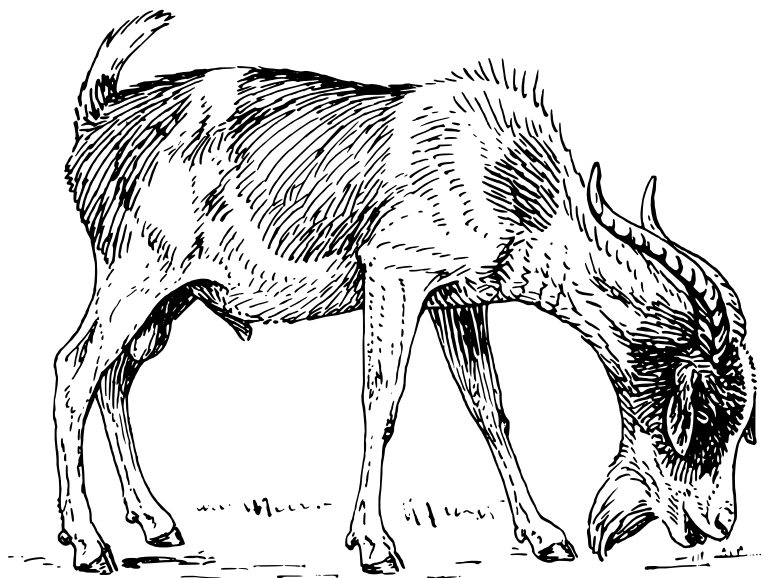


BOOK

agrégation de physique

commentaires du jury & retours des candidats

session 2015



Préambule

Le jury de l'agrégation publie tous les ans un rapport, disponible sur le site internet de l'agrégation¹. 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 candidats.

Ce fascicule est une compilation partielle des rapports de jury, où les commentaires spécifiques à chaque leçon ont été regroupés. Vous trouverez l'intégralité des commentaires inclus dans les rapports 2008 à 2014 (nous avons parfois condensé les commentaires, pour éviter trop de répétitions), ainsi que d'autres, tirés de rapports datant de 1997 à 2007, qui n'ont pas été aussi explicitement formulés par la suite et qui restent pertinents pour la leçon telle qu'elle s'intitule aujourd'hui. Il vous est également proposé quelques pistes de réflexion, sous forme de questions ou de suggestions de bibliographie particulièrement intéressante. Enfin, les retours des ex-agrégatifs sur leurs oraux ont été inclus. Que tous ceux qui ont contribué soient ici remerciés !

L'idée originale et les versions 2008 à 2013 du fascicule sont dues à Thibaut Divoux, ancien doctorant puis agrégé préparateur à l'ENS Lyon, désormais chercheur au CNRS à Bordeaux. Il est également l'auteur des « questions pour vous faire réfléchir » et de la quasi-totalité des notes de bas de page. Nous avons pris sa suite.

Les leçons de physique et les montages de la session 2015 sont classés selon la liste officielle.

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.

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.

Nous vous souhaitons bon courage pour la préparation de vos leçons et montages.

Michel Fruchart et Étienne Thibierge.

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

Table des matières

Leçons de physique	6
LP01 : Contact entre deux solides. Frottement.	6
LP02 : Caractère non galiléen du référentiel terrestre.	7
LP03 : Approximation gyroscopique.	9
LP04 : Lois de conservation en dynamique.	10
LP05 : Cinématique relativiste.	11
LP06 : Dynamique relativiste.	13
LP07 : Notion de viscosité d'un fluide. Écoulements visqueux.	14
LP08 : Modèle de l'écoulement parfait d'un fluide.	15
LP09 : Phénomènes interfaciaux impliquant des fluides.	16
LP10 : Gaz parfait, gaz réels.	17
LP11 : Premier principe de la thermodynamique.	19
LP12 : Évolution et condition d'équilibre d'un système thermodynamique fermé.	19
LP13 : Machines thermiques.	21
LP14 : Transitions de phase.	22
LP15 : Étude statistique d'un système en contact avec un thermostat. Probabilité canonique.	23
LP16 : Rayonnement d'équilibre thermique. Corps noir.	23
LP17 : Phénomènes de transport.	24
LP18 : Flux conductifs, convectifs, radiatifs, bilans thermiques.	26
LP19 : Conversion de puissance électromécanique.	26
LP20 : Induction électromagnétique.	27
LP21 : Rétroaction et oscillations.	29
LP22 : Traitement d'un signal. Étude spectrale.	30
LP23 : Ondes progressives, ondes stationnaires.	31
LP24 : Ondes acoustiques.	32
LP25 : Propagation dans un milieu dispersif.	33
LP26 : Propagation guidée des ondes.	34
LP27 : Ondes électromagnétiques dans les milieux diélectriques.	35
LP28 : Ondes électromagnétiques dans les milieux conducteurs.	36
LP29 : Rayonnement dipolaire électrique.	37
LP30 : Présentation de l'optique géométrique à l'aide du principe de Fermat.	38
LP31 : Interférences à deux ondes en optique.	39
LP32 : Interféromètres à division d'amplitude.	40
LP33 : Diffraction de Fraunhofer.	42

LP34 : Diffraction par des structures périodiques	43
LP35 : Absorption et émission de la lumière.	44
LP36 : Aspects corpusculaires du rayonnement. Notion de photon.	45
LP37 : Aspects ondulatoires de la matière. Notion de fonction d'onde.	47
LP38 : Confinement de l'électron et quantification de l'énergie.	47
LP39 : Effet tunnel.	49
LP40 : Fusion, fission.	50
LP41 : Évolution temporelle d'un système quantique à deux niveaux.	51
LP42 : La molécule : stabilité, énergie.	52
LP43 : Capacités thermiques : description, interprétations microscopiques.	53
LP44 : Paramagnétisme, ferromagnétisme : approximation du champ moyen.	53
LP45 : Propriétés macroscopiques des corps ferromagnétiques.	54
LP46 : Mécanismes de la conduction électrique dans les solides.	55
LP47 : Phénomènes de résonance dans différents domaines de la physique.	57
LP48 : Oscillateurs, portraits de phase et non-linéarités.	57
Montages de physique	60
MP01 : Dynamique newtonienne	60
MP02 : Surfaces et interfaces	62
MP03 : Dynamique des fluides.	64
MP04 : Capteurs de grandeurs mécaniques.	66
MP05 : Mesures de température.	67
MP06 : Transitions de phase.	68
MP07 : Instruments d'optique.	69
MP08 : Interférences lumineuses.	69
MP09 : Diffraction des ondes lumineuses.	70
MP10 : Spectrométrie optique.	71
MP11 : Émission et absorption de la lumière.	73
MP12 : Photorécepteurs.	73
MP13 : Biréfringence, pouvoir rotatoire.	74
MP14 : Polarisation des ondes électromagnétiques.	75
MP15 : Production et mesure de champs magnétiques.	76
MP16 : Milieux magnétiques.	77
MP17 : Métaux.	79
MP18 : Matériaux semi-conducteurs.	80
MP19 : Effets capacitifs.	81
MP20 : Induction, auto-induction	82
MP21 : Production et conversion d'énergie électrique.	84
MP22 : Amplification de signaux	86
MP23 : Mise en forme, transport et détection de l'information	87
MP24 : Acquisition, analyse et traitement des signaux	87
MP25 : Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu).	88
MP26 : Mesure de longueurs.	90
MP27 : Systèmes bouclés.	92

MP28 : Instabilités et phénomènes non-linéaires.	95
MP29 : Ondes : propagation et conditions aux limites.	96
MP30 : Acoustique.	97
MP31 : Résonance.	99
MP32 : Couplage des oscillateurs.	100
MP33 : Régimes transitoires.	102
MP34 : Phénomènes de transport.	103
MP35 : Moteurs.	103
Leçons de chimie	106
LC01 : Séparations, purifications, contrôle de pureté (L)	106
LC02 : Chimie et couleur (L)	106
LC03 : Polymères (L)	107
LC04 : Chimie et développement durable (L)	107
LC05 : Synthèses inorganiques (L)	108
LC06 : Stratégies en synthèse organique (L)	108
LC07 : Dosages (L)	108
LC08 : Facteurs cinétiques (L)	109
LC09 : Caractérisations par spectroscopie en synthèse organique (L)	109
LC10 : Relation structure réactivité en chimie organique (L)	109
LC11 : Capteurs électrochimiques (L)	109
LC12 : Molécules de la santé (L)	110
LC13 : Structures et propriétés de molécules du vivant (L)	110
LC14 : Réaction chimique par échange de proton (L)	111
LC15 : Solvants (CP)	111
LC16 : Classification périodique (CP)	111
LC17 : Solides cristallins (CP)	112
LC18 : Corps purs et mélanges binaires (CP)	112
LC19 : Oxydoréduction (CP)	112
LC20 : Détermination de constantes d'équilibre (CP)	112
LC21 : Dosages suivis par potentiométrie (CP)	112
LC22 : Cinétique homogène (CP)	113
LC23 : Évolution et équilibre chimique (CP)	113
LC24 : Optimisation de synthèses industrielles (CP)	113
LC25 : Diagrammes potentiel-pH (construction exclue) (CP)	113
LC26 : Corrosion humide des métaux (CP)	114
LC27 : Stéréochimie (CP)	114
LC28 : Conversion réciproque d'énergie électrique en énergie chimique (CP)	115
LC29 : Solubilité (CP)	115
LC30 : Cinétique électrochimique (CP)	116

Leçons de physique

LP01 : Contact entre deux solides. Frottement.

Commentaires extraits des rapports de 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.

2009, 2010 : Il importe de distinguer le cas du contact ponctuel et celui du contact étendu sur une surface. La distinction de nature entre les deux lois de Coulomb : condition nécessaire de non glissement et loi du frottement de glissement, n'est pas suffisamment dégagée. Les phénomènes d'hystérésis associés au frottement solide sont oubliés.

2008 : L'approche énergétique du contact doit être développée. Le roulement est trop rarement abordé. Il convient de s'interroger sur les passages entre les différents régimes de glissement et de non glissement ¹.

2006 : L'approche énergétique du contact doit être développée et une description microscopique peut être esquissée.

2005 : Il serait pertinent d'étudier les aspects énergétiques et de décrire l'exemple d'un mouvement où intervient du roulement avec glissement et sans glissement.

2004 : Le candidat doit être en mesure de faire la mise en équation des expériences qu'il présente. L'aspect cinématique du glissement est souvent abordé avec insuffisamment de soin. Des confusions persistent entre absence de glissement et absence de mouvement ainsi qu'entre absence de glissement et absence de frottement. L'étude d'un mouvement de roulement constitue une illustration intéressante.

2002 : L'énoncé des lois de Coulomb relatives au frottement de glissement est souvent incomplet ². Il faut éviter la confusion entre puissance des actions subies par un des solides en contact, et puissance totale des actions de contact. L'origine microscopique des actions de frottement mérite d'être évoquée.

1999 : Il faut préciser les référentiels et distinguer le mouvement du point d'un solide au voisinage du contact du mouvement du point de contact. Les candidats limitent leur exposé au frottement de glissement ; les mouvements de roulement (ou de pivotement) ne sont pas interdits. L'aspect microscopique est rarement abordé.

1998 : Les candidats sont invités à ne pas restreindre leurs exemples à des mouvements de translation. Il est rappelé que la loi d'Amontons, à savoir que la force de friction ne dépend que de la charge et non de l'aire du contact, est au moins aussi importante que les lois de Coulomb ³.

1. Un exemple simple est le cas d'un verre d'eau (ou d'une assiette) posé sur une feuille, l'ensemble reposant sur une table. On tire alors d'un coup sec la feuille, et on peut se poser la question de savoir à quelle condition le verre (ou l'assiette) reste immobile sur la table. On consultera avec profit l'excellent ouvrage de François Graner intitulé *Petits problèmes de physique* aux éditions Springer, et le sujet du concours commun Mines-Ponts 2001 seconde épreuve, qui aborde de façon générale la notion de secousse en physique.

2. NDR : un énoncé complet est par exemple disponible p. 188 du cours de S. Olivier, H. Gié et J.P. Sarmant, Physique spé PC*, PC aux éditions Tec & Doc.

3. NDR : sur les modèles de contact entre deux solides, on pourra consulter l'ouvrage de Jacques Duran, *Sables, poudres et grains : Introduction à la physique des milieux granulaires* aux éditions Eyrolles ; ou encore mieux, l'article de Tristan Baumberger intitulé *Contact Dynamics and friction at a solid-solid interface : material versus statistical aspects* qui explique simplement les modèles de Greenwood et Tabor et permet de se faire une image simple du coefficient de friction, à l'échelle microscopique.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Une craie qui roule sans glisser sur une table finit par s'arrêter, pourquoi ?
- Pour illustrer l'intérêt de la notion de cône de glissement, justifier que le filet d'une vis à bois est plus incliné que celui d'une vis à métal.
- Que peut-on dire de la puissance totale des actions de contact ? Est-ce toujours vrai pour un sous système du système d'étude ? Illustrer sur un exemple simple.
- Comment évolue le coefficient de friction dynamique avec la vitesse de glissement ? Tracer sommairement son évolution et la justifier.
- Donner une image simple du coefficient de friction à l'échelle microscopique.
- Discuter et commenter la notion de contact ponctuel.
- En quoi consiste la physique de la lubrification ? Comment l'illustrer simple à l'aide d'une table et d'une feuille de papier ?
- Quel lien faites vous entre friction et son ⁴ ?
- Qu'est-ce que le phénomène de « stick-slip » ? Où le rencontre-t-on ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 11/20

Différence entre le coefficient de frottement μ de glissement dans le cas où $v_g = 0$ et $v_g \neq 0$ ⁵ ? Citer des applications du phénomène d'arc-boutement ⁶ ? Quel est le coefficient de frottement le plus élevé : statique ou dynamique ? Au niveau microscopique, ayant parlé des irrégularités des surfaces de contact rendant complexe la modélisation des phénomènes, on m'a demandé à quelle échelle il s'agissait de raisonner. Ayant parlé de l'utilisation de couche lubrifiante pour limiter les frottements, on m'a demandé de préciser. Question sur le cas d'une roue en rotation sur un plan horizontal : je n'ai pas su où le jury voulait en venir.

LP02 : Caractère non galiléen du référentiel terrestre.

Commentaires extraits des rapports de 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.

2011, 2012 : Il est important de dégager le cas où l'on peut négliger le caractère non galiléen d'un référentiel.

2010 : Les illustrations peuvent également concerner la mécanique des fluides. Il est avantageux de supposer connues les lois de composition des vitesses et des accélérations accompagnant un changement de référentiel.

2009 : Les illustrations peuvent également concerner la mécanique des fluides ⁷.

2008 : Comme dans toute leçon de mécanique, il est primordial de définir correctement les référentiels. Les définitions de pesanteur et de verticale sont souvent confuses. Il est essentiel d'estimer les ordres de grandeur des différents termes ⁸. Cette leçon n'est ni une leçon de cinématique, ni une leçon sur les référentiels non galiléens.

2002 : Des éléments concrets sont à fournir sur les conséquences du caractère non-galiléen du référentiel terrestre. On peut évoquer les notions de masse gravitationnelle et de masse inerte. Il peut être intéressant de montrer que les effets de la force d'inertie de Coriolis résultent simplement d'un changement de référentiel ⁹.

2001 : Il faut prendre le temps de présenter avec précision les référentiels, et réfléchir au concept d'étoiles fixes ¹⁰.

4. NDR : à ce sujet, on pourra consulter l'article intitulé *crissement et grincements* dans l'ouvrage d'I. Berkes : *La physique de tous les jours*.

5. NDR : une très belle illustration de la différence entre les coefficients statique et dynamique est donnée par l'expérience de la règle plate (due à Sommerfeld) qu'on trouvera détaillée, par exemple, p. 219 du cours de S. Olivier, H. Gié et J.P. Sarmant, Physique spé PC*, PC aux éditions Tec & Doc.

6. NDR : un cas simple est discuté p. 79 du cours de mécanique deuxième année de H. Gié et J.P. Sarmant aux éditions Tec & Doc, et l'application au cas des vis dans le cours de Bertin, Faroux et Renault paru aux éditions Dunod.

7. NDR : à ce sujet on pourra consulter avec profit l'ouvrage de Mécanique de P. Brasselet de 1ère année aux éditions PUF, ainsi que l'épreuve A du concours de l'agrégation, 1999 disponible par exemple dans le volume d'Annales corrigées de Paul Bourdet aux éditions DUNOD.

8. NDR : sur ces deux points, on consultera avec profit l'ouvrage intitulé *La physique par la pratique* de B. Portelli et J. Barthes.

9. NDR : on consultera avec profit l'ouvrage de Pascal Brasselet aux éditions PUF à ce sujet.

10. NDR : sur ce point, on pourra consulter l'ouvrage de H. Gié et J.P. Sarmant aux éditions H & K.

1999 : La différence entre jour sidéral et jour solaire est souvent ignorée¹¹. Des exemples moins classiques que la déviation vers l'Est ou le pendule de Foucault peuvent être développés, comme par exemple la circulation atmosphérique ou le repérage des courants marins par altimétrie¹². La mise en évidence de la rotation de la Terre par interférométrie optique peut aussi être abordée.

