d'entrée et de sortie du montage émetteur commun. Je me suis dit que j'allais essayer de miser sur les courbes que j'avais réussi à tracer et que j'allais au moins essayer d'assurer le côté "je présente de façon professorale" ... Je n'avais pas testé la caractéristique d'entrée, elle avait une allure très étrange que je n'ai pas su l'expliquer, j'ai essayé de la tracer une deuxième fois mais rien à faire. J'avais demandé à une technicienne de tracer la courbe de gain de l'émetteur commun, les deux points que j'ai repris n'étaient pas dessus, et à la fin j'avais oublié qu'il fallait brancher l'émetteur commun sur le push-pull, pas brancher directement le micro et le haut-parleur sur le push-pull ... Jusqu'à ce que j'aie vu le jury, j'étais persuadée que j'avais eu 4/20 et qu'on s'était trompé en reportant ma note.

**Questions :** Inévitablement, j'ai eu des questions sur les composants : pourquoi avoir mis ce composant précis, à cet endroit précis, avec cette valeur précise ? Dès la première questions sur ça je leur ait dit que honnêtement, la préparation s'était mal passée et que même si je savais que c'était le genre de chose qu'il était important de savoir, je n'allais pas pouvoir répondre à ce genre de questions. Ils ont essayé de me faire trouver les réponses en m'aiguillant, ça n'a pas franchement eu du succès. Ils m'ont posé des questions sur le transistor en lui-même : vous trouvez une valeur de 157 pour  $\beta$ , c'est du bon ordre de grandeur ? C'est stable comme valeur ? Est-ce que si je prend un deuxième transistor qui est fabriqué tout pareil que celui que vous avez j'aurais la même valeur de  $\beta$  ? (Non, ce n'est pas stable du tout, par exemple ça peut changer pas mal avec la température). Est-ce que ce n'est pas un problème, que l'amplification en courant puisse varier aussi drastiquement ? (Oui, mais il existe des montages qui permettent de s'en affranchir). Lesquels ? (Aucune idée). Est-ce que le gain du push-pull dépend de  $\beta$  ? Vous nous avez dit que normalement il faut brancher un pré-ampli avant le push-pull, pourquoi pas après ?

**Commentaires du jury :** D'abord, apparemment ils ont eu un gros a priori positif quand ils sont rentrés, parce que j'avais pris amplification alors que d'habitude c'est un montage qui fait peur. Apparemment, c'est une des raisons principales pour lesquelles ça n'a pas été complètement un massacre : étant donné mon choix, ils ont noté plus large. Ils ont apprécié ma démarche (poser une problématique au début, et étudier une solution particulière par blocs), et ma méthodologie (j'avais tellement peur de me tromper en manipulant vu que je misait tout sur faire des expériences convaincantes que j'avais mis des petits post-its partout ; je pensais qu'on me reprocherait de ne pas être suffisamment à l'aise avec le montage mais au final ça a été apprécié). Ils m'ont dit qu'effectivement le côté théorique avait beaucoup pêché, vu que je n'avais pas la maîtrise théorique des composants et des montages utilisés, mais que le côté expérimental avait bien payé. Pendant que j'attendais dans le couloir qu'ils aient fini de délibérer, ils ont testé de brancher toute la chaîne correctement (ce que j'avais oublié, donc

ils ont fait micro+émetteur commun+push-pull+haut-parleur). Comme ça a marché, ça a contribué à ce qu'ils trouvent que le côté expérimental était pas mal (ils m'ont dit aux confessions qu'ils se sont dit "en fait elle y était presque du coup"). Ils ont apprécié que je sois honnête avec eux pour les réponses, plutôt que de faire semblant de réfléchir pour au final ne rien dire ou dire n'importe quoi. Quand je leur ai dit que j'avais complètement paniqué en préparation et que je pensais avoir vu ce que j'avais fait, ils m'ont dit qu'ils m'avaient pourtant trouvé très calme. Je m'étais dit que ça n'apporterai rien de paniquer pendant la présentation, donc j'ai essayé de présenter du mieux que j'ai pu, le plus calmement, et ils m'ont dit que c'était la bonne attitude à avoir et que ça avait payé.

## MP23 : Mise en forme, transport et détection de l'information

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : La transmission de signaux numériques n'est malheureusement jamais abordée.

**2014, 2015, 2016** : Ce montage ne se restreint pas à la modulation d'amplitude. Il semble en particulier important d'aborder le cas des signaux numériques modernes. Dans le cas de la démodulation synchrone, le problème de la récupération de la porteuse est systématiquement passé sous silence.

**2013** : Ce montage ne doit pas se restreindre à la modulation d'amplitude. Dans le cas de la démodulation synchrone, le problème de la récupération de la porteuse est systématiquement passé sous silence. Il est recommandé de penser aux modulations de signaux numériques modernes.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2017 - Note : 20/20

Mise en forme, transport, détection de l'information (20/20). J'avais le choix entre ça et transitions de phase. Le jury était très gentil, rigolait plutôt facilement (à un moment j'ai dit, au moment des questions, "si on réfléchit bien - en parlant des impédances -, ça se réfléchit !" et un jury a rigolé en commentant "oh bah la langue française est riche!"). Ils parlaient par contre énormément entre eux pendant mon passage, ont beaucoup touché à tout, ils ont même mesuré quelque chose au rlc-mètre pour voir si j'avais pas écrit quelque chose au hasard. Les techniciens étaient très très gentils, mais il vraiment tout leur dire, j'avais par exemple dit d'arrondir le résultat, mais ils mettaient 0,35 si c'était 0,355 affiché!

Questions posées - Questions sur la FFT de base genre comment Latis pro fait, comment optimiser la FFT (commenter vos choix à propos du temps d'échantillonnage, du temps d'acquisition, du nombre de points)? - Propagation des incertitudes : comment l'écart-type intervient-il dans la formule de propagation des incertitudes? - Expliquer le  $\chi^2$ ?  $r^2$ ? - Que se passe-t-il si  $m < 1$ , (j'avais écrit une formule de rendement) est-ce un critère personnel ou pas? - À quoi correspond l'élargissement du spectre autour des composantes modulées? - Expliquer comment arriver à la formule pour le multivibrateur astable (j'ai du refaire vite fait les calculs) - Comment marche une diode zener? - Ya t'il d'autres méthodes pour faire de la modulation? - Est-ce grave que l'AO fonctionne en saturé? - Avez-vous tenu compte de la résistance de sortie de l'AO? - Pourquoi ne pas avoir plutôt fait un pseudo-intégrateur? j'avais mis le + à la place du - ça faisait ampli inverseur au lieu de comparateur à hystérésis ya eu un gros fou rire général quand je m'en suis rendu compte .. - Quelle est l'impédance d'entrée de sortie de l'AO? de même pour l'oscillo? de même pour le GBF? pourquoi l'onde réfléchi au bout du câble n'est elle pas encore réfléchi après (pourquoi on n'observe qu'une réflexion et pas plusieurs)? - Pourquoi le GBF n'envoie-t-il pas un signal totalement carré mais un peu distordu? - Quelle est la relation entre capacité inductance et vitesse dans le câble coaxial? - Tous les câbles coaxiaux ont ils une impédance caractéristique de 50 ohms? - Vous avez dit que l'on ne peut pas toujours remettre la porteuse dans le signal comment fait-on alors? - D'où vient le bruit sur votre signal démodulé? - Quel est le problème avec  $m < 1$  sur la démodulation AM? - Expliquer rapidement votre filtre passe-bas?

Remarque : L'ENS Lyon n'avait envoyé qu'une diode Zener 4,7V (il en faut 2 pour le montage de modulation FM) ... du coup les technicien.nes et les professeurs agrégé.es m'ont monté cette partie sur circuit imprimé.

Commentaire : j'étais très content de moi, malgré quelques étourderies à quelques moments. Le jury m'a dit que j'étais très motivé et motivant, et qu'il avait bien aimé les discussions très complètes sur les erreurs et incertitudes, que le tableau était très soigné avec les valeurs des composants (avec incertitudes associées).

#### Agrégation 2016 - Note : 17/20

La présentation s'est bien passée, la préparation aussi même si le temps passe super vite. J'ai eu le temps de faire : temps de propagation dans le coax, diagramme de bode, adaptation d'impédance. Ensuite, j'ai enchaîné sur la modulation d'amplitude, avec ensuite la démodulation synchrone. Enfin, j'ai présenté l'oscillateur commandé en tension et montré la modulation de fréquence. Je n'ai pas eu le temps de préparer la démodulation de fréquence.

Le jury était super sympa, pas du tout neutre. Ils avaient vraiment l'air d'être content d'être là, les questions ont duré 30 min. Ils sont revenus sur toutes mes manip dans l'ordre décroissant, ils n'ont fait aucunes remarques sur mes incertitudes ni sur mes résultats. Les techniciens étaient sympas et très disponibles. OCT : expliquer le principe de l'oscillateur ? multivibrateur astable avec comparateur et multiplieur. On modifie ainsi le temps d'intégration et donc la période du signal. Role des diodes zener ? Le multiplieur est limité à 10V, elle serve à abaisser le  $+15V$ . Quoi à l'intérieur d'un multiplieur ? je n'avais pas eu le temps de relire ça, du coup j'ai parlé de porte logique, ce qui expliquait la limitation en fréquence du multiplieur. OCT : le point en présentation ne correspondait pas à la courbe en préparation, pk ? j'avais oublié de diviser par 10 le nombre de période, ce qui a été vite corrigé. Pour démodulation d'amplitude, la surmodulation pose t elle un probleme ? non pour la détection synchrone mais oui si on fait un détecteur de crête (expliquer le principe).Pk ne met une amplitude  $A_0$  de gros porc pour pas avoir de problème de transmission ? car c'est de la puissance perdu non utile, car c est le  $A_m$  qui contient l'info intéressante. Pour la modulation d'amplitude, j'avais tracé la droite liant le facteur  $m$  au  $A_0$ . Le jury avait l'air de trouver cette droite drôle car il n y a pas de d'intérêt pratique à cette droite. Cable coax : j'avais fait tracer le diagramme de bode aux techniciens en leur indiquant de prendre 3 points par decade. Le jury m a demandé de faire un balayage fin et on observait des résonances à HF. explication ? je suis parti sur le modèle électrocinétique du coax et ils m'ont dit que je faisais fausse route. En fait, les multimètre ont des impédances infinies, du coup il y a des réflexions qui pour certaines fréquences s'ajoutent positivement et on observe moult résonance. Cable coax utilisé ? 75 ohm, alors que les petits cables sont de 50 ohm, j'aurais du utiliser un autre coax de 50 ohm mais c etait celui de cachan ou ulm, et je ne savais pas qu'il y en avait.. Pk lors de l'adaptation d'impedance, on n'arrive pas a vraiment éteindre la reflexion ? j'ai parlé du modèle électrocinétique et du caractère dispersif notamment à HF, ils avaient l'air contents.

## MP24 : Acquisition, analyse et traitement des signaux

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : La mesure du bruit thermique d'une résistance est une très jolie expérience à la condition de comprendre les différents étages d'amplification nécessaires dans ces expériences. L'utilisation de boîtes noires non justifiée a été sanctionnée par le jury.

**2013 à 2016** : Les notions d'erreur de quantification et de rapport signal/bruit ne sont pas bien dégagées. Pour la numérisation d'un signal, il faut mettre en évidence le rôle de l'échantillonnage et ses conséquences.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2016 - Note : 09/20 - choix avec *Mesures de températures*.

J'avais beaucoup réfléchi au montage pendant l'année donc je l'ai pris. J'ai présenté le CAN simple rampe, l'échantillonneur-bloqueur, le critère de Shannon, les problèmes de quantification liés à une carte d'acquisition à la fois en CAN et CNA.

La préparation s'est passée parfaitement : tout a marché et les techniciens étaient adorables. J'ai battu un record de vitesse pour le choix des livres et des manip, c'était mon premier oral et j'étais un peu survolté.

Le passage s'est assez bien passé, malgré le fait que la plupart des valeurs mesurées étaient hors des barres. Gros point noir du passage : la mise en évidence du critère de Shannon a lamentablement foiré, des fréquences supplémentaires sont apparues alors que le critère était respecté. Je crois avoir compris que c'est dû au nombre total de points trop faible de l'acquisition, mais je peux me tromper.

Les questions se sont assez mal passées, j'ai séché sur beaucoup d'entre elles (à moitié par manque de préparation, à moitié par fatigue et stress - le jury pardonne les secondes mais pas les premières, et il fait très bien la différence!). Beaucoup de questions ont pris la forme "- Pourquoi avez-vous fait ça et pas ça ? - Ah bah vous avez raison mon choix était stupide".

Je pense que j'ai fait un montage souffrant des mêmes défauts que tous mes montages, c'est-à-dire présentant des expériences pertinentes mais mal présentées, avec des mesures trop rapides, sans penser à faire des droites ou des variations de paramètres. Le montage est une épreuve difficile, il ne faut pas seulement choisir de bonnes manip, il faut les mettre en valeur.

Retours du jury : Trop de boîtes noires, peu de variations de paramètres expérimentaux, aucune droite, pas de recul sur le choix des composants. Ils ont déploré mon absence de maîtrise de la transformée de Fourier : la membre du jury m'a dit qu'habituellement on ne juge pas les connaissances théoriques d'un.e candidat.e en montage, mais que pour ce montage la TF est un outil central. Ils ont beaucoup apprécié tout ce que j'ai dit sur le bruit de quantification (c'est ce qui m'a poussé à prendre le montage) et mon introduction très pertinente sur le principe d'une chaîne d'acquisition : ils ont apparemment hésité à me mettre 10 grâce à ça.

Remarque supplémentaire sur l'attitude du jury : pour le montage, une membre du jury hochait vigoureusement la tête à chaque fois que je disais quelque chose. C'est encourageant mais à un moment elle a arrêté, et je ne sais pas si c'était parce qu'elle se rendait compte de son tic ou parce que j'avais arrêté de dire des choses intelligentes. C'est assez déstabilisant...

Questions : Quelle est l'intensité typique du courant entrant dans un AO ? Quel courant fournit la source de tension vu votre choix de valeurs de composants ? Pourquoi calculer la valeur de la rampe au lieu de la mesurer à l'oscilloscope ? Pouvez-vous faire la mesure ? Qu'est-ce qu'on en déduit ? Pourquoi ne pas comparer la valeur obtenue sur l'écran du CAN à une valeur mesurée au multimètre ? Quelle est la fonction des deux portes logiques de l'échantillonneur-bloqueur ? Quelle est la plus importante des deux ? A quoi servent les condensateurs et la diode en amont des portes logiques ? Pouvez-vous réexpliquer quel est votre problème sur l'expérience du critère de Shannon ? Quelle fenêtre vous avez prise ? Une fenêtre, c'est temporel ou spectral ? Ça sert à quoi ? Quelle est l'influence du nombre de points de l'acquisition ? Pouvez-vous effectuer le calcul d'incertitudes pour le nombre de bits de la carte d'acquisition ? (je n'avais pas assorti la valeur d'une incertitude puisque c'est un entier, mais il voulait vérifier que je savais propager les incertitudes avec un  $\log 2$ ) Est-ce que c'est possible de filtrer en sortie du CNA pour éliminer le bruit de quantification ? Vous avez mis en évidence le bruit de quantification du CNA en mesurant à l'oscillo, comment être sûrs que ce n'est pas le bruit du CAN de l'oscillo lui-même ?

### **Agrégation 2015 - Note : 18/20 - choix avec *Mesures de températures.***

J'ai fait le convertisseur simple rampe, l'échantillonneur bloqueur, la détermination du nombre de bits d'une carte d'acquisition et des problèmes liés à la FFT, et le principe de la détection synchrone. Techniciens sympa mais sans plus, j'ai eu quelques petits soucis pour le matos qui font perdre pas mal de temps. Finalement toutes mes manip étaient monté au bout de 3 heures mais je ne les avais pas exploités et je n'avais pas fait mon tableau...J'étais donc très stressé pour la dernière heure et je n'ai pas fait des choix très pertinents. J'ai présenté chacune de mes manip mais il me semblait qu'il n'y avait rien de quantitatif et que mes manip n'étaient pas assez exploitées. J'ai eu très peu de temps pour la détection synchrone, je l'ai présenté sommairement et j'ai fait une mesure très sale du rapport signal/bruit avant et après.

Questions : Pour le simple rampe, quel est le problème posé par le bruit, comment y remédier ? Pour le choix des AO, à quoi faut-il faire attention ? Qu'est ce que ça change si on a un décalage en tension ? Pour l'échantillonneur-bloqueur, comment faut-il choisir la capacité ? Qu'est ce qui pose problème dans le choix d'une capacité trop faible ? Qu'entendez vous concrètement par problème d'adaptation d'impédance ? Comment est réalisé l'interrupteur ? Comment fonctionne un Thyristor ? Comment peut-on faire des interrupteurs qui commutent rapidement autrement ? J'ai eu ensuite quelques questions dont je ne me souviens plus sur la FFT et très peu sur la détection synchrone par manque de temps.

Commentaires du jury : Je m'attendais à avoir une mauvaise note car j'avais fait très peu de quantitatif (une droite seulement !). Le membre du jury que je suis allé voir m'a dit qu'il ne m'en avait pas trop voulu car c'est difficile de faire du quantitatif sur ce montage. Il a que je comprenais ce que je faisais et que j'avais su répondre à certaines questions (surtout sur la FFT semble-t-il) et que ça avait suffi. Il a dit aussi que si on présentait la détermination du nombre de bits d'une carte, il fallait y passer moins de temps, car c'est une info qu'on a dans la notice de la carte.

### **Agrégation 2015 - Note : 15/20 - choix avec *Dynamique des fluides.***

J'avais le choix au départ avec dynamique des fluides, qui est je pense pris par beaucoup plus de monde mais difficile à faire réellement comme il faut.

J'ai présenté : le CAN simple rampe (avec tracé de la tension mesurée en fonction de la tension appliquée) ; la mesure du nombre de bit d'une carte d'acquisition (avec l'échantillonnage en tension pour les différents calibres de Latispro) : voir CR de montage de 2013 ou 2012 (je crois) ; le critère de Shannon : très rapide, donc je n'ai pas été très claire ; la détection hétérodyne avec application à l'effet Doppler (je n'ai pas pu faire d'interprétation complète par manque de temps).

Questions : Pourquoi il y a une forte résistance en entrée du CAN ? Quel est le courant en entrée d'un AO ? Erreur systématique due au temps de commutation (CAN toujours) : modélisation affine, et non linéaire ! Essayer de trouver des explications à la pente trouvée (supérieure à 1). Principe du stockage de l'information sur N bits ? Réexpliquer Shannon : peigne de Dirac et convolution étaient les mots-clés attendus, j'ai mis du temps à comprendre ce qu'ils voulaient me faire dire... Effet Doppler : utilité de la détection hétérodyne ? Comment fonctionnent les cartes d'acquisition qu'on a partout autour de nous ?

## **MP25 : Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu).**

## Commentaires extraits des rapports de jury

**2015, 2016, 2017** : Le principe de ce montage est de présenter les techniques de mesure de fréquences. Il ne s'agit pas de réaliser différentes expériences faisant intervenir des phénomènes périodiques et de parvenir à une détermination de fréquence moins précise que celle obtenue avec le fréquencemètre présent sur la paillasse. [Ajout 2017] Ainsi le jury souhaiterait que le stroboscope ne soit plus utilisé comme fréquencemètre pour l'étude des résonances de la corde de Melde.

**2014** : Ce montage ne consiste pas en l'étude d'une succession de phénomènes périodiques à l'aide d'un fréquencemètre commercial, ce qui serait beaucoup trop élémentaire et redondant, mais bien aux techniques de mesure de fréquences.

**2013** : La résolution spectrale lors d'une transformée de Fourier discrète n'est pas toujours connue. Les candidats gagneraient à connaître les méthodes de détermination de fréquence par multiplication (translation) ou hétérodynage.

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2017 - Note : 10/20

j'ai suivi comme plan : I mesure de fréquence au chrono sur le pendule simple II principe du fréquence-mètre numérique, application à la fréq d'un diapason, III système masse ressort, acquisition videocom, fréquences propres par TF.

La préparation est assez difficile, les 4 heures filent très vite, les techniciens étaient pour moi sympathiques mais pas très utiles (lents pour aller chercher le matos, refont les séries de points à cause d'erreurs ...). Il faut absolument s'en tenir à 3 manips max, les exploiter à fond, et ne présenter que des manips déjà faites vous-même pendant l'année. J'avais prévu de faire également l'hétérodynage, mais pas eu le temps. Pour le système masse ressort, il faut bien penser à réétalonner les ressort.

Le jury était très sympathique. Ils ont beaucoup aimé les explications sur le fréquence mètre, qu'il faut bien détailler en montrant les différents signaux. Par contre, des erreurs grossières sur la première manip m'ont fait perdre beaucoup de points (confusion pendules simple/ pendule pesant ...), et ils auraient voulu plus d'exploitation sur la 3ème manip (montrer l'influence des conditions initiales, des paramètres de la tf, traiter les 4 signaux obtenus pour + de précision, etc ...). La note finale n'est pas terrible, mais il est facile de faire mieux.

Questions posées : - Comment calculer les incertitudes sur une mesure de période faite sur N périodes ? - comment améliorer à peu de frais la précision de votre fréquence mètre ? - Quelle est alors la limitation sur la précision de l'appareil ? - une précision à 1Hz sur un instrument de musique, c'est suffisant pour un musicien ? - C'est quoi une bascule JK ? - comment expliqueriez vous à un élève de CPGE la présence de 4 modes propres pour ce système ? - Qu'est-ce qui dicte l'amplitude des différents pics ? - quelle est l'influence des paramètres de la TF sur la précision ? - vous donnez comme incertitude la largeur du pic, peut on faire mieux ? - Pourquoi un moteur de table tracante a une vitesse précise ? Avec quel moteur obtient-t-on cette précision ?

### Agrégation 2015 - Note : 20/20

I/ Le pendule 1. Mesure de la période d'un pendule simple avec un chrono 2. Montrer que mesurer la période d'un pendule de la chaîne de pendule est impossible par un humain. II/ Fréquencemètre 1. Principe du fréquencemètre, sources d'erreurs (synchronisation et commutation des composants) 2. Mesure la fréquence d'un signal réel : diapason, mise en forme du signal pour l'envoyer ds le fréquencemètre. III/ Effet Doppler, hétérodynage, FFT 1. Montrer qu'on ne peut extraire l'information sur le décalage en fréquence sans travailler sur le signal (pb de mémoire de l'ordinateur : il faut bien échantillonner et avoir une acquisition longue pour avoir une bonne résolution... trop de points pour l'ordinateur) 2. Hétérodynage et extraction du décalage en fréquence par FFT. IV/ Retour sur la chaîne de pendule Videocom, FFT et extraction de la fréquence des modes propres.

Je suis parti vraiment à fond au début, j'ai oublié quelques détails du coup et j'ai dû ralentir à la fin pour tenir les 40 min.

Questions du jury : Repréciser certains détails : un oublie de ci et de là, quelques lapsus (ex : j'ai dit comparateur au lieu de dire inverseur saturé) Composant dans le boîtier principe du fréquencemètre ? Réexpliquer un peu le fonctionnement du fréquencemètre. Intérêt de la caisse sous le diapason ? C'est embêtant si le diapason vibre à 445Hz au lieu de 440Hz si on fait de la musique ? Pourquoi 1M $\Omega$  en contre réaction ? Je voulais saturer mon AO pour transformer le signal du diapason en créneaux. Revenir sur les incertitudes de la RL fg(fm), Regressi les calculaient (a priori) mais ne les affichaient pas sur le graphe. Repréciser pourquoi on fait de l'hétérodynage : j'avais donné tous les arguments mais j'ai oublié de conclure Pourquoi un filtre Butterworth pour filtrer le signal de l'effet doppler ? Effet Doppler pour un objet supersonique ? A part que la formule que j'utilisais était une forme linéarisée je ne savais pas quoi répondre. FFT : on voit apparaître un spectre non pur, pourquoi ? Il était content

que je dise que ce ne sont pas des harmoniques et a avoué que c'était le sens caché de sa question. Pourquoi un nb entier de périodes pour la FFT ? Comment s'appelle l'algo pour faire des FFT ? Justifier que l'étude de la chaîne de pendule cadre bien dans ce montage. BUP 867 : c'est pas vraiment une relation de dispersion qui est donnée mais directement la pulsation d'un mode en fonction de l'indice du mode. C'est quoi la relation de dispersion d'une chaîne de pendules infinie ?

RdV avec le jury : Pendule, vérifier théoriquement la période ! Intro qualitative pas utile en montage ! Fréquence-mètre c'est bien ! Emetteur supersonique : Onde de choc, sommation d'onde, qu'est-ce que la fréquence du signal ? Large spectre car « impulsion » sonore. Relation de quantification de modes et pas relation de dispersion. Le jury a insisté sur le fait de ne pas faire trop de manip, et que les manip purement qualitatives ils n'écoutent pas SAUF si on dit des bêtises. Il a également précisé que ma dernière manip sur la chaîne de pendule est la manip faisant passer de 18 à 20. Et que si l'on est pas assez à l'aise on peut faire peu de manip mais bien les traiter et avoir une excellente note.

### Agrégation 2014 - Note : 18/20

Expliquer le fréquence-mètre, les différents signaux, l'incertitude, etc. Expliquer pourquoi ça n'a pas très bien marché pour l'étude de la fréquence du diapason (à la fin, ils m'ont dit qu'ils ne savaient pas non plus pourquoi ...) Expliquer comment je suis passé du signal du diapason à un signal TTL compatible avec le fréquence-mètre. D'où vient l'incertitude sur les battements ? (Le critère de Shannon était bien respecté mais pas suffisamment pour avoir une belle enveloppe, et du coup c'était plus dur pour repérer ses maxima ...) Dans la formule de l'effet Doppler, je m'étais trompé entre un + et un -, du coup, on est revenu là dessus. Est-ce que la formule de l'effet Doppler est un DL ? J'ai déduit de l'expérience la célérité du son que j'ai comparé à la valeur d'un handbook en mesurant la température (ils ont apprécié) mais la valeur du handbook ne rentrait pas dans mes incertitudes, pourquoi ? (incertitudes prises nulles pour la vitesse de la table traçante) Quelques questions sur l'analyse de Fourier, j'ai étudié le signal de trois diapasons : le spectre permet-il de remonter au facteur de qualité du diapason ? Puis petites questions sur mon expérience ratée du pendule (dans le stress, j'avais pris un pendule pesant plutôt qu'un pendule simple)

Au final, le jury m'a dit qu'ils avaient apprécié les choses comme comparer les valeurs obtenues à celle d'un handbook ou à travers différentes expériences en comparant les incertitudes (j'avais mesuré des fréquences de diapasons au fréquence-mètre, puis aux battements acoustiques et finalement par analyse de Fourier), ils ont aussi aimé que je mesure la vitesse de retour de la table traçante (qui n'est pas une donnée constructeur). Ils m'ont dit aussi qu'ils m'avaient mis 0 point pour l'expérience du pendule car présentée comme je l'avais fait, elle servait à rien... (comme quoi, il suffit de 4 expériences rondement menées)

### Agrégation 2013 - Note : 09/20

Beaucoup de questions pour corriger des erreurs d'inattention faites pendant le montage. Quelle est la différence entre le son d'un piano et le son d'une guitare ?

1. Pendule bifilaire : choix étrange puisque ça introduit des erreurs supplémentaires. Beaucoup d'erreurs d'inattention en plus sur cette première manip. — 2. Fréquence-mètre : apprécié, mais présentation non pédagogique, les basculements n'ont pas été expliqués de façon suffisamment claire. — 3. Mesure par battements : manque d'honnêteté intellectuelle sur la présence de trois (et non deux) échelles de temps (en fait je n'avais vraiment pas vu la troisième). Il aurait fallu à ce moment faire une analyse de Fourier pour comprendre la forme du signal. — 4. Stroboscopie : incertitude calculée à partir de la notice mais en fait il faut encadrer par le moment où on a immobilisation en arrivant par les fréquences plus élevées et en arrivant dans l'autre sens.

### Agrégation 2013 - Note : 15/20 - choix avec Métaux.

Comptage avec pendule pesant et chronomètre : Comment avez vous mesuré la masse, la distance ? Sur-estimation ou sous-estimation du moment d'inertie ? Erreurs et études statistiques pertinentes ? — Principe du fréquence-mètre et diapason : changer la fréquence de mesure pour vérifier ? Role de la TBF par rapport à la BF ? — Battements de deux diapasons : correction d'une erreur sur la formule au tableau. Ajouter ou retrancher ? — Effet Doppler et détection synchrone : Haute fréquence sur sinusoïde, c'est quoi ? Il y avait aussi prévu mais je n'ai pas eu le temps : harmoniques et flute, pendules couplés (j'ai montré la droite de la relation de dispersion en 10 sec). Aux confessions on m'a dit avoir apprécié les réponses aux questions.

## MP26 : Mesure de longueurs.

### Commentaires extraits des rapports de jury

2017 : Des mesures de longueurs dans une large gamme sont appréciées et là encore les candidats ne doivent pas se contenter du réglelet comme outil de mesure. L'utilisation de mesures utilisant des interférences optiques conduit à des mesures intéressantes dont on pourra discuter la précision par rapport à des mesures plus directes.

**2015, 2016** : Des mesures de longueurs dans une large gamme sont appréciées et là encore les candidats ne doivent pas se contenter du réglé comme outil de mesure. Par ailleurs, la mesure d'une longueur de cohérence n'a pas en soi sa place dans ce montage.

**2014** : Ce montage n'est ni un montage de spectroscopie, ni un montage de focométrie ; en particulier, la mesure de longueurs d'ondes en tant que telle ne semble pas indiquée. On peut en revanche discuter des méthodes de mesure de longueurs adaptées à grande et à petite échelle. Rappelons que des objets micrométriques peuvent être mesurés avec un instrument optique adapté.

**2013** : Il est dommage de voir tant de montages à prétention métrologique où les incertitudes sont très mal gérées. Lors d'utilisation de « boîtes noires », il est indispensable de connaître leur fonctionnement.

### **Agrégation 2019 - Note : 16/20**

Diffraction des électrons sur graphite. Pourquoi avoir mesurer la distance le long de la courbure ? C'est quoi la méthode des poudres ? Quelles configurations diffractent ? C'est quoi le graphène ?

Mesure de l'épaisseur d'une lame par interférométrie. C'est une méthode bien compliquée pour mesurer l'épaisseur d'une lame, on fait comment en pratique ? Ou pensiez vous prendre la valeur de l'indice et son incertitude ? Pourquoi les acheteurs ont besoin d'une telle précision ?

Triangulation avec 2 goniomètres. Comment on mesure des distances en pratique ?

### **Agrégation 2019 - Note : 13/20 - Choix avec « Mesure de fréquences temporelles »**

J'avais prévu éventuellement 5 expériences quantitatives dans ce montage pendant l'année. Le jour de l'oral, j'en ai fait uniquement 3 : triangulation avec deux goniomètres, télémétrie acoustique, taille d'un cheveu par diffraction étalon.

Questions : Incertitudes sur les angles puis sur la distance. Patrick a fait la mesure, il trouve 9,02 m qui rentre dans vos barres d'erreurs au final. Qu'est ce qui peut expliquer l'erreur que vous avez faite sur la "mesure" au télémètre ? Pourquoi ne pas avoir fait un point sur la courbe devant nous ? Pourquoi 40 kHz ? Pourquoi regarder le max du paquet qui revient pour le temps de vol ? Pourquoi pas le début du paquet ? Quand je me suis approché de votre manip, le signal a changé : expliquer. Vous avez une formule qui lie l'interfrange  $I$  à la taille de la fente  $a$ . Expliquer les hypothèses. En préparation, vous avez fait une droite d'étalonnage. Pourquoi un fit linéaire ? Sur votre modélisation, il est écrit " $\chi^2 = 3$ ", ça veut dire quoi ?

## **Retour des années précédentes**

### **Agrégation 2018 - Note : 20/20 - Choix avec « Effets capacitifs »**

Manips : Mesures parallaxiale, interférométrie de l'épaisseur d'une lame de verre avec un spectro (mesure des cannelures), du temps de vol d'un train d'onde ultrasonore, et diffraction d'électrons par le graphite.

La présentation a duré 35 minutes, j'ai dû ajouter la mise en évidence des défauts de planéité de la lame de verre, placée pour cela sur un des bras du Michelson éclairé en coin d'air au voisinage du contact optique. Ça m'a permis de manipuler le Michelson en direct : j'ai réalisé à ce moment là que je ne l'avais pas manipulé devant le jury. Pas de gros problèmes sur le matos, ULICE ne marchait pas, j'ai laissé les techniciens se dépatouiller avec, ils ont fini par m'en trouver un qui marchait et ils l'ont entièrement installé. Les techniciens étaient sympathiques, posant des questions insistantes quand ils pensent qu'on oublie de leur demander du matériel (« vous voulez faire un Michelson, mais il va bien falloir former une image avec votre Michelson, vous êtes sûr que vous n'avez pas besoin d'un dispositif pour former des images ? » aka une lentille). Sinon je n'ai pas eu à leur demander de faire des mesures, il m'ont simplement branché la mesure de temps de vol. Dans l'ensemble, la présentation s'est bien passée, les questions ont porté sur les comparaisons de mes mesures à des valeurs tabulées ou attendues ce que je n'avais pas fait proprement en présentation.

La séance de questions a beaucoup ressemblé à l'inventaire de ce que j'aurais dû faire pendant ma présentation. Après les délibérations, le jury m'a posé une question en m'assurant que ma réponse ne modifierait pas ma note, à propos de la manip de diffraction des électrons qu'ils ne connaissaient visiblement pas (pas le dispositif Jeulin en tout cas).

Lors de la proclamation des résultats, le jury m'a expliqué qu'il avait surtout apprécié la discussion sur le choix du repère sur le paquet d'onde pour la mesure de temps de vol : ça montrait que je ne faisais pas qu'appliquer un protocole sans réfléchir ; ils ont aussi apprécié la manip de diffraction par les électrons parce qu'ils ne l'ont pas beaucoup vu et que j'en avais fait quelque chose de « quantitatif ». Comme dans l'ensemble, les manips étaient bien réalisées, le fait que je n'ai pas trop de références pour comparer mes mesures ne m'a visiblement pas porté préjudice.

**Agrégation 2017 - Note : 20/20 - Choix avec « Régimes transitoires »**

Plan : I) Mesure par parallaxe II) Télémétrie acoustique III) Mesure de l'épaisseur d'une lame par la méthode du spectre cannelé IV) Droite d'étalonnage par la diffraction de Fraunhofer

J'ai eu le choix avec Régimes transitoires. Rétrospectivement, même avec ma note, j'aurais préféré ce montage, sans optique. D'un naturel stressé, j'ai mis beaucoup de temps à obtenir les franges d'égale épaisseur en lumière blanche, un peu plus d'une heure alors qu'au cours de l'année ça allait plus vite. Si vous êtes pas du genre stressé y aura pas de souci. J'ai fait mes trois premières manip et le tableau en 3h30, avec très peu de temps pour la diffraction de Fraunhofer. Heureusement les automatismes sont arrivés et j'ai pu faire un montage propre et laissé les techniciens faire les mesures. J'ai fait plusieurs erreurs pendant ma présentation. Cependant le fait d'avoir fait 4 manip quantitatives a rattrapé le coup, j'ai dit « assez de trucs justes » pour compenser. Le fait d'avoir de la physique différente dans chaque manip a été apprécié, plus le fait de bien répondre aux questions et de montrer qu'on comprend bien les manip. C'est le plus important en montage ! Un autre truc qui a été apprécié c'est la mesure de l'épaisseur de la lame avec le spectrophotomètre. Même si on voit ça en TP d'optique au cours de l'année, c'est pas trop dans les bouquins (Cap Prépa PC donne des indications) et c'est rarement vu par le jury, donc c'est tout bénéf. Encore une fois, j'ai fait plusieurs bêtises mais ça a été rattrapé durant les questions, il faut montrer qu'on comprend toute la physique ! Par ailleurs, la manip sur Fraunhofer « exacte », avec un objet diffractant entre 2 lentilles, a été appréciée. Il faut décrire le montage, mais ça montre qu'on sait bien faire de l'optique. Dernier point : j'avais demandé des lames de microscope ayant un indice tabulé avec précision, pour remonter de l'épaisseur optique à l'épaisseur. Cependant la notice n'a pas pu être trouvée. Je l'ai bien signalé durant ma leçon, en disant qu'on allait remonter à l'indice optique à partir de l'épaisseur marquée sur la boîte pour voir si notre mesure est cohérente. Ils ne m'en ont pas tenu rigueur.

Questions posées : Mesure par parallaxe : Comment régler la lunette d'un goniomètre habituellement ? Et ici ? Pourquoi ici avoir touché à l'oculaire alors qu'usuellement on n'y touche plus ? (ici l'objet n'est pas à l'infini, il n'y a pas de collimateur) Vous avez dit que l'incertitude portait sur la largeur de la potence : ça veut dire que plus on prend un objet large, plus on est imprécis ?

Télémétrie acoustique : Pourquoi on voit une modulation du signal quand on déplace le récepteur le long de la règle ? Pourquoi le signal reçu est-il si différent du signal émis ? Pourquoi y a-t-il beaucoup plus d'oscillations que dans le pulse initial ? Quand on pose un obstacle : interpréter la forme du signal (on voit des réflexions secondaires et le signal est moins propre). Comment caractériser le signal émis ? (propagation non directionnelle)

Lame de microscope : Pourquoi être passé en lumière blanche ? Y a-t-il une méthode plus rapide pour mesurer l'épaisseur de la lame sans spectromètre ? Dans quel sens charioter le miroir pour retrouver les franges ? Ils m'ont demandé de vérifier que la valeur que j'avais trouvée au spectromètre était cohérente avec cette mesure en le faisant devant eux.

Diffraction par une fente : Préciser comment avoir placé les différents éléments du montage de la manière la plus précise possible.

**Agrégation 2017 - Note : 16/20**

I : Principe de la mesure par triangulation (niveau lycée, dans un BUP) II : Principe du sonar III : Mesure de l'épaisseur d'une lame de verre au michelson. Beaucoup de problèmes techniques et de matos (vidéoprojecteur qui rendait l'âme because la chaleur, spectromètre ocan optics qui n'acceptait que les ordis de lyon, support pour lame de microscope non trouvé / non envoyé, et le meilleur : il y avait 3 récepteurs ultrasonores de lyon mais apparemment on avait pas envoyé d'émetteur. Champions du monde.) Les techniciens ont été très présents pour régler tout ça, mais j'ai tout de même perdu une bonne demi-heure sur ces histoires, qui m'a manqué pour préparer la manip du canon à électrons. Celle-ci aurait pu occuper les 10 minutes qu'il me restait à la fin. À la place, j'ai improvisé un calcul d'incertitudes pour la lame de verre, et j'ai repris des points sur la manip. Le jury était enjoué, encourageant et agréable, ce qui change de l'épreuve de chimie.

Questions posées : 1er membre du jury : Dans votre 3e expérience, à quoi sert le Michelson ? Ne peut-on pas faire sans ? Vous avez dit que la 1e manip constituait une mauvaise méthode car trop imprécise, que doit en retenir un élève ? Vous avez effectué 2 fois des calculs d'incertitudes à base de différentielle logarithmique simple, qu'est-ce qu'on fait plutôt généralement ? Qu'est-ce que ça change ? Qu'est-ce qui est le mieux ?

2e membre du jury : Dans la manip du temps de vol de l'onde acoustique, les points que vous avez pris étaient au-dessus de la droite et vous avez justifié ça par l'augmentation de la température depuis le début de votre préparation, pourquoi ? À quoi correspond l'étalement de la réponse du récepteur ? Quel est l'impact du léger angle entre l'émetteur et le récepteur ? Quel type d'erreur correspond à la position réelle des émetteurs / récepteurs ?

3e membre du jury : Vous avez parlé de la loi de Cauchy pour justifier qu'on s'arrêtait au 4e chiffre après la virgule dans n, vous pouvez développer ?

**Agrégation 2017 - Note : ? - Choix avec « Production et mesure de champ B »**

La préparation s'est bien passée mis à part un souci que j'ai eu avec la manip de télémétrie acoustique. L'agrégé préparateur est venu et a réglé le problème (utiliser les burst plutôt que les pulses). A part ça les techniciens ont été très sympas.

Questions posées : - Reprenez le schéma de la triangulation. Etes-vous sûre de la formule que vous utilisez ? - Que devient l'application numérique du coup ? - Pour la télémétrie acoustique, expliquez l'allure du signal réfléchi. - Discutez de l'incertitude sur la distance entre l'émetteur et la plaque métallique. - Pour la diffraction lumineuse, comment réduiriez-vous les incertitudes ? - Un élève va comprendre la mesure par triangulation car il voit la distance que vous cherchez à mesurer. Il va comprendre la distance émetteur – plaque métallique mais comment expliquez-vous simplement ce qu'est la longueur d'onde du laser ?

**Agrégation 2014 - Note : 20/20**

J'étais trop juste en préparation, ce qui m'a empêché de préparer bien tout ce que je voulais (interprétation, incertitudes), bien que les manipulations aient marché assez vite. Les techniciens étaient très compétents et serviables. Les questions que le jury m'a posé portaient sur les manips : (1) Parallaxe. Réglage de l'oculaire du gonio, donner quelques détails. Rejustifier les incertitudes sur les angles (pendant l'entretien le jour de la proclamation, le jury m'a dit qu'il voulait que les candidats aient à l'esprit que si l'incertitude est négligeable dans le cas qu'on peut présenter, ce n'est pas le cas en astronomie) — (2) Télémétrie. Pourquoi un étalement du paquet d'onde suite à réflexion ? Fonctionnement de la sonde de température ? — (3) Mesure interférentielle de l'épaisseur d'une lame de microscope par méthode du spectre cannelé. Formule liant les cannelures à l'épaisseur de la lame ? (je m'étais trompé) — J'avais aussi présenté la diffraction par un cheveu (étalonnage avec des fils de longueur connus) et la diffraction par le graphite (juste qualitatif).

Mon montage avait des défauts, mais ils ont mis 20 car ils ont apprécié les commentaires physiques, le tracé de courbes au lieu de faire un seul point (temps de vol), le fait qu'il y avait beaucoup de choses et une bonne maîtrise de toutes les manipulations.

**Agrégation 2014 - Note : 15/20**

Je n'avais pas fini de préparer tout le montage lorsque le jury est arrivé ce qui m'a « un peu » stressée. Sur la manipulation de la parallaxe, il m'ont demandé à quoi correspondaient les trois points de mon schéma dans la réalité, et d'expliquer le calcul des incertitudes et de le commenter. Sur la manipulation de la télémétrie, je n'ai pas fait de régression linéaire pour remonter à la vitesse du son dans l'air ce qui a été regrettable selon le jury puisque cela aurait gonflé la note. Sur la manipulation pour mesurer l'épaisseur d'une lame de verre avec le Michelson, ils ont réellement apprécié que j'explique chaque manipulation que je faisais sur le Michelson, c'est ce qui a en quelque sorte sauvé mon montage. Ensuite, ils m'ont surtout posé des questions sur ce qu'apportait l'introduction d'un laser dans le montage (comme ça a été fait dans l'année) sachant que je n'avais expliqué que qualitativement le principe et son avantage puisque que je n'avais pas fait d'acquisition à cause de problèmes de photodiode. Ils m'ont aussi demandé quel est le pouvoir de résolution d'un Michelson. Enfin, j'ai présenté la manipulation avec la diffraction des électrons ce qui n'est pas forcément utile selon le jury surtout si on est en manque de temps.

**Agrégation 2014 - Note : 16/20**

J'ai fait le montage présenté pendant l'année, sans la diffraction par un cheveu, et en améliorant un peu la mesure de l'épaisseur d'une lame de microscope (j'utilise une formule qui me donne la correction à la frange noire qui est en fait la frange achromatique et je calcule les coef  $A$  et  $B$  de la formule de Cauchy dont j'ai besoin grâce aux valeurs d'indice optique pour différentes longueurs d'onde données dans la notice). Tout c'est bien passé à part pour la troisième manip où le signal de photodiode était bizarre : il y avait bien des oscillations mais le niveau moyen d'intensité a changé brutalement au cours de la prise de mesure, et donc je ne pouvais pas appliquer la fonction seuil pour calculer le nombre de franges, je n'ai pas eu le temps de refaire la mesure.

Télémétrie : ils sont revenus sur la manière dont j'avais calculé les distances, ensuite sur la forme du signal reçu : pourquoi est-il déformé ? Comment sont composés les émetteurs /récepteurs ultrasonores, bande passante du quartz, nom du phénomène mis en jeu ? — Parallaxe : Idem ils m'ont posé des questions sur la manière dont j'avais fait mon alignement. Puis ils ont vérifié mes calculs ... heureusement ils ont trouvé pareil que moi :) — Lame : Ils m'ont demandé de retrouver rapidement l'épaisseur en utilisant la lecture de la vis micrométrique, mais j'avais pas écrit les positions du contact optique, du coup je suis pas arrivée à le retrouver ! — Diffraction d'électrons : Questions sur la diffraction de Bragg, d'où vient le  $2\theta$ , qu'est ce qui diffracte ? Comment peut-on voir que c'est une poudre ?

**Agrégation 2012 - Note : 12/20**

- Parallaxe trigonométrique : Quelle est l'incertitude sur les angles mesurés ? Pourquoi est-il préférable de constituer un triangle isocèle avec les goniomètres ?

- Télémétrie acoustique : Quel est le type d'ondes utilisés ici ? Comment connaître précisément la vitesse de ces ondes ?
- Mesure du diamètre d'un cheveu à l'aide de la diffraction : L'étalonnage a été réalisé à l'aide d'un jeu de fentes, or le cheveu est cylindrique et possède aussi une épaisseur : comment est modifiée la figure de diffraction ?
- Mesure de l'épaisseur d'une lame de verre à l'aide du Michelson : Pourquoi les franges formées par les rayons lumineux qui ont traversés la lame sont-elles courbées ? Préciser la relation de dispersion du verre ? Est-ce que la dispersion a une influence sur les résultats ?
- Mesure des paramètres de maille du graphite à l'aide de la diffraction d'électrons : Quelles sont les longueurs qui sont mesurées ici ? Pour quoi obtient deux cercles lumineux ? Pourquoi les électrons sont-ils diffractés ?

## MP27 : Systèmes bouclés.

Jusqu'en 2013, il y avait deux montages *Systèmes bouclés (oscillateurs exclus)*, et *Oscillateurs auto-entretenus*, qui ont été rassemblés. Suivent les commentaires et retours de ces anciens montages.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2014 à 2017** : Ce montage concerne la physique des asservissements et/ou celle des oscillateurs auto-entretenus. Une maîtrise minimale des montages élémentaires est requise. Un oscillateur à quartz serait le bienvenu, compte tenu de son fort facteur de qualité.

### Commentaires extraits des rapports de jury (asservissement)

Jusqu'en 2013, le titre était : *Systèmes bouclés (oscillateurs exclus)*.

**2012** : Les notions de stabilité, puis de temps de réponse et de précision sont essentielles dans ce montage. Le monde moderne regorge de systèmes asservis évitant l'utilisation de « boîtes noires » présentant des défauts introduits exprès pour qu'on les corrige par asservissement. Le produit « gain  $\times$  bande passante = constante » ne doit pas être attendu aveuglément, les conditions de validité de cette relation doivent être connues et respectées.

### Commentaires extraits des rapports de jury (oscillateurs)

Jusqu'en 2013, le titre était : *Oscillateurs auto-entretenus*.

**2013** : Dans ce montage on demande une maîtrise minimale des montages élémentaires. Un oscillateur à quartz serait le bienvenu avec son fort facteur de qualité.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2017 - Note : 10/20 - Choix avec « Biréfringence »

J'ai présenté l'asservissement en position du moteur, l'oscillateur à pont de Wien et l'oscillateur à Quartz. L'asservissement du moteur n'a jamais voulu fonctionner. Même sans tension de consigne, la vis tournait non stop. J'ai vérifié les offset des AO mais ça n'a rien changé. En 3eme AO du montage j'ai pris celui indiqué dans la notice car je ne me souvenais plus ce qu'on avait utilisé dans l'année (et qui avait fonctionné), je ne sais pas si le problème vient de là ou pas. Les techniciens et l'agrégé préparateur n'ont pas su m'aider. De manière générale, les techniciens ont seulement apporté le matériel et pris les points pour le diagramme de Bode (amplitude et phase), ils ne connaissaient pas l'oscillateur à Quartz et le moteur asservi. Le jury, plutôt sans émotion, a pris le tableau en photo, a beaucoup discuté et a vérifié les branchements de tous les montages pendant la présentation. Seulement une personne était concentrée sur ce que je disais à chaque fois.

Questions posées : Sur le moteur : - Quel type de moteur est-ce ? - Pouvez-vous décrire le principe rapidement ? - Quel est le capteur qui détermine l'angle de la position de la vis ? Comment ça fonctionne ? - Pourquoi il y a une pièce métallique qui relie le boîtier électronique à l'arbre du moteur ? - Pouvez-vous décrire le rôle de chaque partie du montage sur le moteur ? - Comment connaître la position de la vis en fonction de la tension de consigne ? - Comment savoir si l'asservissement se fait bien/est fiable ? (J'ai décrit ce que j'aurais voulu faire si le montage avait fonctionné correctement) - Comment se fait la rétroaction et à quoi sert-elle ?

Sur le pont de Wien : - Pourquoi est-ce intéressant d'étudier la boucle ouverte d'un oscillateur ? - Comment caractériser les oscillations hors du régime pseudo-sinusoidal ? - A quoi est due la distorsion ? - Comment expliquer physiquement ("avec les mains") qu'il y ait naissance des oscillations ? - Est-ce l'amplitude des oscillations est fixe ? Qu'est ce qui la détermine ? - Qu'est ce qu'il se passerait si l'amplitude des oscillations pouvait croître

indéfiniment ? - Vous avez tracé le diagramme de Bode, à quel filtre cela correspond ? - Est-ce que c'est important le choix du filtre de la boucle de retour ?

Sur l'oscillateur à Quartz (5MHz) : - Quel est l'intérêt du Quartz ? - Quel nombre sans dimension quantifie ça ? ODG du facteur de qualité ici ? - Pourquoi on peut avoir des oscillations ici ?

### Agrégation 2015 - Note : 17/20

J'étais déjà tombé sur ce montage à l'oral blanc. Les manip présentées étaient : 1- oscillateur à pont de Wien 2- multivibrateur astable 3- Boucle à verrouillage de phase. J'ai aussi sorti le laser transparent pour l'analogie avec l'osc à pont de Wien. La préparation s'est très bien passée, les techniciens étaient très présents, ils m'ont monté le laser avec le spectro sans que j'ai à le leur demander. J'ai été obligé d'utiliser des vieux cordon BNC, qui sont bien moins pratique que les nouveaux car on ne peut pas « empiler » les connections. Je n'ai tracé qu'une seule droite (fréquence vs capacité pour le multivibrateur astable), et n'ai discuté qu'une incertitude (pente de la droite). J'ai pris assez peu de mesures, pour passer plus de temps à essayer de montrer physiquement le principe des différentes manip. Le jury est revenu sur chaque manip présenté dans l'ordre.

Questions : D'où viennent les incertitudes données par regressi ? Dans la PLL, comment varie la phase dans la plage de verrouillage ? Un rapport avec la largeur de la plage de verrouillage ? Intérêt des incertitudes dans la regression linéaire pour le multivibrateur ? Peut-on faire un oscillateur commandé en fréquence à partir du multivibrateur ? Condition de phase pour les modes permis du laser ?

### Agrégation 2014 - Note : 15/20

**Plan** : asservissement (moteur asservi en position), oscillateurs (basse fréquence : oscillateur de Wien, haute fréquence : oscillateur à quartz), j'ai ouvert sur les cavités résonantes (laser transparent)

**Questions** : Pourquoi le moteur est un système d'ordre 2 ? D'où viennent les non-linéarités de l'oscillateur de Wien ? La condition de Barkhausen prend-elle en compte l'évolution de la phase sur une boucle ? Quel est le modèle électrocinétique du quartz ? Pourquoi un laser n'amplifie qu'une seule fréquence, et comment sont choisies les conditions aux limites ?

**Remarques sur la préparation** : les techniciens m'ont pris toutes les mesures pour les diagrammes de Bode et tracer toutes les courbes sur Regressi, les 4h sont passées très vite : le temps de remplir la fiche du matériel, d'aller le chercher avec les techniciens (j'ai presque tout pris en une fois, et je n'ai donc pas eu besoin de faire d'autre aller-retour par la suite), de le brancher/installer, puis d'écrire mon tableau et il ne me restait que 2h30 pour tout monter et prendre les mesures. Je n'ai écrit que mon introduction/conclusion sur une feuille, pour le reste je n'ai pas eu le temps mais le tableau écrit était suffisant. Je n'ai pas eu le temps de tout vérifier en préparation, heureusement tout a parfaitement marché pendant l'oral. Je conseille donc d'écrire le tableau très tôt en préparation, ainsi même si on est très juste niveau temps à fin il sert de fil conducteur pour nous guider pendant l'oral.

**Commentaires du jury** : très bonne présentation et bon plan, qui auraient mérité un 18-19 si j'avais un peu mieux répondu aux questions (je n'ai pas réussi à répondre à la plupart des questions théoriques qu'ils m'ont posées sur les oscillateurs). Ils m'ont rappelé que le plus important dans cette épreuve est de montrer nos capacités expérimentales, c'est-à-dire de réussir à monter des expériences, d'en obtenir des mesures, de tracer des courbes ... L'aspect théorique (bien comprendre la théorie qui est derrière) n'est que secondaire.

## Retour des années précédentes (asservissement)

### Agrégation 2013 - Note : 12/20

Produit gain bande passante toujours valable ? Dans l'amplificateur non inverseur, pourquoi choisir des résistances de l'ordre du  $k\Omega$  plutôt que de l'ordre du  $\Omega$  ? J'ai mesuré le gain à une fréquence bien inférieure à la fréquence de coupure et j'ai cherché la fréquence de coupure telle que la tension de sortie soit divisée par racine de deux. J'ai fait ça pour plusieurs valeurs de résistances puis j'ai tracé le produit gain-bande passante en fonction d'une résistance. J'ai oublié de faire passer une droite horizontale par les points (grosses incertitudes, plutôt tracer le gain en fonction de un sur la fréquence de coupure) et donc : comment faut-il faire pour valider la loi ? Comment on arrive à une fonction de transfert du second ordre pour l'asservissement en position ? C'est un moteur à courant continu ? Quel est l'intérêt du correcteur à avance de phase : on a déjà atteint le régime critique, donc résolu le problème, en faisant varier la résistance !

## Retour des années précédentes (oscillateurs)

### Agrégation 2013 - Note : 16/20 - choix avec « Mesure de longueurs »

J'ai présenté pour les oscillateurs QS, l'oscillateur à pont de Wien et l'oscillateur à Quartz, et pour les oscillateurs à relaxation le vase de Tantale (juste en illustration) et le multivibrateur astable. J'avais également monté l'oscillateur à porte NAND que je n'ai pas eu le temps de présenter.

Les techniciens ont été sympas et très disponibles. Ils ont monté la flexcam et le vase de Tantale sans même que j'aie à leur demander. Leur rôle a été cependant très limité étant donné que la seule mesure répétitive que je leur ai demandé était de tracer le diagramme de Bode du filtre du pont de Wien. Le jury était également sympa et s'est déplacé quasiment systématiquement lorsque je montrais une expérience.

Les questions ont duré très longtemps (en tout cas je trouve) et ils m'ont demandé de réexpliquer le rôle de chaque composant des oscillateurs (filtre, amplificateur, intégrateur...) que j'utilisais, ils m'ont également posé des questions plus théoriques sur le critère de Barkhausen et les diagrammes de Nyquist. Je n'ai pas eu de question sur les incertitudes que je donnais, mes principales mesures étaient les mesures de fréquence des différents oscillateurs.

### Agrégation 2013 - Note : 08/20

Expliquer le principe de fonctionnement de l'oscillateur dans le cas du pont de Wien. J'ai répondu à moitié. J'ai eu d'autres questions de base auxquelles je n'ai pas répondu. J'ai eu une question sur expliquer le principe de fonctionnement du multivibrateur astable (oscillateur à relaxation). J'y ai répondu. Les expériences présentées : pont de Wien, multivibrateur astable, mouvement collé-glissé, et oscillateur à quartz.

### Agrégation 2013 - Note : 07/20

Précision du fréquencesmètre au Hz ? Condition sur le temps de moyennage comparé à la fréquence du signal ? Quelle est la différence entre le multivibrateur astable et le l'oscillateur de Wien ? Est-ce qu'on respecte vraiment le critère de Barkhausen lorsqu'il y a oscillation ? Intérêt d'un oscillateur auto-entretenu ?

## MP28 : Instabilités et phénomènes non-linéaires.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Ce montage ne peut pas se limiter à étudier le non isochronisme des oscillations du pendule pesant.

**2014, 2015, 2016** : Il s'agit de bien d'illustrer quelques caractéristiques des systèmes non-linéaires, de préférence dans différents domaines de la physique. Selon le (ou les) système(s) choisi(s) pour illustrer ce montage, on peut penser à la pluralité des positions d'équilibre, au phénomène de bifurcation, à l'enrichissement spectral, au ralentissement critique ...

**2010, 2013** : Il s'agit de bien illustrer quelques caractéristiques des systèmes non linéaires : pluralité des positions d'équilibre, bifurcation, caractérisation des non linéarités, enrichissement spectral, doublement de période, ralentissement critique..., en fonction du ou des système(s) choisi(s) pour illustrer ce montage.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2014 - Note : 13/20

On n'a pas forcément le matos que l'on veut. Typiquement je n'ai pas eu le pendule grand angle de Lyon et j'ai eu celui de l'université Paul Sabatier (pas de notice, et il faut pas mal bricoler), alimentations continues de Montrouge (elles ne font que de 1V en 1V et quand elle affiche 2V, elle débite en gros 1,6V, elles se bloquent assez souvent et arrêtent de débiter ...). Les métronomes de Cachan sont mieux que ceux de Lyon pour le couplage non linéaire. Il faut contrôler tout le matériel, j'avais une porte logique qui ne marchait pas, une décade de capa pas du tout à la valeur affichée et une décade de résistance avec un faux contact. Il faut contrôler ce que font les techniciens, le formule de Borda ne marchait pas parce qu'un technicien comptait mal les périodes<sup>4</sup> : il commençait à 1 au lieu de zéro donc il comptait 9 périodes au lieu de 10. Je m'en suis rendu compte pendant les questions.

- Le temps de propagation est-il négligeable dans l'oscillateur à porte logique ? Ordre de grandeur ? Pourquoi avez-vous une valeur inférieure à la valeur de la notice de la porte ?
- Vous avez mesuré le nombre de bits de l'ocillo et de la carte d'acquisition n'y a-t-il pas un autre phénomène de quantification que la quantification en valeur ? Nombre de bits sur un voltmètre ? Quel type de CAN dans les divers appareils ?
- La formule de propagation des incertitudes est établie pour les écarts types, vous l'avez utilisé pour des incertitudes étendues avez vous le droit ? Dans vos incertitudes de type A, pourquoi ajuster par une loi normale ? Vous avez souvent parlé de  $\chi^2$ , définition ? Comment s'en servir pour voir si des élèves trafiquent les résultats ?
- Pouvez vous réexpliquer le portrait de phase du pendule ? Vous avez montré l'influence de frottement fluide et de frottement solides, à quoi le relier ? Pourquoi tracer un portrait de phase fermé au tableau ? En quoi le facteur de qualité dépend du type de frottement ?

4. Rappelons que le candidat est seul responsable de ce qu'il présente, et que les techniciens ne font que ce qu'on leur demande sans prendre aucune initiative. Dans le cas présent, il ne fallait pas hésiter à dire au technicien « premier passage : comptez zéro ».

- Comment fonctionne le capteur du pendule ? (J'ai dit que je ne connaissais pas le pendule et qu'il n'y avait pas de notice et que ça devait être un potentiomètre dans un pont diviseur, ils n'ont pas aimé que je ne connaisse pas le matériel que j'utilise). Pourquoi y a-t-il un tel offset ? Comment s'en affranchir ? Comment est fait le circuit de conditionnement ? Vous polarisez par 5V sans savoir si le conditionnement supporte 5V ? Vous êtes sûr qu'il n'y a pas un couplage AC sur la carte d'acquisition ? Ne pouvait-on pas tracer le portrait de phase avec l'oscillo ? Vous êtes sûr que l'on ne peut pas afficher les fonctions math en mode XY ?
- Comment expliquer que vos mesures de pulsation du pendule ne coïncident pas ? J'ai expliqué que ça a été fait par deux techniciens différents et ils n'ont pas du tout, du tout aimé que je dise ça, ça m'a coûté pas mal de points selon ce qu'ils m'ont dit pendant les confessions. À ne pas faire<sup>5</sup>.
- Vous utilisez des boîtiers d'alimentation pour Van der Pol, y'a quoi dedans ? Vous pensez que l'on redresse le courant avec quel type de composant ? Dans quelle classe de fonctionnement ?
- Dans l'élément non linéaire, vous avez dit que les multiplieurs sont à l'origine de la non linéarité, ça fonctionne comment ? Condition sur la fréquence pour un fonctionnement en multiplieur ? Que fait-il au delà ? Tension max d'alimentation ? Vous pensez vraiment que l'on somme les signaux et qu'on les envoie sur une diode pour les multiplier ?
- Vous avez dit que le couplage non linéaire permet un échange d'énergie entre les modes, les métronomes sont-ils identiques ? On entend des battements -> ils ne le sont pas, synchronisation d'oscillateur avec un certain désaccord. Quelle est la variable pertinente pour la mesure du désaccord ?

## MP29 : Ondes : propagation et conditions aux limites.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2015, 2016, 2017** : Ce montage est riche, car l'existence de conditions aux limites permet l'apparition de phénomènes aussi variés que la réflexion, la réfraction, la diffraction, les interférences... Dans ce contexte, on veillera à bien distinguer ondes stationnaires et ondes stationnaires résonantes. Notons enfin que la notion d'impédance caractéristique n'est pas limitée au câble coaxial. Enfin, la détermination de la fréquence de résonance de la corde de Melde à l'aide d'un stroboscope n'a pas de sens quand la corde est utilisée avec un générateur basse fréquence muni d'un fréquencemètre avec cinq digits.

**2014** : Ce montage est riche car l'existence de conditions aux limites permet l'apparition de phénomènes aussi variés que la réflexion, la réfraction, la diffraction, les interférences... Dans ce contexte, on veillera à bien distinguer ondes stationnaires et ondes stationnaires résonantes. Notons enfin que la notion d'impédance caractéristique n'est pas limitée au câble coaxial.

**2010 à 2013** : L'existence de conditions aux limites permet aussi l'apparition de phénomènes de réflexion, réfraction, diffraction, interférence, propagation guidée... La notion d'impédance caractéristique n'est pas limitée au câble coaxial.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2015 - Note : 10/20

Les expériences choisies étaient la mesure du son par émetteur et récepteur ultrasonores, corde de Merde, relation de dispersion des ondes gravito-capillaires, banc hyperfréquences (relation de dispersion et taux d'ondes stationnaires). En pratique je n'ai pas pu présenter les émetteurs/récepteurs ultrasonores, ni le TOS du banc hyperfréquences.

En effet attention : Les émetteurs et récepteurs ultrasonores fonctionnent à partir de 40kHz, ce que j'avais oublié, l'agrégé préparateur m'a indiqué qu'il fallait que je regarde la notice, j'ai donc laissé la manip de côté et n'ai eu le temps d'y revenir faute de temps. Pour le banc hyperfréquence, étant le premier candidat à l'utiliser j'ai dû le monter moi-même, il n'a ensuite pas été démonté pour les autres candidats. Il faut savoir qu'il faut mettre une intensité assez importante pour pouvoir observer un signal ! Malheureusement, ma technicienne ne connaissait pas la manip', et avait eu un soucis de lecture du vernier, donc je n'ai pu réaliser le TOS. Pendant ce temps, je suis parti exploiter les résultats des ondes gravito-capillaires.

Après discussion avec le jury, ils m'ont dit que 2 ou 3 manips bien comprises et exploitées était ce qui était attendu, et qu'initialement je parlais avec trop d'expériences. Ils ont apprécié que je traite le sujet en présentant les différents aspects du sujets (stationnaires, progressives) mais ont jugé l'exploitation des résultats pas assez poussée, la présentation du banc hyperfréquence floue et le geste expérimental pas assez sûr, d'où la note de 10. Les questions ont porté sur le rôle du poids dans la corde de Melde, la notion de stationnarité et de propagation, le principe de la cuve à onde (expliquer la figure, le grandissement,...), la longueur capillaire, les modes dans le banc hyperfréquence et le principe de la mesure.

5. cf. footnote précédente ...

**Agrégation 2016 - Note : 16/20**

C'est le montage sur lequel je suis passée pendant l'année donc j'ai fait globalement le même plan. La préparation s'est bien passée même si c'était un peu speed. J'ai du monter le banc hyperfréquence mais les techniciens m'ont fait les mesures répétitives dessus. Commentaire du jury : ils ont appréciés le fait qu'il y avait beaucoup de manip (4) et de régressions linéaires (3). J'ai perdu mes points car parfois je ne maîtrisais pas les protocoles et aussi car je n'ai pas su répondre à des questions sur le fonctionnement du banc (il faut être calé dessus)

Questions : Manip ultrasons Pourquoi le signal du récepteur est déformé alors que l'on envoie un beau signal (burst) dans l'émetteur ? Pourquoi le signal envoyé par l'émetteur n'est pas déformé sur l'oscilloscope ? Pourquoi a-t-on une ordonnée à l'origine ? Des remarques sur les chiffres significatifs je j'avais mal exprimé mais que j'ai pu corriger. De quelle vitesse on parle ? Quel ODG pour le facteur de qualité du piézoélectrique ? A quel caractéristique du piézo on peut remonter en étudiant le signal reçu par le récepteur ?

Corde de Melde Aucune question

Manip banc hyperfréquence dispersion On a rediscuté des incertitudes car Regressi me donnait une célérité des ondes EM de  $3.108 \pm 5.108$  alors que mes barres d'incertitudes ne semblaient pas aberrantes. Le jury n'avait pas l'air de comprendre non plus d'où ça venait... Ils m'ont fait retrouver la valeur de  $c$  par le calcul en utilisant l'ordonnée à l'origine cette fois et pas la pente.

Manip banc hyperfréquence atténuation Que signifient  $A_1$  et  $A_2$  dans la définition du ROS ? Comment fonctionne l'atténuateur ? Et l'ondemètre ? Réexpliquer comment on fait la correspondance vernier/atténuateur.

**Agrégation 2015 - Note : 10/20 - choix avec Effets capacitifs.**

Les manip montées étaient bien (Descartes, banc HF en stationnaire + en cavité FP ; télémétrie acoustique et câble coax non présentés), leur interprétation et le discours autour désastreux. Des erreurs de puissance et de facteur 2 m'ont empêché de remonter aux bons coefficients avant les questions. Mon discours et mes réponses aux questions étaient emplies d'erreurs plus qu'inadmissibles, la note n'a pourtant pas été si cruelle : cela montre selon moi que bien monter les manip peut être salvateur.

Questions : Quel type d'onde a-t-on en sortie du banc hyper-fréquence ? Pouvez-vous estimer le facteur de qualité de votre cavité Fabry-Pérot ? Vous semblez obtenir des sinus sur l'oscillo, est-ce normal ? Qu'attendriez-vous ? Retour pour me faire comprendre l'erreur de facteur 2, et l'erreur de puissance. Pouvez-vous estimer l'ordre de grandeur du temps que vous attendez pour la télémétrie acoustique ? D'où vient la formule de propagation guidée ? Est-ce la même que celle de propagation libre ? Y a-t-il une seule ou plusieurs ondes en sortie et à l'intérieur du banc ?

**Agrégation 2013 - Note : 20/20**

Le jury m'a questionné dans l'ordre sur les manip que j'ai présenté. Sur la corde de Melde il est revenu sur ce que l'on devait voir avec le stroboscope, et ce qui se passait en dehors de la résonance (notamment est-ce que la corde est fixe ou pas avec le stroboscope en dehors de la résonance). Sur le câble coaxial on m'a demandé comment expliquer la déformation du signal ; en fait n'ayant pas utilisé de câble coaxial entre le GBF et la bobine de câble j'avais des réflexions parasites. Sur le banc hyperfréquence ils sont revenus sur l'antenne qui permet la mesure et sur sa réponse (attention elle n'est pas quadratique). Sur le mode transmis par le banc l'orientation du champ  $\vec{E}$  dans le guide et si la fente qui permet à l'antenne de bouger avait un rôle sur la propagation de l'OEM (on peut d'ailleurs imaginer que seul le mode  $TE_1$  se propage ce qui explique que le banc hyperfréquence transmet qu'une étendue limitée de fréquence). Sur le diagramme de rayonnement ils m'ont demandé si on pouvait comparer les deux puissances (ce que l'on ne peut pas faire à cause de la réponse inconnue de l'antenne de réception).

**MP30 : Acoustique.****Commentaires extraits des rapports de jury**

**2017** : Ce montage se limite souvent à la mesure de la célérité du son dans l'air et à l'étude du diapason. La propagation dans d'autres milieux que l'air est appréciée par le jury. L'utilisation de la représentation de Lissajous pour mettre en évidence les passages en phase n'est pas généralisée. L'utilisation d'émetteurs et récepteurs ultrasonores est répandue, mais leur principe de fonctionnement doit être connu. Par ailleurs, certains dispositifs commerciaux conduisent à des réflexions parasites qui perturbent les mesures. Le choix de dispositifs plus performants conduit à des mesures plus satisfaisantes.

**2014, 2015, 2016** : Les phénomènes de réflexion/transmission et d'impédance ont aussi leur place dans ce montage. En outre le jury apprécie qu'on ne se limite pas à la propagation dans l'air ni à une gamme de fréquences restreinte aux fréquences audibles. Le montage ne doit pas se limiter à des mesures de la célérité du

son. Signalons enfin que les mesures d'atténuation des ondes acoustiques dans l'air qui ont été proposées par les candidats, n'ont pas donné de résultats probants.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Ondes acoustiques*.

**2013** : Les phénomènes de réflexion/transmission et d'impédance ont aussi leur place dans ce montage. En outre le jury apprécie qu'on ne se limite pas à la propagation dans l'air ni à une gamme de fréquences restreinte aux fréquences audibles. Le montage ne doit pas se limiter à des mesures de la célérité du son.

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2018 - Note : 13/20- choix avec « Spectroscopie Optique »

J'ai axé la présentation sur mesurer la célérité des ondes sonores par différentes méthodes dans différents milieux. I/ Par mesure de temps de vol a) Dans l'air b) Dans l'eau. II/ Par exploitation d'une onde stationnaire. Tube de Kundt, variation de  $c$  avec  $T$  III/ par interférence : trombone de König J'ai aussi sorti le banc pour Doppler mais je ne l'ai pas monté.

La préparation s'est bien passée, les techniciens étaient compétents et sympathiques. Ils ont fait toutes les manipulations sauf le trombone que j'ai fait pendant qu'ils installaient le tube de Kundt. Ils ont eu du mal à bien le remplir d'eau sans laisser d'air, puis on s'est rendu compte qu'il fallait mettre le tube de sortie d'eau orienté vers le plafond. Une fois que j'ai eu fini de lancer la manipulation du tube de Kundt, le bain thermostaté s'est mis en panne, je pense que de l'eau est passée dans le boîtier de commande. Les techniciens l'ont alors changé ce qui m'a fait perdre un peu de temps mais j'ai pu finir à temps. Je n'ai pas trouvé de petit haut-parleur pour König, j'ai pris un gros ça marchait quand même. J'ai fait tous les traitements de données à la fin, c'était très juste niveau temps, et j'ai fini mon tableau lorsque le jury s'installait. Le passage s'est bien passé.

Questions : Comment marchent les émetteurs/récepteurs ultrason ? Différence dans l'eau/dans l'air ? Justifier les écarts valeurs tabulées/théoriques. Ils sont revenus sur une valeur mesurée que j'avais écrite fautive au tableau. Ils sont revenus sur la mesure de longueur d'onde dans le tube de Kundt que j'avais mal faite.

### Agrégation 2016 - Note : 12/20

La préparation s'est bien passée, les techniciens étaient très disponibles et ont réalisé plusieurs séries de mesures. Les quelques problèmes pendant la préparation sont venus notamment du tube de Kundt qui s'est débranché trois fois (donc salle un peu inondée et obligé de relancer l'expérience pour thermostatier le tube). J'ai présenté beaucoup de manipulations : trombone de Koëning, tube de Kundt, vitesse du son dans l'eau et dans le dural, battements avec les diapasons (et je n'ai pas eu le temps de faire l'adaptation d'impédance que je gardais en bonus pour la fin). Le montage s'est globalement bien passé, mais j'ai eu quelques problèmes au niveau de l'exploitation des données (erreurs assez importantes sur les célérités mesurées mais que je n'ai pas trouvées comment expliquer). La manipulation sur le tube de Kundt n'a pas très bien fonctionné, je me suis trompé dans la prise de points, et le tube n'était pas super bien thermostaté lors des mesures (à cause des débranchements réguliers). À noter que comme tout le matériel était encore en boîte, une fois les manipulations installées il ne reste déjà plus que 2h30 pour faire les manipulations et les exploiter ... Questions : pourquoi observe-t-on des interférences dans le trombone de Koëning ? Différence avec des battements ? En quoi est-ce un phénomène ondulatoire ? Fonctionnement du thermocouple utilisé dans le tube de Kundt ? En quoi le tube de Kundt est-il une cavité résonnante ? Le tube de Kundt et le trombone de Koëning sont-ils des guides d'ondes et quelles conséquences ça a / pourrait avoir ? Vitesse du son dans les matériaux (gaz, liquides, solides) ? Comment marche l'adaptation d'impédance ? Et aussi pas mal de questions sur le fonctionnement de LatisPro (incertitudes, modélisation, etc, auxquelles je n'ai pas su répondre !)