1998 : Dans le cas des interactions gravitationnelles entre corps étendus, la résultante des forces s'exerçant sur l'un d'eux n'est pas en général égale à sa masse, multipliée par le champ gravitationnel en son centre d'inertie... sauf si le corps considéré est de symétrie sphérique¹³. Si la précession des équinoxes ne doit pas être systématiquement traitée, il est cependant conseillé d'en connaître l'existence et l'origine.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- On lira avec intérêt l'article paru dans le BUP 850 de janvier 2003 par Jean Savardière et intitulé *Les preuves expérimentales des mouvements de la terre*.
- Pourquoi constate-t-on une variation de \vec{g} avec la latitude ?
- Quel lien faites-vous entre jour sidéral et jour solaire ?
- La vitesse de rotation de la terre reste-t-elle constante lors du parcours de sa trajectoire au tour du soleil ?
- Proposer une interprétation de la déviation vers l'Est en vous plaçant dans le référentiel géocentrique. On pourra consulter *la Physique par la pratique*.
- Quelles expériences pourraient venir illustrer cette leçon ?
- Y a-t-il précession du vecteur rotation de la terre ? Si oui, sur quelle échelle de temps ?
- Est-il vrai que la force de Coriolis est responsable du sens de rotation de l'écoulement de l'eau dans un lavabo ? Estimer un ordre de grandeur de son effet face à celui des forces d'inertie¹⁴ (nombre de Rossby).

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 10/20

Les questions du jury n'ont pas dépassé le cadre de la leçon. Il m'a été demandé de donner des ordres de grandeurs, d'éclaircir quelques points que j'avais abordés. Le jury a été surpris que je précise qu'« en relativité Galiléenne la force est invariante par changement de référentiel ». Je me suis bien gardé de parler de relativité restreinte pendant la leçon et c'est précisément pour que le sujet soit abordé pendant les questions que j'avais donné cette précision qui, finalement, n'a fait que semer le doute.

Agrégation 2010 - Note : 14/20

- J'ai déclaré que l'accélération du centre de la terre était la somme des potentiels gravitationnels des autres astres. Ils m'ont demandé si c'était toujours vrai ou s'il y avait des hypothèses supplémentaires à faire. (*Pour être sûr que la résultante des forces sur un objet s'exerce bien en son centre, il faut que cet objet possède une répartition de masse sphérique.*)
- Tous les résultats ont été écrits pour des masses m quelconques. C'est pas un peu surprenant que ça fasse pareil pour n'importe quel masse ?
- Pour les marées vous avez dessiné les forces qui s'exercent, mais comment pourrait-on avoir une idée plus précise de la déformation que ça engendre ?
- Est-ce qu'il existe un référentiel galiléen ?
- Comment est reliée la période de rotation du pendule de Foucault à la période de rotation de la terre ?
- Citer d'autres conséquences des termes de marées autre que les marées océaniques. (*Elle déforme le manteau terrestre et cette déformation provoque une modification de la vitesse de rotation de la terre*). Et sur d'autres astres ? (*Les termes de marées peuvent être suffisamment fort pour entraîner la destruction d'un satellite ça a un nom mais j'ai pas réussi à le retrouver sur le moment*¹⁵). À quelle condition peut-il y avoir destruction ? Faut-il être proche ou loin ?
- Comment est définie la verticale ?
- Vous nous avez dit que la valeur de g varie sur la terre à cause du terme d'inertie. Est-ce qu'il y a d'autres sources de variation ? (*Oui, la terre n'est pas sphérique c'est un ellipsoïde et ça fait varier g aussi*). Quel effet est prépondérant ?

11. NDR : sur ce point, on consultera l'ouvrage de P. Brasselet ou le collectif H-Prépa de mécanique de première année.

12. NDR : sur ce point on pourra consulter l'incontournable ouvrage de P. Brasselet, intitulé *Mécanique MPSI-PCSI*, paru aux éditions PUF.

13. NDR : sur ce point, on composera sur l'épreuve A tombée à l'agrégation de physique en 1999.

14. Sur ce sujet, on pourra consulter l'ouvrage de M. Fermigier intitulé *Hydrodynamique physique. Problèmes résolus avec rappels de cours*, paru chez Dunod.

15. NDR : c'est la limite de Roche. Consulter par exemple l'ouvrage de Mécanique de P. Brasselet aux éditions PUF.

Agrégation 2012 - Note : 16/20

Marées : on m'a fait aborder et expliquer la limite de Roche. J'ai montré dans la leçon que pour que le caractère non galiléen du référentiel terrestre se manifeste, il y a des conditions sur les ordres de grandeurs¹⁶ (durées typiques : la journée ; longueurs typiques : le millier de km...). Sur Coriolis et les fluides : autre système que l'atmosphère ? (*L'océan*). Comment distinguer expérimentalement le champ de gravité et celui de pesanteur ?

LP03 : Approximation gyroscopique. Effets dans les domaines macroscopique et microscopique.

Commentaires extraits des rapports de jury

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

2009, 2010 : Les hypothèses de l'approximation sont très rarement énoncées clairement et encore plus rarement vérifiées dans le traitement des applications. L'équation de précession est un concept utile.

2008 : Une illustration expérimentale aide à faire passer le message de cette leçon. Il faut prévoir assez de temps pour traiter le domaine microscopique. Le lien avec l'approche quantique peut être évoqué en évitant de sombrer dans le détail des calculs. Il est rappelé que le moment cinétique et le vecteur rotation ne sont a priori pas colinéaires.

2006 : Une illustration expérimentale aide à la compréhension de cette leçon. Un temps suffisant doit être consacré au domaine microscopique. Les équations d'évolution du moment magnétique en présence d'un champ magnétique tournant doivent être clairement établies dans le repère tournant. Les conditions de résonance et les applications de la résonance magnétique doivent être discutées. Le lien avec l'approche quantique peut être évoqué mais il faut éviter de sombrer dans le détail des calculs.

2005 : La réalisation d'expériences est toujours appréciée dans cette leçon, surtout si elles sont mises clairement en relation avec les résultats théoriques. Comme dans toute leçon de mécanique, les référentiels doivent être correctement définis. La notion de référentiel barycentrique, quand elle est introduite, est souvent confuse. Le temps imparti au domaine microscopique est trop court.

2002 : Les applications citées ou les expériences présentées pour illustrer la notion de couple gyroscopique sont souvent très mal comprises. L'aspect *paradoxal* peut être évoqué¹⁷.

1997 : Montrer l'unité de la leçon ; l'aspect microscopique (incluant en particulier la résonance magnétique nucléaire et ses applications médicales) est trop souvent négligé. Les gyroscopes employés pour l'illustration expérimentale du sujet sont souvent sous-utilisés et ne sont pas lancés suffisamment fort pour qu'effectivement l'approximation gyroscopique soit valable !

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Pour illustrer cette leçon, vous souhaitez présenter une toupie. Comment mesurer sa vitesse de rotation simplement, devant le jury ?
- À quelle condition la formulation de l'approximation gyroscopique porte-t-elle sur les vitesse de rotation et non sur les moments d'inertie ?
- D'où vient le mot *nutation*, qui apparaît entre autre dans l'expression *angle de nutation* ?
- Pourriez-vous discuter les conditions de validité de l'approximation gyroscopique pour la roue d'un vélo ? Et pour celle d'une moto¹⁸ ?
- Où se situe exactement l'approximation gyroscopique dans l'exemple de la RMN ? ($B_1 \ll B_0$). Quelle différence faites vous entre IRM et RMN ?
- Quel est le lien entre le principe de Le Chatelier et le fonctionnement d'un gyroscope ?
- Qu'est-ce que la précession de Larmor ?
- On pourra lire l'article paru dans le BUP 587, page 85 et intitulé *Aspects modernes des gyroscopes*.

16. NDR : voir l'ouvrage intitulé : la physique par la pratique

17. NDR : cet aspect est bien traité dans l'ouvrage de mécanique de Sivoukhine, aux éditions Mir.

18. NDR : on consultera avec profit l'ouvrage intitulé *La physique par la pratique* de B. Portelli et J. Barthes.

LP04 : Lois de conservation en dynamique.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.*

2010 : Le titre est général. Les lois de conservation sont à illustrer absolument et la physique est généreuse en exemples variés. Les exemples les plus pertinents sont ceux où les deux corps sont de masses comparables. Il est très maladroit d'insister sur des illustrations où, justement, il n'y a pas de conservation simple, le système étudié n'étant par exemple pas isolé.

Jusqu'en 2009, le titre était : *Utilisation des lois de conservation dans le problème à deux corps. Applications.*

2009 : Le titre est général. Les lois de conservation sont à illustrer absolument et la physique est généreuse en exemples variés. Les exemples les plus pertinents sont ceux où les deux corps sont de masses comparables. Pour la leçon *Exemples d'utilisation des lois de conservation en dynamique des systèmes*, le jury attend que le candidat choisisse un nombre d'exemples limité, mais qu'il les analyse en profondeur.

2008 : Il existe d'autres exemples que les interactions newtoniennes. La distinction entre le mouvement d'ensemble et le mouvement barycentrique est fondamentale.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Que devient le problème à deux corps dans le cadre de la relativité restreinte ? Et en mécanique quantique ?
- La troisième loi de Kepler est-elle exacte ¹⁹ ?
- Qu'appelle-t-on le vecteur de Runge-Lenz ? Pouvez-vous en donner une application simple ?
- On lira avec intérêt l'article d'Hubert Gié intitulé *Le moment cinétique à travers l'Univers* et paru dans le BUP 712 de mars 1989.
- Comment l'astronome Le Verrier a-t-il « inventé » Neptune au XIX^{ème} siècle ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 08/20

Quelques questions sur les coniques, sur l'allure des énergies potentielles effectives en général et sur les trajectoires : à quelles conditions sont-elles elliptiques ? fermées ?

Agrégation 2011 - Note : 08/20

Principalement des demandes de précisions sur la leçon suite à un exposé peu clair.

Agrégation 2012 - Note : 08/20

Quand peut-on dire d'un objet qu'il est à l'équilibre ? Quand le moment cinétique se conserve-t-il ? Les lois de conservations permettent-elles de déterminer les vitesses des objets après le choc ? À une, deux, trois dimensions ?

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.

19. NDR : pour répondre à cette question, on pourra lire attentivement les pages 239-240 de l'ouvrage de Mécanique de P. Brasselet aux éditions PUF.

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 libre 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 ...

LP05 : Cinématique relativiste.**Commentaires extraits des rapports de jury**

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.

2012 : 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 étudiants à faire ressortir les limites de l'approche classique. Un exposé clair de la notion de composition des vitesses et de ses propriétés est incontournable dans cette leçon. Les notions de dilatation du temps et contraction des longueurs doivent être discutées.

2011 : 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 étudiants 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 de la notion de composition des vitesses et de ses propriétés est incontournable dans cette leçon.

2010 : Il n'entre pas dans le cadre de cette leçon de démontrer la transformation de Lorentz-Poincaré. La notion d'événement est un outil central.

2009 : Il n'entre pas dans le cadre de cette leçon de démontrer la transformation de Lorentz-Poincaré.

Jusqu'en 2007, le titre était : *Principes de la cinématique relativiste. Durée propre. Longueur propre.*

2007, 2008 : Les principes de la relativité restreinte doivent être énoncés de manière complète et précise. Les notions de durée ou de longueur propres ne prennent tout leur sens qu'en envisageant les phénomènes de contraction et dilatation. La description d'expériences ou d'applications mettant en jeu ces notions permet de rendre le contenu de cette leçon plus concret.

2006 : Les bases de la cinématique relativiste ne sont pas toujours bien comprises. La notion de durée propre et les phénomènes de contraction-dilatation doivent être abordés avec un soin tout particulier. Il ne faut pas se contenter de présenter cette leçon de manière théorique et laisser une bonne place aux applications.

2005 : La notion d'événement est cruciale. Les mesures des durées et longueurs « impropres » restent souvent mystérieuses.

2002 : Il est souhaitable de consacrer une partie de l'exposé aux fondements de la cinématique relativiste, en prenant soin d'utiliser un vocabulaire rigoureux. Un voyage interplanétaire effectué à la vitesse de $0.97 \times c$ ne peut constituer une illustration concrète du phénomène de dilatation des durées ... Les applications réalistes, pour lesquelles les observations expérimentales réelles s'interprètent grâce aux résultats de la cinématique relativiste, sont à rechercher. Les définitions de la longueur propre et de la durée propre doivent être énoncées nettement. La notion d'événement doit être précisée.

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 04/20

Notion de perte de simultanéité ? (Il m'a été reproché de ne pas en avoir parlé). Pouvez-vous ré-expliciter l'expérience de Michelson-Morley ? Quelles sont les contraintes que doit vérifier une transformation ? En particulier celle de Lorentz ? (notion de causalité). Pouvez-vous ré-expliciter l'effet Doppler-Fizeau ?

Agrégation 2008 - Note : 16/20

Questions sur les postulats : homogénéité de l'espace-temps, isotropie de l'espace sont-elles spécifiques à la relativité restreinte ? La causalité est-elle un postulat ou une conséquence ? L'invariance des forces est-elle un postulat de la physique ? La relativité restreinte intervient-elle au quotidien ou seulement dans des expériences de physique à grande échelle et/ou hautes énergies ?

Agrégation 2010 - Note : 05/20

A l'issue de ma leçon, on m'a demandé quelques précisions sur mes signes, notamment dans l'expression du champ électrique dans un autre référentiel d'inertie. On m'a demandé quelques informations sur l'expérience de Morley et Michelson (déplacement des franges attendu, taille des bras) ainsi que des exemples (autres que la désintégration muonique et la modification du temps de parcours du TGV Paris-Lyon) où la dilatation du temps pouvait avoir des effets observables. On est restés longtemps sur la perte de simultanéité, car j'étais passé assez vite sur sa démonstration. Cette question a constitué l'essentiel de l'entretien, ce qui a laissé assez peu de temps pour d'autres questions. Pour finir, on m'a demandé d'expliquer ce qui se passait en réalité, et de lever le « paradoxe » apparent de la relativité restreinte.

Il faut être TRÈS propre sur les définitions (notamment celle d'un changement de référentiel, d'un événement...) et les différents objets manipulés (en particulier, les différents référentiels). Maîtriser les bases de la relativité restreinte n'est malheureusement pas suffisant pour bien aborder cette leçon, il faut faire un vrai effort pour enlever toutes les ambiguïtés de son exposé, et c'est malheureusement ce qui m'a fait défaut le jour J.

Agrégation 2012 - Note : 09/20

Des explications précises sur les expériences de Michelson et Fizeau : que mesure-t-on ? comment ? que voit-on ? conditions précises des expériences ? Lien entre contraction de l'espace et dilatation du temps ?

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.

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-expliciter 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 ? Quadri-vecteurs ? 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 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 : 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 ...

LP06 : Dynamique relativiste.

Commentaires extraits des rapports de jury

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

2010 : La forme plus complexe des lois de la dynamique peuvent rendre les exemples choisis très techniques. Il convient de choisir des illustrations simples où les effets relativistes apparaissent rapidement. L'étude des collisions peut bien évidemment entrer dans le cadre de cette leçon. Ne pas oublier que les lois de conservation sont également un outil de découverte de particules nouvelles, indétectables directement.

Jusqu'en 2009, le titre était : *Collisions en relativité restreinte. Application à l'étude des particules élémentaires.*

2009 : Ne pas oublier que les lois de conservation sont également un outil de découverte de particules nouvelles, indétectables directement. Pour la leçon *Dynamique relativiste. Exemples*, le jury attend que le candidat choisisse un nombre d'exemples limité, mais qu'il les analyse en profondeur.

2007, 2008 : L'intérêt du référentiel barycentrique n'est pas toujours maîtrisé. Les candidats sont encouragés à diversifier les exemples traités.

2005 : L'intérêt du référentiel barycentrique dans l'évaluation du seuil de réaction n'apparaît pas toujours clairement. Des exemples contemporains sont appréciés.

2004 : Le référentiel du centre de masse est toujours introduit, mais l'intérêt qu'il présente n'est pas suffisamment souligné, en particulier dans la détermination du seuil énergétique d'une collision inélastique. Il faut savoir faire la différence entre *invariance* et *conservation*.

2003 : L'étude des collisions doit être menée en utilisant au mieux la notion de quadrivecteur. Il est souvent inutile de projeter la relation de conservation de la quantité de mouvement (par exemple pour étudier l'effet Compton). L'énergie de seuil est une notion importante qu'il est nécessaire de présenter ; le candidat doit être en mesure d'expliquer pourquoi il s'intéresse à la situation où tous les produits de réaction sont immobiles dans le référentiel du centre de masse. En outre, des exemples plus actuels que la création de paires proton/anti-proton peuvent être envisagés.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Pourquoi fait-on des collisions de particules ? (Répondre en deux phrases.)
- Quel est l'intérêt d'un collisionneur de particules sur l'envoi direct de particules sur une cible fixe ?
- Qu'est-ce qu'une chambre à brouillard ?
- Qui est Georges Charpak, et quelle a été sa contribution dans le domaine ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2012 - Note : 18/20

Ils m'ont posé quelques questions sur les différences notables relativiste/classique. Pourquoi veut-on absolument garder la conservation de l'énergie et de l'impulsion pour un système isolé : la réponse attendue étant que les symétries de translation/renversement dans le temps et espace existent encore en relativité. Comment peut-on, par changement de référentiel, passer d'un champ E à un champ B ? Dans quels cas le fait que la masse dans un problème relativiste soit $\gamma \times m$ plutôt que m est important ? J'ai embrayé sur les quasi-particules relativistes en matière condensée et le graphène, ils m'ont demandé ce que je savais dessus. Puis pourquoi j'avais dit que des GeV constituaient une énergie importante et comment l'expliquer à des élèves. Pourquoi dans le quadrivecteur impulsion il faut écrire E/c et pas juste E : par raison d'homogénéité, pour garder l'invariance de l'écriture du quadrivecteur par changement d'unité.

LP07 : Notion de viscosité d'un fluide. Écoulements visqueux.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

2009, 2010 : Il importe de mettre clairement en évidence le caractère diffusif des forces de viscosité. Dans l'illustration expérimentale de l'écoulement de Couette plan, il faut s'assurer que l'on a bien atteint un régime permanent.

2008 : La signification physique du nombre de Reynolds est ici centrale.

2006 : Les notions d'écoulement tourbillonnaire et d'écoulement turbulent sont souvent mal assimilées. Les conditions d'applications de l'équation de Navier-Stokes sont ignorées.

2005 : La relation entre la valeur du nombre de Reynolds et la nature de l'écoulement sont mal dégagées. Il y a souvent confusion entre tourbillon et turbulence. Les conditions d'application de l'équation de Navier-Stokes sont ignorées.

2001 : Il est souhaitable de présenter un modèle microscopique simple de la viscosité²⁰. Il est utile de noter que le nombre de Reynolds s'interprète comme le rapport de deux temps caractéristiques de transport par diffusion et convection. La notion de couche limite peut être évoquée. On peut également présenter des écoulements autour d'obstacles.

20. NDR : un modèle simple est présenté dans l'ouvrage de E. Guyon, J.P. Hulin et L. Petit paru aux éditions EDP/CNRS.

2000 : L'interprétation microscopique des forces de viscosité est souvent sacrifiée.

1999 : La leçon doit permettre de montrer la compétition entre transfert convectif et transfert diffusif de quantité de mouvement.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Comment pourriez-vous discuter les aspects énergétiques de la viscosité ?
- Quelle est la dépendance de la viscosité d'un fluide avec la température ?
- Donnez l'ordre de grandeur de trois viscosités de produits de la vie courante, présentant différents ordres de grandeurs.
- Qu'est-ce qu'un fluide non-newtonien ? Donner des exemples de la vie de tous les jours.
- Quelles expériences pourraient venir illustrer cette leçon ?
- Tous les fluides étant réels, quel est l'intérêt d'étudier le cas d'un fluide parfait ?
- Quelle différence faites-vous entre écoulement incompressible et fluide incompressible ?
- Qu'est-ce que l'approximation de lubrification ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2011 - Note : 18/20

Existe-t-il une viscosité autre que celle pour les écoulements incompressibles ? Quel est son nom ? Démontrez la relation $\text{div}(\vec{v}) = 0$. Ils sont revenus sur les calculs pour l'écoulement de Poiseuille cylindrique et notamment la question des conditions aux limites. Dépendance de la viscosité avec la pression pour les gaz ? Notion de couche limite, comment trouve-t-on l'expression de sa dimension caractéristique ? Vous avez parlé d'écoulement incompressible, qu'en est-il de l'air ? Si dans l'écoulement de Poiseuille on a un fluide pesant, que se passe-t-il ? (dépendance du champ de pression en r et θ). Soit un cycliste se déplaçant à 10 m/s dans l'air ou un nageur se déplaçant à 1m/s dans l'eau ; le Reynolds vaut 10^6 typiquement donc la viscosité peut être négligée ; pourquoi est-ce fatigant ?

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 ?

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.

LP08 : Modèle de l'écoulement parfait d'un fluide.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

2010 : Il est difficile de bien dégager la physique du modèle de l'écoulement parfait et de ses limites sans faire appel à la notion de viscosité que l'on pourra supposer connue. Les conditions aux limites imposées à un fluide s'écoulant autour d'un obstacle solide doivent être justifiées. L'interprétation énergétique de la relation de Bernoulli est très mal connue.

2009 : Il est difficile de bien dégager la physique du modèle de l'écoulement parfait et de ses limites sans faire appel à la notion de viscosité. Les conditions aux limites imposées à un fluide s'écoulant autour d'un obstacle solide doivent être justifiées. L'interprétation énergétique de la relation de Bernoulli est très mal connue.

2005 : La différence entre écoulement incompressible et fluide incompressible est souvent ignorée, de même qu'entre écoulement parfait et fluide parfait.

2003 : L'équation d'Euler ne constitue pas le sujet central de la leçon et ne doit pas prendre une place excessive. Diverses expressions du théorème de Bernoulli peuvent être présentées. Il est plus intéressant de présenter des illustrations concrètes ou des applications pratiques que d'exposer une longue suite de formulations.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Quelle distinction convient-il de faire entre *fluide (in)compressible* et *écoulement (in)compressible* ?
- Quel est le lien entre le théorème de Bernoulli et le premier principe de la thermodynamique²¹ ?
- Lors de l'écoulement d'un fluide parfait, quelles sont les forces susceptibles de travailler ?
- Donner un ordre de grandeur de la pression mise en jeu dans une trompe à vide du type de celle que vous utilisez en chimie.
- Souffler sur un cristalliseur rempli d'eau. Donner un ordre de grandeur de la profondeur de la petite cuvette qui se forme.
- À propos du célèbre jet d'eau de Genève, un dépliant touristique affirme que sa hauteur de 140 m au dessus du lac est obtenue grâce à une expulsion de l'eau des pompes à une vitesse de 200 km/h sous une pression de 16 kg/cm². Ces chiffres sont-ils cohérents ?
- Que dit le théorème de Kelvin ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2010 - Note : 14/20

Comment qualifier l'écoulement loin d'une aile d'avion ? À quoi ressemble la couche limite autour d'une aile profilée ? C'est quoi le décollement de la couche limite ? Quelle équation peut-on donner pour le vecteur tourbillon ? Sur l'effet Venturi : dans l'exemple présenté (tuyère), la ligne de courant choisie pour la démonstration est horizontale, qu'est-ce que ça change si l'écoulement est vertical ?

J'ai présenté le même plan que celui présenté pendant l'année. Les techniciens ont monté toutes les manip sans problème. Je n'ai eu le temps de traiter qu'une application (effet Venturi) et sur les questions ils m'ont demandé d'expliquer ce que je comptais faire comme autre application puisque j'avais sorti la soufflerie : j'ai répondu qu'il s'agissait du tube de Pitot et ils m'ont demandé de donner des éléments théoriques au tableau.

LP09 : 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.*

21. NDR : on consultera avec profit la composition de physique (sujet A, partie VI) du concours de l'agrégation 2006, disponible avec son corrigé à l'adresse suivante : <http://agregation-physique.org/spip.php?article9>

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.

2011, 2012 : Le lien avec les potentiels thermodynamiques n'est pas souvent maîtrisé. Il est important de dégager clairement l'origine microscopique du phénomène.

2009, 2010 : La force de tension superficielle est très mal décrite et comprise ; cette notion permet pourtant d'interpréter de nombreux résultats de façon simple et concrète. L'étude énergétique de l'interface doit s'appuyer sur une thermodynamique rigoureuse, où les systèmes et transformations étudiés sont définis avec une grande précision.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Qu'est-ce que le phénomène de capillarité ? Quelle en est l'origine physique ? Comment définit-on la tension superficielle ? À quelle fonction thermodynamique la tension de surface est-elle reliée ? Comment la tension de surface évolue-t-elle avec la température ? Justifier vos réponses.
- Donner l'ordre de grandeur de la tension de surface de l'eau, de l'éthanol et d'une eau savonneuse.
- Décrire deux ou trois techniques de mesures de la tension superficielle d'un liquide. Pourquoi utilise-t-on suivant les cas l'une ou l'autre de ces techniques ?
- Quels effets désigne-t-on sous le vocable « effets Marangoni » ?
- Qu'est-ce que l'instabilité de Rayleigh-Plateau ²² ? Où peut-on rencontrer cette instabilité dans la vie de tous les jours ?
- Quelles sont les expériences qui pourraient venir illustrer cette leçon ²³ ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2010 - Note : 08/20

comment peut-on définir la tension superficielle simplement ? Ils ont aussi posé des questions sur le paramètre d'étalement, le lien entre fluide mouillant/non mouillant et tension superficielle. Sur la démonstration de la loi de Laplace, je me suis compliquée la vie en ne supposant pas l'équilibre thermique.

LP10 : Gaz parfait, gaz réels.

Commentaires extraits des rapports de jury

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*.

2012 : Les candidats doivent avoir réfléchi à ce qu'est une collision à l'échelle microscopique et prendre du recul vis-à-vis du modèle des sphères dures. L'introduction de la notion de pression cinétique doit être effectuée avec soin.

2010 : Le théorème d'équipartition de l'énergie est un théorème limite dont il faut bien connaître les conditions de validité. Le calcul de la pression cinétique nécessite de choisir une distribution des vitesses, qui peut être simple mais qui doit être cohérente.

2008 : Les notions de moyennes, de valeurs quadratiques moyennes ainsi que l'exploitation des hypothèses formulées pour l'étude du gaz parfait sur l'évaluation de ces grandeurs sont très souvent mal introduites, voire mal comprises.

22. NDR : cette instabilité est abordée de façon originale dans l'ouvrage de M. Fermigier intitulé *Hydrodynamique physique. Problèmes résolus avec rappels de cours*, paru chez Dunod.

23. NDR : en plus des expériences qu'on pourra choisir de présenter, on pourra illustrer certaines parties de la leçon en utilisant le CD Rom vendu avec l'ouvrage de P.G. de Gennes, F. Brochard et D. Quéré intitulé *Gouttes, bulles, perles et ondes* paru aux éditions Belin, collection échelles.

2005 : Les notions de température cinétique et de température thermodynamique doivent être clairement dégagées.

2004 : Le candidat doit maîtriser les ordres de grandeur des valeurs des grandeurs introduites : densité particulaire ; nombre de collisions par unité de temps, de surface ; vitesse quadratique moyenne ; longueur d'onde de de Broglie associée à une entité... et savoir les utiliser de manière pertinente au cours de l'exposé. La notion de gaz parfait polyatomique doit être abordée²⁴.

Jusqu'en 2003, le titre était : *Modèle du gaz parfait. Interprétations cinétiques de la pression et de la température. Limitations du modèle.*

2002 : Cette leçon nécessite d'avoir bien réfléchi à la logique de la démarche adoptée. On ne doit pas se limiter au seul cas du gaz monoatomique. L'interprétation cinétique de la notion de température est souvent confuse, en particulier dans le cas des gaz parfaits polyatomiques. Les conditions d'utilisation ou d'application du théorème de l'équipartition de l'énergie et la définition légale de la température doivent être connues.

2000 : Dans cette leçon, il faut évidemment distinguer les caractéristiques générales d'un gaz parfait de celles d'un gaz parfait monoatomique. La loi de distribution des vitesses de Maxwell doit être citée et commentée. Enfin, dans le calcul de la pression, est-il vraiment nécessaire de séparer les deux phases d'adsorption et de désorption²⁵ ?

1998 : Il est suggéré aux candidats de faire ressortir le fait que la pression est une grandeur macroscopique nécessitant pour être définie que l'on procède à une moyenne sur un grand nombre de *chocs élémentaires*. Beaucoup de candidats définissent le gaz parfait comme un modèle où « aucune interaction ne s'exerce entre les molécules », alors que le rôle des collisions y est essentiel. La notion de *libre parcours moyen* doit être introduite [NB : ce n'est pas une limitation du modèle]. L'exposé des *limitations* se résume trop souvent à l'énoncé de l'équation d'état de Van der Waals, alors que les effets quantiques ne sont que rarement mentionnés, de même que les rôles respectifs des interactions répulsives et attractives selon la valeur de la température. l'échelle

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Énoncer et démontrer le théorème d'équipartition de l'énergie. Quelles sont les conditions d'application de ce théorème ?
- Énoncer le théorème du Viriel relatif à l'expression de l'énergie cinétique moyenne d'un ensemble de N particules ponctuelles en fonction des forces intérieures et extérieures subies par ces diverses particules. Comment se transforme cette expression dans le cas d'un gaz parfait ? En déduire l'expression de la pression cinétique.
- Donner un ordre de grandeur du nombre de particules dans la pièce où vous vous trouvez actuellement. Quelle est leur vitesse typique ? Leur libre parcours moyen ? La distance moyenne entre deux chocs ? Leur coefficient d'auto-diffusion ?
- Quelle est la signification physique de la loi de répartition des vitesses dite de Maxwell-Boltzmann ? Comment pourriez-vous la faire comprendre à des étudiants ?
- Que savez-vous des gaz parfaits quantiques ?
- Quel lien faites-vous entre le rayonnement du corps noir et le gaz parfait²⁶ ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 19/20

Retour sur les hypothèses du gaz parfait (pertinence du caractère ponctuel des particules du gaz si on considère des collisions élastiques entre particules). Ordre de grandeur du dt intervenant dans le calcul de la pression cinétique pour estimer le nombre de chocs par unité de temps ? Le modèle du gaz parfait est-il valable hors équilibre ? Quelle est l'origine du théorème d'équipartition ? Comment estimer les températures de gel (des degrés de liberté) ? Pourquoi le dernier degré de rotation d'une molécule diatomique ne rentre pas en compte dans le calcul du théorème d'équipartition ?

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

24. NDR : pour toutes ces questions, il est pertinent d'aller lire les compléments du cours de Physique Statistique de R. Diu, C. Guthmann, D. Lederer et B. Roulet paru aux éditions Hermann.

25. NDR : on pourra revoir ces notions en composant sur le sujet d'agrégation de 1996, épreuve A.

26. NDR : sur ce point, on pourra lire le chapitre 4 du cours de Physique Quantique I de Paris VI de Claude Aslangul, disponible à l'adresse suivante : <http://www.librecours.org>.

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.

LP11 : Premier principe de la thermodynamique.

Commentaires extraits des rapports de jury

Nouvelle leçon en 2014.

Retour des années précédentes

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 $dU = T dS - P dV$ est-elle valable ? Détail du fonctionnement du moteur de Stirling en maquette.

LP12 : Évolution et condition d'équilibre d'un système thermodynamique fermé.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

2011 : 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. Les potentiels thermodynamiques sont des outils puissants dont l'illustration ne doit pas se réduire au cas d'un corps pur en contact avec un thermostat.

2009, 2010 : L'analogie entre la notion de potentiel thermodynamique et celle d'énergie potentielle en mécanique, bien qu'importante, ne doit pas être poussée trop loin.

2008 : Il faut bien distinguer les paramètres extérieurs dont la valeur fixée détermine le potentiel thermodynamique adapté à la recherche de l'équilibre et les variables internes dont les variations permettent au système d'atteindre l'équilibre. Les exemples d'application sont indispensables.

Jusqu'en 2004, le titre était : *Évolution et condition d'équilibre des systèmes thermodynamiques – potentiels thermodynamiques.*

2003 : Cette leçon permet d'introduire la notion de travail récupérable. Il est nécessaire de présenter un exemple montrant clairement que l'on peut éventuellement récupérer du travail lors d'une transformation si celle-ci est bien conduite. Les fonctions d'état F et G ne sont pas simplement des cas particuliers de fonctions F^* et G^* ; elles ont un intérêt thermodynamique propre et ne doivent pas être confondues avec les potentiels thermodynamiques.

2002 : L'intérêt des potentiels thermodynamiques doit être dégagé sur des exemples autres que ceux dont on ne déduit que des banalités. Parler de travail récupérable est une bonne chose, mais il est préférable de savoir comment on le récupère !

1997 : Les exemples proposés sont souvent trop élémentaires. Il convient de ne pas se limiter à des détentes de gaz parfaits, d'éviter d'établir un catalogue formel de tous les cas possibles obtenus en fixant les variables thermodynamiques deux à deux et de chercher des applications dans des situations hors d'équilibre intéressantes en chimie ou en métallurgie, par exemple : phénomènes de nucléation, de décomposition ... Rappelons enfin qu'il ne faut pas confondre potentiel thermodynamique et fonction thermodynamique. En particulier l'entropie définie comme une fonction thermodynamique de l'énergie interne et du volume n'est plus susceptible d'évoluer dès lors que ces deux variables sont fixées !