### Agrégation 2014 - Note : 17/20

Techniciens très compétents et disponibles. Très sympathiques et ça aide vraiment à gérer le stress et les imprévus (il a fallu monter entièrement le tube de Kundt)

1/ Mesure de la vitesse de propagation d'un clap : le jury a passé beaucoup de temps dessus notamment sur l'écart constaté avec la valeur tabulée (j'ai obtenu 354 m/s). Selon eux, cette manipulation doit rester qualitative à cause de la forme du signal d'un clap qui n'a pas un front montant très franc et induit une grosse erreur sur le temps. Préférer mesurer la vitesse avec émetteur/récepteur à ultrasons et déphasage.

2/ Battements acoustiques : j'ai préféré faire une FFT en soignant les hypothèses (échantillonnage et temps d'acquisition) ce qui a été apprécié. Mais le jury pense qu'il est préférable de mesurer la fréquence des battements puis des oscillations car on s'intéresse vraiment au phénomène ondulatoire ce qui n'est pas le cas de la FFT.

3/ Vitesses des ondes dans l'eau : j'ai utilisé le dispo de Cachan car je n'arrivais pas à faire fonctionner celui de Lyon. Leur dispo est bien plus précis et mieux monté. Questions sur la forme des signaux d'émission et de réception. Ils ont apprécié que je parle du piézoélectrique en disant que le créneau à l'émission est l'excitation

du piézo émetteur et non le signal émis par celui-ci (train d'ultrasons). Cela explique aussi la forme du signal reçu. Questions sur les spécificités de la propagation dans les solides car ils ont vu la plaque de Dural que je n'ai pourtant pas utilisée.

4/ Tube de Kundt thermostaté : ils ont vraiment apprécié la manip avec variation de température. Questions sur la technique de mesure (résonance + longueur d'onde fixée + modification de la fréquence), la forme des ondes dans le tube, la qualité du thermostat et des conditions limites

5/ Impédance acoustique : j'ai fait la manip avec le buzzer et le sonomètre. Ils ont dit qu'il était important d'expliquer qu'il y a baisse d'intensité perçue à la fois à cause de l'air intérieur raréfié (ce que montre le sonomètre) et du changement d'impédance. Je n'avais parlé que d'impédance. La mesure avec sonomètre dedans puis dehors est à exclure (je ne l'ai pas faite mais d'autres si) car selon eux, pas pertinente car le vide et l'impédance ne sont pas découplés.

### **Agrégation 2014 - Note : 05/20 - choix avec « Induction, auto-induction »**

Les questions ont principalement porté sur les expériences qui n'ont pas marché et sur mes erreurs d'interprétations. Il y a eu des questions sur les battements acoustiques, comment minimiser l'incertitude sur la mesure de la demi-période, comment gérer les incertitudes sur la mesure de la célérité dans l'eau, pourquoi la mesure de la célérité dans l'air n'a pas fonctionné, retour sur la cloche à vide avec le buzzer à l'intérieur. Au final, le montage s'est assez mal passé, la note est justifiée. Mais les techniciens ont été super avec moi !

## **MP31 : Résonance.**

### **Commentaires extraits des rapports de jury**

**2014 à 2017** : Le lien qui existe entre la largeur de la résonance d'un oscillateur et la durée du régime transitoire est souvent ignoré par les candidats. Des phénomènes non linéaires ou paramétriques pourraient également être abordés.

**2010 et 2013** : Les phénomènes non linéaires, paramétriques pourraient aussi être abordés. Les critères de détermination expérimentale de la fréquence de résonance ne sont pas toujours pertinents. Le rapport entre la largeur de la résonance et la durée du transitoire est trop souvent ignoré.

### **Retour des années précédentes**

#### **Agrégation 2017 - Note : 20/20 - Choix avec « Milieux magnétiques »**

Lors du tirage, j'ai hésité puis finalement opté pour le MP31 sur lequel j'étais tombé pendant l'année, même si les manipulations ne marchent pas toujours. Mon plan était classique sur le début, un peu plus original pour terminer : Circuit RLC (résonance en intensité), tube de Kundt (tracé des fréquences de résonance en fonction de l'ordre et relation de dispersion), modes d'un LASER à la cavité d'analyse Fabry-Pérot, et enfin résonance paramétrique du RLC (cf BUP). La préparation a été rapide, le temps d'aller chercher le matériel et d'installer, il ne reste que trois heures. Heureusement que les techniciens étaient là pour faire des aller-retours dans la collection, et prendre des points, des amours en bref, et en plus compétents. J'ai eu fini de préparer 30 secondes avant que le jury ne rentre dans la salle. La préparation a été rapide, mais j'ai eu le temps de montrer à peu près tout ce que je voulais, sans pour autant pouvoir entièrement exploiter la dernière expérience. Le jury était très gentil, l'une des membres est venu tenir le tableau blanc pour projeter mes courbes expérimentales tandis qu'un autre a même été chercher le Handbook au fond de la salle et me l'a ouvert à la page où était tabulée la célérité des ondes acoustiques dans l'air. Malheureusement, toutes mes valeurs de paramètres sont tombées à côté des valeurs attendues, et je n'avais pas vraiment d'explication. Ils n'en ont pas reparlé pendant les questions.

Questions posées :

Pour le circuit RLC : Pourquoi avoir mis un suiveur après le GBF pour la résonance du RLC ? Quelles sont les limitations de l'AO ? Que de la saturation en tension ? Comment êtes-vous sûr que l'AO ne sature pas ? Quelle est l'impédance de sortie du GBF ? Pourquoi cette valeur ? Quelle est l'impédance de sortie de l'AO ? Plutôt 10 Ohms ou 100 Ohms ? (J'avais donné cette fourchette, ils m'ont demandé de préciser). Vous avez changé la valeur de la résistance du circuit, cela change-t-il la valeur de la fréquence de résonance ? Est-ce toujours le cas ? Quelle est le principe du RLC-mètre ? Pourquoi avoir pris comme incertitude la dispersion entre les valeurs données à 120Hz et 1kHz par l'appareil alors que votre fréquence de résonance est autour de 1kHz ? (Effectivement... Je l'avais senti venir celle-là au moment où j'en ai parlé pendant la préparation... Après j'ai dit qu'on était plus résolu à 120Hz...)

Pour le tube de Kundt : Pourquoi n'a-t-on pas un nœud de vitesse au niveau du bouchon du tube de Kundt ? Ne doit-on se préoccuper que de l'impédance terminale ? Que se passe-t-il en termes d'impédance au niveau du

HP ? L'existence d'une fréquence de coupure (modes cylindriques) est-elle compatible avec ce que vous avez dit, à savoir l'existence d'un nombre infini de modes propres ? Quelle est l'allure de ces modes cylindriques au-delà de la fréquence de coupure ? Les modes que vous mesurez pour des fréquences inférieures à la fréquence de coupure existent-ils encore après ? Quel est le type de micro utilisé ? Comment fonctionne-t-il ? Que mesure-t-il ?

Pour le LASER : Que signifie cavité confocale ? Pourquoi faire une cavité confocale alors que c'est plus simple de faire une cavité à miroirs plans ? (J'ai parlé du facteur 2 dans la condition d'accord de phase, mais le jury m'a fait deviner que c'était surtout une question d'une sensibilité moins grande au parallélisme des rayons avec l'axe optique) Pourquoi avoir choisi le LASER He-Ne ? Qu'est-ce qui limite sa longueur de cohérence ? Est-il polarisé ? Si vous mettez le LASER pile face à la cavité Fabry-Pérot, que voyez-vous (un seul mode), pourquoi ? (J'ai tenté de parler de fenêtre à l'incidence de Brewster et de réflexion, et de retour de l'onde dans le LASER) Pourquoi est-ce gênant que l'onde retourne dans le LASER ? Qu'est-ce qui détermine le nombre de modes du LASER ? (L'un des jurys semblait beaucoup aimer les LASERS...)

Aux confessions, les jurés m'ont dit qu'ils avaient été satisfaits, et que j'avais eu de la chance pour l'expérience avec le Fabry-Pérot. En effet, j'ai réalisé l'expérience avec un petit LASER He-Ne avec boîtier noir qui est polarisé, et normalement on ne doit observer qu'un seul mode de LASER. Ils ont alors tenté de m'expliquer d'où venait le second mode qu'on observait quand même, mais je n'ai pas bien compris. Néanmoins, la morale, c'est qu'il vaut mieux pour cette expérience utiliser le LASER rouge avec boîtier transparent.

Pour la résonance paramétrique : Que vouliez-vous faire avec vos données ? C'est vous qui avez fait le code ? Que fait-il ? Pouvez-vous nous montrer les résultats obtenus ? Pouvez-vous tracer les courbes s'il vous plaît ?

### **Agrégation 2015 - Note : 17/20**

La préparation a été un peu galère. J'ai monté un RLC : résonance en intensité (vérification  $w_0=1/\sqrt{LC}$ ), on retrouve la valeur de L, Bodes), puis en tension (Bodes, recherche du régime critique, montrer que  $\omega_r$  varie avec R), Résonance dans des cavités : Corde de Melde et Cavité Fabry Pérot : en faisant l'analogie entre les deux. Résonance à fort Q : résonance en optique entre deux lampes à sodium et (pas eu le temps) l'oscillateur à quartz. Pendant la préparation j'ai perdu une heure parce que le technicien n'avait pas du tout compris quand je lui ai expliqué comment chercher la résonance du RLC (quand je suis revenue vers lui il cherchait la résonance au MHz et avait confondu 10nF avec 100nF sur la boîte de capa. J'ai dit au prof préparateur que c'était de ma faute car j'avais mal expliqué sûrement mais le technicien s'est fait un peu engueulé du coup pour les 3 dernières heures j'étais seule avec une technicienne mais elle était formidable et m'a permis de rattraper le retard. Je n'avais pas monté tout ce que je voulais mais cela m'a laissé plus de temps de présentation pour expliquer ce que je faisais et faire le lien entre les expériences et le phénomène de résonance.

Comme je n'ai pas eu le temps de finir sur la cavité confocale ils m'ont demandé de finir pour que je puisse mener l'analogie avec la corde de Melde. J'ai donc pu expliquer tout ce que je voulais. Puis quelques questions sur la corde de Melde, pourquoi il y a des modes, oscillations libres et décomposition en série de Fourier.

### **Agrégation 2015 - Note : 20/20 - choix avec *Induction, auto-induction.***

La préparation s'est très bien passée. Les techniciens étaient très disponibles et sympathiques. Ils m'ont fait plusieurs séries de mesures répétitives sans rechigner. Ils m'ont même appelé quand la mesure devenait problématique ou pour me proposer une méthode plus précise. J'ai eu le droit à tout le matériel que je voulais sans problème.

Questions : Diagramme de bode du RLC : pourquoi la courbe théorique tracée au tableau ne correspond-elle pas à celle tracée expérimentalement (j'avais tracé le cas d'un système avec un haut facteur de qualité, ce qui n'est pas le cas du RLC). Que vaut la tension aux bornes de la résistance à la résonance ? Interprétation physique ? Sur plusieurs droites tracées au cours du montage : qu'est-ce que l'écart-type avec le modèle donné par Regressi ? Comment le calcule-t-on ? À quoi le comparer pour valider/infirmer un modèle ? (je n'en avais même pas parlé au cours du montage, Regressi l'affiche automatiquement si on ne lui demande pas de le masquer) Méthode de Lissajous pour la résonance : pourquoi il n'y a qu'une demi-ellipse à l'écran de l'oscillo et pas l'ellipse entière ? Oscillateur à quartz : est-ce qu'on caractérise le quartz seul ou tout le circuit qui va autour ? Pourquoi fait-on ce circuit (avec deux capas) et pas un autre, par exemple avec des résistances ? Pourquoi la mesure est-elle bruitée (utilisation de sondes à oscillo, branchement sale) ? L'amplitude du signal d'ENTRÉE varie avec la fréquence, pourquoi ? Ça pose un problème ? (oui pour calculer la bande passante, on ne peut se contenter de faire sortie/sqrt(2), il faut faire le bode) Diapason : qu'est-ce qu'on caractérise en mesurant ce facteur de qualité ? (diapason + caisse de résonance) À quoi sert la caisse ? À quel résultat s'attendrait-on si on caractérisait le diapason seul ?

### **Agrégation 2014 - Note : 18/20**

(1) RLC en régime forcé. Tracer le diagramme de Bode. Expliquer la méthode de Lissajous. Calcul du facteur de qualité. Incertitudes. Ils ont eu très peu de questions. Aux commentaires ils m'ont dit que c'était propre et très

bien fait. — (2) Quatre oscillateurs couplés. J'ai tracé la relation de dispersion (en en bloquant certains). Les questions ont porté sur le facteur de qualité, son interprétation temporelle. D'où venait la valeur, est-elle grande ou petite, du coup le régime permanent on l'attend rapidement ou dans très longtemps. — (3) Cavity FP avec le Banc Hyperfréquence et cavité de mesure du banc hyper fréquence : j'ai tracé la relation de dispersion dans l'air pour remonter à la vitesse de la lumière dans l'air. Ils ont aimé. Ils m'ont demandé encore le facteur de qualité des deux cavités. Relier à la finesse d'un FP. Sur le signal en sortie, ils m'ont demandé est-ce que c'est plutôt un signal de Michelson ou de Fabry-Perot.

### Agrégation 2013 - Note : 16/20

Définition de la résonance, d'un oscillateur paramétrique (j'avais fait mon intro avec la balançoire :) Comment marche une montre ? (J'avais présenté le quartz) Pourquoi choisit-on un cristal de très haute fréquence ? (Pour économiser l'énergie de la pile) Expliquer l'incertitude sur la transformée de Fourier. Ne pas oublier que sur la corde de Melde les effets non linéaires peuvent introduire de la dispersion.

## MP32 : Couplage des oscillateurs.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2014 à 2017** : Les pendules utilisés dans le cadre de ce montage sont souvent loin d'être des pendules simples, et les candidats doivent en tirer les conclusions qui s'imposent. Les expériences de couplage inductif sont souvent difficiles à exploiter car les candidats ne maîtrisent pas la valeur de la constante de couplage. Enfin, il n'est pas interdit d'utiliser plus de deux oscillateurs dans ce montage, ou d'envisager des couplages non linéaires, qui conduisent à des phénomènes nouveaux comme l'accrochage de fréquence, et ont de nombreuses applications.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Oscillateurs couplés*

**2013** : Les pendules utilisés dans le cadre de ce montage sont souvent loin d'être des pendules simples. Enfin, les couplages non linéaires conduisent à des phénomènes nouveaux comme l'accrochage de fréquence, qui ont de nombreuses applications.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2015 - Note : 17/20

Mon binôme avait préparé ce montage durant l'année donc j'y suis allé peut-être un peu trop tranquillement. Toutes mes manip' marchaient mais je n'avais pas eu le temps de faire toutes les exploitations en préparation. J'ai dû un peu improviser si bien que j'étais souvent peu clair. J'ai précisé durant le montage que le pendule avait été un peu malmené, que les techniciens avaient dû réparer les capteurs d'angles pendant ma préparation et que la constante de raideur n'était plus comparable avec la valeur tabulée. Je cite l'un des membres du jury lors des questions : « Vous avez dit que comme le matériel était détérioré après le passage de vos camarades, il n'était pas possible de comparer la constante de raideur à quoique ce soit ... » Je ne sais pas si c'était un piège ou si on pouvait réellement penser ça mais, en tout cas, j'ai rectifié le tir dès que j'ai pu. J'ai bien insisté sur la différence entre mode et résonance, le cas de l'anti-résonance, la différence entre excitation asymétrique et mode anti-symétrique, la différence entre couplage élastique/capacitif et inertiel/inductif... En résumé, j'ai perdu pas mal de temps à faire de la pédagogie au lieu de faire d'autres mesures quantitatives. Je ne sais pas si cela a été un bon choix.

J'ai sorti l'analyseur de spectre et ils ne m'ont posé aucune question dessus.

Les techniciens étaient vraiment très sympa, j'ai failli oublier l'entretien avec le directeur en discutant avec eux après mon montage.

Questions : Comment fonctionne Vidéocom ? Qu'est-ce qu'un capteur CCD ? Qu'est-ce qui détermine les modes de vibrations des quatre masses couplées ? Quelle est l'incertitude du voltmètre ? Comment fonctionne le RLC-mètre ? Comment obtenir facilement la constante de raideur du fil de torsion ? et de manière théorique (moins facilement) ? Ils sont revenus sur la courbe de dispersion des 4 masses couplées. J'avais fait un ajustement avec des coefficients qui aurait dû être égaux à 1 dans un cas idéal. Manifestement ils auraient préféré une comparaison à la droite théorique. Différence entre réponse impulsionnelle et indicelle ? Énoncer le critère de Shannon ? Pourquoi convoluer avec une fenêtre de Hamming plutôt qu'avec une porte ? Quelle est la résolution d'une TF ? Quel est l'intérêt de régler le centre de gravité des barres des pendules couplés sur l'axe de rotation ?

#### Agrégation 2013 - Note : 08/20

Comment accorder les deux pendules couplés en fréquence ? Qu'est-ce qui limite la résolution de la TF effectuée ? Existe-t-il d'autres types de couplages que le couplage élastique et inertiel ? Connaissez-vous des

systèmes physiques associés ? A quel type de frottement est soumis le système ? Comment le déduire à partir du signal temporel ? Quelle est l'influence du frottement sur la FFT ? Quantitativement ? Pourquoi avoir équilibré le pendule à vide ? Comment estimer l'influence du fait que le centre de gravité ne soit pas rigoureusement au niveau du centre de la masse du pendule ? Quantitativement, influence sur la détermination des paramètres ? Est-ce que le coefficient d'inductance mutuelle  $M$  aurait pu être déterminé à n'importe quelle fréquence ?

## MP33 : Régimes transitoires.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2013 à 2017** : Il existe des régimes transitoires dans plusieurs domaines de la physique et pas uniquement en électricité ; de même, l'établissement de régimes forcés peut conduire à une physique bien plus variée que le retour à une situation d'équilibre. Par ailleurs, bien que le régime transitoire des systèmes linéaires, évoluant en régime de réponse indicielle, puisse parfois se ramener à l'étude d'un circuit RC, la simple mesure du temps de réponse d'un tel circuit ne caractérise pas l'ensemble des propriétés des régimes transitoires. Enfin, varier les échelles de temps dans la présentation serait appréciable.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2017 - Note : ?

Les manip (RLC, temps de réponse d'une photodiode, diffusion eau glycérol et Rûchardt) ont toutes très bien marché, les techniciens n'étaient pas toujours très au courant mais fort sympathiques et volontaires. J'ai été incapable de retrouver la biblio pour la diffusion et l'interprétation a donc été assez médiocre.

Questions posées : - Votre GBF il a pas une résistance interne ? Est-ce légitime de la négliger ? Elle vaut combien ? Pourquoi elle vaut ça du coup ? - Donner d'autres interprétations du facteur de qualité - La diffusivité dépend de la concentration ? - Pourquoi utiliser le mélange eau-glycérol 50/50 ? - A quoi correspond la distance de la loi d'échelle de diffusion dans cette expérience alors que c'est le gradient de concentration qui détermine ce qu'on voit ? - Comment être sûr qu'on caractérise bien la photorésistance et pas la lampe ? - Autre possibilité de suivi pour Ruchardt ? Légitime de suivre la pression ? Comment décider ? Parler du caractère transitoire de ce régime, évaluer son facteur de qualité - Est-il bien légitime de présenter l'expérience de Rûchardt dans ce montage alors que son exploitation assimile le régime transitoire à un régime permanent ?

## MP34 : Phénomènes de transport.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2015, 2016, 2017** : Des transports autres que diffusifs peuvent faire l'objet de ce montage. Lors de la mesure du coefficient de diffusion du glycérol, par la déviation d'une nappe laser, les candidats doivent être à même d'expliquer précisément la nature de l'image observée sur l'écran et son origine physique.

**2014** : Des transports autres que diffusifs peuvent faire l'objet de ce montage.

**2010, 2011, 2013** : Le choix des expériences doit veiller à souligner l'aspect transport. Il existe d'autres phénomènes de transport que ceux régis par une équation de type  $j = \alpha \text{grad}V$ .

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2017 - Note : 13/20 - choix avec *Matériaux semi-conducteurs*

Une catastrophe. J'ai sorti trop de matériel et j'ai fini par décider au dernier moment ce que j'allai présenter. J'ai eu beaucoup de problèmes idiots qui m'ont retardés (alimentation Kepcom de la barre de Cu qui sort un signal absolument pas sinusoïdal, bain thermostaté pour la conductivité élec du Cu qui ne voulait pas se stabiliser à la bonne température, probablement à cause de la chaleur dans la pièce)... Et j'ai oublié de brancher la masse des capteurs de la barre de Cu sur la plaquette d'acquisition, chose que j'avais déjà faite au cours de l'année... Je ne retrouvai pas non plus le BUP qu'il me fallait pour le transport radiatif et j'ai donc fini par abandonner et changer de manip dans le dernier quart d'heure. Je n'ai donc pas eu le temps de bien préparer les calculs et les calculs d'incertitude et c'était du direct pendant la leçon... J'ai honte de ce que j'ai présenté...

Note obtenue : 13/20. Je ne comprends tout simplement pas cette note. Je m'attendais à 3 maximum. La seule explication que j'ai est qu'ils ont vu que la chaleur dans la salle m'a bien handicapé. Je ne suis pas allé aux confessions (passage en 1ère semaine) donc le mystère reste entier.

Questions posées :

Conductivité thermique du Cuivre : fonctionnement des capteurs ? intérêt des ventilateurs et ventirads sur les côtés ? pourquoi calorifuger les bords de la barre ?

Conductivité électrique du Cuivre : dimensions de la bobine ? Comment avez-vous calculé la section et la longueur (j'avais évidemment fait une erreur) ? Quel type d'incertitude avez-vous calculé ? Comment fonctionne la régression linéaire de régressi ? Comment voir si la régression est "bonne" ou pas ? C'est quoi le Chi2 ?

Viscosimètre à bille avec huile Rotitherm : quel est le rapport avec les phénomènes de transport ? La formule de la traînée est-elle toujours valable ? Condition sur l'écoulement, les dimensions caractéristiques, la distance au bords ? Comment avez-vous placé les marques pour la longueur de chute de la bille ? Vous avez fait 10 mesures de chute de bille pour chacune des billes, pourquoi ?

## MP35 : Moteurs.

### Commentaires extraits des rapports de jury

**2017** : Ce montage a été présenté plusieurs fois lors de cette session et a conduit à plusieurs prestations de bonne qualité. Le jury a apprécié la présentation quantitative d'un moteur de Stirling. Néanmoins, il est important que les candidats, face à un moteur, soient à même d'expliquer pourquoi il tourne.

**2015, 2016** : Ce montage a été présenté plusieurs fois lors de cette session et a conduit à plusieurs prestations de bonne qualité. Nous rappelons que les moteurs thermiques font partie des dispositifs qui peuvent être présentés dans ce montage.

**2014** : Le nouveau montage n'a été choisi par aucun candidat cette année. Il est toutefois maintenu pour la session 2015 compte tenu de la grande richesse et de l'importance industrielle de la physique des moteurs, en particulier des moteurs thermiques.

**2013** : Moteurs électriques et thermodynamiques entrent dans le cadre de ce montage.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Conversion de puissance électrique-mécanique.*

**2010, 2013** : Comme pour le montage 21 (Conversion de puissance électrique-électrique, désormais Production et conversion d'énergie électrique.), la notion de point de fonctionnement nominal est importante. D'autre part, les modèles utilisés pour décrire les convertisseurs sont souvent trop simplifiés. Il faut être capable d'interpréter l'écart entre le système idéal et le système réel.

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2015 - Note : 14/20

Plan : le même que dans l'année. La courroie du moteur Stirling n'arrêtait pas de tomber, du coup je n'ai pas pu tracer une courbe correcte pour la puissance en fonction du couple. La MCC marchait bien, mais pour l'étude mécanique, j'ai oublié de remettre systématiquement la tension d'induit à 110V lorsque je faisais varier le courant dans la génératrice. Je m'en suis rendue compte en faisant la manip devant eux, du coup les résultats numériques et le rendement étaient faussés. Pour la présentation des moteurs synchrones et asynchrones, j'ai utilisé l'onduleur d'une autre prépa, qui faisait des sautes de tension à l'allumage, ce qui fait que les ferro dans les bobines étaient projetés les uns contre les autres (donc il fallait bien penser à les enlever avant d'alimenter le circuit). En plus, l'affichage de la fréquence de l'onduleur ne marchait pas, du coup impossible de montrer la propriété des machines synchrones avec un stroboscope. Les techniciens étaient par contre très sympa, aucun souci de ce côté là.

Questions : Comment fonctionnent les capteurs de pression / volume du moteur de stirling ? Ordre de grandeur du travail ? (j'avais obtenu trois ordres de grandeur en dessous et je n'ai pas réussi à savoir d'où venait le problème). Ordre de grandeur du rendement théorique de carnot ? Pour la MCC, ordre de grandeur du couple résistant ? Ordre de grandeur du rendement d'une MCC (j'avais là aussi un mauvais résultat, de l'ordre de 1% au lieu de 75%...) Fonctionnement du couplemètre ?

Je suis ressortie persuadée d'avoir complètement raté le montage. Lors des confessions, ils m'ont dit que certes, les valeurs numériques étaient à peu près toutes fausses mais on voyait que je maîtrisais le matériel et ce que je voulais en faire, que je maîtrisais aussi l'outil informatique et que j'avais toujours bien expliqué ce que je voulais faire et bien discuté mes résultats, et que c'était ça qu'ils cherchaient. Le fait que j'ai pris moteur, montage qui est pris rarement, a aussi dû jouer en ma faveur.

## Manipulations improvisées

Pendant la discussion du montage de physique, le jury se réserve le droit de poser une manipulation surprise que le/la candidat(e) doit discuter et faire en direct avec le matériel proposé. On rassemble ici les retours de l'ensemble des candidats qui ont eu le droit à cette épreuve :

- Mettez en évidence un régime transitoire.
- Mesurez la viscosité d'un liquide. Vous avez des billes en métal, un palmer, une grosse éprouvette remplie dudit liquide, un chronomètre.
- Déterminer la capacité calorifique massique d'une masse.
- Déterminer la taille des spores de lycopodes.
- Câble le montage de votre choix avec un amplificateur opérationnel. Limite de l'AO et de votre montage ?
- Mettre en évidence les battements entre deux diapasons.
- Comment illustrer à des élèves le contenu spectral d'un signal créneau ?
- Mesure du coefficient de frottement d'un patin.
- Mesure du moment d'inertie d'un pendule.
- Mesure d'une distance focale (lentille convergente ou divergente) par focométrie.
- Analyse spectrale du signal d'une flûte.
- Modéliser un œil myope et le corriger.
- Mesure d'une inductance mutuelle.
- Mesure de la vitesse d'une onde (n'importe laquelle, n'importe quel milieu).
- Mettre en évidence les caractéristiques de propagation dans un câble coaxial.
- Tracer le portrait de phase d'un pendule pesant
- Illustrer le principe d'un transformateur et mesurer une caractéristique.
- Loi de Malus.
- Facteur de qualité d'un diapason.
- Mesurer deux paramètres importants d'un petit transformateur.
- Acquisition du son d'un diapason sur ordinateur.

# Leçons de chimie

Le programme de chimie a été largement modifié à la session 2014. Nous n'avons donc pas inclus les commentaires et retours concernant les leçons des sessions 2013 et précédentes, que vous pouvez trouver dans l'édition 2014 du *Book*, et qui peuvent servir de source d'inspiration.

Le jury de chimie n'ayant pas jugé bon de produire des commentaires sur les différentes leçons, nous ne pouvons proposer que les retours des candidats des sessions 2014 à 2017. Le rapport 2017, que nous vous invitons à consulter, comporte néanmoins quelques remarques disciplinaires très intéressantes.

## LC01 : Séparations, purifications, contrôle de pureté (L)

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2018 - Note : 19/20

Préparation : j'étais très paniquée en tirant ce sujet car il est plein de manips et le gros écueil propre à cette leçon est de ne pas pouvoir tout boucler dans les temps ou bien de faire un exposé qui ne soit qu'une succession de manip sans intérêt. Mes techniciens étaient très sympa. Ils ont même recommencé pour moi une recristallisation que je n'avais pas su "faire fonctionner" du premier coup (il faut VRAIMENT frotter les parois pour initier la croissance des cristaux...). J'ai présenté la synthèse du paracétamol en parallèle de l'extraction de l'anéthol et simplement décrit les autres techniques au tableau ou sur transparent. Cela peut paraître long mais l'anéthol est vraiment rapide à faire en préparation, j'ai eu le temps de recommencer deux fois la synthèse du paracétamol..!

Questions posées : différence entre caractérisation et contrôle de pureté ? entre filtration et essorage ? entre lavage et extraction ? quels signaux attendez-vous en IR et RMN pour le paracétamol ? nommer le paraaminophénol en nomenclature officielle ? pourquoi les protons d'un cycle conjugué ont un déplacement chimique particulièrement fort ? Pourquoi un minimum de solvant ? Expliquer l'hydrodistillation avec un diagramme liquide vapeur à miscibilité nulle ? comment savoir quand il faut arrêter l'hydrodistillation ? Citer d'autres méthodes d'extraction ? Peut-on faire un vide infiniment poussé dans une fiole Büchner ? Si non, qu'est-ce qui limite ? Écrire le mécanisme de la synthèse du paracétamol ? Formule topologique de l'anéthol ? Que fait-on si les impuretés restent insolubles à chaud dans une recristallisation ? Qu'est-ce qui nous dit que les impuretés sont solubles en phase aqueuse ? Expliquer microscopiquement que l'eau et le dichlorométhane ne soient pas miscibles.

#### Agrégation 2016 - Note : 16/20

J'étais contente de piocher ce sujet. Mais il n'est pas aussi simple qu'il n'y paraît car il y a beaucoup de manip à faire en 4h ; J'ai décidé de faire le paracétamol (tiré du 100 manip) et l'ester de banane au micro ondes (tiré du JFLM). Préparation : très speed mais j'ai eu le temps de tout faire. Il faut être assez organisé et ne pas hésiter à solliciter les techniciens qui font beaucoup de choses. Retour du jury : Ils ont aimé ma pédagogie et mon dynamisme. Les points que j'ai perdu sont dus au fait que je n'ai pas assez manipulé devant eux (j'ai seulement montré le chauffage à reflux et une filtration). Ils auraient aimé voir une recristallisation ou un banc kofler)

Questions : Paracétamol Sans regarder vos notes, redessiner le paraaminophénol et l'anhydride acétique. Quel rôle joue chacun sur la réaction (électrophile, nucléophile) ? Pourquoi pour le paraaminophénol c'est l'amine qui réagit et pas l'alcool ? Pourquoi le paracétamol porte ce nom ? Pourquoi lors de la recri les impuretés sont solubles à froid et pas le produit ? Quelles sont les impuretés qu'on a dans le produit brut ? Pourquoi quand il y a des impuretés la T<sub>fus</sub> est inférieure à celle attendue ?

Ester de banane Quelle technique autre que IR pour caractériser un liquide ? Dessiner l'ester de banane. Combien a-t-il de signaux en RMN ? Multiplicité de chaque signal ? Peut-on chauffer n'importe quelle type de molécule dans le micro-onde ? Quelle propriété doit avoir la molécule ? Comment est le champ E en sorti du guide d'onde dans le micro-onde ? Pourquoi le chauffage au micro-onde est particulièrement intéressant dans cette synthèse ? (élimination de l'eau, on déplace l'équilibre) A quoi sert le lavage à l'eau ? Et celui au NaHCO<sub>3</sub> ? Ecrire

la réaction entre le  $\text{NaHCO}_3$  et l'acide acétique. Comment est la grandeur de la constante de cette réaction par rapport au  $K_a$  du couple acide acétique/ion éthanoate ?

### Agrégation 2016 - Note : 04/20

Les livres que j'utilisais pour cette LC n'ont pas été envoyés à l'agrégation, et j'ai été prévenue très tard et on m'a dit que les livres devaient y être quand même. Arrivée aux oraux, les livres n'étaient pas là. J'ai espéré ne pas tomber sur cette LC, et j'ai essayé d'apprendre ma leçon par cœur, mais arrivée devant ma feuille de préparation je ne me souvenais plus de l'éluant à utiliser pour la CCM. J'ai donc passée 1h30 à trouver d'autres manip et faire un autre plan. Comme cette LC est riche en manipulations de chimie organique, le temps a manqué en préparation. J'ai du faire les manipulations devant le jury, ce qui m'a pris du temps. Je n'ai pas eu le temps de présenter une recristallisation ni de parler de purification. Ma leçon a donc été très mauvaise. Dans le Drouin je n'ai pas trouvé l'éluant de la CCM pour la chalcone, j'ai improvisé devant le jury, en prenant un solvant polaire, ce qui ne pouvait pas fonctionner et la CCM était intraitable. Je me suis faite déchirer en questions.

Questions - la synthèse de la chalcone est de quel type ? aldolisation - simple ou croisée ? croisée - écrire le mécanisme en catalyse basique - c'est quoi une réaction équilibrée ? lien avec limitée/totale ? quel est le contraire de équilibrée ? mécanisme de l'estérification ? - quel éluant choisir pour la ccm de la chalcone ? pourquoi éthanol c'est une mauvaise idée ? - pourquoi avoir utilisé un Dean Stark ? signification de déplacer l'équilibre ? - devant un élève comment le convaincre avec une ccm que le produit est pur ? avec cette ccm là vous dites quoi à un élève ?

### Agrégation 2015 - Note : 04/20

De nombreux techniciens très gentils (qui mangeaient des tartines à la confiture pour le goûter !) Mes manip n'ont pas très bien marché : l'aspirine n'a précipité que la troisième fois... (il faut se battre !), l'extraction du diiode à partir d'algues ne marchait pas... J'étais donc un peu stressé durant la dernière demi-heure... Je n'ai pas eu le temps de faire une recristallisation et de prendre le point de fusion. Ce n'était pas la LC du siècle ; j'ai été sévèrement puni !

Questions : Dans le désordre : principe spectroscopie IR ? Paramètres d'influence de la position des pics pour une spectro IR ? Séparation d'énantiomères ? Choix de l'éluant pour une CCM ? Choix du solvant pour une recristallisation ?

### Agrégation 2015 - Note : 10/20

Deux grandes parties : synthèse d'un liquide (avec l'exemple de l'ester de poire au micro-onde), et synthèse d'un solide (exemple de l'aspirine). La préparation s'est bien passée, il ne faut pas hésiter à demander du matériel aux techniciens car il n'y a pas grand chose de base dans la salle. Il y avait une hotte avec extraction. Par contre elle était au fond de la salle, et il fallait faire des allers-retours pendant la présentation. Le jury se déplace toujours pour venir voir.

Questions : Mécanisme de l'estérification ? Pourquoi veut-on que l'eau s'évapore au micro-onde ? Le micro-onde a-t-il un autre effet que déplacer l'équilibre ? Quelle est la température d'ébullition de vos réactifs et produits ? Et donc, peut-on toujours faire une synthèse au micro-onde ? (Non, il faut que la température d'ébullition des réactifs et produits autres que l'eau soit supérieure à 100 degrés.) Critères sur le solvant pour une extraction liquide-liquide (en terme de proticité, polarité, ...) ? Vous avez parlé de micro-onde et de développement durable, avez-vous d'autres exemples permettant d'être nature-friendly ? (Choix du solvant, économie d'atomes.) Différence entre l'évaporateur rotatif et une distillation fractionnée ? Détailler le fonctionnement du banc Kofler ? Vous avez parlé de RMN, à quel spectre s'attendre pour l'éthanoate d'isoamyle ? En IR, à quoi s'attendre s'il reste de l'alcool ? Pourquoi a-t-on une telle patate alcoolique ?

Retours du jury : Points positifs : pédagogique et bien présenté. Points négatifs : Pas assez solide sur les questions. Les manip n'étaient pas assez poussées au bout (je n'ai pas caractérisé les produits, il aurait été bien de faire au moins un test au banc Kofler pour l'aspirine. Ici j'ai juste montré un spectre théorique sur Specamp pour l'ester au micro onde (il n'y avait pas de spectro IR)). Ils m'ont aussi dit qu'il était dommage d'avoir présenté deux estérifications (même si ce n'est pas dramatique).

## LC02 : Polymères (Lycée)

### Retour des années précédentes

### Agrégation 2015 - Note : 10/20

Comme pour beaucoup, ce n'était pas la leçon de mes rêves, mais je l'avais préparée. C'est une leçon de niveau lycée, c'est-à-dire pour la filière STL qui est la seule filière du lycée traitant les polymères. Par peur de manque de temps, j'ai fait peu de manipulations et ma leçon est alors restée assez théorique, inspirée du programme de PC

pour quelques notions. En dehors du stress, je remarque que c'est pas très malin, surtout quand on a remarqué que la leçon concerne la filière STL... Je crois par ailleurs ne pas avoir été assez exhaustif concernant les différentes propriétés des polymères utilisés dans la vie courante (en effet, lors des questions, le jury a demandé d'en citer plus). Les quelques manipulations que j'ai faites avec la valise de polymères se sont bien déroulées mais j'avais peu de connaissances sur certains des polymères que j'ai utilisé (j'ai donc tendu le bâton...). Néanmoins, mon élocution était claire globalement, et je n'ai pas perdu le fil de ma présentation (ce qui a toujours été laborieux pour moi). Concernant le jury, Ils devaient soi-disant être neutres et dénués d'émotions. Ce fut le cas d'une des trois membres, un autre était plutôt souriant et poli, la dernière faisait la tête et était peu aimable. C'est assez perturbant. On peut donc avoir affaire à toute sorte de jury, il ne faut pas se déstabiliser.

Questions : Quelle est la différence entre motif et monomère ? Quelle est la propriété intéressante du Teflon ? Qu'est-ce qui se passe quand on brûle du PVC ?

## LC03 : Chimie durable (Lycée)

Jusqu'en 2015, le titre était : *Chimie et développement durable (Lycée)*

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2018 - Note : 17/20

Plan : I) Choix des produits chimiques utilisés, 1) Réactifs renouvelables, 2) Solvants exp : chalcone sans solvant (fin recré, filtration, banc köfler, CCM). II) Choix des procédés, 1) Chimie douce, 2) Maximiser rendement tout en économisant énergie exp : ester de poire au micro-ondes (synthèse, test avec sulfate de cuivre anhydre), 3) Economie d'atomes. III) Gestion des déchets, 1) Renouvelables ou recyclables, 2) Valorisation du CO<sub>2</sub>. J'ai mis beaucoup d'exemples pour rendre la leçon aussi vivante que possible.

La préparation s'est très bien passée. Les techniciens étaient très disponibles. Ils m'ont sorti tous les produits dont j'avais besoin et ont monté le montage à reflux pour la recristallisation. J'ai eu le temps de faire les manip et de tout organiser en 4h. Remarque : la hotte était au fond de la salle, ça obligeait à faire pas mal d'aller-retour. Penser à prévoir des stylos, des feuilles un peu partout pour éviter de trajets inutiles.

Passage : bien passé, les manip ont bien marché. J'ai dû un peu accélérer à la fin pour finir dans les temps mais la dernière partie étant à géométrie variable, ça n'a pas posé de problème.

Questions : Chalcone : Quel type de réaction ? Premier intermédiaire ? Mécanisme ? Comment caractériser chalcone ? Qu'est-ce qu'on attend ? Pourquoi  $T_{\text{fusion}}(\text{brut}) < T_{\text{fusion}}(\text{pur})$  ? Pourquoi révélation CCM sous UV ? Ester : Pourquoi utilisé acide sulfurique ? Définition catalyseur ? Pourquoi pas HCl ? Pourquoi éliminer l'eau ? Comment faire sans micro-onde avec montage de chimie orga ? Comment ça marche ? Pourquoi le sulfate de cuivre anhydre devient bleu en présence d'eau ? Pourquoi bleu ? Quel niveau ? Polymère : Structure nylon ? Quel mécanisme de formation ? Polymère des sacs plastiques ? Polymère des pulls polaires ? Autre : comment réutilisé CO<sub>2</sub> ?

Retour du jury : Très belle leçon, dynamique, avec des expériences bien réalisées. Ils n'ont pas trop su me dire où j'avais perdu des points ... Probablement les questions où il y a eu quelques imprécisions.

#### Agrégation 2014 - Note : 15/15 + 5/5

Formule topologique de l'ester synthétisé et mécanisme. Idée des pays qui dessalent l'eau de mer ? Aucune des expériences n'a fonctionné, je n'ai quasiment rien pu faire en live expérimentalement. J'ai simplement bien pris le temps de présenter chaque expériences proprement, cela a suffi !

## LC04 : Synthèses inorganiques (Lycée)

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 - Note : 19/20

Plan : I) Hydrométallurgie du zinc. II) Synthèse d'un complexe

Manips : Hydrométallurgie du zinc, Synthèse du triéthènediaminonickel(II)

Questions : L'hémoglobine, c'est quoi ? Ça sert à quoi ? Ce que vous avez représenté c'est l'ensemble de la molécule ? À quoi sert cette partie ? Synthèse  $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+} \rightarrow [\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+}$ , pourquoi à chaque fois que l'on rajoute un équivalent de (en) les pics se décalent vers la gauche ? Quel type de transition ? Comment le prouver ? Unité et valeur du coefficient d'extinction molaire ? Pourquoi réaction totale ? Ça aurait marché avec Cu<sup>2+</sup> au lieu de Ni<sup>2+</sup> ?  $[\text{Ni}(\text{en})_3]^{2+}$  a-t-il quelque chose de particulier ? Nomenclature des complexes chiraux ? Que signifie le

beta ? Pourquoi avoir placée l'hydrométallurgie du zinc avant les complexes ? N'est-ce pas perturbant pour un élève de voir des complexes dans cette synthèse avant le cours sur les complexes ? Test des ions  $\text{Cu}^{2+}$ , c'est quoi comme réaction ? Quels couples mis en jeu ? Potentiels standards ? Electrolyse : pourquoi ces électrodes ? Couples ? Surtensions ? Listez l'ensemble des réactions possibles sur chaque électrode ?  $\text{PbO}_2$  c'est quoi ? Courbe IE d'un couple avec passivation ? Pourquoi s'être arrêté à  $\text{pH} = 5$  lors de la neutralisation ? Pourquoi les industriels ne veulent pas de l'hydroxyde de fer (III) ?

Retour du jury : Ils ont adoré la partie métallurgie qui était bien menée mais ils auraient bien inversé les 2 parties.

### Agrégation 2018 - Note : 07/20

Leçon préparée mais sur laquelle la bibliographie est très limitée car c'est une leçon de niveau Terminale STL-SPCL (ressources sur internet et BUP). Les manipulations ne peuvent pas vraiment être déléguées en partie aux techniciens. Globalement la préparation s'est bien passée, les techniciens étaient serviables et motivés. Cependant j'ai dû tout faire tout seul comme décrit précédemment.

Mon plan : I - Synthèse du zinc (comme décrit dans le BUP) II - Synthèse des complexes (comme décrit sur les ressources numériques de SPCL) Ce plan est classique et les expériences nombreuses.

Je suis tombé sur un jury que j'ai trouvé particulièrement peu avenant. Les questions portaient sur des sujets où un jury ne peut attendre un candidat à l'agrégation de physique (chimie des procédés industriels, techniques employées en industrie). C'est sans doute accessible à quelqu'un qui a eu la chance et le bon goût de lire à ce propos mais ce n'était clairement pas mon cas. Les questions ont toutes eu pour but de me déstabiliser sur les connaissances de chimie de base comme on pouvait s'y attendre.

### Agrégation 2015 - Note : 18/20

J'ai réalisé pendant la présentation, la synthèse du complexe du trioxalatoferrate de potassium, puis la hydrolyse du chlorure de sodium et j'ai fini par l'hydrométallurgie du zinc. J'ai prévu de finir par l'aluminothermie mais je n'ai pas eu le temps de le présenter. J'ai beaucoup insisté sur les applications des différentes synthèses et sur l'impact sur l'environnement. J'ai également discuté de la différence entre chimie fine et industrielle en insistant sur les contraintes différentes.

J'ai pas vraiment fini la présentation, c'est à dire qu'il me manquait la dernière partie pendant la préparation. Autant dire que la dernière heure a été un peu la panique à courir partout. Je pense que j'ai perdu du temps au début de la préparation, au moment où j'ai donné ma liste de produit, j'ai presque attendu une heure pour avoir les produits que j'avais demandé. Il faut donc absolument attaqué la présentation pendant ce temps là. Par ailleurs, je pense que l'on peut demander plus de choses aux techniciens que ce que j'ai fait.

Pas eu beaucoup de retour de la part du jury, globalement ils ont apprécié le rythme de présentation ainsi que les expériences qui ont toutes été exploité en détail et expliqué en détail. Même si j'ai visiblement dit une bêtise sur la passivation du plomb, ils m'en ont pas beaucoup tenu rigueur car ils ont constaté dans les questions que l'erreur venait d'un oubli des potentiels standards du plomb mais pas d'une incompréhension théorique. Il ne faut donc pas une présentation parfaite pour avoir une bonne note.

Questions : On m'a demandé de repréciser les propriétés d'actinomètre du complexe et de préciser comment est ce que l'on pourrait doser la quantité de complexe qui a été dégradé par la lumière. Ensuite, on m'a demandé de préciser pourquoi j'avais parler de passivation et de revenir en prenant en compte les surtensions sur l'hydrométallurgie du zinc. En gros on a essayé de me faire sortir les courbes intensités potentiels ce que j'ai fini par faire mais peut être un peu tard.

### Agrégation 2015 - Note : 12/20

J'ai réadapté le plan proposé pendant l'année. Intro : nécessité d'obtenir des produits à faible valeur ajoutée (avec l'enjeu environnemental de la valorisation des pertes). 1- Synthèse du diiode à partir d'algue. 2- Hydrometallurgie du zinc. 3- synthèse du trioxalatoferrate de K. La manip sur les algues a été dure à lancer, mais a bien marché. Les autres manip ont aussi bien fonctionné. J'ai passé beaucoup de temps à manipuler et peu à rédiger le contenu. Les techniciens ont été très avenant et serviables.

Questions : Courbe I-E pour l'électrolyse du zinc ? Pourquoi le trioxalatoferrate c'est vert ? (Sans invoquer la théorie du champ cristallin) Equation de l'oxydation de  $\text{ZnS}$  ? Qui est oxydé ? potentiel standard des couple  $\text{H}_2\text{O}/\text{O}_2$ ,  $\text{H}^+/\text{H}_2$  et  $\text{Zn}_2^+/\text{Zn}$  ? Maille de la blende ? Cristal de même maille ?

### Agrégation 2014 - Note : 8/15 + 2/5

Est-ce que  $\text{NO}_2$  c'est dangereux ? Écrire la molécule de diphénylamine.

## LC05 : Stratégies et sélectivité en synthèse organique (Lycée)

Jusqu'en 2016, le titre était : *Stratégies en synthèse organique*

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2017 - Note : 18/20

J'ai fait comme plan la stratégie en synthèse en étudiant les différentes parties d'un protocole et leur but puis en parlant de considérations économiques, de chimie durable et lié à la sécurité. J'ai ensuite présenter expérimentalement la réaction de réduction par  $\text{NaBH}_4$  de l'acétate de vanilline (Belin) pour introduire la notion de sélectivité que j'ai ensuite définie. Ma dernière partie était sur la synthèse peptidique. La préparation s'est bien passée les techniciens étaient super sympa. Ils m'apportaient tout le matériel dont j'avais besoin et me montaient la plupart des montages. Attention leurs évaporateurs rotatifs ne sont pas aussi puissant que celui de l'ENS, si vous voulez évaporer de l'éthanol prévoyez beaucoup de temps et demandez au techniciens.

Questions posées : Qu'est ce qu'un acide aminée essentiel ? Quelle est leur forme dans le vivant ? Comment obtenir l'acétate de vanilline à partir de la vanilline ? Comment protéger une fonction carbonyle ?  $\text{NaBH}_4$  réagit-il avec l'éthanol le solvant ? Comment s'appelle une extraction liquide-liquide avec de l'eau saturé en  $\text{NaCl}$  ? A quoi cela sert-il ? Quelles sont les impuretés que l'on récupère ? Quelles sont les principes de la chimie verte ? Comment les applique-t'on lors des synthèses ? Types de sélectivité et exemple ? Autres types que énantio- et diastéréosélective ? (je pense qu'il voulait que je parle de contrôle cinétique et thermodynamique) Quelle est l'importance des synthèse énantiosélectives ?

Retour du Jury : Le jury a beaucoup aimé l'expérience de réduction de l'acétate de vanilline qui change du classique paracétamol. Ils aurait bien aimé entendre parler de régiosélectivité et pour la sélectivité ils aimeraient une comparaison entre deux protocoles, chose jamais faite.

#### Agrégation 2016 - Note : 06/20

La préparation s'est très bien passée, j'ai préparé la synthèse d'un ester à l'odeur de rhum par distillation fractionnée, la protection d'une cétone par acétalisation au Dean Stark, et la synthèse d'une chalcone sans solvant. A part la chalcone où j'ai dû m'y reprendre à deux fois, tout a marché. En revanche, j'ai manqué de temps pour écrire des données sur mes notes, j'ai donc été incapable de mener quelques calculs essentiels comme le rendement de la synthèse de l'ester. J'ai aussi oublié la plaque CCM dans la cuve donc les taches sont montées très haut et se sont étalées...

Le passage s'est relativement bien passé, j'ai eu plusieurs problèmes expérimentaux. Le plus stupide : je ne voyais pas la ligne entre les phases dans le Dean Stark donc j'étais persuadé que la réaction n'avait pas commencé. J'ai voulu montrer comment on faisait pour éliminer l'eau en théorie et faire une mesure du rendement, j'ai ouvert le robinet et vu une ligne descendre très vite (beaucoup trop vite), j'ai donc gâché cette mesure qui aurait, je pense, donné une bonne valeur de rendement. A chaque fois le jury était très bienveillant, un membre est allée elle-même me chercher des gants lorsqu'il m'en manquait.

La séance de questions, que je redoutais vu mes connaissances en chimie, s'est relativement bien passée, mais ma fatigue m'a empêché de répondre à des questions dont la réponse m'est venue quelques heures après. La question sur les valeurs de la République a été rythmée par le président du jury qui me relançait au fur et à mesure de mes réponses.

La note m'a évidemment surpris, et lors des confessions la membre du jury s'est attardée sur tout ce qui était bien (je cite Non mais 6 ce n'est pas une mauvaise note vous savez!), elle a déploré ma fragilité en chimie et m'a encouragé à continuer à me former pendant ma carrière. Ils ont vu que la chimie organique me plaisait bien mais j'ai apparemment dit des énormités à la fois pendant l'exposé et les questions. Le jury a également été déçu par le peu de manip effectuées en direct (j'avais relancé les expériences pour leur montrer mais il faut vraiment faire des choses, des mesures, etc.), même si le choix des trois expériences était conforme à leurs attentes. Il aurait fallu que j'approfondisse plus la théorie derrière chaque manip (détails des mécanismes simples, comme l'estérification, donner des exemples de réactions qui nécessitent une protection de fonction préalable, etc.).

Questions : Pouvez-vous réécrire la réaction d'estérification ? (apparemment j'avais fait une erreur en l'écrivant en passage) Pourquoi une simple flèche ? C'est quoi une réaction équilibrée ? Pouvez-vous remonter comment vous déterminez le réactif limitant ici ? Ensuite j'ai eu des questions pas claires du tout dont le détail m'échappe, je pense qu'ils attendaient un diagramme binaire. Quelles sont les conditions sur les températures d'ébullition pour faire une distillation fractionnée ? Pourquoi a priori les températures d'ébullition sont dans cet ordre pour les molécules présentées ? Sur le réfractomètre, à quoi sert l'alimentation en eau ? On écrit les indices de réfraction  $n_{D20}$  avec D en indice et 20 en exposant, que veut dire le 20 ? Et le D ? Pouvez-vous revenir sur le schéma du Dean Stark sur transparent que vous avez dessiné avec les pieds ? (ils l'ont pas dit mais ils l'ont pensé, c'est le seul moment de la séance où ils ont vraiment été secs avec moi, je cite On peut simplifier un schéma sans sacrifier la clarté) C'est

quoi un azéotrope, et un hétéroazéotrope ? C'est quoi le diagramme binaire du mélange eau-cyclohexane ? Vous avez mis de l'APTS plutôt qu'un autre acide, pourquoi ? C'est quoi un acide plus puissant ? Pourquoi l'APTS est plus fort ? C'est combien le premier pKa de l'acide sulfurique ? Lors de l'extraction liquide-liquide, il y a eu un dégagement gazeux, c'est quoi ? Pourquoi le carbonate de sodium anhydre assèche-t-il le produit ? Quel type de réaction peut nécessiter la protection que vous avez réalisée ? Où est le site électrophile de la fonction cétone ? et ester ? Quel est la plus électrophile des deux fonctions ? Pourquoi ? Quel est l'intérêt d'utiliser un diol pour cette protection ? Est-ce que le fait de former un cycle a une influence ? Est-ce que vous connaissez le nom de la réaction de formation de la chalcone que vous avez effectuée ?

### Agrégation 2015 - Note : 10/20

La préparation s'est passé tranquillement. J'ai présenté le plan : I. Optimisation d'un estérification II. Protection de fonction et j'avais prévu de faire un III. sur la chimie verte mais je n'ai pas eu le temps et ça a donc constitué ma conclusion. Les techniciens ont monté le Dean Stark et ont passé mon produit à l'évaporateur rotatif. Je n'aime pas l'orga, ce qui fait que j'avais assez peu travaillé cette leçon en amont et ce qui explique ma note. J'ai oublié de dire et définir le terme "chimiosélectif" et je n'ai pas vu toute les perches tendues en questions... De plus, vu qu'on avait pas possibilité de faire un spectre IR, je n'ai pas caractérisé mon produit et mon calcul de rendement donné 120%...

1er correcteur : Qu'est ce que l'économie d'atome ? Pouvez vous donner un exemple ? Cas où il vaut 1 ? De quand date les principes de la chimie verte ? Qui les a écrit ? Dites dans la leçon à quels moments ils auraient pu apparaître. Exemple d'économie d'énergie ? Lien entre le chauffage et le rendement ? Quand est-ce que chauffer augmente le rendement ? 2e correcteur : A quel classe est adaptée votre leçon ? (j'ai dit TS) Quelle notion est apparue dans les premières étapes de l'estérification ? (mésomérie) A quel classe est adaptée votre leçon ? (j'ai dit TSTL...) Différence entre double flèche ( $\rightleftharpoons$ ) et double demi-flèche ( $\rightleftharpoons$ ) entre deux états intermédiaires d'un mécanisme ? Différences d'utilisation entre H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et APTS pour la catalyse ? En quoi la solubilité de ces espèces peut elle jouer ? Dans quelle condition utilise-t-on de l'APTS d'habitude ? Dans la protection d'une fonction, quelles caractéristiques doit avoir le réactif protecteur ? Dans l'exemple que vous avez donner (molécule avec cétone et ester où on protège la cétone par un diol) dans quelles conditions se fait la protection ? (catalyse acide) Cela ne peut-il pas poser un problème avec la fonction ester ? Pour sécher la phase organique, vous avez utilisé du sulfate de sodium, pourquoi ce choix ? Autres choix possibles ? (sulfate de magnésium) Quand est-ce qu'on utilise l'un ou l'autre ? Comment auriez vous pu caractériser votre produit ?

### Agrégation 2014 - Note : 6/15 + 2/5

Commentaires du jury : trop catalogue, pas assez de lien ; faire ressortir le coté expérimental ; aborder la sélectivité : j'avais volontairement choisi de ne pas l'aborder mais eux penser qu'ils faut en parler et faire quelques petites expériences dessus (protection d'espèce) et pas forcément une grosse expérience suivi pour montrer l'importance de ce choix en synthèse. Il faut donc à la fois parler du choix des réactifs, catalyseur pour améliorer le rendement mais aussi parler du cas de conflit d'attaques sur plusieurs fonction et donc de la nécessité de protéger.

### Agrégation 2014 - Note : 14/15 + 4/5

Mon plan : I/ Comparaison de protocoles 1) Estérification 2) Comparaison II/ Synthèse peptidique 1) Présentation 2) Élaboration d'une stratégie 3) Protection III/ Activation et couplage.

La discussion avec le jury a révélé qu'ils ont apprécié la logique (partie I sur le prix, la toxicité, le rendement, etc. et partie II sur une stratégie de sélectivité de réaction) de la leçon, et qu'ils n'ont donc pas sanctionné le peu de manips (deux extractions, un séchage et une filtration seulement). La préparation s'est en effet mal passée (manip ratée par ma faute) et les techniciens sont très radins sur la verrerie et les gants, ce qui m'a un peu énervé puisque j'étais habitué au luxe des labos de Lyon. Donc plutôt que de la refaire j'ai beaucoup parlé et bien détaillé le peu de manip présentées, ce qui a suffit d'après le jury.

## LC06 : Dosages (Lycée)

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 - Note : 07/20

Plan : I - Dosage par étalonnage : définition et principe, exemple de la spectrophotométrie (Beer-Lambert), dosage spectrophotométrique du Dakin ; II - Dosage par titrage : principe, équivalence, dosage de l'acide acétique du vinaigre (en traitant en profondeur la colorimétrie mais en montrant avec dozzaqueux le reste). J'ai volontairement insisté sur la notion de couleur parce qu'on n'a pas le temps. Le reste se fait "par analogie". J'avais habilement disséminé des pièges pour qu'ils me posent les bonnes questions (*Ce n'est pas une bonne méthode... le jury n'est pas dupe et même s'ils posent les questions ce n'est pas pour cela que vous gagner des points*) : en ne détaillant

que la spectrophotométrie et Beer-Lambert (même si j'ai naturellement parlé de conductimétrie et pH-métrie, l'idée n'est pas de faire une leçon vide avec la moitié seulement des infos...), je tendais une perche pour qu'ils me laissent parler de Kohlrausch, ça n'a pas manqué. Même chose, j'ai mentionné deux exemples de dosages nécessaires pour notre santé en introduction : un que j'ai traité dans la leçon (dosage du permanganate dans le Dakin) et un autre, le dosage de l'eau pour déterminer sa potabilité. J'ai précisé dans le cadre de la leçon que je ne m'intéresserais qu'aux titrages directs. Les premières questions que j'ai eues étaient donc : qu'est-ce qu'un dosage indirect ? Vous avez parlé du dosage de l'eau, qu'est-ce qu'on dose dans l'eau ? Comment ? Pêle-mêle, quelques autres questions : à quoi ça correspond la représentation d'un indicateur coloré sur dozzaqueux ? Comment on choisit un indicateur coloré ? Vous avez un indicateur qui ne soit pas un couple acide-base ? Donc, comment ça marche l'empois d'amidon ? Dans quel cas on l'utilise ? C'est quoi le degré d'acidité du vinaigre, sa définition ? La méthode des doubles-tangentes, mathématiquement comment ça marche ?

### Agrégation 2018 - Note : 20/20

Tout s'est bien passé, j'ai été gentil avec les techniciens qui me l'ont très bien rendu en me faisant une bonne cinquantaine de points pour mon titrage, qui a très bien marché. Plan : I - Dosage par étalonnage (MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> dans le Dakin), II - Dosage par titrage direct (acide aspartique en pH-métrie en conductimétrie). J'ai fait attention à bien écrire assez au tableau, vu le niveau lycée, et à bien expliquer les termes importants dans les définitions. J'ai fait un résumé pour chaque technique sous forme de pseudo-équation (étalonnage = grandeur physique + loi physique + étalons, titrage direct = réaction support + méthode de suivi). J'ai manqué de temps pour exploiter mon titrage à la fin mais j'ai eu le temps de faire un ou deux points devant le jury, ce qui est bien passé.

Questions : pouvez-vous expliquer les courbes de titrage ? existe-t-il des réactions totales en solution aqueuse ? donnez-nous un exemple ? vous avez donné le résultat du dosage d'un intervalle de largeur l'incertitude type, quelle précision cela donne-t-il ?

### Agrégation 2017 - Note : 14/20

Pour cette leçon, j'ai suivi la progression qui est réalisée au lycée. En seconde, on utilise une échelle de teinte pour encadrer la concentration d'une solution colorée d'espèce connue. En 1ère, on introduit les dosages par étalonnage spectrophotométrique (Beer Lambert) et en terminale les étalonnages conductimétriques (Kohlrausch) par analogie. En analysant les limites des méthodes par étalonnage, on introduit en deuxième partie les titrages. Il faut alors introduire la notion de réaction support de titrage et ses caractéristiques, puis présenter des méthodes de suivis (colorimétrie, pH-métrie et conductimétrie en Terminale S notamment). Il faut ensuite commenter l'allure de la courbe de conductimétrie à l'aide des conductivités ioniques molaires. - Pour présenter les notions : Échelle de teintes + Spectro dakin (Cachau), conducti sérum phy (Porteu), principe d'un titrage avec des tubes à essai puis titrage acide acétique par 3 méthodes (Cachau). Le jury a apprécié ce choix d'illustration des notions.

En pratique, j'ai eu quelques problèmes d'organisation pendant la préparation : une verrerie assez atypique dans ma salle (béchers énormes, verres à pieds,...) mais pas de bécher de 100mL ni d'ermenmeyer ou de tubes à essai, 10 techniciens dans ma salle et l'agrégé préparateur lorsque j'ai demandé de fixer le bécher avec une pince pour le titrage, oubli de refaire le blanc du spectro avant la présentation. Le matériel arrivant progressivement, j'ai beaucoup manipulé seul. Il faut à mon avis être très clair dans les attentes qu'on a des techniciens, être explicite, exhaustif dans la liste du matériel dès le début pour être efficace et ne pas manipuler soi-même, ce sont des mesures répétitives et des dilutions !

Les questions qui ont suivi étaient plutôt classiques : couleur de la solution de Dakin, domaine de validité et paramètres intervenant dans la loi de Beer Lambert, utilisation du logiciel Regressi, choix d'un indicateur coloré, choix du bleu de thymol, intérêt d'un dosage et qui fixe les réglementations.

### Agrégation 2017 - Note : ?

Aucun problème en préparation, les préparateurs étaient très gentils. Ils ont fait toutes les dilutions que je leur demandais, à condition de détailler le protocole (simplement demander une dilution d'un facteur dix, par exemple, ne suffit pas) et pris plusieurs séries de mesures. Ils ont même étalonné mon conductimètre sans que je ne le leur demande (j'aurais d'ailleurs eu du mal à le faire car il ne ressemblait en rien à ceux de l'ENS). J'ai utilisé le plan suivant : I. Dosages par étalonnage, axé sur l'expérience des Schtroumpfs, et II. Dosages par titrage, axé sur la détermination du degré d'acidité d'un vinaigre par trois méthodes (colorimétrie, conductimétrie, ph-métrie). Je n'ai pas eu le temps d'exploiter la conductimétrie correctement et j'ai aussi dû accélérer pour la pH-métrie, le jury est revenu dessus en questions. Le jury est resté plutôt neutre tout au long de ma présentation et des questions.

Questions posées : Pourquoi l'ion hydroxyde a une conductivité molaire limite plus élevée que l'ion sodium ? Pourquoi la méthode colorimétrique est-elle moins précise que la méthode conductimétrique ? D'où viennent les incertitudes ? Où se situent les incertitudes dans un dosage par étalonnage ? Est-ce que la dilution modifie la courbe de pH ? De conductivité ? (j'avais mentionné que le volume équivalent n'était pas modifié, la question portait sur l'allure de la courbe et ses valeurs) Quelles sont les limites de validité de Beer-Lambert ? Dans quelles

conditions peut-on utiliser la méthode des tangentes ? Quelles sont les unités et significations des termes de la loi de Beer-Lambert ?

### **Agrégation 2017 - Note : 10/20**

Avis global : j'étais contente de tomber sur une leçon de niveau lycée. Les techniciens de chimie sont vraiment adorables. Ils savaient quelles manips je voulais faire rien qu'en lisant la liste de matos que je leur ai demandé. Ils ont décarboniqué le Coca, fait les dilutions pour la courbe d'étalonnage par spectro et pris les points pour le dosage de l'acide phosphorique. L'agrégée-préparatrice est passée 15min avant le passage pour vérifier que j'avais bien tout ce qu'il me fallait, c'était rassurant.

Pendant le passage je me suis embrouillée sur des puissances de 10 ce qui m'a fait perdre un peu de temps et j'ai seulement eu le temps de présenter la dernière manip mais sans la réaliser.

Questions posées : - De quoi est constituée l'électrode de verre ? Quelle relation entre potentiel de l'électrode et concentration des ions  $H^+$  ? - Sur votre courbe de dosage de l'acide phosphorique du Coca, le deuxième volume équivalent n'est pas le double du premier. Est-ce que c'est normal ? Comment l'expliquez vous ? - Vous avez dit que la dilution pour le dosage ne modifie pas la quantité de matière mais est-ce que c'est vraiment sans effet ? - Donner la relation entre le pH et la concentration de l'acide (pC). - Diagramme de prédominance pour l'acide phosphorique (espèces et pKa) - Vous avez dit que la limite du spectro est une absorbance de 3, comment ça se fait ? - Quelle est la relation entre l'absorbance et l'intensité ? Comment on isole l'intensité transmise ? (La relation réciproque du log, qu'est-ce que c'est ?) - Retour sur les valeurs trouvées pendant le passage et problème de facteur 10.

### **Agrégation 2016 - Note : 05/20**

J'ai voulu préparer 3 dosages : le bleu de patenté dans les bonbons Schtroumpf (spectrophotométrie) / Cl dans la st Yorre (potentiométrique) / Degré d'acidité du vinaigre (colorimétrique, pH-métrique). Je n'ai pu qu'en présenter 2 devant le jury. La préparation c'est plutôt bien passée pendant les deux premières heures, les techniciens sont petit soin mais il faut vraiment tout leur dire (normal). Malheureusement des problèmes de logiciel (logiciel spectro que je ne maîtrisais pas) et de matériels (un dosage qui n'a pas marché), m'ont fait perdre un peu le fil pendant les deux dernières heures. J'avais décidé de peu rédiger afin de ne pas être accroché à mes notes, une erreur de plus car ça a rendu mon exposé brouillon. Je n'aurai qu'un conseil : reposez vous au maximum sur les techniciens pour faire toutes les manips et concentrez vous sur votre exposé (ce que je n'ai pas fait), ils peuvent tout faire si vous leur montrez une première fois.

Questions : Principe de la spectrophotométrie ? Pourquoi utilisé la phénolphtaléine comme indicateur coloré de fin de réaction ? Qu'elles sont les techniques de détermination de  $V_{eq}$  lors d'un saut ? Principe de la sonde de conductimétrie ? Continue alternatif ? ODG tension ? Structure de bleu de patenté ?

### **Agrégation 2016 - Note : 05/20**

La préparation ne s'est pas du tout bien passée. J'ai changé d'idée de manip en cours de route, me rendant compte que j'avais prévu trop difficile pour la fin de la leçon, comparé au début. J'ai tout de même gardé le dosage de la glycine, qui mélange potentiométrie et conductimétrie, malgré sa complexité pour une leçon d'introduction aux dosages. Les techniciens étaient gentils, mais il fallait aller les chercher, ils n'étaient pas très dynamiques. Lors de la présentation, j'ai pris trop de temps au début, pour essayer d'être le plus clair possible, mais n'ai du coup presque pas eu le temps de présenter le dernier dosage.

Questions : Elles ont principalement porté sur le dernier dosage (celui de la glycine). Questions sur les électrodes et cellules utilisées, les courbes obtenues et leur exploitation...

### **Agrégation 2015 - Note : 08/20**

C'est une leçon assez agréable mais il faut éviter d'être trop ambitieux. J'ai fait le dosage du coca-cola en conductimétrie et pH-métrie, le dosage en retour de la vitamine C dans un citron, le pouvoir rotatoire du saccharose et la loi de Biot, le spectre du bleu de patenté comparé à celui du sirop de menthe et la loi de Beer-Lambert. Résultat j'avais beaucoup de contenu mais mon exploitation des expériences était assez décevante. Je n'ai pas eu le temps de faire tous les traitements de données en préparation et j'ai donc bugué devant le jury lorsqu'il a fallu interpréter la chute de conductivité avant la première équivalence lors du titrage du coca-cola. Heureusement, dans un cas comme cela, ils nous laissent la possibilité de nous rattraper durant les questions.

Le jury avait l'air approbateur lorsque j'ai comparé les techniques de conductimétrie et de pH-métrie, les incertitudes types A et B et lorsque j'ai fait une simulation numérique de mon titrage. Cependant c'est toujours difficile à juger.

Les techniciens de chimie sont parfaits. Ils font les dilutions et tout ce qui est répétitif. Ils m'ont même installé le montage à reflux pour décarboniquer le coca-cola.

Questions : Retour sur l'interprétation de la chute de conductivité lors du dosage du coca-cola. Rôle des couples  $\text{H}_2\text{O}, \text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$  et  $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$  dans la régulation du pH sanguin. Quel est l'intérêt de tamponner le sang ? Donner la réaction d'oxydation de la vitamine C. Parler des oxydations en chimie organique, de leur cinétique. Définir précisément "dosage" et "titrage" (j'avais oublié de le faire en intro). Donner la différence entre "dosage indirect" et "dosage en retour". Qu'est-ce qui est bleu dans un dosage iodométrique ? Qu'est-ce que "l'empois" d'amidon ? Comment mettre en relief, devant des élèves, que deux colorants sont présents dans le sirop de menthe ? Comment faire une CCM du sirop de menthe en s'affranchissant des problèmes dus au saccharose ? Que signifie le terme sucre "inverti" sur les ingrédients du sirop de menthe ?

#### Agrégation 2014 - Note : 10/15 + 4/5

##### Questions du jury et commentaire du candidat (la leçon était *Dosages par étalonnage*)

La chimie c'est pas facile quand on connaît pas le labo où on est. J'ai commencé par demander le matos qui arrive assez vite. J'ai fait une liste de solution étalon avec les volumes à prélever pour que les techniciens le face après en avoir fait une devant eux comme on nous l'avait dit pendant l'année. Attention, ça ne marche pas. Le jeune a commencé à les faire et un technicien plus vieux est venu pour me dire que c'était pas à eux de faire ça. Si on tombe sur cette leçon, on perd en gros 1h pour faire toutes les solution d'étalonnage ... Les techniciens étaient sympas mais se contentent d'amener le matériel. Quand on passe à 5h30, ils installent une table dans le couloir sur laquelle ils comatent/boivent du café/racontent des anecdotes sur leurs gamins. Il faut aller les chercher dès que l'on a besoin de matériel.

Questions en vrac : Diagramme E-ph du chlore ? Comment faire du dichlore ? C'est quoi la dismutation du chlore ? Diagramme E-pH du manganèse ? Lister les oxydes de manganèse. Ils sont de quelle couleur ? Vous connaissez quoi comme diagramme E-pH ? Ordre de grandeur de la ddp aux bornes d'un conductimètre ? Précision ? Fréquence ? Les plaques de la cellule sont faites en quoi ? Courbe intensité-potential associée ? Que fait le noir animal sur le vin ? Pourquoi est-ce qu'il y a du fer dans le vin ? Pourquoi ce mettre à ce pH dans votre échelle de teinte ? Pourquoi est-ce que vous avez du fer dans l'échelle de teinte ? Quelle est la réaction lente qui la fait disparaître ? Comment fonctionne le prisme compensateur qui vous sert à régler l'équipénombre du réfractomètre ? L'indice optique ça dépend de quoi ? Faut-il que la loi soit linéaire ? Existe-t-il une loi reliant l'indice et la concentration ? Comment faire un étalonnage avec des sucres ? Y-a-t-il une loi pour la polarimétrie ? Le pouvoir rotatoire spécifique dépend de quoi ? Formule du saccharose ? C'est quoi un sucre simple ? On le représente comment ?

#### Agrégation 2014 - Note : 5/15 + 4/5 (la leçon était *Dosages acide-base*)

Comment être sûr qu'une réaction chimique a atteint l'équilibre ? Comment marche un conductimètre (il y a une explication assez détaillée dans le « Réaction Chimique » de Prunet) ? Comment fonctionne la sonde du pH-mètre ? Quel est la différence avec une électrode de verre classique ? Limites de la sonde ?