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Pourquoi toute la matière n'est-elle pas solide, i.e. pourquoi existe-il des corps purs gazeux ou liquides à température ambiante ?
- Concrètement comment récupère-t-on le travail potentiellement récupérable mis en évidence dans cette leçon ? Par exemple, considérer deux morceaux d'un même métal portés à des températures différentes T_1 et $T_2 < T_1$. Quel est le travail maximum récupérable à l'aide de ces deux morceaux et comment le récupère-t-on concrètement ?
- Comment traduire la stabilité d'un équilibre de façon formelle ? Quelles conséquences fortes pouvez-vous en déduire ?
- $dG^* < 0$: est-ce un critère d'évolution nécessaire et suffisant ?
- Quelle est l'origine de l'expression « travail utile » ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2009 - Note : 05/20

Ils sont revenus sur ce que j'avais dit pendant la leçon, puis ont posé différentes questions sur les bases de la thermo : définition d'une variable d'état, différences entre U , V , N et T . Quelle différence entre équilibre monotherme, isotherme, et équilibre avec un thermostat ?

Agrégation 2009 - Note : 14/20

Est-ce que la fonction d'état donne toute l'info tout le temps sur le système thermodynamique étudié²⁷ ? En mécanique, on peut avoir l'énergie comme constante et un mouvement oscillant, est-ce possible en thermodynamique ? Donner un exemple concret d'un système physique d'un solide chaud dont on veut récupérer un travail ? En math comment calcule-t-on le minimum d'une fonction dépendant de plusieurs variables ? F^* est définie tout le temps : est-ce le cas de U et S (même hors équilibre) ? Quelles sont les variables naturelles de F ?

Agrégation 2012 - Note : 10/20

Est-ce évident que $\Delta F^* = 0$ sur un cycle, dans une machine thermique en contact avec un thermostat ? Réexpliquer la différence entre une fonction d'état comme F et un potentiel thermo comme F^* ? Préciser sous quelle forme peut se présenter le travail *récupérable* (notamment dans l'exemple de la bouteille d'air comprimé que j'avais traité). Sur mon exemple de la nucléation dans une vapeur sous-refroidie : pourquoi l'inégalité sur l'enthalpie libre massique implique-t-elle que la phase liquide est l'état le plus stable ? Comment fait-on pour la retrouver ? Encore sur la nucléation : comment les impuretés ou les poussières permettent-elles de passer la barrière de potentiel ? Commentaires du jury : clair et rigoureux mais trop formel, je n'ai pas assez fait ressortir la physique.

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 !

27. NDR : sur ce point, on consultera l'ouvrage de thermodynamique de H. Callen.

LP13 : Applications des deux premiers principes de la thermodynamique au fonctionnement des machines thermiques.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

2009, 2010 : Les applications ne se limitent pas au moteur de Stirling et doivent rester concrètes.

2006, 2007, 2008 : Les candidats ne doivent pas se limiter à l'étude du fonctionnement de machines théoriques, mais doivent développer en détail un exemple de machine réelle.

2004 : Le candidat peut parfaitement présenter des machines thermiques cycliques où le fluide caloporteur subit des changements d'états.

2003 : Au delà de l'exposé classique que l'on trouve toujours, il faut discuter les causes d'irréversibilité : s'agit-il de frottements mécaniques ou de problèmes de diffusion thermique ? Par ailleurs, les moteurs réversibles ont forcément un fonctionnement lent : comment peut-on alors récupérer de la puissance avec une telle machine thermique ? Il est intéressant d'évoquer également la nature des fluides subissant les cycles. Pourquoi certaines machines utilisent-elles des fluides subissant des changements d'état ?

1999 : La leçon doit notamment relever les différentes causes d'irréversibilité des transformations étudiées, par ailleurs, contrairement aux pièces mobiles des machines, le fluide en écoulement n'a pas nécessairement un comportement cyclique.

1998 : La leçon ne doit pas se borner à un exercice académique : les candidats doivent étudier un cas de machine réelle, expliquer la modélisation qui conduit à un cycle simplifié, comprendre les sources d'irréversibilités diverses. Une transformation monotherme ne peut être réversible si le système reçoit de l'énergie d'une source de chaleur alors que sa température n'est pas celle de la source.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Énoncer le théorème de Carnot. Qu'y a-t-il de remarquable à cet énoncé ? Pourquoi le cycle de Carnot n'est-il pas utilisé en pratique ?
- Soit un moteur de voiture dans lequel la pression haute est de l'ordre de quelques dizaines de bars, et le volume des cylindres de l'ordre de 1 L. Évaluer la puissance du moteur en kW [épreuve A, 2006].
- Quel est l'intérêt d'une machine mettant en jeu des changements d'état face à une machine fonctionnant sans ?
- Il fait chaud, c'est l'été et je décide d'ouvrir mon frigo pour refroidir ma cuisine. Est-ce une bonne idée ?
- Qu'est-ce qu'un diagramme de Paveau ? Comment l'obtient-on ? le lit-on ? Faire apparaître l'ensemble des machines thermiques que vous connaissez sur un tel diagramme.
- Pourquoi les moteurs électriques ont-ils de bien meilleurs rendements que les moteurs thermiques ? Ils sont aussi moins polluants, moins bruyants, et pourtant, ils ne sont encore que peu utilisés dans l'industrie automobile ; pourquoi ?
- Dans une centrale nucléaire délivrant une puissance électrique $P = 1$ GW, la température du cœur est $T_{\text{cœur}} = 330^\circ\text{C}$. Quel rendement maximal peut-on envisager ? En pratique, il est de l'ordre de 33%. Calculer la puissance thermique perdue. Dédurre de cette question l'intérêt de la cogénération [épreuve A, 2006].

Retour des années précédentes

Agrégation 2012 - Note : 19/20

La première partie des questions a porté sur le frigo, ils m'ont demandé pas mal de précisions sur le diagramme de Mollier, si le caractère isotherme intervenait lors des changements d'état (oui), d'où sortait la formule pour l'efficacité du réfrigérateur (un rapport de différences d'enthalpies). J'ai aussi eu pas mal de questions sur la définition du rendement/efficacité : pour les récepteurs, comment se fait-il qu'elle soit supérieure à 1 ? J'ai répondu que la définition faisait intervenir un rapport de 2 grandeurs effectivement reçues (Q_f et W pour le frigo), et non une grandeur fournie et une grandeur reçue comme on en a l'habitude. Comme j'avais présenté le moteur de Carnot, j'ai eu la question : « existe-t-il d'autres cycles moteurs ? » et j'ai donc détaillé le cycle Beau de Rochas. Sur le moteur de Carnot, ils m'ont demandé quel était finalement le facteur limitant, en supposant que l'on puisse construire un engin assez gros.

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 confessions 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 frigorisés (BUP).

LP14 : Transitions de phase.**Commentaires extraits des rapports de jury**

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.*

2009, 2010 : Les potentiels thermodynamiques ne servent pas seulement à prédire l'équilibre, mais aussi à prévoir le sens d'évolution d'un système diphasé hors équilibre et à interpréter le diagramme des états.

2007, 2008 : Il s'agit bien d'une étude thermodynamique fondée sur l'utilisation des potentiels thermodynamiques, et non d'une étude descriptive des changements d'état²⁸. Il importe de comprendre l'intérêt de l'enthalpie libre pour cette leçon.

1998 : Cette leçon est souvent traitée de façon trop abstraite : les ordres de grandeurs élémentaires valeurs caractéristiques des pressions et des températures, des chaleurs latentes de vaporisation ou de solidification sont ignorés de même que leurs liens avec les interactions et les processus microscopiques : interactions attractives, compétition ordre/désordre ... Les observations quotidiennes ne doivent pas être passées sous silence : transpiration, phénomènes météorologiques, ustensiles de cuisson ...

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Pourquoi le temps de cuisson est-il réduit dans un autocuiseur (ou cocotte minute) sachant que la pression y atteint 2 atm ?
- Comment expliquer qu'on refroidisse sa soupe en soufflant dessus ?
- L'été quand il fait chaud, on utilise des brumisateurs pour rafraîchir l'air ; expliquer comment.
- Pourriez-vous expliquer le principe de la lyophilisation des aliments ?
- Comment fonctionne « l'oiseau buveur » ? On consultera avec profit le sujet de Physique I du concours Centrale-Supélec de l'année 2001.
- Qu'est-ce que l'effet de Foehn ? Où le rencontre-t-on ?
- Que savez-vous de la théorie de Landau des transitions de phase ?

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

Les techniciens ont monté et réalisé entièrement toutes les manip. 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 ?

²⁸. NDR : ce point est essentiel ; on consultera avec profit l'ouvrage de P. Papon intitulé *Thermodynamique des états de la matière*, paru chez Hermann.

LP15 : Étude statistique d'un système en contact avec un thermostat. Probabilité canonique.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.*

2012 : Le jury invite les candidats à définir proprement le cadre statistique dans lequel ils se placent, et les variables pertinentes associées.

2010 : On peut introduire les statistiques quantiques à l'occasion de cette leçon, et s'intéresser à la limite classique.

2008 : Les conditions d'utilisation du facteur de Boltzmann doivent être précisées. L'atmosphère en équilibre isotherme n'est qu'un exemple parmi d'autres permettant d'introduire le facteur de Boltzmann.

Jusqu'en 2007, le titre était : *Modèle de l'atmosphère terrestre en équilibre isotherme. Introduction au facteur de Boltzmann. Applications.*

2007 : Les conditions d'utilisation du facteur de Boltzmann doivent être précisées. L'atmosphère en équilibre isotherme est un exemple parmi d'autres permettant d'introduire le facteur de Boltzmann. Il n'est pas le seul et le jury souhaite laisser davantage de liberté aux candidats. Dans la liste 2008, le titre de la leçon correspondante est modifié dans ce sens.

2006 : Les conditions d'utilisation du facteur de Boltzmann doivent être précisées.

2005 : Curieusement, la valeur numérique de la constante de Boltzmann n'est pas connue. D'une manière générale, les leçons présentées pèchent par manque d'ordres de grandeur des énergies mises en jeu.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Quelles sont les conditions d'application du théorème d'équipartition de l'énergie ?
- Qu'est-ce que la notion de température caractéristique d'un système thermodynamique ?
- Connaissez-vous la théorie de Debye des solutions aqueuses²⁹ ?
- Quel est le lien entre cette leçon et celle sur les potentiels thermodynamiques ?

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.

LP16 : Rayonnement d'équilibre thermique. Corps noir.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

²⁹ NDR : cet exemple faisant apparaître un facteur de Boltzmann est traité de façon simple dans l'ouvrage de C. Garing intitulé *Ondes électromagnétiques* aux éditions Ellipses, ainsi que dans l'excellent ouvrage de B. Cabane et S. Hénon, *Liquides, solutions, dispersions, émulsions, gels* paru chez Belin, dans la collection échelles.

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*.

2010 : L'intérêt de la notion de corps noir, et son lien avec celle de rayonnement d'équilibre, doivent apparaître clairement. Des bilans radiatifs dans des situations concrètes permettent alors de mettre en oeuvre cette notion. Les lois de base du rayonnement thermique sont établies en situation d'équilibre ; il convient de s'interroger sur la validité de leur application à des situations hors-équilibre.

2009 : L'intérêt de la notion de corps noir, et son lien avec celle de rayonnement d'équilibre, doivent apparaître clairement. Des bilans radiatifs dans des situations concrètes permettent alors de mettre en oeuvre cette notion.

2008 : La leçon doit permettre d'aborder la notion de transfert thermique radiatif et d'en présenter des applications. La démonstration de la loi de Planck n'est pas le centre de la leçon.

2003, 2004 : Le candidat doit savoir faire la différence entre le champ de rayonnement d'équilibre et le corps noir. L'effet de serre ne constitue pas l'unique application à envisager pour ce sujet, et les valeurs numériques obtenues avec des modèles élémentaires de cet effet doivent être présentées avec beaucoup d'esprit critique.

2002 : Cette leçon a donné lieu cette année à des illustrations intéressantes et démonstratives : mise en évidence du transfert thermique par rayonnement, principe du pyromètre à disparition de filament, ... Nous incitons les futurs candidats à continuer dans ce sens.

2001 : Il convient de distinguer le « champ de rayonnement d'équilibre » du « corps noir ». Il faut maîtriser parfaitement les unités des nombreuses grandeurs énergétiques qui interviennent dans cette leçon. Les applications présentées doivent être pertinentes.

1998 : Le caractère fondamental et universel des concepts dégagés à l'occasion de cette leçon doit être mieux souligné par les candidats. Il s'agit d'équilibre thermodynamique entre matière et rayonnement et il est justifié de se poser la question de savoir pourquoi un corps noir n'émet pas un spectre de raies...

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Pourquoi le Soleil nous apparaît-il comme un disque, alors que c'est en fait une boule lumineuse ?
- Connaissez-vous d'autres utilisations des corps noirs ou des corps absorbants, notamment dans l'industrie ?
- Quelle grandeur, en dehors de la densité spectrale d'énergie, permet de caractériser le rayonnement du corps noir ?
- Que savez-vous des propriétés des photons ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2012 - Note : 06/20

Je pense que ma note vient surtout du fait que je me suis effondrée pendant les questions. J'ai eu beaucoup de questions sur les définitions : flux surfacique, corps absorbant ... Est-ce que les définitions que j'ai données s'appliquent pour toutes les surfaces. Définition mathématique d'une surface convexe ? Redéfinir l'ETL. À quels moments est-il nécessaire dans la leçon ? J'étais épuisée après l'épreuve, je me suis embrouillée dans les questions et j'ai de plus en plus mal répondu ... Différence entre coefficient d'émissivité et émittance ? Répartition de la température au sein du Soleil ? Quelle hypothèse rajouter au modèle avec atmosphère pour pouvoir l'améliorer ? Comment passer de la distribution d'énergie en fonction de la longueur d'onde à celle en fonction de la fréquence ?

Agrégation 2012 - Note : 03/20

Les questions ont portés sur les points de la leçon que je n'avais pas compris : notion d'équilibre thermique, équilibre thermodynamique, équilibre radiatif, notion de flux radiatif, définition des différents flux (absorbé, réfléchi, diffusé, incident, partant, etc ...).

LP17 : Phénomènes de transport.

Commentaires extraits des rapports de jury

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)*.

Jusqu'en 2011, le titre était : *Étude d'un phénomène de transport : conduction thermique ou diffusion de particules. Applications.*

2010 : Le jury a regretté de ne pas avoir vu d'illustration expérimentale, même simple, des transferts thermiques. Les expériences de mise en évidence de la diffusion de particules doivent être réalisées dans des conditions où le phénomène de convection n'est pas dominant. À propos du nouveau titre : il s'agit de dégager les caractéristiques fondamentales des phénomènes de transport et de les illustrer dans différents domaines de la physique.

2009 : Le jury a regretté de ne pas avoir vu d'illustration expérimentale, même simple, des transferts thermiques. Les expériences de mise en évidence de la diffusion de particules doivent être réalisées dans des conditions où le phénomène de convection n'est pas dominant.

2007, 2008 : L'aspect microscopique doit être abordé.

2001 : Les propriétés générales d'un phénomène de transport par diffusion doivent être dégagées. Pour illustrer l'irréversibilité du phénomène, un calcul d'entropie créée peut être effectué dans un cas simple, notamment pour la conduction thermique.

1999 : Prendre le temps de discuter qualitativement l'évolution caractéristique d'un phénomène diffusif permet et d'évaluer les bilans d'entropie sur un exemple simple. Une discussion physique sur le mode opératoire doit permettre de préciser si C_P ou C_V intervient dans l'équation de diffusion.

1997 : Les expériences de diffusion de particules dans un fluide libre ne sont pas convaincantes à cause de la convection. On peut utiliser un milieu poreux (papier buvard) ou un gel polymérique et citer les applications en chromatographie.

1996 : À propos de la diffusion de la matière (loi de Fick), il faut distinguer nettement transport convectif et transport diffusif.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Donner un ordre de grandeur de coefficient de diffusion de particules dans un gaz, dans un liquide, dans un solide. En pratique comment mesure-t-on un coefficient de diffusion ? Donner un exemple concret.
- Donner un ordre de grandeur de la conductivité thermique d'un gaz, d'un matériau type bois ou plastique et enfin d'un métal. Remarque sur le dernier exemple ?
- Au sujet de la diffusion de particules, on pourra lire l'ouvrage de M. Lagues et A. Lesne, intitulé *Invariances d'échelle : Des changements d'états à la turbulence*, paru aux éditions Belin, collection échelles.
- Qu'est-ce que l'équation de Langevin ?
- Comment évolue le coefficient de diffusion de particules avec la température ?
- Quelles sont les conditions d'application de la loi de Fick ?
- Quelle est la différence entre un mouvement diffusif, un mouvement sous-diffusif et un mouvement sur-diffusif ?
- Qu'appelle-t-on « problème de sortie de Kramers » ? En connaissez-vous des applications ?
- Définir la notion de résistance thermique. Justifier alors, par un ordre de grandeur simple, l'intérêt des doubles vitrages.