## LC07 : Cinétique et catalyse (Lycée)

Jusqu'en 2016, le titre était : *Facteurs cinétiques*

## LC08 : Caractérisations par spectroscopie en synthèse organique (Lycée)

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 - Note : 20/20

Je n'avais qu'une manip à préparer, le dosage par étalonnage de l'acide acétylsalicylique d'un sachet d'aspirine, j'ai quasiment tout fait sauf la préparation des six solutions pour la droite d'étalonnage, et les techniciens ont été ultra efficaces à ce moment là. J'ai préparé la solution inconnue et mesuré son absorbance en live. Plan : I) Spectroscopie UV-visible II) Spectroscopie IR III) Spectroscopie RMN

Questions : Votre dernière valeur d'absorbance est de 2, ce qui est tout à fait envisageable, mais à quoi doit-on faire attention ? Comment avez-vous choisi les solutions étalons ? Comment auriez-vous fait si vous aviez à faire votre propre gamme ? Quelles sont les sources d'incertitude dans votre dosage ? Comment doser autrement l'aspirine ? Est-ce que l'aspirine est bien soluble dans l'eau ? Est-ce que votre ion fer III peut-être lié à autre chose dans le complexe ? Comment vous expliquez à un élève la formule pour retrouver la masse d'aspirine ? Comment on retrouve la quantité de complexe formé ? Il y a deux champs pour un spectro RMN, ils servent à quoi ? J'aurais une différence selon que j'utilise un spectro 300 ou 800 MHz ? Quelles autres espèces utilise-t-on en RMN ? Même gamme de déplacement chimique pour la RMN du carbone ? Pourquoi on observe pas de couplage H-C sur vos spectres ? Vous pouvez commenter la distance entre pics pour un multiplet ? Pourquoi on a des pics bien définis en RMN mais des bandes en UV-visible ?

**Agrégation Docteur 2017 - Note : 04/20**

Questions posées : Pourquoi garde sur ECS? Qu'est-ce qui fait contact dans l'électrode de verre avec la solution? Equation de réduction de l'eau? Equilibrer  $S_4O_6^{2-}/S_2O_4^{2-}$ . Qu'est-ce que le dégagement gazeux au niveau de l'électrode d'argent? Grandeur standard? Dépendance de  $E^\circ$ ? Dépendance de pKs? Pourquoi la relation de Nernst n'est plus valable si la pile débite? Allure du diagramme i-E si oxydation? Dépendance de l'activité si concentrations plus élevées?

**Agrégation 2016 - Note : 13/20**

Le sujet ne me plaisait pas, mais j'avais préparé le plan : je savais ce que je voulais faire. I) Spectroscopie UV-visible (rappels rapides, synthèse de la phénolphthaléine) II) Spectroscopie IR (principe, ester de poire au micro-ondes, limite avec le biodiesel) III) Spectroscopie RMN (principe, retour sur le biodiesel, détermination de structure). Trois synthèses c'est trop, et je n'avais pas vérifié qu'on envoyait le spectre RMN du biodiesel donc il n'y était pas : j'ai abandonné l'idée de faire cette manip assez vite. Déjà, il n'y a pas de spectromètre IR. Pour cette leçon on peut juste utiliser le spectrophotomètre. Alors que je lançais ma synthèse de la phénolphthaléine (sans bain d'huile, ça non plus il n'y en a pas), le technicien « principal » des chimistes est venu me voir. Il voulait être sûr que je connaissais les risques de cette synthèse (phénol toxique, phénolphthaléine solide CMR) surtout pour une leçon niveau lycée. Il a dit qu'il n'allait pas m'interdire de le faire mais que je devrais bien y réfléchir. J'avais conscience de ça mais j'avais quand même prévu mon plan comme ça (le fameux « de toutes façons, je ne tomberais pas sur cette leçon »...) et déjà que je n'étais pas calée du tout en spectro, j'ai complètement paniqué, j'ai eu un coup de pression énorme et j'ai complètement perdu mes moyens. J'ai quand même lancé la synthèse mais c'était un énorme échec. Un autre technicien est venu avec un livre, il m'a proposé de faire la synthèse de l'indigo à la place mais ça ne me paraissait pas vraiment adapté, on en a un peu parlé et finalement j'ai décidé de présenter la synthèse de la phénolphthaléine sans faire la manipulation. Je n'ai même pas testé l'ester de poire au micro-ondes en préparation et j'ai essayé tant bien que mal de rédiger mon développement oral. Pendant la présentation, c'était compliqué : le tableau était deux fois plus petit que ceux à l'ENS, et il y avait un petit tableau sur pied en bas de l'estrade, super pratique... En plus pour projeter les spectres il fallait à chaque fois descendre et remonter un écran blanc qui recouvrait tout le tableau. Heureusement je pouvais projeter mes transparents facilement à un autre endroit. J'ai perdu beaucoup de temps avec tous ces détails techniques, et comme je n'étais pas à l'aise avec le sujet je crois que j'ai dû m'embrouiller quelques fois dans mes explications. Bref, j'ai pas eu le temps de finir proprement la RMN, mais l'ester de poire a marché nickel. Attention néanmoins, on est très bien lotis à l'ENS mais pour une leçon qui repose sur la synthèse organique, je n'avais qu'une seule minuscule hotte...

Questions : (en vrac, liste non exhaustive) : J'avais repris un spectre RMN d'un livre, on m'a demandé si c'était une molécule ou si je l'avais inventé (lol). Est-ce qu'on peut trouver la structure de la molécule à partir du spectre RMN? Identifier un pic sur le spectre et expliquer la valeur élevée du déplacement chimique (c'était un benzène). Critère pour compter les voisins d'un proton? Sur le spectre IR de l'ester de poire, il y avait un minuscule début de pic au niveau de là où on avait la fonction alcool (j'avais montré le spectre de l'alcool utilisé), comment l'expliquer? La loi de Beer-Lambert est-elle valable dans l'IR? Quel est le processus microscopique qui permet de faire de la spectroscopie UV-visible? Pourquoi avez-vous choisi de présenter la synthèse de la phénolphthaléine? Est-ce que c'est autorisé au lycée? (il y en avait sur toutes les paillasses dans la salle où j'étais, on m'a répondu « je vous demande si c'est autorisé, pas s'il y en a »...) Quels sont les dangers? On ne peut pas choisir un autre indicateur coloré? Expliquer les valeurs relatives des bandes IR caractéristiques des liaisons C-O et C-H? (il fallait raisonner à partir de l'analogie mécanique, on prend la liaison comme un ressort, on a la fréquence propre en fonction de la masse réduite...) A la fin il essayait de me faire dire quelque chose sur les orbitales atomiques et moléculaires, j'ai pas trop compris. Comment expliquer la couleur de la phénolphthaléine, sous quelle forme on doit la considérer? A quoi on peut s'attendre si on veut faire le spectre IR de CO<sub>2</sub>, qu'est-ce qu'on observe expérimentalement? Comment identifier une amine primaire et une amine secondaire par spectroscopie IR, ODG du nombre d'onde correspondant?

Mon conseil avant les résultats : Ne faites pas la synthèse de la phénolphthaléine, ne l'envisagez pas, n'en parlez pas.

Note : 13/20. J'étais très surprise de ma note, surtout vu les notes de mes camarades réparties entre 1 et 7. Le jury m'a dit que c'était pas mal, que j'avais perdu des points aux questions et à cause du manque de manipulations, et que ça ne les avait pas gêné que je fasse la phénolphthaléine... Ils auraient apprécié plus d'usage de l'outil informatique (enfin j'ai montré mes spectres sur vidéoprojecteur à partir de la banque de spectres donc je vois pas ce qu'ils voulaient de plus).

**LC09 : Du macroscopique au microscopique dans les synthèses organiques (Lycée)**

Jusqu'en 2016, le titre était : *Relation structure réactivité en chimie organique*

## Retour des années précédentes

### Agrégation 2016 - Note : 01/20

La préparation ne s'est pas super bien passée, et j'ai commencé les manip assez tardivement (il manquait des produits, et comme les hottes ne fonctionnaient pas la pièce est rapidement devenue invivable avec les odeurs de produits organiques ...) mais les techniciens étaient très disponibles quand j'en avais besoin. Le passage s'est mal passé, le plan que j'ai proposé n'a pas du tout plu au jury (je me suis concentré sur les liaisons C-O-H des alcools et dérivés, l'idée étant de montrer qu'un même site peut avoir des réactivités différentes et que selon la structure on a plutôt une réactivité qu'une autre). Questions : nombreuses questions sur la leçon, puis des questions sur le vocabulaire, et des questions sur le programme (mais très vague, je ne sais pas trop où ils voulaient en venir). Quelques questions de nomenclature tordues, et d'identification de sites acido-basiques et électrophiles-nucléophiles sur des molécules compliquées. Questions sur l'interprétation d'une CCM qui n'avait pas marché et sur les tests en tubes à essais qui n'étaient pas super beaux ... bref ...

## LC10 : Capteurs électrochimiques (Lycée)

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 - Note : 16/20

Mon plan : I) la pile comme capteur électrochimique, II) Les électrodes spécifiques, III) Autres méthodes.

Expériences : Mesure de FEM d'une pile en variant les conditions expérimentales (concentrations, température) pour expliciter les paramètres de contrôle, Fabrication d'une électrode spécifique des ions Chlorure, doser avec NOTRE électrode le sérum physiologique par étalonnage, mesurer le pH d'une solution de soude à 0.1 M avec une électrode de Verre.

Questions : Définition du pH ? On doit mettre quoi en vrai dans le log chez Nernst ? C'est quoi une électrode ? Expression de l'activité pour une solution réelle ? Dans la courbe d'étalonnage de l'électrode  $E(\log(C))$ , peut on trouver d'autres grandeurs ? Quelles données thermo il vous faut pour calculer  $E_0$ , le potentiel standard ? Comment ça marche un conductimètre, il y a pas un Ohmmètre dedans ? Dans le Schéma de l'ESH, qu'est ce qui peut troubler les élèves ? C'est quoi le couple dans l'ECS ? Pourquoi c'est une ref ? Comment ça marche l'électrode de Verre ? Pourquoi on fait confiance au calcul théorique du pH pour la solution de soude ? C'est quoi qui détermine la force d'un acide ?

#### Agrégation 2018 - Note : 11/20

**Retour sur la leçon de chimie.** Plan - Intro : définir capteur, capteurs électrochimique. Ma définition exclue la conductimétrie. Objectif : réaliser et caractériser des capteurs electrochimiques. I/ Notion d'électrode. 1) Potentiel d'électrode. 2) Types d'électrode. II/ Électrodes de référence 1) Électrode à hydrogène 2) ECS. Manip : réaliser un capteur avec plaque de cuivre, ECS, voltmètre. Mesurer la DDP pour différentes concentration en  $\text{Cu}^{2+}$  (JFLM) III/ Électrode spécifique : électrode de verre. 1) Présentation 2) Caractérisation (expérience JFLM, étalonnage pH mètre) Conclusion : ouverture sur autres outils d'analyse chimique : dosage/spectro

J'ai eu du mal à faire marcher les expériences, typiquement au début je voulais faire une électrode de cuivre (1ere espèce), reliée par pont ionique à une électrode de 3ieme espèce composée d'une électrode de Pt, dans une solution de  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  de concentrations égales et mesurer la DDP entre les deux électrodes. Je ne trouvais pas du tout la bonne valeur, j'ai perdu beaucoup de temps. J'ai finalement laissé tomber la manip, alors qu'elle était importante pour illustré la nécessité d'une électrode de référence... L'expérience du II/ 2) ne donnait pas non plus de bon résultats mais je l'ai présentée quand même, en expliquant que ça ne marche pas, et en proposant des raisons. La dernière expérience, réalisée dans les 10 dernières minutes par la technicienne a bien marché, mais il n'était pas possible de faire comme je voulais, je voulais faire comme dans le JFLM en dérégulant le pH mètre puis en mesurant pour des solutions tampons le pH et la DDP entre électrode de verre et ECS. J'ai donc fait sans le dérégler, et j'ai donc juste vérifié la loi de fonctionnement. Juste avant le passage, je pensais que je n'allais pas m'en sortir, que ça allait être trop court. Finalement ça s'est passé, j'ai quand même eu des lacunes théoriques dans ma présentation car je n'ai pas pu passer assez de temps dans les livres pour tout refixer dans ma tête, et j'ai oublié d'écrire sur ma feuille le fonctionnement et schéma de l'électrode de verre donc je me suis tiré une balle dans le pied lorsque j'ai écrit "Présentation de l'électrode de verre" au tableau et que je n'ai su qu'annoncer des banalités avant de passer à l'expérience...

Questions : C'est quoi une solution tampon ? C'est quoi le pH ? Autres électrodes spécifiques ? Autres électrode de référence ? ESH et ENH ? Justifier mon choix d'exclure la conductimétrie. Il fait un retour sur les expériences, à un moment je me suis trompé j'ai fait un fit linéaire au lieu d'affine, donc ça marchait pas, j'ai alors corrigé pendant les questions. Il me demande d'expliquer pourquoi l'électrode de verre est spécifique aux  $\text{H}^+$ .

**Agrégation 2017 - Note : 12/20**

Passage à 6h40 et tirage au sort pas très satisfaisant, j'avais préparé la leçon mais c'était pas ma préférée. Les techniciens étaient trop mignons, il y avait un problème avec l'électrolyse pour faire l'électrode AgCl/Ag et ils ont réussi à la faire fonctionner, ils m'ont également fait mes deux droites d'étalonnage. L'agrégée préparatrice était trop sympa, elle m'a donné une bouteille d'eau comme j'avais oublié la mienne. J'avais 5 auditeurs dans la salle c'est assez rassurant pendant l'exposé pour poser son regard. Il faisait 3000°C dans la salle.

Questions posées : - Pourquoi on sale les routes? Comment on choisit la concentration en sel à verser? - Qu'est ce que l'eau déminéralisée? Comment on fabrique de l'eau déminéralisée? quelle est la différence avec l'eau distillée? - Vous pouvez réécrire la loi de Nernst? (J'avais oublié le /n dans mon écriture pendant la leçon) D'où vient le 0.06? Est ce que la température dans la pièce joue dessus? - Quand vous avez fait l'électrolyse comment avez vous déterminé la ddp à appliquer? Pouvez vous me dessiner la courbe  $i=f(E)$ ? - Pourquoi c'est impossible de réaliser l'électrode ESH? - De quoi est fait le pont salin? Connaissez vous d'autre jonction électrochimique autre que les ponts salins dans les piles? - Vous avez présenté d'abord le principe de l'expérience puis l'expérience, est ce que c'est d'usage en science exacte? - Qu'est ce qui joue le rôle de pont salin dans l'électrode au calomel saturé? - Comment on connaît exactement la surface des cellules du conductimètre? Qu'est ce que du platine platiné? Comment on fait pour s'affranchir de cette surface? - Qu'est ce que le  $E^\circ$ ? de quoi il dépend? - que veut dire standard? Est-ce qu'une grandeur standard dépend que de la température? - Pourquoi quand on ouvre la bouteille de St Yorre il y a des bulles? C'est quel équilibre? Vous pouvez écrire l'équation? Comment caractériser la pression?

**Agrégation 2016 - Note : 12/20**

Les préparateurs étaient très arrangeants et m'ont beaucoup aidé. Ils voulaient me voir faire une fois chaque manipulation avant de la faire eux-même (dilution, point de titrage, ...)

Les correcteurs n'étaient pas du tout bienveillant (contrairement à ce qui avait été annoncé par le président du jury). Il communiquaient entre eux par gestes équivoques durant ma présentation et durant la réponse à la question sur la laïcité.

Je n'ai pas utilisé les 5 minutes pour répondre à la question sur la laïcité (loin s'en faut). Le jury ne m'a relancé qu'une fois.

Les préparateurs n'ont pas communiqué avec le jury (ni à l'oral ni à l'écrit).

Questions : Le conductimètre fonctionne-t-il en régime continu? Pourquoi? Pourquoi les ions OH<sup>-</sup> ont une bien plus grande conductivité que les autres ions? Pourriez-vous l'expliquer à un élève?

**Agrégation 2015 - Note : 14/20**

Techniciens de chimie super sympas. Ils m'ont étalonné mon pHmètre et m'ont fait les mesures sur mes 2 titrages sans problème (après que j'ai fait un ou deux points au départ). Ne pas hésiter à leur demander des trucs!

Questions : Précisez les notions cinétiques sous-entendues dans la présentation : étape cinétiquement déterminante, profil réactionnel, postulat de Hammond. Quel type de catalyse est en jeu dans le test de Lucas (catalyse électrophile)?

**Agrégation 2014 - Note : 12/15 + 4/5**

J'ai suivi le plan présenté dans l'année en accentuant l'aspect « Capteurs » et en virant au dernier moment la partie pHmétrie faute de temps, à cause du traitement un peu long des dosages. Questions surtout sur les deux dosages. Pour le titrage conductimétrique du sérum physiologique, pas mal de questions sur les hypothèses de dilution pour la loi de Kohlrausch, la pertinence d'une solution à 0.1 mol l<sup>-1</sup> d'argent (ce n'est pas bien, cela coûte cher, penser à diluer), influence du précipité sur la mesure. Pourquoi l'argent est souvent fourni sous forme de nitrate d'argent (j'ai dit que ça stabilisait l'ion Ag<sup>+</sup> mais je suis pas certain), comment mesurer expérimentalement les conductivité molaire ioniques à dilution infinie (extrapolation à partir de plusieurs solutions de concentrations différentes) Sur la potentiométrie, définir exactement ce qu'est le potentiomètre (électrode de mesure + électrode de référence + voltmètre + solution et pas uniquement l'appareil qui affiche la valeur). Sur le titrage cérimétrique, presque toutes les questions possibles! Dose-t-on vraiment les ions fer (non, la présence de sulfates forment des complexes de potentiel similaire)? Mode d'action de l'orthophénantroline (indicateur redox par complexation)? Différences entre ferroïne et orthophénantroline (je pensais que c'était la même chose et je l'ai dit et c'est faux)? Choix d'un indicateur redox (potentiel de l'indicateur dans le saut)? Potentiel mixte après le saut?

Retour : ils ont dit qu'il fallait absolument attaquer la leçon sous l'angle capteur/appareil de mesure car il s'agit d'une leçon de type STL et qu'il faut l'axer sur ces aspects techniques. J'ai entièrement traité le 1er dosage avec incertitudes et ils ont dit qu'il valait mieux faire ça que plein de manips. Se contenter de mentionner l'électrode de verre sans l'étudier est pertinent. Ils m'ont rappelé que c'était une leçon pas un montage. Techniciens moins

disponibles et moins agréables qu'en physique. Donc rester cool. Ne pas prévoir trop de manip car il faut aussi les traiter, préparer ses notes et surtout Agir. Attention, le matos et la verrerie disponibles ne sont pas de qualité première comme à l'ENS. Il faut en tenir compte lors du choix des manip pendant l'année car tout n'est pas faisable sur place. Mais le jury n'attend pas de grosses manip non plus.

## LC11 : Molécules de la santé (Lycée)

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2018 - Note : 20/20

J'ai donné la feuille avec le matériel dont j'avais besoin (dosage sérum phi + synthèse paracétamol). Les techniciens ont tout monté et étalonné. Pas de problème de gestion du temps (ni en préparation ni en présentation); je n'ai juste pas eu le temps de caractériser (CCM + Kofler) le paracétamol mais je m'en doutais d'avance donc cela ne m'a pas déstabilisé. De nombreuses questions en vrac : pourquoi les micelles sont rondes ? Le sont-elles toujours ? Mécanisme saponification ? Exemple d'un antibiotique ? Que se passe-t-il lorsqu'on met un liquide hypotonique en contact avec des cellules ? Dans le dosage du sérum physiologique, pourquoi a-t-on une ordonnée à l'origine non nulle ? Comment l'éviter ? Quels sont les groupes caractéristiques du paracétamol ? Qu'est-ce que la chiralité (propriétés, exemples...) ? La question à 1 milliard : "pourquoi le vivant est-il chiral ?" Comment réaliser la séparation d'un composé liquide ? Expliquez la distillation ? Autres techniques de caractérisation ? A combien sort la liaison C=O en spectro IR ? Comment doser le paracétamol ? pKa d'un phénol ? Les jurys posent des questions à la vitesse d'une mitraillette tant qu'on répond bien...

J'avais fait le choix de traiter le savon et les antiseptiques uniquement au tableau (i.e. sans manip', ces dernières étant présentes pour le sérum phy' et le paracétamol). Le jury a apprécié ce choix en justifiant que la LC était de fait variée, ce qui de 1 la rend moins endormante (voire intéressante) et de 2 a permis de poser des questions sur plein de domaine (où il faut donc être au taquet) de chimie mais aussi de culture G et de biologie.

#### Agrégation 2017 - Note : 17/20

Plan : I Les savons (manip : synthèse et propriétés) II les désinfectants (dosage spectro Dakin) III Les médicaments (recristallisation paracétamol). Je n'ai pas eu le temps de faire la recristallisation devant le jury (j'ai oublié de couper le chauffage 10 min avant, les paillasse étant au fond de la salle). J'ai pris "molécules de la santé" au sens large, en évitant le plus possible des notions de biologie.

Le jury était insondable. Les techniciens ont beaucoup aidé (l'un a fait toute mon échelle de concentration pour le Dakin, et l'agrégué préparateur a fait précipiter le paracétamol en grattant car je n'y arrivais pas).

Mon conseil c'est de faire des choses simples et bien maîtrisées. Dans les parties un peu vides (exemple, mon III), toujours avoir un peu de chimie "académique" à raconter (ex : placer du blabla sur la selectivité pour cette étape de la synthèse, pas juste des définitions sur "excipient" et "principe actif"). J'ai passé toutes les techniques expérimentales sur transparent pour bien les séparer du fil de ma leçon, entièrement au tableau. Le passage est épuisant, particulièrement en chimie, il faut prendre 5 min à la fin de la préparation pour prendre l'air, manger, boire.

#### Agrégation 2017 - Note : 10/20

Plan : 1. L'aspartame (présentation, hydrolyse, les acides aminés) 2. L'aspirine (présentation, synthèse, mode d'action)

Manipulations : hydrolyse de l'aspartame et caractérisation de ses produits par CCM (présentation de la révélation UV). Synthèse de l'aspirine et purification par recristallisation (présentation de la recristallisation et température de fusion au banc Kofler).

Note obtenue : 10/20. Je suis assez déçu, il m'avait semblé que le jury avait plutôt apprécié. Il y avait probablement un manque de manipulations...

Questions posées :

Aspartame : Fonctionnement d'une CCM ? Révélation UV : comment ça marche ? Est-ce la silice de la plaque qui est fluorescente ? Comment oriente-t-on la molécule dans la représentation de Fischer ? Quelle est la composition du saccharose ?

Aspirine : Banc Kofler : justifier qu'un produit impur a toujours un point de fusion inférieur au produit pur. Justification à l'aide d'un diagramme binaire ? Pourquoi avoir mis quelques gouttes d'acide pour la réaction d'estérification ? Est-ce nécessaire pour les estérification habituelles ? Quelle fonction possède la molécule d'acide salicylique (le correcteur en question considère la fonction phénol comme "à part", car ses propriétés sont assez différentes des alcools habituels). Justifier le départ du groupe H<sub>2</sub>O du phénol protoné.

**Agrégation 2017 - Note : 06/20**

J'ai été très content de faire ce tirage, et de tomber sur une leçon de niveau Lycée. Dans un premier temps du moins... Au fil de la préparation je me suis rendu compte que je n'avais pas vraiment de message fort à faire passer, ce qui m'a paru regrettable. Par contre j'avais bien préparé mon introduction et ma problématique dès avant les oraux. Je n'ai pas eu le temps de conclure autrement que par une phrase ou deux. L'expérience d'hydrolyse de l'aspartame n'a rien donné, puisque le protocole était erroné (j'avais utilisé le livre de Terminale ST2S Bordas) ; et j'ai obtenu le mauvais volume équivalent en direct, après avoir obtenu le bon en préparation. Cela s'explique simplement : j'avais laissé la saponification préalable se faire seulement cinq minutes au lieu d'un quart d'heure, n'ayant pas prévu assez de temps pour la chose. Le jury a rapidement eu l'air assez blasé, quoique sans excès. Il était composé d'un homme âgé, très souriant, et de deux femmes neutres, assez renfrognées. Étant plutôt solide en chimie, j'ai abordé la séance de questions avec beaucoup de confiance, tout en sachant pertinemment que sur une leçon de type biochimie en lycée, l'occasion ne me serait pas donnée d'étaler des connaissances poussées.

Questions posées : - Pourriez-vous écrire au tableau la réaction d'hydrolyse de l'aspartame ? Vous pouvez juste mettre les noms des espèces chimiques, si vous voulez. - Pourriez-vous me dessiner l'acide aspartique ? - Pourriez-vous me donner les pKa associés aux différentes fonctions ? - Vous êtes sûr qu'il n'y a que deux pKa caractéristiques pour cette molécule ? - Pouvez-vous représenter la stabilisation dont vous parlez, qui justifie l'existence d'un troisième pKa, de façon explicite ? - Vous parlez d'effet chélate... Euh... Comment ça s'appelle ce que vous avez dessiné en pointillés ? - Pour revenir au diagramme de prédominance, pouvez-vous me dire les différentes formes possibles de l'acide aspartique en fonction du pH ? - Et pour conclure, comment se présente l'acide aspartique à pH neutre ? - Vous êtes passé très rapidement sur votre I - 3 -, vous avez dit que vous y reviendriez dans une prochaine leçon : qu'est-ce que vous envisagiez de dire sur la synthèse peptidique ? - Vous parlez de groupement protecteur, avez-vous une idée des groupements utilisés pour ce genre de synthèse ? - Vous avez parlé de représentation de Fisher, pouvez-vous me dessiner l'alanine dans cette représentation ? - Pour revenir à votre CCM qui n'a pas marché, avez-vous une idée de ce qui explique cet échec ? - Est-ce qu'on peut seulement mouiller une plaque de CCM avec de l'eau ? - Est-ce que c'est classique comme protocole ? Qu'est-ce qu'on fait d'habitude ? - Connaissez-vous une autre méthode que la CCM pour séparer des acides aminés ? - Savez-vous si une difficulté particulière se pose quand on veut synthétiser l'aspartame ? En lien avec l'acide aspartique ? - Savez-vous ce qu'est le point isoélectrique ? - Pourquoi avoir voulu faire un suivi pH-métrique en plus du suivi avec l'indicateur coloré ? - Vous avez dit plusieurs fois "hydrolyse basique de l'ester". Cette réaction porte un autre nom. Lequel ? (Diverses questions triviales dont je vous passe le détail, ici, sur l'expérience du titrage indirect de l'acide acétylsalicylique...)

**Agrégation 2016 - Note : 09/20**

Questions : j'ai eu 20 min de questions, le jury était sympathique, ils m'aidaient quand je ne voyais pas la réponse. - Vous avez parlé d'eau de Javel comme désinfectant, quel est le principe actif ? (ClO-) - Quelle est la différence avec Dakin qui contient aussi des ions ClO- ? (peut être la différence de concentration en ions ClO-) - Quelle est la différence entre un antiseptique et un désinfectant ? (idem différence de concentration en principe actif, je pense) - Il y a présence d'ions MnO4- dans Dakin, pourquoi ne pas en avoir tenu compte dans la réaction avec I- sachant que  $E^0(\text{MnO}_4^-) > E^0(\text{I}^-)$  ? (je n'ai pas su tout de suite mais, on n'en tient pas compte car  $[\text{MnO}_4^-] \ll [\text{ClO}_2^-]$ ) - Sur l'incertitude pour ClO-, d'où vient l'incertitude sur [S2O42-] ? (J'ai pris 5% sur la valeur indiqué) - Pourquoi avoir choisi 5 % ? (en général, c'est ce qu'on prend sur les valeur indiqués des solutions préparées. Il aurait fallu vérifier l'importance de cette erreur par rapport aux autres) - Pour le dosage de Dakin, que peut on utiliser pour mieux voir l'équivalence ? (empois d'amidon que j'ai oublié de mettre) - Pour la partie II), vous avez parlé d'infection qui engendrait des maux de tête, d'où l'utilisation du paracétamol. Or en général on utilise des antibiotiques pour une infection, comment agissent ils ? - Pouvez vous redétailler le protocole de la synthèse du paracétamol ? - Comment peut on suivre la réaction de synthèse au cours du temps ? (spectre IR ?) - Quel est le nom des fonctions de la molécule de paracétamol ? - Pour la partie III), quelle est la représentation générale des acides aminés ? - Pourquoi sont ils essentiels pour le corps ? Le sont ils tous ? - Qu'est-ce qui différencie les acides aminés par rapport à ClO- et le paracétamol ?

Question de laïcité : Comment la démarche scientifique permet aux élèves de se former à la citoyenneté ?

**Agrégation 2015 - Note : 11/20**

Ce n'était pas exceptionnel : ce n'est pas du tout une de mes leçons préférées. J'ai eu du mal à tenir 50min, j'ai réussi en dilatant ma dernière partie. Deux manips sur trois ont fonctionné : le dosage de l'eau de Javel a raté en préparation, je n'arrivait pas à obtenir du diiode. Un prof préparateur a testé la manip sans succès et est reparti sans rien dire. Je ne sais pas s'il l'aura dit au jury. J'ai eu trois spectateurs, un à qui ma leçon a plu apparemment, les autres ont passé 50 min à se prendre la tête entre les mains ou à bailler : c'est un peu déstabilisant.

15min de questions « disciplinaires » suivies de 5min sur « les valeurs de la république »

Est-ce que c'est l'acide salicylique qu'on extrait de l'écorce de saule ? D'où vient le nom « aspirine » ? Qui

a déposé le brevet en premier (1899) ? Quelles propriétés a l'aspirine ? Est-ce que vous conseilliez l'aspirine à un hémophile ? Comment mesure-t-on un pH ? Comment mesurer le point d'équivalence d'un dosage devant une classe de terminale ? Quel conseil d'acquisition donner aux élèves pour utiliser la méthode de la dérivée ? Dans la fiole jaugée dans laquelle vous avez dissout le cachet, il reste du solide en suspension, c'est quoi ? Pourquoi un mélange eau éthanol 40/60 pour la solution mère ? Êtes-vous satisfait de votre mesure ? (j'ai trouvé 432mg pour un cachet de 500mg car j'ai évalué le volume équivalent sur une courbe incomplète et donc sous-estimé ce volume) Quelle précision s'impose l'industriel sur le cachet de 500mg ? Pourquoi certaines peau sont-elles sensibles au savon ? Quel est le pH de l'eau savonneuse ? Dosage de l'eau de javel par iodométrie : établir les équations du dosage à partir des demi-équations RedOx. Quel est le degré d'oxydation du chlore dans  $\text{Cl}^-$  ? Dans  $\text{ClO}^-$  ? Utiliser HCl pour acidifier la solution avant le dosage, c'est discutable ?

### Agrégation 2014 - Note : 11/15 + 4/5

J'ai présenté la synthèse du paracétamol et la saponification. Les questions ont porté sur la structure de la liaison peptidique du paracétamol, sur sa caractérisation (banc Kofler, mais pas que), sur des détails du mode opératoire. Pour le savon, j'ai eu le droit à qu'est-ce qu'il se passe si les micelles se forment dans du cyclohexane, un retour sur le mode d'action du savon, comment fonctionne la CCM. Le jury a apprécié que je présente le paracétamol, ils en avaient marre de l'aspirine. Ils m'ont reproché de ne pas avoir assez insisté sur la liaison peptidique au moment des questions. Mais ils ont trouvé la leçon bien construite et dynamique.

## LC12 : Stéréochimie et molécules du vivant (Lycée)

Jusqu'en 2016, le titre était : *Structures et propriétés de molécules du vivant*

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 - Note : 18/20

Plan : I/ Stéréoisométrie de conformation, II/ Énantiomérie, III/ Diastéréoisomères

Questions : Comment on s'intéresse à la description de la cinétique enzymatique, par rapport à la cinétique des composés usuels ? Citer quelques enzymes utiles dans l'organisme. Donner les ordres de grandeurs d'énergie associés au passage de différents types d'isométrie (Z/E, conformères, etc.) Expliquer le mécanisme de la vision. Combien d'acides aminés ? Qu'ont-ils de particulier (vis-à-vis de la chiralité) ?

#### Agrégation 2015 - Note : 14/20

Plan en deux parties : Les acides gras et les acides aminés. Manips : Le savon, pont disulfure cystéine cystine, et la métallation de la porphyrine mais je n'ai pas eu le temps de la finir.

La préparation s'est plutôt bien passée, les techniciens m'ont apporté tout le matériel dont j'avais besoin. Ils m'ont monté les deux buchner et les deux reflux que je leur avait demandé.

Durant la présentation j'ai passé beaucoup de temps à expliquer les acides gras. J'ai présenté le savon que j'avais synthétisé et j'ai voulu le laver mais le buchner n'aspirait plus. Je n'ai pas pu montrer le caractère moussant. Pour la partie sur les acides aminés, je n'avais plus beaucoup de temps pour expliquer les structures ternaires et quaternaires.

Pour le fonctionnement du savon, que ce passe-t-il si au lieu d'une tâche de gras, j'ai une tache de terre. Que type de structure crée-t-on ? Vous avez parlé des "trans fat", mais comment nomme-t-on généralement les isomères lorsqu'on a une double liaison  $\text{C}=\text{C}$  ? En quelle classe voit-on cette notion ? Avez-vous d'autres exemples où des isomères Z et E interviennent dans le corps humain, avec la vision par exemple ? Avez-vous des exemples de réactions d'oxydoréduction qui se produisent dans le corps humain ? A quoi sert la vitamine C ? Vous avez écrit un acide aminé  $\text{RCNH}_2\text{COOH}$ . Mais peut-on chimiquement écrire ça ? Quel type d'acide est-ce ? Quels sont les  $\text{Pka}$  ?

Commentaires du jury : Je ne m'attendais pas à une telle note car je n'étais pas très à l'aise avec les notions de biochimie et durant les questions je n'ai pas su répondre à beaucoup de choses. Mais le jury m'a dit que j'avais expliqué de manière calme et posée et que ça avait suffi. Au niveau expérimental, ils auraient aimé voir plus, et surtout que j'aie jusqu'au bout dans la manip du savon. J'avais dit pendant la présentation que j'avais fait la manip de la porphyrine mais que je n'étais pas allé jusqu'au bout pour des raisons de temps, et elle m'a clairement dit que je n'aurais pas dû l'évoquer et que ça ne m'a m'avait pas rapporté des "points manip".

Commentaires du jury : Pour la question agir, elle a dit que même si au début je n'étais pas parti dans la direction attendue, j'avais su écouter et répondre à leurs questions.

**Agrégation 2015 - Note : 08/20**

C'était ma première épreuve. La préparation ne s'est pas bien passé. J'étais stressé, donc pas très efficace. Les manip ont bien marché, les techniciens sont au petit soin. Ils installent le matériel, font les titrages. Par contre, il faut quasiment tout leur demander (gants, papiers, matériel d'orga... en plus des produits) car ce sont des salles de TP, il n'y a pas grand chose dedans. La verrerie n'est pas nécessairement sèche. Je me suis retrouvé avec plus qu'une heure de préparation et je n'avais pas écrits grand chose dans mes notes, car j'avais passé du temps sur les manip. Du coup, une heure pour faire de la bio, ben..... c'était pas ça.

Questions : Qu'est ce l'électrophorèse, comment ça marche, à quoi ça sert..?

**Agrégation 2015 - Note : 11/20**

Mon plan : Intro : petit déjeuner, quoi je mange ? Du jus d'orange (apport acides aminés), une tartine de pain (sucres) au beurre salé (apport de lipide) Objectif : faire le lien entre le rôle de ces molécules, leur structure et leurs propriétés. 1. Les AA Manip : chromatographie d'aa du jus de tomate. Il n'y avait pas le bon papier à chromatographie, c'était super nul, mais ils ne m'en ont pas parlé. Synthèse peptidique, planéité, structures secondaire et primaire des protéines 2. Les sucres Manip : la digestion de l'amidon. J'avais fait un super schéma de l'expérience sur transparent avec une synthèse des résultats mais apparemment c'était pas clair. 3. Les lipides Manip : saponification

Questions : Comment expliquer que la liaison peptidique soit plane ? L'hybride il est plutôt  $sp^1$  ou  $sp^2$  ? eeuuuuuuh Quel est le rôle de la vitamine C dans l'organisme ? Quelles sont les fonctions présentes sur le glucose cyclisé ?

Commentaire du jury : on a bien aimé votre accroche.

**Agrégation 2014 - Note : 7/15 + 5/5**

Plan : les protéines : acides aminés, liaison peptidique, expérience du nylon ; les triglycérides : estérification, acides gras, expérience de hydrolyse de l'huile d'olive.

Questions : mécanisme de l'estérification et son rendement ? Peut-on former des protéines sans utiliser des acides aminés ? Comment marche la détection à la ninhydrine, pourquoi elle se colore à chaud ? Quels sont les différentes stratégies de synthèses que l'on peut mettre en place avec des réactions entre acides aminés ?

Remarques sur la préparation : je n'avais pas de synthèse organique longue donc la gestion du temps s'est bien passée, le matériel que j'ai demandé pour les expériences a été apporté rapidement, les techniciens m'ont monté un chauffage à reflux et j'ai fait toutes les manipulations seul ensuite.

Commentaire du jury : plan bon mais ils trouvaient que l'expérience du nylon n'avait pas sa place ici car il n'y a pas de lien direct avec les molécules du vivant (même si la réaction est semblable), il faudrait plutôt étudier les propriétés chimiques des acides aminés à la place (acido-basique par exemple). Ils m'ont principalement reproché pendant les questions de ne pas avoir assez de connaissance en biochimie... mais c'est le cas de presque tous les candidats, c'est pourquoi ils mettent rarement la moyenne sur cette leçon.

**LC13 : Acides et bases (Lycée)**

Jusqu'en 2015, le titre était : *Réaction chimique par échange de proton (Lycée)*

**Retour des années précédentes****Agrégation 2019 - Note : 06/20**

Questions : Nombreuses et rapides, donc j'en oublie sans doutes. Comment montrer expérimentalement la différence acide fort/faible à des lycéens qui découvrent le sujet ? Comment fonctionne un indicateur coloré ? Vous avez donné  $K_e$  à 25°C, la valeur est la même aujourd'hui ? Plus haute ou plus basse ? Comment vous le montrez ? L'eau a-t-elle un pH de 7 sous la chaleur accablante du jour ? Sinon plus haut ou plus bas ? Vous faites cette leçon quand dans l'année ? L'autoprotolyse de l'eau est-elle endo ou exoth ? Dans quel sens se déplace l'équilibre si la température augmente ? Pouvez vous nous donner quantitativement la variation de  $K_e$  avec  $T$  ? Pour l'absorbance du BBT, qu'est-ce que vous pouviez fire de plus ?

**Agrégation 2018 - Note : 04/20**

La préparation s'est bien passé, la présentation aussi, à l'exception du fait que j'ai à mon avis très mal manipé devant le jury et survolé le traitement du titrage. Plan : I. Introduction aux acides-bases (Sirius TS). 1. Définition de Brönsted. 2. Le cas particulier de l'eau (notion d'espèce amphotère). 3. Notion de pH et définition. II. Application aux acides et bases en solution aqueuse (Sirius TS). 1. Équation de dissociation (et non pas de dissolution comme

je l'ai dit). 2. Notion d'acide/base fort/faible. 3. Notion de pKa et de prédominance. III. Utilisation. 1.Exemple de la lixiviation de la Calcine et exothermicité (et précaution de sécurité) (BUP). 2.Application au titrage de l'acide éthanoïque dans le vinaigre. (Cachau-Héreillat acide-base). 3.Les solutions tampons.

Questions : Quels sont les types d'acide que vous connaissez ? C'est quoi un acide de Lewis ? C'est quoi un acide d'alcool ? Un élève calcule un pH avec une concentration en mol.m<sup>-3</sup>, que lui dites vous ? Pourquoi dans les équations des constante d'acidité la concentration de l'eau (le solvant) est 1 ? Le NH<sub>3</sub> c'est sous quel phase aux CNTP ?

J'admets que je ne m'attendais pas à cette note, apparemment ça ne leur à pas plu (Genre pas du tout) que j'utilise des notations abstraites comme  $AH = A^- + H^+$  ils voulaient des exemples tout du long. Mon exemple de la calcine était trop complexe, et le titrage mal réalisé. Ils ont trouvé une faiblesse dans ma compréhension des dissolutions/dissociations. Expliquez un peu le principe du pHmètre et s'en servir pour mettre le concept d'acide et de base en évidence. Le jury m'a aussi suggérer d'introduire la notion d'acide faible avec un acide qui ne se dissoudrait pas en entier (genre acide salicylique dans l'eau).

### Agrégation 2017 - Note : 07/20

Les préparateurs sont très gentils, disponibles tout le temps. Le jury semblait somnoler, ils tiraient des têtes de déterrés...

Questions posées :

- Qu'est ce qu'une électrode combinée ? De quoi est-elle composée ? - Expliquer le principe d'une électrode de verre - Vous avez mis des concentrations dans les constantes d'acidité, quand est ce que l'on ne peut pas ? - Quelle est la définition de l'activité ? Comment calculer une activité ?

J'ai parlé de réaction exothermique (dans le programme, ils parlent de sécurité lorsqu'on parle de réaction avec un acide fort) - Quels phénomènes peut-il y avoir quand on met de l'eau dans de l'acide fort ? - Qu'est ce qu'une réaction exothermique ? - Gardez-vous une certaine crédibilité à dire qu'il faut faire attention lorsqu'on manipule des acides forts aux élèves, sachant qu'en réalité ils ne manipuleront pas plus de 0.1 mol/L en lycée (ah ?) ? - Les formules de coefficient ne sont pas homogènes (j'ai pas mis les concentrations c<sub>0</sub> exprès), pourquoi ? - Comment la constante d'équilibre est-elle reliée à la température ? Pouvez-vous écrire la relation de Van't Hoff ? - Que vaut le produit ionique de l'eau à une température plus élevée ? - Qu'est ce qu'un ph neutre alors quand la température est autre que 25 degrés (plus élevée par exemple) ? La concentration en ions oxonium est-elle plus élevée ou plus faible alors ? - Peut-on définir un produit ionique si je me place dans le solvant acide acétique ? Comment s'écrirait le produit ionique ? - Pourquoi la gamme de variation du pH sanguin Est-elle aussi petite ? - Comment l'organisme fait pour qu'il varie aussi peu ? - Quelle différence entre zwitterion amphotère ampholyte ?

Commentaire : j'ai eu 7/20, je pensais vraiment avoir mieux réussi, j'ai essayé de faire des expériences didactiques et des explications claires, ce qui a plu au jury, mais ils m'ont dit que je n'avais pas été clair dans mes propos, les définitions étaient peu claires aussi, et que "le c<sub>0</sub> manquant est préjudiciable", alors que tous les bouquins de chimie ne le mettent pas .. Ils auraient préféré que je note les définitions et que je les laisse sur un coin du tableau.

### Agrégation 2015 - Note : 07/20

Un peu long en temps, pas assez de manip. Techniciens adorables.

Questions : standard/référence ? Acide fort ? fonctionnement d'un pH mètre ? Electrode au calomel, couple et équation, nombre d'oxydation du mercure ? relation entre l'enthalpie libre et la constante d'équilibre ? un élève prend un indicateur coloré au hasard et trouve le bon volume équivalent, pourquoi ?

## LC14 : Liaisons chimiques (Lycée)

### Agrégation 2019 - Note : 15/20

Plan proposé : I) De l'atome aux molécules (j'ai présenté des modèles moléculaires sur orbimol pour H<sub>2</sub>O CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub> et un modèle moléculaire en "vrai" de l'éthane et de l'éthène pour montrer que la double liaison empêche la libre rotation. J'ai enchainé sur l'acide maléique et fumarique en disant que cette non-rotation rend ces molécules différentes (j'ai dit que c'était une isomérie Z/E), II) Cohésion de la matière (J'ai montré l'expérience avec la peau de chat et une tige à proximité d'un filet d'eau pour montrer l'interaction électrostatique avec les moments dipolaires de l'eau. Je suis revenu sur l'exemple de l'acide maléique et fumarique en faisant le lien entre les liaisons hydrogènes intermoléculaires/intramoléculaires (fumarique/maléique) et la différence de point de fusion (j'ai fait le point de fusion du maléique j'étais 5 degrés au dessus..) j'ai montré que le point de fusion du fumarique était bien plus haut j'ai ouvert sur les liaisons ioniques et la solvatation.

Questions : C'est quoi une liaison ionique ? C'est quoi la structure cristallographique de NaCl ? Ils sont où les sites octaédriques dans la maille CFC ? Étapes d'une dissolution d'un composé ionique dans un solvant ? Pour la dissociation c'est quoi le paramètre important ? C'est quoi le potentiel d'interaction entre les deux ions ? Pour un composé comme AgCl comme se déroule la dissolution ? Pourquoi HCl est fort et pas HF ? C'est quoi un dipôle instantané ? C'est quoi les limites de la représentation de Lewis ? Le dioxygène est paramagnétique pourquoi ? Représentez le diagramme d'orbital moléculaire ? Pour avoir des interactions entre orbitales atomiques, c'est seulement une question d'énergie ? Symétrie des orbitales  $s$  ? Quelle type de recouvrement entre les OAs  $s$  ? Pour  $p$  quelle autre type de recouvrement possible entre les OAs ? Avec cette notion d'orbitales moléculaire, pouvez-vous expliquer pourquoi pas de rotation autour d'une double liaison carbone-carbone ? D'autre type de solide que ioniques ? Exemple de solide avec liaisons covalentes ? C'est quoi une liaison métallique ? C'est quoi l'unité du moment dipolaire ? Et en chimie ? Vous avez dit que les doublets non liants ne faisaient pas de liaison covalentes, en chimie organique il n'y a pas des synthèses ou les doublets non liants sur un atome d'oxygène comme par exemple le diethyl-ether font des liaisons stabilisatrices ? L'oxygène dans ce cas c'est une base ou un acide de Lewis ? Développez le lien entre les couches K,L,M et la configuration électronique vue dans le supérieur ? Sur votre échelle d'électronégativité H est plus électronégatif que les métaux de transition, intérêt en synthèse organique ? Les ions hydrures sont réellement présents en solution ? Des exemples de donneur d'hydrures ? Représentation de Lewis de BH<sub>3</sub> ? Autre qui impliquent des métaux ? Ce n'est pas contradictoire que dans la liaisons covalentes les électrons s'attirent alors que entre les doublets il y a répulsion ? Expliquez simplement à des élèves de 1ère ? La rupture d'une liaison covalente en thermodynamique c'est associé à quelle énergie ? Cette énergie de dissociation est associée à quelle réaction par exemple pour H-Cl ? Que doit retenir un élève à la fin de votre leçon ? C'est quoi les difficultés de cette leçon ?

### Agrégation 2019 - Note : 02/20

Plan : I) Nécessité de la liaison chimique, II) Constatation expérimentale, III) Autres interactions intermoléculaires, IV) Retour sur les expériences (de la partie II).

Questions : Définir un acide. Quelle est la conformation la plus stable pour l'éthanol présentée ? Est ce que l'énergie d'une liaison double est 2 fois celle d'une liaison simple ? Puis pourquoi ce n'est pas le cas ? Est ce que vous connaissez d'autres liaisons que celles présentées ? Dans les cristaux ? Quelles sont les différentes liaisons de Van der Waals ? Quelle relation d'isomérisie existe-il entre les 2 acides présentés ? Comment séparer 2 diastéréoisomères ? Comment expliquez-vous à un élève une méthode systématique pour déterminer le schéma de Lewis d'une molécule ? Connaissez-vous d'autres représentations que Lewis permettant de donner la géométrie de la molécule ?

### Agrégation 2019 - Note : ??/20

J'ai fait deux manips : le point de fusion pour l'acide fumarique et l'acide maléique pour l'isomérisie Z-E et l'extraction du diiode avec du cyclo et de l'eau pour montrer l'influence de la polarisation des liaisons dans la solubilité. J'avais prévu aussi montrer la solubilité d'espèces ioniques dans différents solvant mais je n'ai pas eu le temps. J'ai aussi utiliser des modèles moléculaires pour montrer la géométrie des molécules. Les questions n'ont pas porté sur des choses pour corriger ma leçon mais plus pour rentrer plus en détail. Il y a eu une question qui me demandé en quoi la géométrie des molécules était pertinente pour les liaisons chimiques, j'ai répondu que pour un élève ce serait plus clair de voir que le nombre de liaison et les doublets non liants jouent un rôle important dans la structure spatiale de la molécule. J'ai montrer des tableaux périodiques pendant la leçon donc on m'a posé des questions sur le tableau périodique, comment on le construit et tout ça. Ensuite on m'a posé des questions sur les échelles d'électronégativité. J'ai eu des questions sur les ordres de grandeurs des énergies mise en jeu pour Van der Waals et les liaisons hydrogène et covalentes.

## LC15 : Solvants (CP)

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2017 - Note : 18/20

Plan : I) Propriétés des solvants 1) Caractéristiques physiques 2) Processus de solvatation 3) Classification, règle de miscibilité 4) Solvants et chimie verte II) Influence sur un procédé chimique 1) Extraction liquide liquide (mesure du coefficient de partage du diiode eau/cyclohexane 2) Cinétique (hydrolyse du chlorure de tertio-butyle)

La préparation s'est bien passée, même si j'étais un peu lent sur les manips. Vu les chaleurs ce jour-là, j'ai pris un bain thermostaté pour effectuer les réactions de cinétique. Faire attention à la température à laquelle le pH est étalonné toutefois ! Durant la présentation, la première partie s'est bien passée, mais j'ai été trop speed sur la deuxième. Les points en moins proviennent justement d'une précipitation lorsque je versais les réactifs. Si vous êtes du genre calme cool zen même sous le stress, vous éviterez ce défaut. Je n'ai pas eu vraiment de retour pertinent,

il faut être réactif sur les questions, ce qui a été apprécié dans mon cas. J'avais prévu une troisième partie dans le II) sur la CCM mais c'était irréaliste... Mieux vaut bien prendre le temps de présenter les expériences et les méthodes de mesure de concentrations pour le coefficient de partage pour bien exploiter les expériences. Le jury, contrairement aux retours du book que j'avais lus, était très sympathique et chaleureux.

Questions posées : Réécrire le bilan d'hydrolyse du chlorure de tertibutyle (il était faux). Quel mécanisme réactionnel ? Ecrire le profil réactionnel en énergie. Quelle sont les coordonnées ? Justifier comment vous le construisez (2 intermédiaires réactionnels, des complexes activés, montrer l'énergie d'activation, quelle bosse est la plus haute). Quelle est l'étape cinétiquement déterminante ? Redessiner ce profil pour l'autre mélange de solvants (plus d'eau, moins d'acétone). Qu'est-ce qu'on peut tracer avec certitude ? (l'intermédiaire réactionnel est plus bas qu'avant). Pourquoi vous avez tracé le complexe activé plus bas en énergie aussi ? (postulat de Hammond) Enoncer le postulat. Vous avez parlé des solvants dangereux et de la recherche de nouveaux solvants. Décrire les pictogrammes sur la bouteille de cyclohexane. Quelles précautions doit-on prendre ? (mettre des gants entre autres, ce que je n'ai pas fait...) Quels autres solvants récents et verts sont utilisés (liquides ioniques), les décrire. Peut-on assimiler concentration et activité dans l'eau ? Et dans le cyclohexane, la condition est plus ou moins restrictive que dans l'eau pour les concentrations à partir desquelles ce n'est plus le cas ? Vous avez dit que les interactions de type London sont plus fortes que Keesom : pourquoi ? Dans l'expression de l'énergie d'interaction de Keesom il y a un facteur  $kT/\hbar$  : à quoi c'est dû ? Ca explique le résultat ? Est-ce que HCl serait autant dissocié dans l'acide éthanoïque que dans l'eau ? Est-ce que l'acide éthanoïque est amphotère ? Ecrire la réaction d'autoprotolyse, comparer à l'eau. Vous avez parlé du glycérol : comment on le produit ? Vous avez parlé du THF : quelle est sa formule de Lewis ? Dans quelle catégorie de solvant on le range ? Pourquoi il n'est que peu polaire alors que l'acétone l'est ?

### Agrégation 2016 - Note : 11/20

Plan du Fosset essentiellement avec l'expérience de Cannizzaro pour illustrer les différentes manips (possibilité de faire une recristallisation, une extraction liquide-liquide, de parler de la CCM), j'ai fait une première partie parlant des forces intermoléculaires, une deuxième partie spécifique aux solvants (solvatation, solvants verts) et une dernière partie sur l'expérience Cannizzaro. Je n'ai pas eu le temps de passer du temps sur la dernière partie, j'ai juste pu montrer l'extraction liquide-liquide. Malgré mes connaissances proches du néant en chimie organique j'ai pu sauver les meubles.

Questions : Quelle est la réaction de Cannizzaro ? (dismutation des aldéhydes) Quels sont les processus de solvatation du sucre dans l'eau ? Quels sont les interactions mises en jeu dans les interactions de Van der Waals ? Détailler les interactions entre un solvant polaire et une molécule apolaire ? Question sur le vocabulaire dans l'extraction liquide-liquide (normalement on jette l'eau du lavage, dans la réaction de Cannizzaro on la garde, quel est le terme approprié ?)

### Agrégation 2016 - Note : 14/20

- Techniciens : Les techniciens étaient gentils mais un peu distraits par le match des bleus qui avait lieu en même temps, un dimanche après-midi. Ils m'ont monté mon montage de recristallisation en entier. - Préparation : J'ai perdu beaucoup de temps à trouver un livre dont j'avais besoin. J'ai manqué de jus pour démarrer à fond, résultat je me suis retrouvé trop pressé à partir d'un certain moment. Il faut vraiment démarrer au quart de tour, et commencer par assurer ses manips et vérifier que tout le matériel est là. A noter que les pissettes d'eau sont jaunes fluo et ne ressemblent pas à des pissettes d'eau. - Jury : Ils avaient l'air blasés et fatigués, pressés d'en finir. Bienveillants cela dit, au point qu'en rentrant, ils ont gentiment allumé ma hotte que j'avais éteinte à un moment, puis que j'avais oubliée... Gardez votre hotte allumée tout le temps !

- Plan : I) Classification des solvants selon leurs propriétés II) Solubilité et miscibilité III) Application en synthèse organique : étapes finales de Cannizzaro, solvants alternatifs et chimie verte.

- Déroulement : J'ai mis trop longtemps sur le début. Au moment de commencer mes manips de séparation et purification des produits finaux de Cannizzaro (j'étais seulement partis d'un mélange réactionnel final simulé, sans réellement faire la réaction qui est très longue), je suis arrivé à un moment où je n'avais pas le bon bouchon pour l'ampoule à décanter. Je l'ai un peu cherché, puis j'ai abandonné, en expliquant le protocole, il ne me restait plus beaucoup de temps. J'avais préparé un transparent qui résumait les grosses étapes de traitement de chacune des deux phases, en insistant sur le choix et le rôle du solvant. Il faut pouvoir se rattraper de cette façon, je crois que j'ai bien expliqué cette partie et c'est ce qui m'a sauvé. Il est complètement illusoire d'espérer faire toutes les étapes devant le jury, le choix est difficile : séparation, extraction, relargage, distillation, chromatographie.

- Avis : Il faut bien sûr mettre tout ce qui est forces intermoléculaires en pré-requis. Mais vu les questions, je pense qu'ils aimeraient plus de liens entre les structures moléculaires des solvants, les grandeurs physiques mesurées (moment dipolaire, permittivité...), et les propriétés physico-chimiques observées. Il faut par exemple bien illustrer le pouvoir dispersant et le rôle de la permittivité par un mécanisme concret de solvatation d'espèces ioniques. C'est aussi l'occasion de parler du rôle joué en cinétique par le solvant, qui semblait pas mal les préoccuper vues

les questions. Il faut bien avoir en tête que les énergies d'activation sont rarement tabulées pour les réactions de chimie orga puisque c'est une grandeur extrêmement sensible à la moindre variation de composition du solvant. Même si la manip est difficile à faire, la réaction d'hydrolyse du tertibutyle proposée dans Daumarie et Blanchard est vraiment un très bel exemple pouvant être mentionnée, accompagné de valeurs très concrètes prises dans le protocole. De plus il faut absolument réviser le rôle cinétique du solvant pour SN1 et SN2, cf questions. La notion de constante de partage est un peu lourde, mais elle est centrale, et réaliser une extraction bien commentée devant le jury permet d'en parler sans définir formellement la notion. L'aspect chimie verte est incontournable.

Questions : Etat physique des autres dihalogènes ? Expliquez pourquoi. Différence entre dipole instantané et induit ? Unité SI d'un moment dipolaire, ODG. Comment expliquer qu'une grande permittivité augmente le caractère dispersant ? Mécanisme de Cannizzaro ? Développer les problèmes environnementaux liés aux solvants. Ont-ils un rôle sur la cinétique ? Exemples ? Il m'a ensuite beaucoup fait développer mon exemple de la compétition SN1 et SN2 (je n'ai pas pensé à parler d'énergie d'activation ni justifié sa dépendance du solvant, il faut pousser les raisonnements jusque là). Comment les chimistes font pour rendre des polymères hydrophiles ? Où en est actuellement la recherche sur les solvants (je me suis lancé sur le CO2 supercritique ce qui a semblé lui convenir), propriétés d'un tel solvant, intérêt, traitement post-utilisation.

### Agrégation 2016 - Note : 10/20

Note supérieure à celle que j'attendais, surtout après mon black out aux questions : ils ont dit avoir récompensé le dynamisme et la pédagogie, malgré les connaissances et l'aisance expérimentale moyenne, et que les questions n'étaient qu'une partie de la note. Solvant, c'était clairement pas ma tasse de thé, mais j'avais quand même une manip cool, tirée du Dunod PC : on mélange du I2 dans eau+cyclohexane, et on dose la concentration de I2 dans chaque constituant, une fois par titrage (burette) et une fois par colorimétrie (spectro) pour mesurer le pouvoir dissociant. Ça permet de montrer plein de choses en une seule manip, directrice.

Questions : Les questions ont surtout été des retours sur des erreurs ou mélanges pendant la présentation.

### Agrégation 2016 - Note : 04/20

La préparation s'est bien passé. Ma problématique était : "comprendre ce qu'il se passe quand on dissout du sel dans l'eau et pourquoi l'eau et l'huile ne se mélangent pas. J'ai fait une première partie sur les propriétés des solvants. Une seconde sur la vérification des idées mises en avant sur une expérience, celle du diode dans l'eau et le cyclohexane. Puis une dernière de la réaction de Cannizzaro, dans laquelle on traite uniquement le mélange des produits (super réaction!). J'ai écrit mes notes en environ 2h, manipulé 1h. Les techniciens étaient super, ils faisaient un super petit dej dans le couloir (boules quies recommandées pour les psychopathes du silence comme moi). Ils ont monté les manip que je voulais. Il ne faut vraiment pas hésiter à tout leur demander et bien en détail. La présentation s'est bien passée. J'ai presque tout traité sauf la fin de Cannizzaro (je n'ai pas présenté le traitement de la phase organique au rotavap).

Questions : questions sur les forces de Van de Waals, je me suis trompé entre London Debye et Keesom. Ecriture du dichlo (je l'avais fait plan carré au lieu de tétraédrique, la fatigue). Question de pédagogie : comment vous expliqueriez à un élève l'effet de la liaison hydrogène (j'ai donné une définition rigoureuse ça faisait pas trop pédagogue mais sur le coup je n'avais pas d'idée). D'ailleurs certes on a le temps de réfléchir à une question, mais c'est quand même « tu sais ou tu sais pas » ils passent très vite à la suite. Ils sont assez peu revenu sur ce que j'avais dit. J'ai eu enfin une question sur la chimie verte (mon ouverture) à propos du CO2 supercritique comme solvant, je savais que ça existait mais ne savait pas à quoi cela servait.

### Agrégation 2016 - Note : 11/20

Questions : 3 types de solvant ? polaire protique, apolaire aprotique et polaire aprotique. Donner un exemple de chaque. Pour le polaire aprotique, elle attendait le DMSO mais j'ai donné de 2 methylTHF. Elle était d'accord mais attendait vraiment le DMSO, que je n'ai pas su redonner. Etapes autres que lors de la synthèse où interviennent les solvants ? (j'ai parlé de relavage et de lavage, mais j'ai totalement oublié de parler de CCM et de recri..). Diode, quel forme à T amb ? solide moléculaire. peut détailler ? origine cohésion, interaction en jeu (keesom), force de liaison (10 kJ/mol). J'ai parlé aussi de sa capacité à se sublimer à 60 °C. Retour sur les liaisons H (j'ai dit une grosse betise durant la présentation mais je me suis direct repris pendant les questions). ODG de l'énergie d'interaction, directivité de la liaisons, distance ? Equation du dosage que j'avais faite : fausse au tableau, mais juste sur mon transparent, c'était la dernière question et j'arrivais pas à voir l'erreur (de charge toute bete). Une jury en partant m'a indiqué l'erreur et m'a dit que ce n'était pas grave. Niveau plan j'ai fait I/ Propriétés des solvants II/Coefficient de partage du Diode. Le temps de question n'a pas dépassé 20 min. J'avais initialement prévu de faire le traitement des produits de cannizzaro mais le temps passe extrêmement vite en préparation et niveau présentation j'ai réussi à faire 50/50 pour mes deux parties. Autrement dit, et c'est valable pour toutes les autres leçons de chimie, ne prévoyez pas trop de manip, au risque de ne pas avoir le temps de rédiger ce que vous voulez dire pendant la présentation. Il ne faut pas oublier qu'il s'agit d'une leçon et non d'un montage. Par ailleurs, il ne faut jamais JAMAIS donner le résultat d'une expérience avant de la faire.

**Agrégation 2015 - Note : 14/20**

Plan : I) Caractérisation des solvants 1) Propriétés des solvants (polaire protique, aprotique, apolaire) 2) Les étapes de la dissolution II) Partage entre deux solvants 1) Exemple du diiode (avec la manip du coeff de partage du diiode avec l'eau et le cyclohexane) 2) Application à l'extraction liquide-liquide (manip de canizzaro) III) Principe du catalyseur par transfert de phase. (manip qualitative trouvée dans le Grécias) Je n'ai pas très bien géré la préparation (beaucoup de bourdes liées au stress), donc j'ai moins poussé les manips que je n'aurais voulu. J'ai cependant fini dans les temps sans faire sauter de parties. Les techniciens étaient très sympa, ils ont monté le montage à reflux sans que je leur dise de le faire et étaient toujours présents si j'avais besoin d'autre matériel.

Questions : Exemple de l'utilité des solvants dans la vie de tous les jours ? (rencontre des réactifs) Solvants miscibles/non miscibles seulement ? Solvants polaires protiques, aprotiques ou apolaires seulement ? (non pour les deux, on peut avoir des cas intermédiaires). Quel est le type de solvant pour l'acétyl de-je-ne-sais-plus-quoi ? (partie polaire de l'acétyl mais apolaire de la chaîne carbonée). Savez-vous comment calculer autrement les incertitudes ? (j'ai fait une propagation classique sans racine carrée, je lui ai dit qu'avec la racine ça existait aussi et que c'était cette dernière méthode qui se répandait de plus en plus). Quelle est le nom de la réaction chimique dans la réaction de Cannizzaro ? (dismutation) Est-ce qu'on a la même chose avec un autre aldéhyde classique ? (je n'ai pas su retrouver la réaction qui se passait quand on a un H à la place du groupe phényle). Différence entre le cyclohexane et l'éther ? (en présentant, je croyais que le solvant était du cyclohexane, du coup j'ai tout démontré à partir de ça, et sur la paillasse je me suis rendue compte que c'était de l'éther. Manque de chance, avec la fatigue et le stress, j'étais incapable de redessiner la tête de l'éther, du coup je n'ai pas su justifier que l'extraction liquide-liquide fonctionnait aussi avec l'éther). Connaissez-vous un appareil pour enlever le solvant une fois l'extraction faite ? (évaporateur rotatif).

**LC16 : Classification périodique (CP)****Retour des années précédentes****Agrégation 2017 - Note : 06/20**

J'ai suivi le plan qu'avait présenté mon binôme pendant l'année et qui avait été très bien accueilli, en déplaçant la manip vers le début afin de pouvoir la réaliser sans le stress des dernières minutes : I. Construction historique, II. Expériences des halogénures d'argent (JFLM1), III. "Reconstruction" quantique. J'ai dû m'arrêter avant de présenter toutes les règles quantiques.

J'ai été très déçu de la note. Le jury a aimé le principe du plan (construction historique puis pourquoi la classification a survécu à la mécanique quantique), mais ils ont trouvé qu'il y avait une trop grande place laissée à l'aspect historique et à l'expérience, qui pour cette leçon ne nécessite pas d'être quantitative d'après eux. Je n'aurais pas non plus dû parler du nombre de masse A pour l'ordre dans la classification de Mendeleïev : même s'il a bien utilisé le nombre de masse, il n'y avait pas la notion du nombre A à cette époque.

**Agrégation 2016 - Note : 05/20**

C'est la leçon que j'ai préparé pendant l'année, je connaissais donc plutôt bien mon plan et les livres qu'il me fallait. Toutefois, je trouve cette leçon difficile, surtout si on veut réaliser une approche pédagogique comme le souhaite le jury. Je n'avais pas très bien réussi pendant l'année, j'ai modifié mon plan mais je ne suis pas sûr que ça se soit mieux passé cette fois-ci.

J'avais quelques manips qualitatives, pour montrer l'évolution dans une colonne (Précipitation des halogènes avec l'argent) et dans une ligne (Évolution de l'acidité des oxydes), j'ai pu les montrer même si à la fin, je me suis trompé et ait mis le mauvais produit dans un tube à essai, à cause du stress je pense.

J'ai pas mal essayé de faire le lien, tout au long de la leçon avec des choses que les élèves sont sensé déjà connaître, comme la charge des ions (Pourquoi on a toujours Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, I<sup>-</sup> ?), on encore les liaisons qui se forment entre atomes. Malheureusement, je n'ai pas pu finir, et donc je n'ai pas montré le caractère réducteur des alcalins, qui était ma manip finale (Na dans l'eau).

Pour les questions, j'étais un peu à la ramasse, même si de manière générale elles étaient plutôt faciles, j'avais le cerveau un peu embrouillé et j'étais pas mal stressé, ça n'a pas aidé. Pour l'épreuve AGIR, j'ai eu l'impression que le jury n'a pas apprécié que je prenne 30 secondes après que la question ait été posée pour réfléchir. C'est à dire qu'au bout d'environ 20s elle m'a reformulé la question en me disant que je n'avais que 5min et qu'il fallait que je me presse.

Questions : - Est-ce que l'échelle de Mulliken de l'électronégativité est adaptée à la compréhension de la formation des liaisons dans les molécules ? - Quelle est la structure de valence du Ti ? (Ils m'ont donné sa position dans le tableau périodique). Qu'en déduisez-vous sur la chimie du Ti ? - Qu'est-ce qu'une orbitale atomique ?

Est-ce différent de l'orbite d'un électron autour du noyau ? - Si vous aviez à définir l'électronégativité en une seule phrase, comment le feriez-vous ? - Énoncez moi la règle de Klechkowski sans utiliser le moyen mnémotechnique que vous avez présenté pendant la leçon. Est-ce une règle de remplissage ou une règle sur les énergies ? Pourquoi l'orbitale 3d est après la 4s ? - Vous avez dit que les oxydes formés par les éléments se trouvant au milieu du tableau sont amphotères, ça veut dire quoi ? Vous pourriez écrire 2 réactions pour montrer cette propriété, avec  $\text{Al}(\text{OH})_3$  par exemple.

### Agrégation 2015 - Note : 05/20

C'est une leçon que je trouvais difficile. Je n'ai pas eu le temps de finir au bout des 50 minutes. Je n'ai donc pas pu présenter les toutes propriétés acido-basiques et d'oxydoréduction des différents éléments. Je n'ai présenté que 2 expériences (précipitation des ions halogénures et le Sodium dans l'eau avec la phénolphaléine).

Voici les commentaires du jury sur ma présentation :

1) Dans ma première partie je présentais un peu l'histoire du tableau périodique. Le jury m'a dit qu'on pouvait faire encore un peu plus d'histoire des sciences en présentant d'autres classifications qui avaient été proposées. Le message qu'il faut bien faire passer c'est pourquoi on a gardé telle ou telle classification et quels étaient les avantages ou inconvénients associés à chacune des différentes classifications. De plus le jury m'a dit qu'il serait intéressant de parler de l'étymologie des différentes familles (l'étymologie met en avant certaines propriétés physiques et chimiques).

2) Dans ma deuxième grande partie je présentais des notions dont j'ignorais qu'elles n'étaient plus au programme (par exemple l'attachement électronique). Je recommande donc vivement aux prochains candidats de lire attentivement les programmes et de vérifier si les outils qu'ils utilisent sont toujours au programme. Ceci explique donc en partie ma note.

3) Enfin concernant les expériences le jury m'a rappelé que c'est une leçon un peu pauvre en manipulation. Néanmoins il faut essayer de montrer pour au moins 2 éléments d'une même famille certaines propriétés.

Questions : C'était ma dernière épreuve et je ne me souviens plus de toutes les questions.

D'où vient le nom des cristallogènes ? (possède une structure cristalline) Quels propriétés partagent les éléments Pt, Pd et Ni ? Pourquoi les utilise-t-on ? (catalyseurs) Dans quelle réaction ? (dihydrogénation catalytique des alcènes)

### Agrégation 2014 - Note : 10/15 + 4/5

J'ai présenté le plan suivant : 1. Construction de la classification Historique, actuelle. Périodicité des propriétés chimiques. 2. Propriétés atomiques Électronégativité, retour sur la périodicité, état physique des dihalogènes 3. Propriétés chimiques Caractère oxydant-réducteur et acido-basique

J'ai présenté comme expérience la synthèse du dichlore, l'état physique des dihalogènes, la réaction  $\text{Na} + \text{H}_2\text{O}$ , le caractère amphotère de l'oxyde d'aluminium, et les expériences sur les halogénures en tube à essais.

La présentation était un peu courte, mais j'ai pris assez de temps à faire Agir. Les techniciens étaient très serviables et sympathiques (ils ont monté la synthèse du dichlore sans que je leur demande), par contre un peu radins sur les gants (une seule paire pour le passage) ! Pendant le passage, je n'ai pas été trop vite, pris 2-3 minutes à bien contextualiser au début et à la fin. Le jury a apprécié mon entrain, mon dynamisme et le fait que j'explique bien la démarche de la leçon d'un bout à l'autre pour faire comprendre quelque chose. Il a regretté des erreurs de vocabulaire, que je n'ai pas présenté les pouvoirs oxydants comparés des halogènes.

## LC17 : Solides cristallins (CP)

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 - Note : 20/20

J'ai fait le plan que j'avais fait pendant l'année. Questions : Quels types de défauts connaissez-vous ? Comment fait-on pour déterminer la structure cristalline ? Pourquoi des rayons X ? Pourquoi on utilise des poudres ? Quand notre solide cristallise, qu'est-ce qu'on observe ? Est-ce qu'on observe les atomes ? J'ai eu quelques questions sur les réseaux. Ensuite, des questions sur les étapes de solubilisation des composés ioniques. Finalement des questions de culture générale sur les alliages et leurs utilisations.

Retour de jury : Iels ont adoré ma leçon, les schémas étaient jolis et le tableau bien tenu. Une des jurys m'a dit enseigner très souvent cette leçon et qu'elle a vachement conscience des difficultés des élèves, et elle m'a dit qu'à chaque point difficile je faisais une slide note pour bien les expliquer. Ca lui a vachement plu pcq elle m'a dit que ca montrait que j'avais réfléchi aux difficultés possibles pour les élèves et que c'est "une très grande qualité pour

un-e prof". La petite vidéo sur la recalescence du fer leur a vachement plu aussi parce que ça illustre un peu la première partie qui est un peu "brut" et pq c'était bien expliqué et introduit. Le fait que je finisse pas le plan les a pas choquées pq y a bcp de choses quand même dans cette leçon. Iels ont aussi aimé le fait que mon vocabulaire soit précis, que je choisissais bien mes mots. Bilan : en chimie, c'est vraiment la pédagogie qui prime une fois de plus, et essayer d'illustrer la leçon (même quand les manips sont pas légions comme ici) ça fait toujours plaisir.

### Agrégation 2015 - Note : 07/20

Temps mal géré, je n'ai présenté que la moitié de ce que j'avais préparé... les manips déjà peu nombreuses se sont en plus trouvées tronquées elles aussi.

Questions : Avez-vous étalonné le conductimètre? Faut-il le faire, pourquoi? On suppose une maille de  $H_2O$  où les O occupent un cubique face centré + 1 site tétraédrique sur 2; à votre avis, où peut-on mettre les H? Qu'est-ce qu'un défaut stœchiométrique? Le nombre de charge est-il conservé, si oui comment? Beaucoup de questions sur ce que je n'avais pas eu le temps de présenter dans la suite.

## LC18 : Corps purs et mélanges binaires (CP)

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2017 - Note : 08/20

I. Corps purs (variance, analyse du diagramme d'état, démonstration et commentaire de la relation de Clapeyron)  
 II. Mélanges binaires (introduction par la prise d'une courbe de refroidissement et le tracé du diagramme eau-urée, analyse des différentes formes de diagrammes en fonction de la miscibilité des 2 espèces, théorème des moments, explication de pourquoi on sale les routes en hiver).