Retour des années précédentes

Agrégation 2010 - Note : 14/20

Quelles sont les conditions pour pouvoir définir un équilibre thermodynamique local ? Quelle condition doit vérifier le lpm pour que l'approximation linéaire soit valable dans votre modèle microscopique ? (*J'avais présenté le modèle de Drude-Sommerfeld du Aschcroft (p.7) pour la conduction thermique des métaux*). À quoi est due la thermalisation des électrons après chaque choc dans les solides ? Est-ce que le concept de résistance thermique est généralisable à tous les phénomènes de transport, quel est son analogue dans les écoulements visqueux ?

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 !

LP18 : Flux conductifs, convectifs, radiatifs, bilans thermiques.

Nouvelle leçon 2013, pas de rapport de jury.

LP19 : Conversion de puissance électromécanique.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

2009, 2010 : Dans ces deux leçons, 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.

2008 : Cette leçon nécessite une bonne connaissance des machines présentées et de leurs applications.

2006 : Les principes élémentaires de l'induction ne sont pas correctement utilisés dans cette leçon qui nécessite un minimum de connaissance de la technologie des machines.

2005 : Il ne faut pas confondre force de Lorentz sur un porteur de charge et force de Laplace sur un conducteur. Toutes les grandeurs introduites doivent être algébriques ou vectorielles, ce qui nécessite de préciser les orientations et les bases de projection.

2004 : La conversion de puissance a donné lieu à des exposés purement descriptifs. Nous attendons *une attitude de physicien*, c'est-à-dire une justification des modèles simples proposés pour les machines à courant continu, par exemple avec les conditions d'algébrisation des grandeurs électriques et mécaniques introduites.

Jusqu'en 2003, le titre était : *Exemples de couplage électromécanique : haut-parleur électrodynamique, moteurs... Bilans énergétiques.*

quelques

1999 : Les candidats doivent pouvoir donner le principe des moteurs électriques des différents types (à champ tournant, unipolaires, universels) ainsi que celui des générateurs électriques à courant continu ou alternatif. Il faut être particulièrement attentif aux signes dans cette leçon et ne pas omettre de mentionner des ordres de grandeur.

1998 : Il est essentiel de montrer l'importance des termes de couplage entre équation *mécanique* et équation *électrique*. Dans le bilan d'énergie global, il faut faire ressortir le rôle du champ magnétique et expliquer l'origine du bilan auxiliaire $P_{\text{Laplace}} + P_{\text{fem}} = 0$.

1997 : Dans les bilans énergétiques, deux approches sont possibles : raisonner sur le circuit mobile seulement ou sur le système constitué du circuit et des sources de B. Dans le premier cas, un fait important est que le travail des forces de Laplace extérieures subies par le circuit mobile augmenté du travail de la force électromotrice d'induction dans ce circuit et dû à son déplacement seulement, est nul ; cela provient de la nullité du travail des forces de Lorentz au niveau microscopique. Une illustration expérimentale des exemples traités, haut-parleur ou moteur, s'impose.

Retour des années précédentes

Agrégation 2010 - Note : 12/20

ils m'ont posé de nombreuses questions sur les conventions générateur/récepteur et le sens du courant. Est-ce que l'on peut créer une MCC avec une moitié où existe un champ magnétique radial et une moitié avec un champ nul ? Dessiner les lignes de champs dans la MCC. La force de Lorentz est-elle valable dans un référentiel non-galiléen ? Différence moteur synchrone/asynchrone ? Applications ?

Agrégation 2011 - Note : 12/20

Question sur les conventions d'orientation (est-ce que le signe de la fém ou du courant dépendent de l'orientation ? Est-ce que ça change quelque chose à la physique ? Comment calculer la fém autrement qu'à partir du champ électromoteur ? (Loi de Faraday) Que représente le point de fonctionnement du moteur ? Pourquoi on utilise des matériaux ferromagnétiques ? (Canalisation des lignes de champs) Laquelle de leurs caractéristiques leur donne cette propriété ? (grande perméabilité magnétique)

J'étais vraiment catastrophée quand j'ai tiré cette leçon. Comme je n'étais pas à l'aise sur le sujet, j'ai pris beaucoup de temps en préparation pour refaire les calculs pour montrer la conversion élec/méca et retrouver comment fonctionne le moteur à courant continu. Comme j'ai vu que j'avais peu de choses à dire j'ai pris le parti de laisser tomber les machines tournantes, de parler plus lentement que d'habitude, de faire les schémas au tableau plutôt que sur transparent. Mais du coup c'était trop lent et je n'ai pas eu le temps de finir (je me suis arrêté au point de fonctionnement du moteur sans traiter le rendement), mais peut-être qu'au final le fait de prendre le temps de poser les conventions au tableau a compensé le reste.

LP20 : Induction électromagnétique.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

2010, 2011 : 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.

Jusqu'en 2009, le titre était : *Induction électromagnétique : circuit mobile dans un champ magnétique permanent, circuit fixe dans un champ variable. Applications.*

2009 : 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 la leçon. L'actuelle leçon *Induction électromagnétique : circuit mobile dans un champ magnétique permanent, circuit fixe dans un champ variable. Applications.* s'intitule désormais *Induction électromagnétique. Applications*, laissant ainsi plus de liberté au candidat pour la présentation et l'analyse des phénomènes d'induction. Compte tenu du temps imparti, des choix restent à faire : le jury tiendra compte de leur pertinence ...

2008 : Il faut poser des conventions précises et s'y tenir tout au long de la leçon. En outre, il est impératif de faire le lien entre f.e.m. et courants induits.

2006 : Cette leçon est consacrée à un phénomène particulièrement important, tant du point de vue de la physique fondamentale que de celui des applications technologiques. Le sujet ne doit donc pas être traité de manière trop formelle et un temps suffisant doit être consacré aux applications.

2005 : Il faut orienter les circuits filiformes et ne pas s'y limiter : les applications mettant en jeu des courants volumiques induits sont particulièrement appréciées.

2001 : Il n'est pas possible de traiter cette leçon de manière satisfaisante sans préciser la notion de force électromotrice. L'algèbrisation doit être très soignée, y compris lors de l'étude des applications.

1999 : Cette leçon reste difficile pour les candidats. Préciser les notations algébriques. Introduire des illustrations expérimentales. Les moteurs doivent au moins être mentionnés comme application, ainsi que les transformateurs.

1998 : Il convient de faire apparaître explicitement la notion de champ électromoteur, de préciser son lien avec la force électromotrice et de justifier comment cette dernière quantité s'insère naturellement dans les lois habituelles de l'électrocinétique.

1997 : Il est important de définir la notion de force électromotrice avant de l'utiliser. Par ailleurs, il ne faut pas confondre force électromotrice et différence de potentiel.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Quelles sont les conditions d'utilisation de la loi de Faraday ?
- Quel lien faites-vous entre induction et relativité restreinte ?
- Rappeler la dépendance des courants de Foucault avec la fréquence du champ. Conséquences ?
- A-t-on besoin d'être en circuit fermé pour voir apparaître un phénomène d'induction ?
- Donner le principe de fonctionnement d'un galvanomètre.
- Pourquoi le transport de l'électricité sous haute tension limite-t-il les pertes par effet Joule ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 08/20

Intérêt du noyau de magnétique dans le transformateur ? *Le jury attendait comme réponse : augmenter l'intensité du champ magnétique pour un même courant I circulant dans l'inducteur.* J'ai montré l'égalité des coefficients de mutuelle induction entre 2 circuits, ils m'ont demandé le nom de ce théorème.

J'ai oublié de commencer par traiter la loi d'Ohm pour mettre en évidence l'équivalence entre intégrale du champ électromoteur et différence de potentiel et ils ont bien insisté sur ce point. La notion de force électromotrice ne peut vraiment pas être considérée comme un prérequis. En manipulation j'ai demandé un transformateur démontable, une mise en évidence simple de l'induction avec 2 bobines et un aimant permanent, et enfin la chute d'aimants dans un tube pour les courants de Foucault. La préparation s'est bien passée et je n'ai pas manqué de temps. En revanche l'exposé en lui-même ne s'est pas très bien passé : je n'ai vraiment pas su expliquer ce sujet avec concision et clarté.

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 ?

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 ...

LP21 : Rétroaction et oscillations.

Commentaires extraits des rapports de jury

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*

2011, 2012 : Le jury n'attend pas une présentation abstraite et très générale de la notion de système bouclé. Il estime indispensable de s'appuyer sur au moins un exemple concret et détaillé avec soin.

2010, 2009 : L'étude est clarifiée si elle s'appuie dès le départ sur un exemple concret. Les notions de système linéaire et de fonction de transfert doivent être précisément définies.

2007 : Il y a souvent confusion entre système bouclé et contre-réaction. La stabilité des systèmes bouclés est mal comprise. Le bouclage ne se limite pas uniquement à une fonction d'asservissement. Le lien entre les réponses temporelle et fréquentielle est un aspect important.

2005 : Cette leçon doit être préparée avec soin avant le concours. L'intérêt du bouclage ne doit pas apparaître uniquement comme une fonction d'asservissement assurant la stabilité d'un système. Notamment, un oscillateur auto-entretenu constitue un exemple de système électronique bouclé.

Jusqu'en 2003, le titre était : *Systèmes bouclés. Transmittance. Stabilité. Application aux asservissements.*

2003 : Cette leçon ne doit pas se limiter à la manipulation (même si elle est menée avec virtuosité par un expert en théorie du signal) des transformées de Laplace. Le jury souhaite voir un exposé de niveau raisonnable mettant en évidence les effets du bouclage ainsi que l'existence de problèmes de stabilité. Cette leçon doit comporter des illustrations expérimentales. Le titre de cette leçon est modifié pour la session 2004 du concours. Il s'agit de laisser davantage de liberté dans le choix des applications.

1999 : On évitera les développements trop formels et on cherchera à illustrer la leçon par des exemples.

1998 : Les aspects formels de la leçon doivent rapidement céder le pas, au cours de l'exposé, à des exemples concrets. Les candidats doivent faire l'effort d'expliciter sur ceux-ci ce à quoi correspondent les signaux d'entrée et de sortie, le signal de rétroaction, le signal différentiel. Il est insuffisant de se cantonner à la présentation de montages amplificateurs à amplificateurs opérationnels. Il faut en particulier dégager les changements qualitatifs que peut introduire le bouclage, notamment l'apparition d'oscillations ou la stabilisation d'une chaîne directe instable.

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 09/20

Expliquer le critère de stabilité. Un système instable est-il toujours un oscillateur ? Si non, sous quelle(s) condition(s) l'est-il ?

Les techniciens et le prof préparateur ont été très gentils et disponibles : ils ont monté un Van der Pol et l'asservissement en position très bien. J'ai passé cette leçon le dimanche après midi (12h40). Je ne maîtrisais pas du tout le sujet, et en étais consciente : je n'ai jamais eu de cours là dessus, et les livres ne traitent pas le sujet comme le jury l'attend. Du coup, j'avais travaillé avec ce que j'avais pu dans l'année, en lui consacrant un temps qui me semble raisonnable pour une unique leçon (10 à 20h), mais je savais quand j'ai tiré mon sujet, que j'étais juste capable de parler (j'avais construit un plan avec un contenu incontournable, et en évitant au maximum ce que je n'avais pas compris), mais incapable de résister aux questions. Je pense aussi que du coup, ma présentation manquait à la fois de rigueur et de pédagogie. Je n'ai par contre pas eu de problème pour gérer ma préparation.

Agrégation 2008 - Note : 16/20

Quelle est la caractéristique principale des systèmes bouclés ? *Produit gain * bande passante = cste (j'ai donné l'exemple simple de l'ampli non inverseur)*. Système bouclé dans une montre à quartz ? Qu'est-ce qui limite l'amplitude des oscillations dans l'oscillateur à pont de Wien ? *Effets non linéaires*. D'où viennent les non linéarités ? *L'AO (transistors de l'AO)*. Que se passe-t-il si on modifie la valeur de la résistance variable dans l'oscillateur à pont de Wien ? *Déformation du signal, on s'éloigne des oscillations quasi sinusoïdales*. Qu'est-ce qui caractérise un oscillateur ? *Son facteur de qualité*. Que vaut-il pour l'oscillateur à pont de Wien ? $(1/3)$. Un système linéaire continu et stationnaire n'est qu'une modélisation, les systèmes réels ne satisfont pas rigoureusement tous ces critères. Ils m'ont également demandé de préciser les critères de stabilité, pourquoi il est nécessaire de prendre des marges en pratique et l'intérêt de Nyquist (*prévision du comportement en boucle fermée à partir de l'étude en boucle ouverte*). Définition de la transmittance en boucle ouverte : plutôt utiliser grandeur de sortie sur grandeur d'entrée que grandeur de sortie sur grandeur de différence. Au niveau des expériences, j'ai présenté uniquement l'oscillateur à pont de Wien, je n'ai pas sorti de moteur.

LP22 : Traitement d'un signal. Étude spectrale.**Commentaires extraits des rapports de jury**

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.*

2010 : L'analyse de Fourier est centrale dans cette leçon, et les oscilloscopes numériques permettent de la mettre en oeuvre très facilement. Il est tout à fait possible d'étudier des systèmes non linéaires.

Jusqu'en 2008, le titre était : *Traitement analogique d'un signal électrique. Étude spectrale. Filtrage linéaire. Exemples et applications.*

2008 : Il convient d'éviter de se limiter à la présentation d'un catalogue d'opérations. Pour 2009, le titre de la leçon est modifié afin d'introduire la possibilité d'opérations non linéaires.

Jusqu'en 2007, le titre était : *Traitement d'un signal électrique. Étude spectrale. Filtrage linéaire. Exemples et applications.*

2007 : La fonction de transfert doit être correctement définie. Le lien entre les réponses temporelle et fréquentielle est un aspect important. Les seuls signaux envisagés sont analogiques et la conversation analogique/numérique est exclue. Cela est clairement précisé dans le libellé 2008.

2006 : L'étude spectrale doit être soigneusement présentée. Une bonne place doit être consacrée aux applications.

2005 : Cette leçon ne saurait se limiter à l'étude des filtres du premier ordre. Le jury attend la définition d'un filtre et de ses caractéristiques ainsi que l'exploitation pratique de ces dernières.

2004 : Il faut expliquer avec soin ce qu'est un filtre et la signification de ses caractéristiques (ordre, type, ...).

2003 : Cette leçon, qui doit être illustrée expérimentalement, ne doit pas se réduire à l'étude du comportement d'un circuit soumis à un signal sinusoïdal. Le jury souhaite voir comment le filtrage transforme un signal électrique quelconque. Ceci suppose une analyse spectrale (fréquences) du signal d'entrée et du signal de sortie. Le candidat doit pouvoir montrer le lien entre la forme du diagramme de Bode du circuit, le comportement de celui-ci (intégrateur, dérivateur ...) et les propriétés de l'équation différentielle associée. Une autre remarque s'impose : il n'est pas correct de définir un déphasage à partir d'une tangente ou d'une Arctangente mais la fonction argument d'un nombre complexe en revanche correspond bien à la grandeur recherchée.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Quelle différence faites-vous entre un filtre d'ordre 1 et un filtre d'ordre 2 ?
- Quelle information donne la transformée de Fourier de la réponse impulsionnelle d'un système ? Comment l'illustrer simplement de façon expérimentale ?
- Quelle différence faites-vous entre filtre actif et filtre passif ?
- Expliquer simplement le principe d'une détection synchrone.

Retour des années précédentes

Agrégation 2009 - Note : 08/20

D'où vient la convention de la bande-passante à -3 dB ? Si je vous dis le mot « puissance », cela vous éclaire-t-il ? Quelle est la différence entre TF, FFT et DSF ? Qu'est-ce qui fixe la résolution de la FFT ? Qu'est-ce que le critère de Shannon ? Comment faut-il choisir le nombre de points de l'échantillonnage si on prévoit une analyse par la FFT après l'acquisition ? Qu'est-ce qui aurait changé si vous aviez pris un nombre entier de périodes pour calculer la FFT ? Expliquez simplement. Que savez-vous sur les fenêtres de pondération ?

La préparation ne s'est pas très bien passée. Les techniciens n'ont pas voulu sortir les manipulations pour le III (Manip de l'effet doppler et détermination de la fréquence des oscillateurs couplés) car « je demandais trop de matériel ». Je n'ai pas réussi à trouver un nouveau plan et ma présentation a donc fini en eau de boudin.

Agrégation 2012 - Note : 12/20

Filtre passe-bande, vous avez parlé de l'application à la radio : comment ? Quelles sont les conditions sur la bande-passante ? Intérêt des filtres actifs ? Vous avez parlé de modulation en amplitude, pourquoi effectuer cette opération ? Taille des antennes nécessaire si on n'effectuait pas de modulation ? Démodulation synchrone : conditions sur le filtre RC ? Principe de la détection synchrone ?

LP23 : Ondes progressives, ondes stationnaires.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.*

2009 : Il est important de savoir justifier la forme générale d'une onde progressive et d'une onde stationnaire. Si la notion d'impédance est utilisée, il faut préciser pour quel type d'onde elle s'applique.

2008 : Les notions d'impédance sont rarement maîtrisées. Un milieu unidimensionnel peut aussi être dispersif alors que les candidats n'envisagent trop souvent que des signaux monochromatiques.

2006 : Pour éviter de répéter de lourds calculs, il est recommandé de développer les analogies entre les différents exemples. Il faut également consacrer du temps à des notions plus concrètes ainsi qu'à l'aspect énergétique, souvent sacrifié.

2005 : Une onde stationnaire n'est pas forcément résonante.

1999 : Les notions d'onde progressive, d'onde stationnaire, doivent être illustrées par des exemples avec des ondes mécaniques ou électromagnétiques. On veillera à distinguer l'onde stationnaire de l'onde stationnaire résonante dans un système fermé.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Quelles sont les expériences qui pourraient illustrer cette leçon ? Les animations Maple ?
- Quelles sont les causes de dissipation d'une onde sonore ?
- Dites tout ce que vous savez sur les solitons.
- Est-ce que l'équation de la chaleur est une équation de propagation ?
- Où est répartie l'énergie dans une onde stationnaire ?
- Quel est l'effet du poids sur la corde de Melde ?
- Quel est l'intérêt des modes propres d'une onde stationnaire, par exemple dans le domaine acoustique ?

Retour des années précédentes

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 du 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.

LP24 : Ondes acoustiques.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

Jusqu'en 2008, le titre était : *Ondes sonores dans les fluides*.

2008 : L'aspect énergétique est trop souvent négligé. L'approximation acoustique est souvent mal dégagée. Pour 2009, le terme *sonore* est remplacé par le terme *acoustique* pour indiquer qu'on peut s'intéresser à des signaux non audibles par l'homme.

2007 : L'aspect énergétique est trop souvent négligé. On remarquera que les ondes sonores ne sont pas toutes planes progressives et harmoniques.

Jusqu'en 2003, le titre était : *Ondes sonores dans les fluides. Approximation acoustique. Aspect énergétique*.

1999 : Est-il vraiment indispensable de se placer d'emblée dans le cadre formel de la mécanique des fluides ? Un modèle unidimensionnel et scalaire n'est pas sans intérêt pédagogique³⁰. Le développement de l'aspect énergétique doit faire apparaître une densité d'énergie et un vecteur de propagation.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Que démontre l'expérience de la cloche à vide à l'intérieur de laquelle sonne un réveil qu'on ne peut entendre de l'extérieur ?
- Quelles sont les causes de l'atténuation d'une onde sonore lors de sa propagation ?
- Quel est le plus petit déplacement d'air auquel le tympan soit sensible ?
- À quoi sert la notion d'impédance acoustique et comment peut-on réaliser une adaptation d'impédance ?
- Deux sources indépendantes d'intensité sonore 60 dB émettent chacune simultanément ; quel est en décibels, l'intensité sonore résultante ?
- Comment avec un haut-parleur et un microphone peut-on simplement mesurer la vitesse des ondes sonores ? Quel domaine de fréquence est-il conseillé d'utiliser ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2010 - Note : 14/20

Ordre grandeur de la vitesse du son dans un solide ? Comment fonctionne l'émetteur à ultrason utilisé (celui du dural) ? Par analogie avec un autre domaine de la physique, démontrer l'expression du Poynting des ondes acoustiques. Quelle est la polarisation associée aux ondes longitudinales (par analogie avec l'électromagnétisme) ?

³⁰. NDR : une telle démarche est particulièrement bien présentée dans l'ouvrage de C. Garing intitulé *Ondes mécaniques et diffusion*, aux éditions Ellipses.

LP25 : Propagation dans un milieu dispersif.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

2009, 2010 : Il convient de ne pas consacrer trop de temps à présenter les circonstances (rares), où la vitesse de groupe ne s'interprète pas comme vitesse de transport de l'énergie.

2007, 2008 : Les candidats ont à leur disposition une petite animation qui permet d'illustrer les notions délicates que sont la vitesse de phase et la vitesse de groupe.

2001 : La notion de paquet d'ondes ne se réduit pas à la superposition de deux ondes. Lorsqu'ils décrivent un paquet d'onde beaucoup de candidats oublient que k et ω sont reliés par la relation de dispersion. Il faut bien sur s'intéresser aux déformations du paquet d'onde.

2000 : Une superposition d'un nombre fini d'harmoniques ne permet en aucun cas de définir un paquet d'onde, puisque le phénomène reste périodique. Elle ne peut que constituer un intermédiaire avant le passage à la limite continue, qui doit être étudiée avec soin. Lorsqu'ils décrivent un paquet d'onde tridimensionnel, beaucoup de candidats oublient que k_x , k_y , k_z et ω sont reliés par la relation de dispersion.

1999 : Ne pas se limiter, pour la construction d'un paquet d'onde à la superposition de deux ondes planes progressives harmoniques de fréquences voisines. La déformation du paquet d'onde est rarement envisagée. Des exemples doivent être pris dans les ondes mécaniques et les ondes électromagnétiques, par exemple dans la propagation d'information sur fibre optique.

1998 : Un *battement* n'est pas un *paquet d'ondes*. Le choix d'une représentation de Fourier *spatiale* ou *temporelle* pour représenter un paquet d'ondes dépend de la nature du problème de propagation étudié. Le concept de vitesse de groupe n'a de sens que si le phénomène de propagation étudié est associé à une relation de dispersion. La vitesse de groupe n'est pas toujours la *vitesse de propagation de l'énergie*.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- À quelle condition un problème de propagation admet-il une relation de dispersion ?
- Les vitesses de phase et de groupe sont-elles mesurables expérimentalement ? Si oui, comment ?
- Les ondes électromagnétiques dans un Plasma sont-elles toujours transverses ?
- Un paquet d'onde s'étale-t-il toujours ?
- Connaissez-vous (ou savez-vous retrouver rapidement) la vitesse de la houle en eau peu profonde ? Conséquences simples³¹ ?
- Connaissez-vous des cas pour lesquels ω est réel et k complexe ? Et des cas pour lesquels ω est complexe et k réel ?
- Quelle expérience simple pourriez-vous faire à l'aide d'un simple câble coaxial ?
- Qu'appelle-t-on dispersion normale ? anormale³² ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2009 - Note : 07/20

Comment mesurer expérimentalement la vitesse de phase et la vitesse de groupe ? Quand on envoie à l'aide d'un GBF via un haut parleur un signal d'une fréquence que mesure-t-on, la vitesse de phase ou la vitesse de groupe ? Et si on frappe dans les mains ? L'air est-il un milieu dispersif pour les ondes sonores ? Dans le cadre d'un concert que se passe-t-il, qu'entendons-nous si on est tout près, à un mètre, ou à un kilomètre ? Comment démontre-t-on l'expression de la vitesse de phase ? Idem pour la vitesse de groupe ; ne pas faire la démo, mais donner le principe physique qui permet de la faire. Air vraiment pas dispersif pour les ondes électromagnétiques ? Signification du temps caractéristique dans la relation de dispersion du conducteur ? Cas où k imaginaire pur, quel type d'onde obtient-on ? Est-ce un problème que la vitesse de phase soit supérieure à la vitesse de la lumière ? Quelle loi permet d'écrire la première équation pour le cornet acoustique ?

Pour cette leçon, ils m'ont dit que le contrat n'avait pas été respecté dans la mesure où je n'avais pas clairement énoncé ce que signifiait *physiquement* la vitesse de phase et la vitesse de groupe, et que mes réponses à leurs

31. NDR : on pourra par exemple, composer sur la partie B de l'épreuve A de l'agrégation, millésime 1999.

32. NDR : on pourra se plonger avec profit dans les thèmes d'étude proposés par J. Barthes et B. Portelli, ouvrage : *La physique par la pratique*, éditions H&K.

questions concernant ces deux notions n'ont fait que les conforter dans le fait que je ne maîtrisais pas ces notions. Ils ont regretté que je ne fasse rien des expressions des vitesses de phase et de groupe que je calculais, c'est-à-dire qu'il ne fallait pas donner leur expression pour ne rien en dire.

LP26 : 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.

2010 : La propagation guidée ne concerne pas les seules ondes électromagnétiques ou optiques. Il faut insister sur les conditions aux limites introduites par le dispositif de guidage.

2009 : La propagation guidée ne concerne pas les seules ondes électromagnétiques ou optiques.

2007 : Il s'agit d'une nouvelle leçon consacrée à la propagation guidée des ondes et à ses applications, importantes dans le domaine des télécommunications par exemple.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Comment fonctionne un câble coaxial ?
- Quelle différence entre la propagation d'une onde dans un espace libre et dans un espace confiné ?
- Qu'est-ce que la pulsation plasma ? Connaissez-vous sa valeur dans le cas de l'ionosphère ?
- Quelle est la relation de dispersion pour les ondes susceptible de se propager dans un guide d'onde comme celui disponible dans la collection. Définir ce qu'on appelle un mode TE_{mn} . Comment justifier que dans le montage dont vous disposez, seul le mode TE_{10} se propage ?
- Quelles différences faites-vous entre fibres optiques à saut d'indice et fibres à gradient d'indice ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2009 - Note : 16/20

Autres domaines de la physique dans lesquels on retrouve de la propagation guidée ? Pertes par effet Joule dans le câble coaxial ? Nom de la gaine entourant le câble coaxial ? Comment expliquer simplement à un élève de seconde que les pertes par effet Joule augmentent avec la résistance, alors qu'ils connaissent la relation $P = U^2/R$? Dans le guide d'ondes assimilé à un conducteur parfait, pourquoi $B_{\text{int}}=0$? Dans le câble coaxial, comment obtenir un ordre de grandeur de L, C, G ? (connaissant U et I). Avantages de la fibre à gradient d'indice par rapport à celle à saut d'indice ? Fréquence de coupure du câble coaxial, questions sur les modes TE et TM. Ordre de grandeur de la vitesse de propagation dans un câble coaxial ? Si on réalise une manip reliant un GBF (sinusoïde) à un câble coaxial de 80 m et qu'on regarde en sortie à l'oscillo, avec différents bouchons ($Z = 50 \Omega$, $Z = \infty$) qu'est-ce qu'on voit ³³ ?

J'avais basé la leçon sur un découpage en domaines de fréquences utilisées (I. Du fil au câble coaxial II. Guide d'onde (creux) III. Fibres optiques). Je n'ai pas eu le temps de passer plus de 5 min sur les fibres, ce qui était un peu prévu si on veut bien traiter le I. et le II ³⁴. J'ai sorti le guide d'ondes comme expérience.

Agrégation 2010 - Note : 10/20

Pour le câble coaxial, vous avez dit vous placer dans l'ARQS, pourtant vous parlez de propagation. N'est-ce pas contradictoire ? Justifiez la forme de l'onde prise pour le guide d'onde rectangulaire. Pourquoi parle-t-on de fibres multimodes ? Est-ce qu'on peut dire que l'impédance caractéristique traduit la résistance du câble ? Exprimez la vitesse de propagation en fonction des données du problème. Que remarque-t-on (*on retrouve l'indice du milieu*). Quel est l'ordre de grandeur sur le câble utilisé de l'âme et de la gaine ? Commentaires du jury : Vous n'aviez pas tout compris dans cette leçon, néanmoins la première partie vous a sauvé par sa rigueur.

Plan : câble coaxial, guide d'onde rectangulaire, fibre optique. Manips : Montrer en branchant un câble coaxial et deux fils sur chacune des bornes de l'oscilloscope que l'effet antenne est bien plus important avec les deux fils

33. NDR : À noter que cette expérience peut facilement être réalisée au labo et constitue une jolie discussion de la notion d'impédance.

34. NDR : Ce commentaire n'engage que son auteur. Il est tout à fait possible -et c'est tout à fait conseillé- de passer plus de 5 minutes sur les fibres optiques. On consultera à ce sujet l'excellent ouvrage de Luc Detwiller : *Qu'est-ce que l'optique géométrique* ainsi que le sujet du concours d'entrée de l'Ens Ulm, section PC 1997.

(de l'intérêt du câble coaxial). Montrer que la lumière est conduite par le bout de plastique tordu. J'ai fait une première partie très propre, très prépa, avec de jolis calculs. Mais ça m'a pris 30 min. Les deux dernières parties ont donc été traitées trop rapidement. L'existence de plusieurs modes m'a complètement échappé, je n'ai compris ce que c'était qu'au moment des questions.

Agrégation 2011 - Note : 06/20

Quelle structure a le champ ELM dans une fibre optique à saut d'indice ? Discuter des ondes évanescentes. Vous avez présenté une condition de guidage issue de l'optique géométrique (réflexion totale), que devient cette condition dans un modèle ELM ? Vous avez mesuré une vitesse de propagation dans un câble coaxial, pourquoi cette vitesse est-elle inférieure à la vitesse des ondes ELM dans le vide ? Vous êtes allé un peu vite sur la structure des champs dans le câble coaxial, pouvez-vous expliquer en détail comment déterminer la direction des champs ? Pouvez-vous donner les grandes étapes du calcul de la fréquence de coupure d'un mode (non fondamental) dans un câble coaxial ? Quelle est l'origine physique de cette fréquence de coupure ? Dans le guide d'onde rectangulaire (hyperfréquence), vous vous êtes intéressé à un mode transverse électrique. Existe-t-il d'autres solutions, et dans ce cas, donner les directions du champ \vec{E} et du champ \vec{B} ? Vous avez parlé de polarisation, l'onde incidente est-elle toujours polarisée ? Comment traite-t-on alors le problème ?

Le jury trouve bien de traiter un modèle ELM du fil infini pour déboucher sur le coax. Il partirait par contre du guide d'onde rectangulaire pour faire émerger le plus tôt possible la notion de quantification, sur laquelle il faut impérativement insister à plusieurs reprises (il m'a été lourdement reproché de ne pas assez insister dessus). C'est un des piliers de la leçon. Le second étant la notion de fréquence de coupure. On m'a reproché avec insistance d'avoir pris du temps pour traiter le modèle électrocinétique du câble coaxial, au détriment d'un modèle ELM clair, plus intéressant, plus physique. Je suis passé trop vite dessus. Le traitement général n'est pas envisageable dans une leçon, mais le jury aurait souhaité la détermination de la structure du fondamental dans le câble et toutes les petites discussions physiques qui en découlent. De même, le jury m'a reproché la pertinence de traiter en optique géométrique la fibre optique dans cette leçon. Il préfère qu'on donne la structure des champs dans la fibre et des discussions sur l'existence d'ondes évanescentes sur les bords. En résumé, le jury préfère voir moins de choses traitées, mais veut des modèles ELM. Il a tout de même aimé les ordres de grandeurs que j'ai réalisés, l'histoire racontée était acceptable (aller des grandes longueurs d'ondes aux petites), et la discussion sur l'étalement du paquet d'onde dans une fibre optique.

Agrégation 2012 - Note : 09/20

Guide d'onde monomode : ça sert à quoi ? Comment le résout-on (approche géométrique ou ondulatoire ?). Onde évanescente : que pouvez vous en dire ? Autre type de dispositifs à gradient d'indice ? Comment procède-t-on en pratique pour transporter de l'information ?

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 ?

LP27 : Ondes électromagnétiques dans les milieux diélectriques.

Commentaires extraits des rapports de jury

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

2009, 2010 : Les conventions adoptées doivent être précisées avant toute discussion sur la partie imaginaire du vecteur d'onde.

2006 : Il y a souvent confusion entre absorption et atténuation.

2001 : Dans un diélectrique, l'équation de propagation ne peut être écrite sans précaution : en général la permittivité ϵ_r dépend de la fréquence et est complexe. Le modèle de l'électron élastiquement lié ne peut être

utilisé sans en discuter les limitations. Les aspects quantiques de l'interaction entre l'onde électromagnétique et la matière peuvent être évoqués.

1999 : Le modèle de l'électron élastiquement lié n'est pas toujours bien compris. Il est trop souvent assimilé au rayon vecteur noyau-électron, le lien entre le terme de rappel et la force électrostatique n'est pas fait et l'origine du terme de frottement fluide n'est pas interprétée.

1998 : Cette leçon mérite une discussion physique des phénomènes de dispersion et d'absorption, supportée par des modèles de milieux matériels. Il est parfaitement inutile et contreproductif de s'enfermer dans de longs calculs formels sur les parties réelle et imaginaire de l'indice de réfraction.