Techniciens très présents et très volontaires ("belle manip", disaient-ils pour le diagramme binaire eau-urée). Par chance je suis passé à 6h40, ma glace fondait lentement. Jury assez antipathique, à part le plus âgé des trois. Les deux autres étaient très secs voire un peu méchants dans les questions (voire plus bas). Bonne gestion du temps (43 mn/45) et aucun problème concernant les manips dans la présentation, à part de la surfusion de ouf sur la courbe de refroidissement (voir questions). Les jurés s'envoyaient des sourires entendus de temps en temps, je ne savais pas trop quoi en penser.

Questions posées : 1er membre du jury : connaissez-vous la notion de variétés allotropiques? Exemples? Représentations sur le diagramme d'état? Peut-on avoir un équilibre entre plusieurs variétés allotropiques, la phase gazeuse et la phase liquide? Vous avez tracé une droite pour l'équilibre solide-liquide, est-ce que c'en est vraiment une? Pourquoi? Dans le diagramme binaire eau-sel, qu'a-t-on dans la partie en bas "solide"? (de la glace avec dedans des cristaux de sels, puisque non miscibles) Est-ce qu'on peut saler les routes en Sibérie? Vous avez utilisé dans la démo de Clapeyron une relation entre l'enthalpie standard et la différence des volumes molaires, vous pouvez la démontrer? Sur le diagramme à deux fuseaux, vous pouvez indiquer la nature de chaque phase dans chaque partie?

2e membre du jury (plus bourrin) : expliquez le phénomène de surfusion sur les courbes de refroidissement. Dans quelles hypothèses on se place pour le tracé de ces courbes? Pourquoi la température remonte? Comment fait-on des aliments lyophilisés? Pourquoi la droite solide/liquide est beaucoup plus pentue que les deux autres courbes? Pourquoi avoir fait l'analyse de la variance du mélange binaire AVANT de regarder les courbes de refroidissement? Est-ce que ce n'est pas un peu bof sur le plan pédagogique? (que voulez-vous répondre à ça?)

3e membre du jury : Vous avez donné deux formules pour la variance, laquelle un élève devrait-il retenir? (pas celle appliquée aux mélanges binaires)

#### Agrégation 2017 - Note : ?

Les manips (construction d'un diagramme eau urée avec les courbes de refroidissement) se sont bien passées, les techniciens étaient extras. J'ai été très confus sur la partie binaire, le jury l'a bien vu, les 35° et le manque de sommeil n'ont pas aidé non plus. Apparemment ils n'ont pas aimé mes calculs de variance en dénombrant les paramètres intensifs et les relations les liants, mais ils ne voulaient pas non plus que j'utilise de formule toute faite donc mystère...

Questions posées : - démonstration pour passer de la fraction molaire à la massique - redémonstration d'un morceau de Clapeyron (que j'avais juste décrit à l'oral) - possibilité d'une coexistence de plusieurs phases solides d'un même corps pur? (idem pour solides et gaz) - à part la glace qui flotte, d'autres cas où intervient les propriétés spécifiques de la masse volumique de l'eau - calculs de variances à plusieurs endroits (qu'est-ce qui est habituellement fixé?) - reparler du lien entre courbes de refroidissement et construction du diagramme binaire - pourquoi a-t-on des surfaces pour les domaines monophasés et des lignes pour les domaines diphasés dans le P/T?

**Agrégation 2017 - Note : ?**

C'est la leçon que j'avais eue aux oraux blancs. Ça c'était très mal passé, j'ai donc essayé de prendre en compte toutes les remarques que l'on m'avait faites. J'ai présenté le plan suivant : 1 - Changement d'état d'un corps pur 1-1 - Analyse expérimentale (courbe de refroidissement de l'eau et eau qui bout à  $T < 100$  deg C) 1-2 - Équilibre d'un corps pur diphasé 1-3 - Diagramme de phase et variance 2 - Changement d'état d'un corps pur 2-1 - Courbes d'analyse thermique (binaire eau-urée) 2-2 - Diagramme binaire et variance 2-3 - Utilisation quantitative des diagrammes 3 - Applications

Les techniciens étaient géniaux, très sympas et disponibles. La préparation s'est plutôt bien passée, j'ai eu le temps de faire un passage sur la première partie, ce qui permet d'être à l'aise pour le début de la présentation, et de bien se lancer pour la suite.

Questions posées : Le jury était particulièrement antipathique, j'ai vraiment eu l'impression que leur but était de m'enfoncer. Première question : Je n'ai pas aimé votre conclusion, refaites-en une (j'avais parlé du binaire eau sel pour les routes en hiver). Vous avez noté la fraction massique avec un  $x$ , est-ce une bonne idée? Vous avez choisi de noter les constituants A et B, les phases alpha et beta, je trouve que c'est une très mauvaise idée. Etes-vous sûr de votre relation de Clapeyron? Comment s'utilise-t-elle? Qu'est-ce que le solidus? Tracer le pour ce que vous avez appelé une non-miscibilité à l'état solide. Pouvez-vous revenir sur le calcul de la variance? Qu'est-ce que la variance? Pourquoi la pente  $p(T)$  pour l'équilibre solide liquide de l'eau est-elle décroissante? (J'ai parlé de structure lacunaire de la glace) Vous pensez vraiment qu'un élève comprendrait un tel argument? (J'ai donc parlé des icebergs ...) Quelle est la formule brute de l'urée? Pouvez-vous tracer la molécule au tableau? Qu'est-ce qu'un composé défini?

Le jury a également dit des choses que je crois fausses. Pour le calcul de la variance dans le cas de coexistence d'un liquide binaire et de deux phases solides non-miscibles, ils n'ont pas aimé le décompte des paramètres intensifs, considérant que comme chaque solide est seul dans sa phase, les fractions massiques de chaque produit dans les phases solides ne sont pas des paramètres intensifs. Pour la courbe  $p(T)$  de l'équilibre solide liquide de l'eau, ils m'ont reproché d'avoir tracé une droite. Je leur ai dit que c'était un schéma, et que la courbe réelle est donnée par Clapeyron. Ce à quoi on m'a dit que Clapeyron montrait que la dérivée de  $p$  par rapport à  $T$  est en  $1/T$ , donc  $p(T)$  ne peut pas être une droite. J'ai essayé de leur expliquer que la chaleur latente massique et les volumes massiques sont également des fonctions de la température, ils n'ont pas eu l'air convaincus.

Globalement je pense qu'ils auraient préférés que la leçon soit moins théorique, mais appliquée à des exemples concrets.

**Agrégation 2015 - Note : 07/20**

Préparation : A 5h30 du matin mais très en forme (influx nerveux surement). Les préparateurs ont été très biens (ils m'ont amené un café). Ils m'ont monté l'ensemble de mes montages (distillation simple et fractionnée). J'ai bien eu le temps de tout préparer (brouillons, transparents ...). Bref préparation OK avec préparateurs très bons.

Présentation : Plutôt bien. J'ai eu le temps de tout traiter en accélérant énormément en fin d'exposer (les applications ont été vues rapidement). Je n'ai pas fait beaucoup d'expériences devant eux (j'ai montré les montages et versé de l'éthanol dans de l'eau). J'ai pris le temps de faire une conclusion potable.

Questions : Retour sur la variance et la notion de système physico-chimique. Questions sur le mélange eau/éthanol ( $10 + 10 \neq 20$ ) au niveau microscopique. Retour sur la distillation fractionnée : On Obtient 100% d'éthanol à la fin? Comment faire pour en avoir 100%?

**Agrégation 2015 - Note : 03/20**

J'ai parlé du potentiel chimique, qui est désormais hors programme et je ne le savais pas, les correcteurs de chimie n'ont pas jugé bon de mentionner ce détail important. ATTENTION : les livres "nouveau programme" continuent d'utiliser le potentiel chimique! Expériences : courbe de refroidissement de l'étain pur et du mélange plomb/étain.

Questions du jury : Qu'est-ce qu'un corps pur? Qu'est-ce que le potentiel chimique?  $T$ ,  $p$ ,  $n$  sont des variables intensives ou extensives? Variance : compter toutes les variables, seulement les intensives? "Analogie" intensif à la quantité de matière? (fraction molaire) Je suis élève de prépa, pourquoi utiliser le potentiel chimique et pas  $\Delta_r G$ ? Pourquoi  $dG$  et pas  $\Delta G$ ? Réexpliquer la cristallisation fractionnée? Autre exemple de binaire et application ressemblant à la cristallisation fractionnée? Point indifférent, eutectique?

Rendez-vous avec le jury : Insister sur l'aspect physique d'une telle leçon physicochimique. (j'avais l'impression d'avoir fait 50min de physique) Potentiel chimique plus au programme! Binaire = outil. Partir d'un exemple. D'après le programme : binaire est le départ de la thermochimie. (Evolution vers un potentiel décroissant) Présenter un diagramme de phase du corps pur. (c'est une erreur bête que j'aurai pu éviter) Symbole de somme pour deux

termes alourdi inutilement le tableau (moi je ne suis pas d'accord surtout qu'il y avait 4 termes : 2 constituants sous 2 phases). Attention à la variance !

Suggestions de manipulation de la part du jury : a) Tube à essai + thermomètre, eq liquide vapeur. b) Température d'équilibre entre deux phases utilisable comme caractéristique.

#### Agrégation 2014 - Note : 4/15 + 3/5

on plan : 1) Modèle du cristal parfait a) Définition élémentaires (mailles, motifs, réseau + exemple) b) Caractérisation des cristaux (compacité et masse volumique, exemple de calculs) c) Assemblages compacts 2) Les différents types de cristaux (en liaison avec les différents types d'interaction, classification périodique + exemples)

3) Sites interstitiels et alliages a) Sites interstitiels (les sites dans le cfc et hc) b) Alliage (définition et propriétés)  
Conclusion : transition de phase

La difficultés d'une telle leçon réside dans le fait qu'il n'y a pas de manip (j'ai quand même fait la recristallisation de l'acide benzoïque et la recalescence du fer), du coup il faut être à fond sur la théorie et faire une leçon nickel (ce qui n'était pas mon cas). De plus j'ai assez mal géré mon temps de préparation : il faut faire attention parce que ça prend énormément de temps de faire les schéma des mailles etc. sur transparent. Questions : principalement sur les alliages, leurs propriétés (j'avais une connaissance assez limitée sur ça). Structure du carbone diamant, c'est un état métastable, pourquoi il existe pourtant ? Question sur l'entropie : le cristal parfait peut-il exister ?

#### Agrégation 2014 - Note : 5/15 + 1/5

Quelle est la différence entre maille et réseau ? Où sont les sites tétraédriques de la maille hexagonale compacte ? Calculer la compacité pour la maille hexagonale compacte.

## LC19 : Application du premier principe de la thermodynamique à la réaction chimique (CP)

*Ancien titre : Oxydoréduction*

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 Docteur - Note : ??/20

J'ai fait une manip d'intro en mélangeant acide chlorhydrique et soude pour montrer l'augmentation de la température puis hydroxyde de baryum et chlorure d'ammonium pour montrer que ça peut aussi baisser. Puis j'ai fait un dosage de l'acide chlorhydrique par la soude en mesurant la température pour remonter au  $\Delta_r H$ , ça marche bien.

Questions : Vous avez dit oxyde de baryum, ça serait quoi sa formule ? Est-ce que vous connaissez un autre cycle qu'avec les  $\Delta_f H$  ? Est-ce que vous connaissez d'autres fonctions d'état que  $U$  et  $H$  ? Des questions sur la température de flamme que j'avais écrit au tableau mais que j'avais pas eu le temps de faire. Est-ce qu'on peut faire un dosage calorimétrique ?

#### Agrégation 2017 - Note : 13/20

Fil conducteur : la présentation d'oxydo-réduction vue au lycée est insuffisante pour prévoir théoriquement dans quel sens la pile Daniell débite, pour calculer des constantes d'équilibre de réaction redox etc. Grâce à une nouvelle approche des équilibres redox, on va pouvoir faire tout ça ! J'ai présenté : I/ Redéfinir l'oxydoréduction (grâce aux nombres d'oxydation), II/ Potentiel associé à un couple redox (définition d'électrode, de Nernst et comparaison théorie/expérimentale pour « justifier » sur un exemple que la relation de Nernst fonctionne). III/ Prévisions thermodynamiques (détermination expérimentale de potentiels standards (via le dosage de  $Ce^{4+}$ , JFLM1) puis lien avec  $K^\circ$ ). Les techniciens ont été très bien, seule ombre au tableau : les potentiels standards obtenus expérimentalement ne coïncident pas avec ceux attendus malgré qu'il n'y ait pas de problème dans ma manip (cf agrégé préparateur). La seule chose différente du protocole était qu'il n'y avait que du sulfate de cérium et pas de nitrate de cérium comme dans le protocole. Après discussions le jour des résultats, ils m'ont dit que le fer forme des complexes avec le sulfate et donc on n'a plus les mêmes couples en solution, et donc pas les mêmes  $E^\circ$ .

Questions posées : Combien y a-t-il de sorte d'électrodes et quelles sont-elles ? Quelles sont les nombres d'oxydation extrêmes que peut atteindre une espèce ? Sont-ils atteints (pour les métaux par exemple) ? Comment équilibrer grâce aux nombres d'oxydation la demi-équation  $Cr^{3+}/Cr_2O_7^{2-}$  ? Comment avez-vous décidé de choisir comme différence de potentiel celle du cuivre moins celle du zinc et pas l'opposé ? Qu'est ce qu'un potentiel standard ? De quoi dépend-il ? Qu'est ce que l'état standard ? Qu'est ce qu'un corps pur ? Son nombre d'oxydation est-il toujours de 0 ? Comment expliquez-vous que la ddp aux bornes de la pile ai baissé pendant la leçon ?

Retour du jury : Les nombres d'oxydation font partie des choses qui doivent être mises en pré-requis. Ceci m'aurait permis de passer bien plus de temps sur la troisième partie plus intéressante

## LC20 : Détermination de constantes d'équilibre (CP)

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 - Note : 08/20

J'avais préparé 3 manips : la détermination du pKa de l'acide acétique avec un seul point de mesure, avec la méthode de la demi-équivalence (en faisant juste un titrage avec de la soude) et le coefficient de partage de diode entre l'eau et le cyclohexane. Plan : I) Pourquoi déterminer une constante d'équilibre ? II) Comment déterminer expérimentalement une constante d'équilibre ? C'était le plan prévu, je n'ai pas eu le temps de présenter le diode, en fait, je n'ai pas eu le temps de présenter la méthode de la demi-équivalence jusqu'au bout.

Questions : Comment connaître l'évolution de K avec la température ? Quelle différence faites-vous entre simple flèche, double flèche et égal dans les équations bilan ? Les élèves confondent souvent équilibre et équivalence, comment leur expliquer la différence ? Est-ce que l'expression que vous avez donné pour l'activité des solutés est toujours valable ? comment on fait quand c'est pas valable ? Et pour les gaz ? Pourquoi l'activité d'un solvant vaut 1 ? Comment savoir dans quel sens se fait la réaction chimique ? C'est quoi comme type de solide NaCl (c'était un de mes exemples) ? Quelles sont les étapes de dissolution de NaCl ? Dans un autre de votre exemple, vous avez mentionné l'hydroxyde de calcium  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , comment déterminer son produit de solubilité ? Est-ce qu'on peut déterminer le pKa de l'acide acétique à l'équivalence ?

#### Agrégation 2018 - Note : 16/20

Plan : I) Rappel sur la constante d'équilibre II) Détermination de la constante par mesure unique (Produit de solubilité de  $\text{AgCl}(s)$ , Constante d'acidité de l'acide acétique) III) Mesure d'une constante par titrage

Question du jury : Condition pour situer l'équilibre ? Autre méthode de mesure unique pour NaCl ?  $\text{Ag}^+$  forme ici précipité, peut-il former d'autres types de Molécules ? Titrage avec NaCl ? Condition de validité de la formule du Ka ? Du coup est venue la question la condition de validité de l'expression du pH ? Limite du pH mètre ? Impact de l'ajout d' $\text{AgNO}_3$  sur la concentration prise fixée de  $\text{Cl}^-$  ? Méthode de titrage pour AgCl ?

#### Agrégation 2018 - Note : 12/20

J'ai commencé par quelques généralités sur les constantes d'équilibre. Plan : I] Par mesure directe. 1) Loi de Nernst avec  $\text{Ag}^+/\text{Ag}$ . 2)  $K_s$  d' $\text{AgCl}$  par pile de concentration. 3) Combinaison de grandeurs connues (potentiel standard de  $\text{AgCl}/\text{Ag}$ ). II] Par titrage. 1) pKa de  $\text{CH}_3\text{COOH}$  par mesure du pH à la demi-équivalence. 2) Méthode de Gran avec le titrage de  $\text{Cl}^-$  par  $\text{Ag}^+$ . Conclusion sur le fait que normalement on ne part pas de concentrations connues pour déterminer les constantes d'équilibre inconnues, mais le contraire, titrage, contrôle qualité tout ça. Première manip, j'ai versé une solution d' $\text{AgNO}_3$  dans un bécher et j'y ai trempé des électrodes pour mesurer le potentiel, c'était assez peu passionnant mais bon, le jury s'est déplacé. Deuxième manip, j'ai mis le pont salin et versé quelques gouttes d' $\text{AgNO}_3$ , la précipitation n'était pas franchement visible (attendu, vu les faibles concentrations) et le voltmètre affichait tout et rien, probablement un problème de pont salin ; j'ai expliqué le principe quand même en donnant la valeur attendue ; pendant ce temps le jury n'écoutait pas et tournait les boutons du voltmètre en tripotant le pont salin. Troisième manip, j'ai refait deux ou trois points aléatoires en direct que j'ai ajoutés à la courbe, ça se superposait raisonnablement, pendant ce temps le jury continuait de jouer avec le voltmètre. Quatrième manip, j'avais demandé au technicien en préparation de ne pas finir le titrage (méthode de Gran donc pas grave si on fait les derniers points), du coup l'argent avait noirci quand je l'ai remis sous la burette mais les points s'alignaient très honnêtement, en revanche Regressi n'a jamais voulu me faire un fit correct, donc j'ai improvisé une vague discussion sur les incertitudes pour meubler un peu avant la conclusion.

Questions : Il y a quoi dans l'électrode au calomel ? Pourquoi saturée ? Intérêt ? Il y a quoi dans l'allonge ? Pourquoi on met une allonge ? On pourrait remplacer le  $\text{KNO}_3$  par quoi ? Vous entendez quoi par à l'équilibre ? Exemples de situations hors d'équilibre ? Autres exemples ? Vous parlez de constantes d'équilibre, pourtant là vous avez mesuré un potentiel standard, justifiez. Revenez sur votre manip qui ne marche pas, il y a quoi à gauche et à droite ? Vous dites que la concentration en  $\text{Cl}^-$  n'a pas beaucoup varié quand on a mis l' $\text{Ag}^+$ , c'est-à-dire ? Comment on remonte du potentiel mesuré au  $K_s$  ? Lien entre le produit de solubilité et la solubilité ? Différences ? Dépend de quoi ? On aurait pu intuitif que le potentiel standard d' $\text{AgCl}/\text{Ag}$  serait plus petit que celui d' $\text{Ag}^+/\text{Ag}$  ? C'est quoi la couleur d' $\text{AgCl}$  ? Pourquoi c'est pas la couleur de votre solution ? Quelles incertitudes vous mettez sur cette mesure ? Est-ce que le pH à l'équivalence est toujours le pKa ? Solution diluée, c'est quoi ? Autre chose à prendre en compte ? (x2) Autour de la demi-équivalence, votre solution s'appelle comment ? Détaillez les propriétés d'une solution tampon. Si les concentrations ne sont pas exactement les mêmes, c'est grave ? Là vous avez utilisé la méthode des tangentes de Regressi, c'est pas intuitif, on aurait pu utiliser quoi sinon ? Et sinon à part un

suivi pH-métrique vous auriez pu déterminer quoi comme pKa ? Oui et comment vous remontez de vos suivis d'absorbance au pKa ? Est-ce qu'on aurait pu faire un suivi conductimétrique ? Donnez l'allure de la conductivité alors. Comment on peut intuitivement si HO<sup>-</sup> a une plus petite/grande conductivité que CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> ? Conclure. Dernière manip, vous avez dit qu'avant l'équivalence il n'y a presque pas d'ions Ag<sup>+</sup> en solution, c'est-à-dire ? Comment ça marche une électrode de verre ?

### Agrégation 2017 - Note : 15/20

La préparation s'est plutôt bien passée. Les techniciens m'ont amenés tout le matériel et m'ont montés la manip du titrage de l'acide acétique. Ils ont également pris des points pour le titrage (pH-métrique). Sinon c'est moi qui ai préparé les solutions et qui ai tracé les spectres UV-visible avec PrimLight. Les techniciens étaient très gentils. Cette leçon est très expérimentale, j'ai passé les 4h de préparation à manipuler et je n'avais pris que quelques notes sur ce que je présenterais au tableau. Ça s'est ressenti sur la présentation parce que j'avais l'impression de ne pas être très clair.

Questions posées : Un des membres du jury n'était pas très agréable. Que se passe-t-il si pour le titrage pH-métrique toutes les concentrations sont divisées par 10 ? Quelle est la définition d'une réaction acide-base ? La notation H<sup>+</sup>(aq), ça vous convient ? Pourquoi dans la mesure du pKs de AgCl(s) vous pouvez écrire [Cl<sup>-</sup>]=c0 ? Le titrage pH-métrique est-il possible pour un indicateur coloré ? Un indicateur s'utilise en quelle quantité ?

### Agrégation 2017 - Note : 07/20

J'ai suivi le plan :

I) Deux types de réactions Je fais la différence entre deux types de réactions peu quantitatives ( $pK \in [-5; 5]$ ) et très quantitatives/ pas du tout quantitatives (les autres). Il faut alors utiliser des méthodes de détermination de K différentes (linéaires ou logarithmiques)

II) Réactions peu quantitatives

1) Constante de la réaction d'estérification réalisation de l'estérification et un dosage devant le jury

2) Détermination du pKa du BBT Spectre et calcul pKa avec les absorbances

II) Réactions très/pas du tout quantitatives : cas du complexe diamineargent Mesure du potentiel de la solution avec Ag<sup>+</sup> et [Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup>, on remonte à la constante de formation du complexe

J'avais prévu de réaliser une manipulation avec calcul de la constante de précipitation de Zn(OH)<sub>2</sub> par mesure de pH mais je n'ai pas eu le temps.

Questions posées : Définition de K (avec les potentiels) Différence avancement maximal, final, de quoi dépendent ils ? Rôle du catalyseur dans l'estérification ? Mécanisme ? Influence de la classe de l'alcool ? Dans la manie d'estérification, précisions sur le protocole car j'avais fait un titrage colorimétrie du catalyseur, mais ce dernier (acide sulfurique) a deux acidités, problème ? Choix de l'indicateur coloré ? pH à l'équivalence d'un titrage acide fort base forte ? Dans ma deuxième manip le pK obtenu n'appartenait pas à la gamme que j'avais annoncé, le jury a donc voulu savoir pourquoi je l'avais traité à cet endroit.

Retour du jury :

Le plan ne les a pas convaincu (distinction entre réactions peu quantitatives et très/pas du tout quantitatives), la donnée arbitraire d'une limite de pua séparant les deux zones n'a pas été appréciée. Ils auraient bien aimés voir une détermination de constante d'équilibre avec une méthode de linéarisation (tracer une droite comme en montage), gran par exemple.

### Agrégation 2016 - Note : 02/20

Techniciens très sympas, ils m'ont monté les manips et ont demandé un protocole pour les dosages seulement. Une technicienne qui devait prendre des points a bidouillé elle-même les électrodes et les a changées pour que ça marche. Malheureusement, j'ai perdu du temps sur de la théorie et je n'ai pas présenté la (seule) manip en live par manque de temps...

### Agrégation 2015 - Note : 19/20

Je ne voulais pas tomber sur cette leçon... Mais voilà, une fois que ça tombe on a pas le choix. La plus grande erreur que j'ai faite, c'est de trop manipuler et pas assez exploiter. J'ai manqué de temps en préparation. J'ai fait un pKa (acide acétique), un pKs (dosage argentimétrique Mesplede) et détermination de la stoechiométrie d'un complexe(JFLM1). Je crois que c'est trop ambitieux pour un jour d'oral. Et ne pas oublier de faire un paragraphe blabla où l'on parle par exemple des facteurs d'influence sur l'équilibre (température, loi d'Arrhénius), ce que je n'ai pas eu le temps de faire. Les préparateurs étaient géniaux, ils m'ont fait 2 dosages et toute la gamme de mélanges pour le complexe. Le jury est entré dans la salle alors que j'étais encore en train d'exploiter un dosage,

je n'ai pas eu le temps d'« oraliser » ma leçon, comme dirait jflm. Bien réfléchir à comment mener un dosage en direct, j'en avais deux et avec le stress j'ai pas trop su comment les présenter.

Questions : Facteurs influençant sur l'équilibre ? Constante d'équilibre d'un indicateur coloré : expliquer.

## LC21 : Analyse chimique quantitative (CPGE)

Jusqu'en 2016, le titre était : *Dosages potentiométriques (CP)* Jusqu'en 2015, le titre était : *Dosages suivis par potentiométrie (CP)*

### Retour des années précédentes

#### Agrégation Docteur 2017 - Note : 12/20

Les questions ont porté d'une part sur le diagramme E-pH de l'iode afin d'expliquer la nécessité de se placer en milieu acide pour le titrage iodométrique, sur la définition du degré chlorométrique et d'autre part sur la compensation de la cellule conductimétrique, l'évolution de la conductivité lors du dosage des ions chlorure par le nitrate d'argent.

#### Agrégation 2016 - Note : 03/20

La préparation s'est plutôt bien passée, les deux techniciens m'ont vraiment bien aidés (ils ont fait intégralement mes deux titrages, ils ont même entrés les points dans regressi). Pendant la présentation, la balance a décidé de buguer, et le pH-mètre de bien prendre son temps avant de se stabiliser. Si on ajoute que j'ai voulu faire les choses de manière pédagogique, j'ai trop trainé, et donc j'ai pas eu le temps de présenter le deuxième titrage. En plus, j'ai oublié deux trois trucs sur le premier, donc l'exploitation des résultats était peut-être pas top. Pour les questions, j'ai eu droit à des questions qui revenaient sur mon vocabulaire et mes notations (j'ai noté (l) les espèces en solution au lieu de (aq), j'ai dit que l'aspirine était dérivé de l'écorce de saule au lieu de dire que c'est la même molécule, etc). D'autres questions sur la légitimité de définir un pKa dans un milieu eau + éthanol, sur mes points expérimentaux, si on peut utiliser la méthode des tangentes pour toutes les réactions. Est-ce que n'importe quelle réaction chimique peut être utilisée pour un dosage ? Il peut se passer quoi comme autre réaction dans le titrage de l'aspirine en milieu basique ? Autre ions que  $\text{Ce}^{4+}$  pour titrage de  $\text{Fe}^{2+}$  ? (j'ai dit le permanganate) On m'a alors demandé d'écrire la réaction, et si je pourrais utiliser la méthode des tangentes dans ce cas ?

Retour du jury : ma leçon était déséquilibrée, et j'ai pas réussi à répondre aux questions, à part celle de valeurs de la république. J'ai moi-même était moyennement convaincu par ce qu'ils m'ont dit...

#### Agrégation 2016 - Note : 20/20

Plan suivi (articulé autour du sérum physiologique) 1. Conception d'une électrode spécifique aux ions chlorure. Puis étalonnage (et vérification de la loi de Nernst). Détermination de la concentration en chlorure en utilisant la droite d'étalonnage et les incertitudes associées. 2. Dosage par titrage direct par argentimétrie. Volume équivalent déterminé avec le saut de potentiel. Calcul de la concentration et incertitudes.

Questions : Retour sur les incertitudes ; comment sont-elles évaluées ? Quel type (A ou B) ? Incertitude de lecture sur la burette ? Comment faire comprendre à des élèves le choix d'utiliser une distribution normale (dans le logiciel GUM) pour l'incertitude-type ? (Réponse : c'est dû à l'interprétation probabiliste du résultat. Si on reproduisait la mesure un grand nombre de fois, on suppose que le résultat suivrait une distribution normale dont la moyenne est la valeur que l'on a obtenue et dont l'écart-type serait donné par celui qu'on évalue ici. Utiliser des distributions rectangle ou triangle est possible pour des lectures analogiques (graduations) mais au final l'incertitude-type est proche dont on peut se limiter aux distributions normales.) Qu'est-ce qu'une réaction support de titrage ? Retour sur le coefficient directeur de la droite d'étalonnage : pourquoi on n'a pas un coefficient de  $-0.059$  (j'avais  $-0.053 \pm 0.002$ ) ? Pourquoi, même en tenant compte de la correction de la température on n'a toujours pas la bonne valeur (Assimilation de l'activité et de la concentration est de moins en moins bien justifiée pour des concentrations autour de  $0.1\text{M}$ ) ? Que pensez-vous du fait de faire utiliser une concentration de  $0.1\text{M}$  pour la solution titrante de nitrate d'argent par des élèves ? Réponse : le nitrate d'argent coûte cher et il est toxique. Possibilité : utiliser des solutions plus diluées et l'expérience est toujours faisable. Pourquoi on utilise toujours le nitrate d'argent ? Constitution de l'électrode au calomel ? Donner les couples redox qui la constituent. Nom de l'ion  $\text{Hg}_2^{2+}$  ?

#### Agrégation 2015 - Note : 10/20

Les techniciens sont partis chercher le matériel mais ne m'ont pas signalé qu'ils pouvaient faire les dosages pour moi. Ils sont moins présents que ceux de physique mais restent tout de même à notre disposition. La préparation s'est bien passée, j'ai pu réaliser les expériences prévues.

Questions : Couple et demi-équation pour l'électrode au calomel saturé ? Que regarder dans le Hand-Book lors de la préparation d'une solution (Cerium IV par exemple) ? Quelle est la différence entre le sel de Mohr et une solution de sulfate de fer (II) ? Comment définir le potentiel d'un métal ?

#### Agrégation 2014 - Note : 8/15 + 2/5

Qu'y a-t-il dans le sel de Mohr ? Dans quels produits courants y a-t-il des  $\text{Fe}_2^+$  ? Retour sur calcul d'incertitudes. S'il y a un trouble dans solution de cérium qu'est-ce que c'est ? Pourquoi les potentiels standards mesurés sont-ils plus bas que ceux attendus ? Pourquoi l'ophen vire-t-elle vert et pas bleu (bleu + jaune du cérium = bleu) ? Qu'elle est l'allure de courbe de dosage d'un acide faible par une base forte ? Comment peut-on avoir le  $\text{pK}_a$  ? Comment choisir un indicateur coloré ? D'où vient la relation de Nernst ? La relation du gamma peut-elle être utilisée tout le temps ? Vaut-il mieux mettre le potentiel du couple plutôt que son potentiel standard ? Dans l'ecs qu'est-ce qui est dangereux ? Sous quel état le mercure est-il le plus dangereux ? Qu'est-ce qu'une électrode de première espèce ? N'y a-t-il que le métal baignant dans solution qui contient le cation associé ?

#### Agrégation 2014 - Note : 10/15 + 3/5

Définition générale d'un dosage ? Différents types de dosages ? Pour le dosage de  $\text{Ce}_4^+$  sur  $\text{Fe}_2^+$ , pourquoi ne retrouve-t-on pas exactement le potentiel standard à la demi-équivalence ? Vous avez parlé de l'ion diammine argent, quelle est son utilité ? (Réactif de Tollens)

## LC22 : Évolution et équilibre chimique (CP)

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 Docteur - Note : 20/20

J'ai fait la seringue de  $\text{NO}_2$  du Bup et une expérience sur les équilibres des complexes du cuivre. J'avais quelques codes python pour ma partie de théorie histoire que ce soit pas trop aride.

Questions : Pourquoi le complexe du cuivre est-il bleu ? Vous connaissez quoi comme environnements de ligands ? C'est quoi la levée de dégénérescence dont vous parlez ? Là vous nous expliquez avec la théorie du champ cristallin mais c'est pas au programme, vous pouvez nous expliquer la même chose avec des orbitales moléculaires ? Du coup c'est liant ou antiliant ces niveaux ? Pour les activités, vous connaissez quoi comme autre modèle ? Comment vous modifiez dans le cas où vous prenez plus une solution diluée mais un mélange ? Pour les solides c'est possible d'avoir des activités différentes de 1 ? Dans le cas d'une dissolution, il se passe quoi pour le  $\Delta_r G$  quand tout le solide est consommé ? Là vous nous avez fait un précipité de  $\text{AgCl}$  dans votre manip, comment vous pourriez l'enlever ? Là vous me proposez de faire un autre précipité, moi je voudrais tout avoir en solution, comment vous feriez ? Et si je veux mesurer le  $K_s$  de  $\text{AgCl}$ , vous me proposez quoi ? En conductimétrie comme vous proposez, l'étalonnage est-il important pour cette manip ? Vous nous avez parlé de la synthèse de  $\text{NH}_3$ , on en fait quoi ensuite ? Et  $\text{NH}_3$  les étudiants, ils savent quoi dessus ? Vous dites que c'est une base, c'est-à-dire ? Vous pouvez nous donner la structure de Lewis du  $\text{NO}_2$  ? La réaction qui donne  $\text{N}_2\text{O}_4$  à partir de deux  $\text{NO}_2$  elle s'appelle comment ? Je vous donne un système  $\text{Fe(II)/Fe(III)}$  en concentrations égales, et je vous dis qu'il est rapide sur mon électrode, vous pouvez me tracer la courbe  $i/E$  ? Ça augmente vraiment indéfiniment ? Ok, le palier dont vous me parlez, vous pouvez l'expliquer en quelques mots ? Vous nous avez aussi rapidement dit qu'il fallait faire attention aux aspects cinétiques pour le choix de la température, c'est-à-dire ? Ça va donc toujours plus vite quand on chauffe ? C'est quoi la loi d'Arrhénius ? C'est quoi cette énergie d'activation ? Sur votre schéma, c'est quoi les axes ? Ça représente quoi la coordonnée réactionnelle ? Et l'énergie d'activation c'est toujours celle que vous avez dessinée là ?

#### Agrégation 2017 - Note : 14/20

Plan présenté : I. Condition d'évolution et équilibre, II. Déplacement d'équilibre. Ils sont vraiment là pour nous faciliter la préparation. C'était une leçon que je n'appréciais pas trop. J'ai eu du mal à retrouver mon plan pendant la préparation. J'ai pas eu le temps de présenter tout ce que je voulais (j'avais prévu une sous-partie supplémentaire sur l'ajout d'un constituant). Je n'ai présenté que la première manip (pluie d'or pour introduire l'influence de la température) au bout de 25min... Pour la dernière sous-partie, j'ai seulement présenté la réaction d'estérification mais je n'ai pas pu faire la manip de l'ester de poire au micro-onde. J'ai eu l'impression de faire beaucoup de math et peu de chimie... Pendant l'oral, le jury était un peu sec et cassant. Au final, je suis sorti en pensant que j'avais complètement raté ma leçon. Pas tout-à-fait en fait !

Questions posées : - Dans le cas de la réaction  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$  (réaction m'ayant servi de fil rouge), dans quel sens évolue l'équilibre si on ajoute un gaz inerte ? - Imaginons une cavité de volume et de température fixés contenant du  $\text{CaO(s)}$ . On ajoute lentement du  $\text{CO}_2(\text{g})$  de façon régulière (Formation de  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ ). Comment évolue la pression partielle en  $\text{CO}_2$  au cours du temps ? Tracer la courbe  $\text{pCO}_2(\text{t})$ . -  $\text{odG}$  énergie liaison covalente ?

liaison N=N? liaison H-H? La réaction est-elle favorable? - Pourquoi le  $PbI_2$  précipité est jaune alors que le  $PbI_2$  dissous est incolore? - Soit la réaction  $Cu_2O \rightarrow CuO + Cu$  (tous solides). Que vaut le quotient de réaction  $Q$ ? ( $Q=1$ ) Que vaut  $\Delta G$  dans ce cas? - Peut-on toujours avoir  $\Delta G=0$ ? - Comment justifiez-vous la partie sur le déplacement d'équilibre dans cette leçon évolution et équilibre chimique? En vous aidant du critère d'évolution? - À quoi sert de produire de l'ammoniac? (engrais) Comment produit-on de l'engrais à partir de  $NH_3$ ? De quoi est composé l'engrais?

## LC23 : Diagrammes potentiel-pH (construction exclue) (CP)

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2017 - Note : 20/20

La préparation s'est bien passée, les techniciens étaient vraiment agréables et compétents. Il manquait une ampoule d'addition pour l'une des expériences que je voulais réaliser. Ils m'ont bricolé quelque chose avec une ampoule de coulée isobare et un erlenmeyer. J'ai terminé 10 minutes avant l'entrée du jury (enfin pour eux il était l'heure mais bon...). La présentation s'est globalement bien passée.