1997 : Il est parfois utile de distinguer les raies de résonance des autres raies optiques.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Donner les ingrédients du modèle de Thomson de l'électron élastiquement lié. Justifier soigneusement votre démarche, ainsi que chacun des termes introduits.
- Qu'est-ce que la formule de Cauchy ?
- On lira avec grand profit l'excellent ouvrage de L. Dettwiller intitulé *Qu'est-ce que l'optique géométrique ; fondement et application.* paru aux éditions Dunod ?
- Quelle serait l'apport d'une démarche semi-classique dans cette leçon ³⁵ ?

Retour des années précédentes

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...

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 ?

LP28 : Ondes électromagnétiques dans les milieux conducteurs.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.*

2010 : Il faut s'interroger sur la dépendance en fréquence de la conductivité. L'étude peut également être menée en haute fréquence.

Jusqu'en 2003, le titre était : *Effet de peau. Réflexion des ondes électromagnétiques planes à la surface d'un milieu conducteur.*

2001 : Il faut bien caractériser le métal parfait comme limite du métal réel.

1997 : Le jury attend que les candidats sachent exprimer le facteur de réflexion d'un métal réel et soient capables d'expliquer la couleur orangée du cuivre.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Qu'est-ce que la fréquence Plasma ? En donner une interprétation qualitative. Comment expliquer qu'une fine feuille d'or soit jaune en réflexion et verte en transmission ?
- Comment concrètement construit-on le modèle du conducteur parfait ?
- Dans quel domaine de fréquence s'applique le modèle de Drude ? Le modèle de Drude permet-il d'expliquer les couleurs du cuivre ? [Rapport 1997]
- Ordre de grandeur du libre parcours moyen d'un électron dans un métal ?

³⁵. NDR : on pourra lire le chapitre Sources atomiques de rayonnement du cours de J.-M. Raimond disponible à l'adresse suivante : <http://www.phys.ens.fr/cours/notes-de-cours/jmr/electromagnetisme.htm>

Retour des années précédentes

Agrégation 2012 - Note : 15/20

Pourquoi négliger le terme $\vec{v} \wedge \vec{B}$ dans la force de Lorentz ? On trouve un ODG du coefficient de réflexion en énergie d'un miroir dans le visible de l'ordre de 97%. Comment fait-on pour obtenir 99,99% ? J'avais présenté l'expérience de pensée des fils de conducteurs verticaux sur lesquels on envoie une onde non polarisée et on est sensé retrouver une onde polarisée rectilignement et perpendiculaire aux fils en sortie, ils sont revenus longtemps dessus.

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 (électronéutralité, 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.

LP29 : Rayonnement dipolaire électrique.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

2009, 2010 : La polarisation de l'onde émise n'est pas toujours présentée. L'accent doit être mis sur l'interprétation physique des propriétés du rayonnement dipolaire électrique.

2008, 2007 : Le calcul des champs rayonnés doit être présenté de manière synthétique, en dégageant clairement les approximations successives nécessaires. La discussion des relations obtenues et la présentation d'applications sont essentielles³⁶.

2006 : L'essentiel ne consiste pas ici à calculer de façon détaillée les champs rayonnés.

2004 : Il faut s'attacher à dégager les hypothèses nécessaires à l'établissement de l'expression du champ électromagnétique créé par le dipôle dans la zone de rayonnement. La polarisation de l'onde rayonnée doit être décrite et l'étude des antennes peut constituer une application de cette leçon.

2001 : Dans cette leçon, il faut éviter les calculs lourds, insister sur les approximations et bien souligner les simplifications qui en découlent. L'aspect énergétique est important. L'application aux antennes doit être connue.

1999 : L'aspect énergétique doit être discuté ainsi que l'effet du rayonnement sur le mouvement du dipôle. Par ailleurs les candidats doivent avoir réfléchi sur le fait qu'un milieu homogène ne diffuse pas. Le rayonnement des dipôles induits par l'onde incidente ne contribue dans ce cas qu'à la propagation.

1998 : Une explication qualitative de la décroissance des potentiels en $1/r$, alors que, dans ce cas, les champs \vec{E} et \vec{B} décroissent également en $1/r$, serait la bienvenue.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Quel est l'intérêt d'une antenne ? Qu'est-ce qui fixe sa directivité ?
- Les antennes qu'on utilise en pratique sont-elles des dipôles ? Si non, pourquoi ?
- Et votre téléphone portable, à quel fréquence fonctionne-t-il ? Conséquence ?
- Dans l'expérience de diffusion de la lumière par une suspension colloïdale, où sont les dipôles rayonnants ?

³⁶. NDR : on pourra consulter avec profit le cours d'électromagnétisme de J.M. Raimond, disponible à l'adresse suivante : <http://www.phys.ens.fr/cours/notes-de-cours/jmr/electromagnetisme.htm>

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 15/20

On m'a demandé de re-commenter la forme des expressions des champs \vec{E} et \vec{B} . On a beaucoup parlé de la structure de l'onde. On a fini par la diffusion Rayleigh, et envisagé le cas du verre.

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 ?

LP30 : Présentation de l'optique géométrique à l'aide du principe de Fermat.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

2010 : Notion de rayon lumineux. Principe de Fermat. Conséquences et applications.

2010 : Le caractère *variationnel* du principe de Fermat doit clairement ressortir. Cette leçon peut être l'occasion d'introduire le théorème de Malus.

2009 : Le caractère *variationnel* du principe de Fermat doit clairement ressortir.

2008 : L'intérêt de l'introduction de la notion de chemin optique est central dans cette leçon.

2005 : La notion de rayon lumineux reste imprécise. L'expression mathématique du principe de Fermat mettant en avant l'expression de l'infiniment petit du premier ordre mis en jeu est souvent ignorée. Par ailleurs, l'interprétation du stigmatisme est une application intéressante du principe de Fermat³⁷.

Jusqu'en 2004, le titre était : *Notion de rayon lumineux. Principe de Fermat. Conséquences.*

2000 : Cette leçon nécessite d'avoir réfléchi au lien existant entre la notion de rayon lumineux et l'optique ondulatoire.

1999 : Pour que cette leçon soit complète et afin de faire correctement le lien avec le théorème de Malus il est nécessaire de savoir relier chemin optique et phase d'une onde et de comprendre à la lumière de la théorie ondulatoire la concentration de l'énergie sur un rayon lumineux. On peut discuter sans calcul comment le principe de Fermat intervient dans la formation des images.

1996 : Il est bon d'expliquer comment on est conduit à ne rechercher les courbes de chemin optique stationnaire que parmi les lignes brisées, et de souligner que le principe de Fermat ne fait que sélectionner les trajectoires possibles pour la lumière – sans préciser comment la répartition du flux s'effectue entre elles.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Expliquer de façon simple le principe d'un mirage [Consulter *La Physique par la pratique*].
- Qu'est-ce que l'eikonale ?
- Quelles sont les différents types de fibre optique que vous connaissez³⁸ ?

37. Sur ce thème, on consultera avec profit l'ouvrage de B. Portelli et J. Barthes intitulé *La Physique par la pratique* paru aux éditions H&K

38. NDR : on composera avec profit sur le sujet du concours d'entrée de l'ENS, section PC 1997 partie 1, disponible par exemple dans le recueil des problèmes de physique posés au concours d'entrée des écoles normales supérieures, collection Ellipses.

- Lire avec soin l'excellent ouvrage de L. Dettwiller intitulé *Qu'est-ce que l'optique géométrique ; fondement et application*. paru aux éditions Dunod ?
- On pourra lire l'article de P. Bousquet et C. Viossat intitulé *La propagation de la lumière dans les fibres optiques*, paru dans le BUP n° 692.

Retour des années précédentes

Agrégation 2010 - Note : 09/20

Ils sont revenus sur les surfaces d'onde, en demandant si la forme était toujours simple, par exemple sphérique. Comment expliquer alors les surfaces d'onde aux formes « bizarres » rencontrées en astrophysique pour lesquelles l'optique adaptative est nécessaire ? Ensuite ils m'ont demandé si on pouvait redémontrer et expliquer le phénomène de mirage avec d'autres lois que celles que j'avais utilisées. Pour le phénomène des mirages, pourquoi voit-on aussi la « vraie » image ? Et quand est-ce que l'on considère que l'indice optique est introduit dans le cours ?

Les techniciens sont super et pour les leçons il n'y a vraiment qu'à leur demander la manip qu'on veut et ils la montent et la testent pour nous ! Par contre il peut être pas mal d'utiliser l'ordi pendant l'année plutôt que les transparents photocopiés puisque le jour J tous les documents numériques sont sur l'ordi.

Agrégation 2012 - Note : 20/20

J'ai eu tout le temps qu'il me fallait. L'écran blanc pour projeter devait être baissé devant le tableau, ce qui gênait un peu. La technicienne est allée chercher tout ce dont j'avais besoin et a tout installé seule (cuve avec gradient de concentration de sel, fibre en plastique avec laser). La présentation s'est bien passée, pas d'incident technique notable, et pour le temps, j'avais visé correctement. Le jury est resté insondable pendant la présentation et il n'y avait pas d'auditeur.

- Quelle équation vérifie la phase de l'onde en électromagnétisme ? Développer un peu en lien avec la fin de la leçon (lien avec l'optique ondulatoire)
- Le principe du retour inverse est-il toujours valable ? Des lasers existent tels que, si on met un miroir en sortie, la lumière ne rentre pas dans le laser : commenter. Qu'est-ce qui caractérise le photon ? A-t-on tenu compte de son spin ? Revenir à la question initiale. (J'avais d'abord proposé un effet type couche antireflet, mais il voulait un effet lié à la polarisation et je n'ai pas compris son explication...)
- A propos de l'analogie entre mécanique et optique (que j'avais traitée : cf la physique par la pratique), comment obtient-on des équations classiques à partir de l'optique ondulatoire ? Et en mécanique quantique ? Qu'est-ce qu'une approche semi-classique ? Développer un peu.
- Quel autre type d'optique que géométrique et ondulatoire ? Spécificités de l'optique quantique ? Peut-on imaginer une optique atomique ?
- Quand on traite l'optique ondulatoire en cours, on calcule aussi des chemins optiques : en quoi est-ce que cela pourrait perturber les élèves ? Quelle réponse apporter ?
- Que répondre à un élève qui demande comment la lumière fait pour choisir le « bon » chemin ?
- En dehors des problèmes de polarisation, y a-t-il des situations dont le principe de Fermat ne rend pas compte ?
- Y a-t-il des démonstrations des lois de Descartes ne faisant pas référence à un aspect ondulatoire ? Qu'est-ce que la construction de Huygens ? Peut-on démontrer les lois de Descartes à partir des équations de Maxwell.

Je ne suis pas allé discuter longtemps avec le jury, mais je pense que l'analogie optique/mécanique a beaucoup plu (un des membres l'a qualifiée de « fructueuse » au cours des questions). Il me semble que si l'on veut parler de l'équation des rayons lumineux, plutôt que de la démontrer, il est plus intéressant de développer cette analogie qui permet d'interpréter beaucoup de phénomènes « avec les mains » (manip cuve à gradient de concentration, et j'ai traité de la sorte la fibre à gradient d'indice).

LP31 : Interférences à deux ondes en optique.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.*

2009, 2010 : Il faut réfléchir à l'opération de moyenne réalisée par le détecteur et il est bon de connaître quelques ordres de grandeurs à ce sujet.

2005 : Dans cette leçon doivent apparaître les problèmes liés aux détecteurs (moyennes quadratiques) et aux sources (processus d'émission et nature des ondes émises), conduisant à la nécessité d'utiliser des montages interférométriques pour obtenir un terme de corrélation. Les phénomènes de localisation sont souvent mal formulés ou ignorés.

2003 : Cette leçon doit être illustrée expérimentalement, le candidat devant être en mesure de montrer clairement les effets de cohérence spatiale ou temporelle de la source.

2002 : On ne doit pas se polariser d'emblée sur les dispositifs à division d'amplitude qui constituent la réponse au problème de perte de contraste par élargissement de la source.

2001 : L'illustration expérimentale de la notion de cohérence est indispensable.

1999 : La notion de cohérence n'est pas un point annexe mais un point central de cette leçon.

1998 : Dans cette leçon difficile, la première partie relative à l'obtention des interférences à deux ondes doit être traitée soigneusement, même si elle paraît simple. La partie *notion de cohérence* doit faire l'objet d'une approche pragmatique, en évitant de présenter systématiquement un facteur de visibilité comme une transformée de Fourier. En particulier, il est important de faire comprendre pourquoi les résultats ne sont pas identiques avec une source quasi-ponctuelle et avec une source étendue.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Que représente le temps de cohérence dans le modèle de l'électron élastiquement lié ?
- Quelles sont les conditions de validité du modèle scalaire ? Que se passe-t-il suivant que l'onde est, ou n'est pas polarisée ?
- Quelles sont les expériences que vous pourriez monter pour illustrer cette leçon ?
- Quelle précaution faut-il prendre si vous souhaitez présenter l'expérience des fentes d'Young ?
- Comment réalise-t-on concrètement l'étalonnage d'un laser ?
- Qu'est-ce que le temps de cohérence d'un laser ? Donnez en un ordre de grandeur pour un laser He-Ne d'enseignement usuel.
- Expliquer simplement le théorème de Wiener-Kintchine.

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 14/20

Comment définit-on l'intensité lumineuse ? Faire le lien avec l'électromagnétisme et donner son unité. Pour observer des interférences, doit-on nécessairement considérer deux ondes de même longueur d'onde³⁹ ? Peut-on avoir des problèmes de cohérence spatiale avec le Michelson ?

LP32 : Interféromètres à division d'amplitude.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.*

2009, 2010 : Le calcul des différences de marche doit être effectué aussi simplement que possible, en exploitant au maximum les « dépliements » de rayons. L'influence de l'extension spatiale de la source sur la figure d'interférences est au cœur de la leçon.

2008 : Il est indispensable de développer des applications.

2005 : Le Michelson n'est souvent utilisé qu'en lame d'air. Les problèmes de localisation et les détails expérimentaux sont rarement présents, tout comme les applications. On peut, pour cette leçon, admettre que les dispositifs par division du front d'onde ont déjà été étudiés auparavant, ce qui permet au candidat d'entrer tout de suite dans le vif du sujet de la division d'amplitude et de son intérêt.

2004 : Si le jury souhaite naturellement une solide illustration expérimentale de la leçon, il ne faut pas la transformer en une succession d'observations purement qualitatives. Cette leçon doit être l'occasion pour le candidat de montrer qu'il sait conduire l'analyse théorique du phénomène expérimental montré.

2001 : Il faut prendre le temps de justifier la nature du lieu de localisation et réfléchir à l'intérêt de l'utilisation des interféromètres à division d'amplitude.

39. NDR : sur ce sujet, on pourra consulter le sujet du concours d'entrée de l'ENS Lyon-Cachan PC 1997.

2000 : L'interféromètre de Michelson est habituellement présenté dans cette leçon. Rappelons que, si la source est ponctuelle, l'interféromètre de Michelson permet d'observer des interférences non localisées. Dans ce cas deux rayons distincts partant de la source interfèrent, et on n'est donc pas dans le cadre d'interférence à division d'amplitude. Par conséquent, dans cette leçon, il n'est pas utile de présenter une multitude de schémas illustrant cette situation.

1999 : Dans cette leçon aussi la notion de cohérence, spatiale et temporelle, est centrale et doit être abordée.

1998 : La motivation des dispositifs étudiés dans cette leçon est l'obtention d'interférences avec une source étendue et conventionnelle, donc spatialement incohérente. L'intérêt des interféromètres à division d'amplitude sur ceux qui utilisent la division du front d'onde doit clairement ressortir de l'exposé. Compte tenu de l'importance expérimentale de ces appareils il est inutile de perdre du temps à l'étude exhaustive des lames d'indice n dans l'air, qu'elles soient à faces parallèles ou non, et il est souhaitable de développer quelques applications des interféromètres étudiés.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Préciser la notion de cohérence spatiale. Comparer le cas des interféromètres à division d'amplitude à celui des interféromètres à division du front d'onde.
- Comparer la taille des anneaux obtenus avec un interféromètre de Michelson, et avec un interféromètre de Fabry-Pérot ? Quelle est l'utilité de l'interféromètre de Fabry-Pérot par rapport à celui de Michelson ?
- Considérons un Michelson en lame d'air, éclairer en incidence normale par un laser. Dans le cas d'une interférence destructive, l'intensité observée est nulle. où est passée l'énergie ?
- Quel est le rôle de la compensatrice dans l'interféromètre de Michelson ? Qu'est-ce qui définit la largeur du champ d'interférence en lame d'air ? Et en coin d'air ?
- Énoncer le théorème de localisation ?
- Qu'est-ce que VIRGO ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 07/20

Qu'est-ce qu'un ordre d'interférence ? Pourquoi la résolution du Michelson est-elle inférieure à celle du Fabry-Pérot ?