Questions posées : Les questions à la suite de cet exposé ont eu pour but de compléter certains points sur la dismutation, l'une des examinatrices (la moins aimable des trois jurys...) ne comprenant pas comment je me déplaçais dans le diagramme. Je lui ai expliqué plusieurs fois mais elle ne semblait pas convaincue. A part ça, les autres questions furent : D'où vient votre diagramme potentiel-pH avec l'acide acétique et l'éthanol? Quelle autre espèce faudrait-il considérer dans ce diagramme? Qu'est-ce que les pluies acides? Quels gaz en sont la cause? Pouvez-vous écrire l'équation de formation des pluies acides? Quel est le gaz qui s'est formé quand vous avez plongé le clou dans l'acide nitrique? Pourquoi avoir utilisé le diagramme E,pH de l'eau? Pourquoi donc avoir utilisé l'acide nitrique et pas un autre acide? Où se trouve le domaine de corrosion dans le diagramme (E, pH) du fer? Pourquoi une solution d'ions fer II n'est pas stable? Pouvez-vous me donner le nombre d'oxydation du soufre dans l'ion thiosulfate? Qu'est-ce que le degré chlorométrique d'une eau de Javel? D'où vient votre volume molaire? Qu'est-ce qu'on trouve aujourd'hui comme indication en composition sur les bouteilles d'eau de Javel? La réaction entre le diiode et les ions hypochlorite est-elle rapide? Comment le savoir? Si elle est lente, faites-vous une erreur par défaut ou par excès sur le degré chlorométrique? Était-ce judicieux de prélever la solution de KI avec une pipette jaugée? Le volume équivalent est-il bien adapté? Que changer? A quelle autre constante pourrait-on remonter à partir du diagramme E,pH du manganèse (constante de formation d'un complexe)? Pouvez-vous le faire?

#### Agrégation 2017 - Note : 07/20

Passage à 13h50; Dernier oral de la semaine, je misais beaucoup sur le MP et la LC pour espérer contrebalancer le risque d'échec en LP. Trop contente d'avoir eu ce sujet, j'aimais bien! Tout mon plan venait du Gréciat PCSI; deux manips proposées : une en introduction (Influence du pH sur les couples redox - Sarrazin) pour lancer l'idée et une pour utiliser les diagrammes pour comprendre un protocole (Dosage de  $O_2$  dans l'eau - Winckler - Cachau REDOX gros format). J'étais pas trop déçue de moi... Mais vu ma note, je n'ai pas du tout plu... Mais je ne saurai pas vous dire pourquoi car je n'ai pas été à la remise des notes...

Questions posées :

Dosage Winckler : on peut dire que le taux de  $O_2$  est faible ou pas? Comment la solubilité évolue avec la température? Comment le voit-on expérimentalement? Le dosage de  $O_2$  par la méthode de Winckler est-il toujours d'actualité?

Diagramme du fer : Comment le diagramme évolue si la concentration de tracé  $C_0$  diminue? Ok pour le E et pour les pKs? Et pour les pentes?

Diagramme du manganèse : on connaît le  $MnO_4^-$  pourtant on le voit pas sur le diagramme pourquoi? (dismutation)

Diagramme de I1; est-il aussi simple?  $IO_3^-$  a quel NO? Est-il dismuté? Alors pq ne pas l'avoir mis? Vous travaillez à pH=8 pour la manip d'intro quelle espèce a-t-on? N'a-t-on pas une autre réaction en plus de la décoloration?

#### Agrégation 2014 - Note : 12/15 + 5/5

Préparation : les techniciens étaient globalement très gentils, et préparaient la verrerie en très peu de temps. Je suis tombée sur une leçon que je n'aimais pas bien, j'ai donc essayé de « sauver les meubles ». J'ai fait très simple, et j'ai fait très peu de manip : juste le dosage de Winkler et 2 filtrations sur filtres plissés pour l'hydrométallurgie du zinc.

Questions : 1) Retour sur le diagramme simplifié que j'ai présenté pour Winkler (celui qui est dans le JFLM) : pourquoi ce choix ? J'ai expliqué que je voulais insister sur l'inversion des espèces et donc que la réaction est thermodynamiquement possible en milieu basique mais impossible en milieu acide (c'est le point essentiel). J'ai dit que je voulais le mettre sous forme d'échelle de potentiel pour que les élèves retrouvent la règle du gamma facilement, mais que j'avais conscience qu'il s'agissait d'une représentation qui soulevait d'autres problèmes pédagogiques. 2) Construire le diagramme E-pH de l'élément Cl. J'ai déterminé les no de différents espèces, j'ai utilisé la relation de Nernst, ils m'ont rapidement arrêté pour que je donne une allure, si je la connaissais. J'ai vaguement tracé qqch dont je me souvenais, j'étais pas bien sûre... 3) Retour sur l'hydrométallurgie du zinc, quelques précisions, comme les étapes qui précèdent celles de lixiviation et de cémentation. J'avais juste mentionné en leçon la flottation et le grillage, j'ai plus détaillé sans trop de problème. J'ai insisté sur la particularité du Fer dont le précipité sous forme d'hydroxyde de Fer III est trop fin pour pouvoir le séparer efficacement (je ne l'avais pas dit en leçon car ce n'était pas le sujet), j'ai donc parlé des procédés à la jarosite ou encore jeux à la goethite (car moins de déchets). 4) Pourquoi si l'on fait réagir le dioxygène de l'eau, d'autre se dissout ? C'est un déplacement d'équilibre. Il s'agit de l'équilibre de Henry, si l'on déplace l'équilibre en consommant du produit, un nouvel équilibre se crée. Loi ? Loi de Le Chatelier. 5) Retour sur les constantes d'équilibre : de quoi  $K_s$  dépend ? De T. Les unités ? Sans unité, je suis revenue sur la définition avec les activités, qui est égale à  $c/c^\circ$  pour un soluté. Définition d'une activité dans le cas général ? Je suis revenue sur les potentiels chimiques. Pressions partielles pour un gaz, fractions molaires dans le cas des mélanges parfaits. Écart à l'idéalité, fugacité, etc. Dans quel cas est-ce assimilable à une concentration ? Concentration pas trop élevées. 6) Qu'est-ce que le thiodène (indicateur utilisé pour la présence de diode, lors du dosage de Winkler). J'ai dit de l'amidon, je savais pas trop mais c'était écrit sur la boîte. Ils sont venus à me faire dire que c'était des glucides, présents dans les pommes de terre, et j'ai émis l'hypothèse qu'il faisait un complexe avec le diode, j'en savais pas grand chose. 7) Comment marche le papier pH ? je ne savais pas, alors que c'est un classique... J'ai parlé d'indicateur coloré mais j'ai dit que je ne savais pas.

Commentaires du Jury : Présentation claire, ils n'ont rien dit de spécial. Ils ont apprécié ma « spontanéité » lors des questions, et le fait que j'avais su répondre globalement bien.

Questions : 1) Comment organiser une sortie ? Organisation avec la structure d'accueil, prise de rdv, etc. Je parle du projet au chef de l'établissement, qui est le responsable de la sortie. Un encadrant supplémentaire (autre enseignant ou parent d'élève) par tranche de 15 élèves. Si subvention demandée aux familles, le projet doit passer au conseil d'administration, sinon il n'y a besoin que de l'avis du chef de l'établissement. Distribution des autorisations de sortie, je vérifie que tout le monde a donné son attestation d'assurance au début de l'année, sinon je la redemande. 2) Que faire si les élèves ont des adresses email bizarres, par exemple fleurdesaintmaur@... (véridique). Je leur demande de recréer une adresse email neutre, avec le nom en évidence, car c'est gratuit et ça fait plus sérieux. 3) Que sont les produits CMR ? Je ne savais pas, il m'a donc guidée en me disant « on demande aux techniciens de retirer des produits CMR des placards ». J'ai donc supposé que c'était cancérigène, mutagène, je n'avais pas d'idées pour le R, peut être radioactif<sup>1</sup> 4) Quels sont les produits interdits en lycée ? J'ai dit les métaux lourds, surtout le mercure, qui est très volatile. Les composés aromatiques comme le benzène.. Les ions dichromates etc... Un peu hésitante. 5) Quels sont les points exigibles de la démarche scientifique ? Je ne savais pas, donc je l'ai dit clairement, mais j'ai imaginé quelques trucs : émettre des hypothèses, prendre en compte les incertitudes, j'avais plus trop d'idées... 6) Qu'est-ce que l'ECE ? Je ne savais pas, mais après réflexion j'ai dit que c'était peut être l'épreuve expérimentale qui était notée sur 5 points au BAC. Il m'a dit oui, et alors pour le bac STL c'est noté sur combien ? J'ai dit que je ne savais pas mais que ce serait sûrement plus car la composante expérimentale est très importante en STL.

## LC24 : Optimisation d'un procédé chimique (CPGE)

Jusqu'en 2016, le titre était : *Optimisation de synthèses industrielles (CP)*

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2017 - Note : ?

Ce n'est pas une LC que je portais dans mon cœur mais on n'a pas le choix ! J'ai eu un petit moment de panique parce que je ne me souvenais plus de mon plan mais après quelques minutes, je m'en suis sortie, à peu près.

Questions posées : - Existe-t-il seulement des situations d'évolution et d'équilibre ? - Comment fabrique-t-on l'ammoniac industriellement ? - Quelles sont les conditions expérimentales ? - A quoi ressemblent les réacteurs industriels pour fabriquer l'ammoniac ? - Dans un système ouvert, quelles sont les grandeurs intéressantes du point de vue de l'optimisation ?

1. En fait cancérigène, mutagène et reprotoxique.

**Agrégation 2015 - Note : 20/20**

Présentation : En première partie, j'ai parlé de synthèses organiques : estérification (avec expérience avec un Dean Stark) puis cycle catalytique (basé sur documents). En deuxième partie, j'ai développé l'hydrométallurgie du Zinc (avec une partie expérience). Remarques : Pour l'hydrométallurgie, niveau expérience, je n'ai présenté que les 2 premières étapes. Je n'ai pas eu le temps de faire ni l'élimination du cuivre, ni l'électrolyse. Pour la partie cycle catalytique, je savais qu'elle était dans le nouveau programme de PC seulement (pas de MP). Dans les questions j'ai donc situé ma leçon à ce niveau-là. Le jury a apparemment beaucoup apprécié, mais je pense que j'ai eu de la chance, car d'autres se sont vu pénalisés car ils étaient sortis du programme de MP. Prendre donc des précautions sur les programmes, et sur ce qui est présentable à l'agreg ou non !

Questions : Pourquoi met-on du sel d'ammonium dans le milieu lorsqu'on veut repasser en milieu basique (exp hydrométallurgie) ? Questions sur le Dean Satrk : hétéroazéotrope ; fonctionnement du dispositif ; dans quelles conditions utilise-t-on le même type de procédé mais avec excès d'eau ? Diagrammes d'Ellingham : définition ; exemple de CO/C/CO<sub>2</sub> à tracer Mécanismes d'estérification avec acide carboxylique et alcool Pourquoi l'anhydride d'acide est-il plus réactif que l'acide carboxylique ? Quelle fonction est moins réactive que l'acide carboxylique ? Cycle catalytique : quel programme ? Le formalisme de Green est-il au programme ? Expliquer la configuration électronique du Rhodium.

**LC25 : Corrosion humide des métaux (CP)****Retour des années précédentes****Agrégation 2018 - Note : 13/20**

Plan : Première partie sur le phénomène de corrosion, mise en évidence expérimentale avec des clou dans l'agar-agar, de la paille de fer et du platine dans une solution acide, les aspects thermodynamique et cinétique de la corrosion (Zinc dans l'acide et Zinc plus Platine dans l'acide). Deuxième partie sur la corrosion différentielle, par mise en contact de métaux différents, ou par aération différentielle. Troisième partie sur la protection contre la corrosion, protection physique (électrodépôt de Zinc sur électrode de Fer, calcul du rendement faradique), protection électrochimique (protection galvanique ou par anode sacrificielle).

La préparation s'est bien passée, les manips sont décrites par Cachau (redox 81), le cours était issu du Grécias. Le seul point qui m'a réellement posé problème était l'électrodépôt, j'avais des courants largement inférieurs à ceux attendus, la réduction de l'eau qui parasitait complètement mon dépôt, ce qui fait que même en laissant tourner la manip un quart d'heure, je n'arrivais pas à mesurer d'augmentation de la masse de mon électrode... J'ai un peu essayé des trucs au hasard (changer l'anode de fer pour une anode de plomb, inverser les branchements, agiter, lire et relire la page du Cachau consacrée à la manip...) mais un quart d'heure avant la fin, je n'avais toujours pas réussi à faire fonctionner la manip... J'ai donc tout refait pour recommencer la manip de zéro pendant la présentation, en me disant que si elle ne marchait pas non plus j'essayerai de discuter les raisons pour lesquelles elle ne marchait pas. La présentation ne s'est pas trop mal passée, il n'y avait pas énormément de contenus et d'idées à faire passer dans cette leçon, donc j'ai essayé de la faire calmement, quitte à répéter plusieurs fois les points importants. J'avais peur de finir avant la fin mais j'ai finalement dû raccourcir un peu la dernière partie pour finir dans les temps. J'ai complètement oublié de me servir de la moitié des clous que j'avais préparé, j'avais initialement prévu de les montrer au fur et à mesure que je parlais des caractéristiques de la corrosion que je voulais mettre en évidence. J'ai lancé la manip de protection au début de la partie III., je l'ai laissée tourner 5' environ. J'étais tellement refait quand j'ai vu qu'elle avait marché, même l'erreur de calcul que j'ai faite sur le rendement (j'ai trouvé  $10^{-4}$ , ça devait plutôt être 25%) n'a pas entaché ma bonne humeur !

Questions, en deux salves, dix minutes par juré. La plupart des questions étaient des questions de cours en général pas difficiles, d'autres portaient sur ce que j'avais présenté et notamment l'interprétation des expériences, quelques unes enfin étaient plus de l'ordre de la culture générale (peut-être plutôt culture chimique en fait) : Pourquoi une anode en plomb dans la manip d'électrodépôt ? Comment êtes-vous sûr que le seul l'eau est oxydée à l'anode et pas le plomb ? Pile d'Evans : pourquoi ces réactions et pas d'autres, en particulier pourquoi on équilibre avec OH<sup>-</sup> ? Comment on en déduit que la corrosion a lieu dans le milieu le plus dilué ? Sur la protection, vous avez dit que le Zinc jouait le rôle d'anode sacrificielle mais aussi qu'il était inerte en solution acide pour des raisons cinétiques, contradiction ? Diagramme E-pH : conventions de tracé, conventions usuelles quand on étudie la corrosion, domaine d'existence, de prédominance. Courbes i-E : justifier le tracé, potentiels standard, surtensions Platine inerte en solution, d'autres métaux aux mêmes propriétés ? Vous avez parlé d'alliage, définition ? Vous parlez de l'acier, alliage par substitution ou interstitiel ? En pratique les métaux ne sont pas disponibles à l'état pur, méthodes pour les obtenir en métallurgie ? J'ai cité le Zinc et son électrolyse, il m'a dit d'accord et c'est aussi le cas de l'aluminium, mais pour le fer par exemple ?

Le jury a trouvé correcte la leçon d'un point de vue pédagogique (sur l'organisation et le contenu, tirés de Grécias, le dynamisme, la gestion du tableau - pas évidente vu sa taille). En revanche, l'exploitation des manips

manquait de rigueur : il est TRÈS IMPORTANT de savoir pourquoi (et pour quoi) on fait ce que l'on fait dans les manips, et de savoir justifier un protocole. C'est ça et quelques incohérences (notamment sur le zinc) qui m'ont fait descendre à 13 selon le jury (j'aurais dit qui ne m'a pas fait monter au-delà, il faut toujours voir le verre à moitié plein).

### Agrégation 2015 - Note : 20/20

Biblio : Grécias, Fosset, Sarrazin pour le contenu de la leçon. Plan : I Notion générales sur la corrosion, II Corrosion uniforme (aspect thermo E/pH, aspect cinétique i/E, passivation) III corrosion différentielle ( Mise en évidence expérimentale, hétérogénéité de concentration, protection contre la corrosion) J'ai construit la leçon autour d'une vision industrielle en expliquant en intro le coût annuelle de la corrosion et en justifiant l'importance de son étude et en finissant sur la protection de la corrosion avec des exemples industrielles illustrés par des manips. Manip : clou dans l'agar (droit, courbé, entouré de cuivre, de zinc et branché à une pile), passivation, Pb, Zn, Cu dans HCl ; Fil de Zinc et paille de fer dans HCl.

Je pense que le jury a apprécié le fait que je justifie la nécessité de l'utilisation de i/E et de la cinétique avec une expérience ou je compare les prévision thermo (en plongeant, Pb, Zn, Cu...) dans HCl en comparant ce qu'on attend : dégagement gazeux pour tous les cas et ce qu'on observe : blocage cinétique sur le Plomb.

Questions : Au départ pour les questions j'ai stressée et j'ai essayé d'équilibrer une réaction acide, base avec des électrons mais comme j'ai corrigé en expliquant mon erreur ils n'en ont pas tenu compte et ont mis ça sur le compte du stress. Question sur la construction E/pH (j'avais montré fer et zinc) : comment on connaît les frontières verticales, horizontales ? Retrouver la valeur de la verticale sur le Zn. (Ils m'ont donné le pKs) Puis de nombreuses questions sur les i/E : potentiel mixte, réexplique la dernière expérience en traçant des i/E... influence du métal...

Les techniciens ont fait ce que j'ai demandé le prof m'a un peu aidé sur la passivation qui ne marchait pas car les clous sont zingués... J'ai un peu moins apprécié l'énorme petit déjeuner et le gateau et la chanson d'anniversaire assez forte pour un des préparateur dans le couloir juste devant la salle pendant la fin préparation.

## LC26 : Conversion réciproque d'énergie électrique en énergie chimique (CP)

## LC27 : Solubilité (CP)

### Retour des années précédentes

#### Agrégation 2019 - Note : 6/20

J'ai fait un plan axé sur les dissolutions de solides ioniques dans l'eau, avec 1) Notion de solubilité, 2) Equilibres hétérogènes en solution aqueuse, 3) Paramètres influençant la solubilité. En manips : saturation de l'eau par du NaCl puis ajout de sulfate de cuivre, pluie d'or et dosage des complexes de l'aluminium par de la soude. J'avais l'impression que je n'avais rien à dire, alors j'ai passé du temps à insister sur les points pédagogiquement importants et je me suis retrouvée à cours de temps, j'ai du gérer l'aluminium uniquement en qualitatif et je n'ai pas pu l'exploiter jusqu'au bout. Questions : Fonctionnement d'une électrode de verre, du pHmètre ? Pourquoi il faut 2 solutions, pour l'étalonner ? Vous avez dit que l'activité du solide était toujours égale à 1 ? L'activité d'une espèce en solution, c'est dans quelles conditions ? Dans la dissolution du sel, pourquoi vous mélangez ? L'ajout de sulfate de cuivre, ça change quelque chose à la solubilité du sel ? Pour le dosage des complexes de l'aluminium, expliquez-moi l'allure de chaque portion de la courbe ?  $PbI_2$ , comment vous calculeriez son  $K_s$  ? À l'équivalence, le quotient de réaction s'exprimerait comment ? Les domaines d'existence de précipité, vous les démontreriez comment à un élève ? Pour la dépendance en température de la solubilité, vous pouvez préciser plus ? Quelle loi donne la dépendance en température d'une réaction ?

#### Agrégation 2017 - Note : 11/20

J'ai présenté le plan suivant : I) Équilibre d'un solide avec ses ions en solution (1- Saturation et solubilité, 2- Produit de solubilité, 3- Domaine d'existence) II) Facteurs influençant la solubilité (1- La température, 2- Effet d'ion commun, 3- Le pH) et III) Le cas du tartre (1- Etablissement de  $s=f(h)$  et 2- Diagramme  $pS=f(pH)$ ).

La préparation ne s'est pas trop mal passée pendant les 3 premières heures (où j'ai simplement prévu mes manips et rédigé mon plan) et ça a été un peu plus stressant sur la dernière heure et demie : j'avais demandé un bain thermostaté pour pouvoir mesurer le pKs de AgCl (via une pile de concentration) à différentes températures (je n'en ai fait que deux finalement, pour montrer l'évolution qualitative). Or il n'y avait pas de support pour béchers dans le bain et pas de disponible dans la collection. Finalement les techniciens m'ont sorti des béchers thermostatés et comme ils étaient très grand, il a fallu refaire les solutions (150mL au lieu de 50mL). J'ai gentiment demandé au technicien de me le faire et il a accepté. D'une manière général, iels étaient très gentil · le · s. Entre

temps, le bain thermostaté était vite monté à 45°C, et la valeur que j'avais à 27°C n'était pas du tout concluante. Du coup, on a vidé le bain 5 min avant le début de l'épreuve pour remettre de l'eau à température ambiante, et j'ai pu constater que, ouf, la fem variait dans le bon sens et de manière significative.

La présentation ne s'est pas trop mal passée, j'ai pu finir (un peu ric-rac sur la dernière partie, heureusement que j'avais tracé le diagramme  $pS=f(pH)$  en préparation sur transparent) mais j'étais allée assez tranquillement tout du long. Il y a eu quelques petits cafouillages dus au stress (du genre à ne pas trouver mes mots ou à m'embrouiller dans ma phrase, pas à dire des bêtises, du moins, je n'espère pas).

Questions : Le premier membre du jury m'a posé des questions sur l'effet d'ion commun (la manip de NaCl saturée avec des ions Cl<sup>-</sup> n'ayant pas marchée) sur pourquoi ça n'avait pas marché, comment aurait-on pu faire, quelles conditions choisir pour être sûr que ça marche? Formule de Lewis de l'hydrogénocarbonate, équation d'équilibre pour un cristal moléculaire? Vous avez dit NaSO<sub>4</sub>? (C'était Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) Pouvez-vous écrire l'équation de dissolution de ce composé? Conservation de la charge? La deuxième membre du jury m'a posé des questions sur les piles, comment savoir quel est le pôle d'une pile en manip? Les domaines de prédominance des acides? Quand peut-on considérer qu'une espèce est prédominante? À quel pH cela correspond-il (autour du pKa)? Quelle est l'équation de dissolution du calcaire à pH=7? Influence de la température au niveau microscopique? D'où vient le fait que la solubilité augmente ou diminue parfois avec la température? Existe-t-il une loi pour décrire ce genre d'évolution? Le troisième membre du jury n'a pas posé de question.

Retour du jury : les manips étaient bien et justifiées, mais pas assez exploitées et les deux manip qualitatives n'étaient pas correctement expliquées. Le fait d'avoir fait des segments de droites reliés, sans zones intermédiaires, dans le diagramme  $s(pH)$  a aussi été pénalisé. Ne pas savoir Nernst ou que le facteur dépend de la température était aussi embêtant. Avoir comme fil rouge le tartre était une bonne idée. Le dynamisme et la pédagogie pendant la leçon ont été beaucoup appréciés.

### Agrégation 2017 - Note : 03/20

Intro : Comprendre la formation et dissolution du calcaire. I) Solubilité en solution aqueuse. Cas du a) solide ionique et du b) gaz. II) Paramètre d'influence et utilisation a) Ion commun c) Température b) pH. Les expériences :  $K_s$  de NaCl à la balance,  $K_s$  de AgCl avec pile de concentration, mesure de la solubilité du CO<sub>2</sub>, pluie d'or et quelques manips de tube à essai pour effet d'ion commun. Les techniciens sont des perles. Les expériences marchent. Je saborde par manque de temps la seconde partie et dit surement plusieurs bêtises qui justifient la note.

Questions posées : Quel est l'effet de la pollution au CO<sub>2</sub> sur le calcaire? Prédire l'évolution de solubilité en fonction de la température en s'appuyant sur la loi de Van't Hoff (et non Le Chatelier comme fait durant la leçon). Quelle relation existe-t-il entre activité et constante d'équilibre? Quelle définition de la solubilité donner à un élève? L'activité d'un solide est-elle toujours 1? Un élève plonge l'électrode au calomel dans une solution d'Ag<sup>+</sup>, comment nettoyer l'électrode? Le sucre est-il plus ou moins soluble que le sel? Formule brute du glucose? OdG de la solubilité du glucose à froid? à chaud? Peut-on toujours considérer l'eau comme un solvant et le sucre comme un soluté?

### Agrégation 2014 - Note : 8/15 + 3/5

Comment expliquer à un élève que le système va évoluer jusqu'au  $K_s$ ? La conductivité de la solution de CaSO<sub>4</sub> évolue au cours du temps, est-ce spécifique à cette réaction? Pourquoi avoir étalonné ce conductimètre? Sur quel principe repose la purification par recristallisation? Expliquer à quelle étape intervient le moment dipolaire du solvant dans la dissolution. Expliquer à quelle étape intervient la permittivité relative du solvant. Existe-t-il d'autres façons de catégoriser les solvants? Y a-t-il une utilisation des solutions saturées en chimie? Expliquer le principe de fonctionnement de l'électrode de référence. Comment connaître le potentiel au borne de l'électrode d'argent? Pourquoi ne pas avoir étalonné ce conductimètre? Écrire la réaction de solvolysse du chlorure de tertibutyle, dans l'eau puis dans l'acétone. Écrire le monomère du styrène puis le polymère? Comment procède-t-on à la polymérisation du styrène? Quelle espèce utiliser dans le cas d'un mécanisme radicalaire?

### Agrégation 2014 - Note : 7/15 + 3/5

Questions : Pourquoi est-ce que l'on utilise toujours du NITRATE d'argent et pas un autre contre-ion? (Avec les halogènes ce n'est pas stable et en général on a sans doute des problèmes de solubilité si ce n'est pas du nitrate; je ne sais pas s'il y a d'autres raisons.) Différence entre précipité et cristal? (L'un est amorphe, l'autre non.) Vraiment amorphe? (Non, microcristallin : localement organisé.) Vous avez dit que pour  $[A][B] = K_s(A/B)$ , on a l'existence du précipité, pourtant on peut avoir des phénomènes de sursaturation (dessin du potentiel, barrière cinétique, condition = être à l'équilibre thermodynamique) Méthodes pour titrer les ions chlorures (Mohr, Charpentier-Vollhardt, Fajans) Moment dipolaire du DMF vaut 5 D, pourquoi? (aucune idée) Couleur de I<sub>2</sub> dans l'eau VS dans le cyclohexane? (solvatochromie) Évolution de la solubilité des X<sub>2</sub> dans l'eau? (augmente de F<sub>2</sub> à I<sub>2</sub> : polarisabilité augmente) Dépendance de la solubilité des gaz avec la température (diminue quand T augmente)

Exemple de solide plus soluble à froid ? (calcaire après qu'il m'ait parlé de bouilloire) ODG de l'énergie des liaisons H ? ( $30 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) En fait ça va de 4 à  $100 \text{ kJ/mol}$ , expliquez (max pour deux atomes identiques O/O, N/N, après dépend de la géométrie, regarder les orbitales pour trancher, je ne suis pas sûr de ma réponse)

Remarques : J'ai été trop ambitieux au niveau du nombre de manipulations donc j'ai été très juste au niveau du temps et je n'ai pas eu le temps de bien poser les choses ce qui est attendu pour une leçon niveau lycée. J'ai oublié de bien regarder la réaction du dosage que j'avais fait et comme c'était l'épreuve de 5h30, impossible de m'en souvenir, je me suis effondré quand ils sont revenus dessus pour les questions (il fallait faire un peu de maths type  $2 + 2$  et je n'en étais clairement plus capable) Entre le côté trop ambitieux (ils ont trouvé que ça faisait trop prépa) et cette erreur sur quelque chose d'aussi basique, c'est là que mes points sont partis.

## LC28 : Cinétique électrochimique (CP)

### Agrégation 2018 - Note : 10/20

Les techniciens ont tracé les courbes intensité-potential du fer et de l'eau. Ils m'ont amené les solutions déjà préparées aux bonnes concentrations et ils m'ont proposé un potentiostat pour faire la mesure, ce qui est beaucoup plus stable que d'utiliser une alimentation et un voltmètre. J'ai aussi fait une manip d'introduction avec du fer et du plomb dans l'acide (au début il ne se passait rien avec le fer, l'agregé préparateur s'est occupé de ça en décapant à fond le fer).

Questions : Qu'est-ce qu'un système dans un système rapide/lent ? Dans le cas de l'électrolyse de l'eau s'agit-il d'un système ? Et pour l'électrode de référence on veut plutôt que cela soit un système rapide ou lent ? Quel est le potentiel et le couple rédox de l'ECS ? Quelles sont les conditions pour avoir blocage cinétique ? Si on mélange Pb et  $\text{Fe}^{2+}$  s'agit-il d'un blocage cinétique ? Le potentiel affiché sur la courbe c'est celui mesuré ? Qu'est ce qui se passe si on chauffe ? Comment est modifié l'allure de la courbe ? Avez-vous mis de l'acide dans le bécher (pour la courbe  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ ), oui/non, pourquoi ? Et pour le couple de l'eau vous avez fait quoi exactement ? Le potentiel dépend-il du pH ? Qu'est ce que le sel de Mohr, composition ? (il s'avère que les techniciens ne m'avaient pas amené du sel de Mohr mais directement une solution d'ions  $\text{Fe}^{2+}$ ). Faut-il agiter pendant la mesure, oui/non, pourquoi ? De quoi dépendent les paliers de diffusion ? Pourquoi fait-on buller de l'azote ou de l'argon ?

Commentaires du jury : Ils ont apprécié la pédagogie et la structure de la leçon, particulièrement le retour sur l'exemple d'intro qui montrait qu'on avait apporté quelque chose au cours de la leçon. La leçon pourrait être plus ambitieuse mais encore faudrait-il maîtriser l'électrochimie... Ils ont trouvé, particulièrement sur les questions, qu'il y avait des lacunes mais la présentation était dynamique et construite alors ils n'ont pas trop descendu la note. Il faudrait plus s'appuyer sur les expériences (pas besoin d'en faire trop, c'était déjà suffisant) mais plus les analyser et comparer les valeurs numériques obtenues (j'ai principalement commentée l'allure des courbes).

# Valeurs de la République

Après les questions disciplinaires de la leçon de chimie est posée une question « [a]utour des valeurs de la République et des thématiques relevant de la laïcité et de la citoyenneté ». Quelque soit ce qu'on pense de cette question, il faut se préparer à y répondre de manière raisonnable et réfléchi. Dans ce but, nous avons compilé ci-après les questions posées lors de la session 2015.

- D'après vous, est-ce que l'existence des zones d'éducation prioritaires contrevient au principe d'égalité ?
- Donner plus de ressources aux lycées en difficulté contrevient-il au principe d'égalité ?
- Vous êtes professeur de Physique chimie en lycée, et une de vos élèves, une fille vous dit qu'elle ne veut pas se lancer dans les études scientifiques car c'est un milieu d'hommes, que lui répondez vous ?
- Un élève casse de la verrerie en TP et refuse de ramasser en disant que c'est le travail du personnel d'entretien. Comment réagissez-vous ?
- Un parent d'élève ne veut pas que son enfant assiste à un cours sur le nucléaire, que faites-vous ?
- Un élève est mis à l'écart par un groupe d'élève comment vous réagissez ?
- Vous voyez un élève isolé du reste de la classe, que faites-vous ?
- Si dans les livres que vous utilisés il y a des préjugés sexistes (femme qui fait le ménage, homme qui fait de la plomberie) comment pouvez-vous y remédier ? Est-il dans votre devoir d'y remédier ? Que faites-vous si un élève tient un propos de ce genre en classe ?
- Que pensez-vous de la place de l'humour en classe ou sur les copies ?
- Un élève ne veut pas être infirmier car il dit que c'est un monde de femmes.
- Un professeur peut-il accéder à la demande d'un parent d'élève qui veut que le dit prof donne des cours particuliers à son enfant ?
- Pour les ECE du BAC, est-ce que le fait que les élèves n'aient pas tous le même sujet pose des problème quant au principe d'égalité ?
- Un élève vous dit que pour lui, la science est une croyance au même titre que les religions, que lui répondez-vous ?
- En quoi l'histoire des sciences contribue-t-elle au débat « savoir-croyance » ? Vous pouvez vous appuyer sur un exemple. (*extrait du rapport du jury*)
- Qu'est-ce qu'un bon lycée ?
- Un garçon ne veut pas travailler en binôme avec une fille, que faites-vous ?
- Quelles sont les limites à imposer aux élèves qui utilisent un blog personnel que vous avez créé ?
- Adapter la notation à l'élève est-il contraire au principe d'égalité ?
- Dans une classe, UN élève refuse de se mettre en binôme avec UNE élève, que faites vous ?
- Quelles sont les limites d'un blog ou d'un site web personnel pour un enseignant ? Contextualiser.
- Si un parent d'élève ne veut pas que son enfant assiste à vos cours sur le nucléaire, what do you do ?
- Pensez-vous que le principe d'égalité consiste à imposer le même système d'évaluation pour tous les élèves d'une classe ?
- Que faire si un parent d'élève vous demande de prendre des cours particuliers avec son enfant (qui est votre élève) ?
- En quoi votre enseignement scientifique contribue à faire des élèves de bons citoyens ?
- En quoi est ce important pour vous que le professeur soit neutre lors d'un débat ?
- Les parents d'un élève ne veulent pas que celui-ci assiste à une conférence donnée par EDF. Comment réagissez vous ? Quels arguments donneriez-vous aux parents pour que l'élève vienne ?
- En quoi le débat scientifique participe t-il à l'éducation à la citoyenneté ?
- Si un parent refuse que votre élève aille à une conférence sur EDF, que faites-vous ?
- Vous désirez faire un travail en groupes avec votre classe et un élève refuse de travailler avec son groupe car il n'aime pas un élève. Que faites-vous ?
- Est-ce que l'on doit avoir une notation absolue pour l'intégralité d'une classe ?
- Un élève refuse de se mettre en binôme avec un(e) de ses camarades. Que faites-vous ?
- En quoi organiser un débat en classe permet aux élèves de devenir des citoyens ?
- Quel est pour vous un bon établissement ?

À propos de cette question, citons le rapport de jury 2015 :

À la suite de l'entretien portant sur la leçon de chimie à l'agrégation externe de physique chimie option chimie ou sur la leçon de chimie à l'agrégation externe de physique chimie option physique, une question relative aux valeurs qui portent le métier d'enseignant, dont celles de la République, a été posée aux candidats, en conformité avec l'arrêté du 25 juillet 2014 modifiant l'arrêté du 28 décembre 2009 fixant les sections et les modalités d'organisation des concours de l'agrégation précise que :

*Lors des épreuves d'admission du concours externe, outre les interrogations relatives aux sujets et à la discipline, le jury pose les questions qu'il juge utiles lui permettant d'apprécier la capacité du candidat, en qualité de futur agent du service public d'éducation, à prendre en compte dans le cadre de son enseignement la construction des apprentissages des élèves et leurs besoins, à se représenter la diversité des conditions d'exercice du métier, à en connaître de façon réfléchie le contexte, les différentes dimensions (classe, équipe éducative, établissement, institution scolaire, société) et les valeurs qui le portent, dont celles de la République. Le jury peut, à cet effet, prendre appui sur le référentiel des compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation.*

D'autre part, le courrier de madame la ministre de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche en date du 28 janvier 2015, qui s'adresse aux présidents des concours de recrutement des métiers du professorat et de l'éducation, demande que dans le cadre précisé ci-dessus, « les thématiques de la laïcité et de la citoyenneté y trouvent toute leur place ». Les candidats ont disposé de cinq minutes pour répondre à une question portant sur une situation concrète qu'ils peuvent rencontrer dans l'exercice du métier d'enseignant. Ils ont à leur disposition le « référentiel des compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation » et la « charte de la laïcité à l'École ». Ils ne disposent pas d'un temps spécifique pour préparer leur réponse.

[...]

Pendant ce court entretien, le jury reformule la question si besoin. Éventuellement il relance les échanges par d'autres questions pour faire préciser les propos du candidat. Le jury attend du candidat qu'il montre que sa réflexion s'inscrit dans les valeurs qui portent le métier d'enseignant, et en particulier dans le cadre des valeurs de la République, de la laïcité et du refus de toutes les discriminations. Le jury recommande aux candidats de prendre le temps de la réflexion avant de répondre à la question. Il apprécie que la réponse s'appuie sur des exemples afin de préciser ou d'illustrer les propos. Le jury a eu la satisfaction de voir un certain nombre de candidats faire preuve d'une grande réflexion et montrer comment ils envisagent de faire partager les valeurs de la République à leurs futurs élèves à travers leurs pratiques pédagogiques.