Agrégation 2010 - Note : 08/20

Expliquer la localisation des franges pour le coin d'air. Quelles autres applications du Michelson en lame d'air connaissez-vous ? (j'avais cité la spectrométrie, l'expérience de Michelson et Morley, le contrôle de l'état de surface d'un matériau). Pourquoi les sources images vibrent-elles en phase ? Justifier la façon de calculer le chemin optique dans le cas de la lame d'air. Vous avez dit « chariotier » à plusieurs reprises, est-ce que c'est français (si, si, j'ai eu cette question). Commentaires : sujet bien maîtrisé, mais ce n'est pas ce qu'on juge à l'oral ; leçon mal structurée : je suis resté longtemps sur la lame d'air. Pas assez de temps sur le Fabry-Perot, pas la peine de le traiter si c'est incomplet. Diapos pas complètement exploitées (je n'avais pas commenté suffisamment des enregistrements correspondant à divers spectres) ; manipulations intéressantes mais pas suffisamment commentées.

Les techniciens ont installé et réglé le Michelson pour que je puisse montrer les anneaux de la lampe à sodium en lame d'air. Je suis passé en coin d'air en lumière blanche pendant la leçon, ce qui a été apprécié mais pas récompensé puisque je n'ai pas fait assez de commentaires.

Agrégation 2012 - Note : 16/20

Pour la séparatrice, vous avez parlé de dépôt métallique, comment fait-on autrement pour avoir un coefficient de réflexion bien contrôlé ? On a vu des anneaux pas parfaitement ronds, à quoi est-ce dû ? Applications d'un Fabry-Pérot ? Comment marche un filtre interférentiel ? À quoi sert la compensatrice ? Seulement à corriger une différence de marche constante ? Et en lumière polychromatique ? Vous pensez vraiment que la dispersion par les lois de Descartes joue un rôle ? Est-ce que le parallélisme des faces de la séparatrice est important ? De la compensatrice ? Et leur planéité ? Quel écart à la planéité de la lame d'air peut on détecter, c'est-à-dire quel est l'angle de coin d'air résultant alors qu'on a l'impression d'être en lame d'air ? Comment le mesurer ? Je veux mesurer un défaut de planéité de lame d'air de 200 nm, c'est possible ? Et un défaut de planéité de compensatrice d'autant ? Est-ce que vous pouvez retrouver par un argument simple le déphasage du coin d'air, sans faire de calcul de chemin optique ?

Les techniciens ne savaient pas régler le Michelson, ce qui m'a pas mal stressé, mais finalement un prof préparateur l'a fait pour moi. Le jury m'a dit avoir beaucoup aimé la démonstration du théorème de localisation, qui était particulièrement claire paraît-il. Ils ont aimé que je vérifie à la main que les signes étaient bons en

commentant le schéma, et que je sépare bien dans la conclusion de cette partie la condition de non-brouillage et la localisation. Pour le Michelson, je me suis limité aux calculs de différence de marche sans jamais écrire la formule des interférences, mais c'est tout à fait suffisant. Le passage en lumière blanche a raté (j'ai dû prendre mes notes pour la position du contact optique) mais ce n'est pas rédhibitoire, ni d'être seulement qualitatif sur le Fabry-Perot parce que j'ai bien expliqué les points importants, à savoir comment on l'éclaire et la localisation. D'après le jury, la problématique de la leçon est bien de montrer en quoi la division d'amplitude solutionne le problème de la cohérence spatiale, plus que de présenter des interféromètres. Ainsi, ils estiment que la démonstration du théorème de localisation est plus importante que de faire des calculs sur le Fabry-Perot.

Agrégation 2012 - Note : 05/20

Le jury aurait aimé voir plein d'ordres de grandeur. Lorsque l'on donne une application, tout étudier à fond et pas seulement expliquer le principe. Par exemple sur la résolution de la raie du sodium avec un Michelson montrer l'enveloppe, donner l'écart entre les deux raies.

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 ... !

LP33 : Diffraction de Fraunhofer.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

2009, 2010 : Les phases associées aux amplitudes doivent être traitées avec soin.

2006, 2007, 2008 : Le principe de Huygens-Fresnel doit être exposé clairement, sans débordements mathématiques excessifs. Il faut expliquer pourquoi la diffraction de Fraunhofer est pertinente dans la formation des images.

2005 : Rappelons que la diffraction de Fraunhofer accompagne l'image géométrique d'une source initiale et que l'écriture du principe de Huygens-Fresnel dans le cadre de l'approximation de Fraunhofer doit être rigoureuse. Les applications ne doivent pas se limiter au trou circulaire et à la fente fine. Dans ce dernier cas, il faut justifier le calcul qui est mené.

2004 : Les conditions de l'approximation de Fraunhofer doivent être précisées et discutées.

2001 : Les conditions de Fraunhofer doivent être clairement exposées. Il faut éviter les calculs trop lourds et valoriser les applications. Notons que le pouvoir séparateur de la lunette astronomique n'est pas le seul exemple d'application.

1999 : Le principe de Huygens-Fresnel doit être expliqué puis appliqué à l'approximation de Fraunhofer dont on discutera les limites.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Quelles sont les applications que vous pourriez présenter, et qui vous permettrait de faire de belles expériences simultanément ?
- Qu'est-ce qu'un laser épuré ? Comment le réaliser expérimentalement ?
- Expliquer la notion d'apodisation ? Dans quel cas est employée cette méthode ?
- Dans le principe d'Huygens-Fresnel, quelle est la contribution de Huygens ? Et celle de Fresnel ?
- Quel est le lien entre diffraction de Fraunhofer et transformation de Fourier ?
- Quel lien faites-vous entre diffraction et formation des images mettant en jeu l'utilisation de lentilles⁴⁰ ?
- Peut-on interpréter simplement la diffraction en terme de photons ?

40. NDR : sur ce point on pourra tirer profit de la lecture du chapitre 5 du livre de Joseph Goodman, *Introduction to Fourier optics*, édition Mc Graw et Hill.

- Que peut-on dire de la figure de diffraction obtenue par N objets diffractants répartis de façon aléatoire dans un plan ?
- Que savez-vous de la diffraction acousto-optique ?
- Que savez-vous du filtrage en optique ? Donner des exemples.

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 06/20

Lien entre polissage des miroirs et diffraction ? Conséquence d'une translation de la fente ? Faites une figure. Que se passe-t-il en incidence non normale ?

Agrégation 2009 - Note : 06/20

Questions sur le paramètre angulaire que j'avais introduit au début pour la diffraction. Les examinateurs sont revenus 5 minutes sur une formule qui n'était plus écrite au tableau, parce que j'avais intégré sur les coordonnées de l'écran au lieu des coordonnées de la pupille diffractante. Retour sur le principe d'Huygens Fresnel (apparemment dire qu'on fait la somme des amplitudes des ondes des sources secondaires c'est pas assez, il faut dire que les ondes interfèrent, même si ça revient au même). Le pouvoir de résolution d'un réseau, est-ce que c'est vraiment le produit de l'ordre et du nombre de traits éclairés ? Fraunhofer, c'est pour n'importe quelle onde incidente ? Comment retrouver la forme de la figure de diffraction par un rectangle sans calcul (et bien sûr sans dire que c'est une TF) ?

Agrégation 2014 - Note : 11/20

A 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 Broglie en vous aidant de l'incertitude d'Heisenberg pour avoir diffraction.

LP34 : Diffraction par des structures périodiques dans différents domaines de la physique.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

2009, 2010 : La notion de facteur de forme peut être introduite sur un exemple simple. L'influence du nombre d'éléments diffractants doit être discutée.

2008 : Diffraction par des structures périodiques dans différents domaines spectraux.

2007 : Le jury souhaite que la diffraction d'ondes autres que les ondes électromagnétiques soit envisagée. C'est pourquoi l'intitulé 2008 précise dans différents domaines de la physique.

2005 : On peut admettre que l'expression mathématique du principe de Huygens-Fresnel est acquise, ainsi que son application au cas d'une ouverture unique, plus particulièrement d'une fente fine.

2004 : Il faut veiller au bon équilibre de l'exposé : il est inutile de faire l'étude de la diffraction de Fraunhofer qui doit être supposée connue et il est souhaitable de consacrer plus de cinq minutes à l'étude de la diffraction des rayons X par les cristaux par exemple.

2003 : La leçon ne peut pas se limiter à une étude du réseau plan en optique. Il faut donc pouvoir dégager les idées importantes assez rapidement pour pouvoir passer à l'étude d'autres domaines.

2002 : Cette leçon doit être illustrée expérimentalement de manière efficace. Le pouvoir de résolution d'un réseau est toujours présenté, mais la détermination de son expression théorique pose systématiquement des problèmes aux candidats.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Qu'appelle-t-on facteur de forme et facteur de structure ? Donner des exemples simples pour illustrer ces deux notions. Quelles expériences pourraient venir illustrer votre propos ?
- Quel est l'intérêt du formalisme de Fourier dans cette leçon ?
- Qu'est-ce qu'un réseau de phase ? D'amplitude ? Comment fabrique-t-on un réseau ? De quoi dépend le pouvoir de résolution d'un réseau ? Quel est l'intérêt du réseau à échellettes ?
- En quoi l'échographie est-elle une application simple et pertinente à développer dans cette leçon⁴¹ ?
- Qu'est-ce que la diffraction acousto-optique ? Quelle interprétation simple du régime de Raman-Nath peut-on faire en terme d'interaction photon/phonon ? Pourriez-vous faire une expérience pour illustrer votre propos⁴² ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2009 - Note : 09/20

Plusieurs questions pour repréciser des hypothèses de calcul exposées trop rapidement (par exemple pourquoi on fait un calcul unidimensionnel pour le réseau, à quelle approximation cela revient dans la direction verticale ?). Retour sur la figure de diffraction du réseau : pouvoir de résolution ? Comment déterminer le nombre de traits éclairés, le rapport a/e , etc. Matière condensée : qu'est-ce qu'on sonde avec des neutrons ? Quelle est la forme de la figure de diffraction ? Étude des biomacromolécules : c'est facile de faire des cristaux ? Comment expliquer la couleur bleue du papillon « machin » ?

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) ?

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.

LP35 : Absorption et émission de la lumière.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

Jusqu'en 2010, le titre était : *Absorption, émission spontanée ou induite du rayonnement. Coefficients d'Einstein. Applications.*

2010 : Le laser n'est pas la seule application de cette leçon. Le Laser He-Ne n'est pas l'illustration la plus simple. Il est maladroit d'introduire les coefficients d'Einstein dans une situation de rayonnement parfaitement monochromatique. À propos du nouveau titre : Il s'agit de mettre en évidence les caractéristiques des émissions et absorptions et de présenter en détail une ou plusieurs applications.

2009 : Le laser n'est pas la seule application de cette leçon. Le Laser He-Ne n'est pas l'illustration la plus simple.

2004 : Les coefficients d'Einstein ne doivent pas être évoqués dans le seul cas du rayonnement thermique.

2002 : Le laser ne doit pas être présenté de façon trop superficielle.

41. NDR : on consultera avec profit l'exercice Réseau acoustique, balayage, focalisation dans l'ouvrage de C. Garing, intitulé *Ondes mécaniques et diffusion*, paru chez Ellipses.

42. NDR : on consultera avec profit le polycopié de J.-F. Roch, *Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur la diffraction acousto-optique*. Disponible à l'adresse suivante : <http://www.physique.ens-cachan.fr/pagregp/enseignement/optique/acousto-optique.pdf>

2000 : À l'occasion de cette leçon (ainsi que de quelques autres), les candidats présentent souvent l'expérience de résonance optique dans le sodium, de façon très maladroite : lorsqu'on éteint la première lampe spectrale, il ne faut pas s'attendre à voir la seconde illuminée un temps notablement supérieur à 10^{-8} s !

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Qu'est-ce qui caractérise un faisceau laser en terme de photons ?
- Définir la notion de section efficace.
- Donner des applications concrètes des lasers liées à leur spécificité. Détaillez-en une.
- On pourra consulter l'ouvrage de A. Aspect et C. Fabre intitulé *Introduction aux lasers et à l'optique quantique* aux éditions Ellipses.

Retour des années précédentes

Agrégation 2009 - Note : 19/20

pourquoi avoir fait le spectre de la lampe au Hg ? Quelles conditions pour appliquer la statistique de Maxwell-Boltzmann ? Détailler les caractéristiques identiques du photon incident et du photon induit. Détailler les différentes probabilités du laser à 3 niveaux. À quoi est due la largeur de la raie d'émission induite ? Peut-on faire léviter un trombone avec des faisceaux laser ?

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.

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 : 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 coefficients 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 questions de base où j'aurais dû 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.

Commentaires extraits des rapports de jury

2014 : Cette leçon ne devrait pas se limiter à une description d'expériences historiques du début du XX^{ème} 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.

2011 : 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. Au cours des questions, le jury a été surpris de constater que la notion de spin associée à un photon n'est pas toujours maîtrisée.

2009, 2010 : Les expériences réalisées à l'aide d'une cellule photoélectrique sont souvent mal comprises ou interprétées abusivement. Les candidats cernent souvent mal pourquoi la notion de photon s'est dégagée de l'effet photoélectrique et du corps noir.

2008 : Il ne faut pas oublier que le photon possède un moment cinétique. Les applications ne se limitent pas à l'effet Compton. Les récents développements dans le monde quantique constituent une mine d'applications pour cette leçon.

Jusqu'en 2007, le titre était : *Le photon : la particule et ses interactions avec la matière*.

2007 : Cette partie importante de la physique quantique est mal couverte par les manuels usuels. Le photon a une énergie, une quantité de mouvement, mais aussi un moment cinétique. Les illustrations ne se limitent pas à l'effet photo-électrique et à l'effet Compton, et les récents développements de la physique quantique constituent une mine d'illustrations pour cette leçon : ralentissement d'atomes par la lumière⁴³, interférences avec des photons uniques, comportement de la lumière sur une lame semi-réfléchissante ...

2004 : Des expériences doivent être décrites et modélisées en prenant soin de donner des ordres de grandeur. Les échanges de moment cinétique méritent d'être discutés.

1997 : Il faut comprendre que le photon garde les attributs d'un champ électromagnétique, en particulier (à propos de l'effet Compton) la capacité d'interagir avec des particules chargées. Il n'est pas interdit de parler du moment cinétique d'un photon et de sa relation avec la polarisation d'une onde.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Quel est le moment cinétique d'un faisceau lumineux ? Et celui d'un photon ?
- Qu'est-ce que l'expérience de Behte ?
- Qu'est-ce que le refroidissement d'atome par laser ? Expliquez simplement.

Retour des années précédentes

Agrégation 2013 - Note : 11/20

Questions et commentaires du jury : Les questions ont porté 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 massif ? (*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 accélérée 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 θ*).

43. NDR : sur ce thème, on pourra consulter l'ouvrage de R. Kaiser, intitulé : *Petits problèmes de Physique* paru chez Springer, collection Scopos ainsi que l'épreuve C de l'agrégation de Physique 2006.

LP37 : Aspects ondulatoires de la matière. Notion de fonction d'onde.

Commentaires extraits des rapports de jury

2010 : Cette leçon peut être l'occasion d'introduire simplement l'équation de Schrödinger. La signification physique des différents termes de l'équation de Schrödinger n'est pas toujours connue. Le jury constate qu'un nombre significatif de candidats confondent équation aux valeurs propres et équation de Schrödinger. Enfin, les candidats sont invités à s'interroger sur les aspects dimensionnels de la fonction d'onde et sur sa signification physique précise.

2009 : La signification physique des différents termes de l'équation de Schrödinger n'est pas toujours connue. Le jury constate qu'un nombre significatif de candidats confondent équation aux valeurs propres et équation de Schrödinger. Enfin, les candidats sont invités à s'interroger sur les aspects dimensionnels de la fonction d'onde et sur sa signification physique précise.

2008 : La justification physique des relations de continuité aux interfaces est trop souvent éludée.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- On pourra consulter avec profit le sujet du concours d'entrée des ENS Lyon-Cachan, session 2002, partie 1 sur l'expérience de Carnal et Mlynek (1991).

Retour des années précédentes

Agrégation 2009 - Note : 11/20

Questions et commentaires du jury : questions sur les inégalités d'Heisenberg, j'avais fait un paragraphe sur Heisenberg et les paramètres atomiques du Cohen que j'avais pas bien compris. Principe de correspondance, importance de la mesure en MQ, interférences atomiques : pourquoi n'ont-elles été obtenues que récemment ?

Agrégation 2010 - Note : 08/20

Commentaires personnels : j'ai commencé par présenter les expériences historiques qui ont conduit à considérer l'aspect ondulatoire de la matière (interférences de neutrons notamment et expériences de Franck et Hertz). Le jury est revenu dessus. Je n'avais pas été assez clair sur la façon dont ces expériences illustraient l'aspect ondulatoire de la matière (je suis allé trop vite). On a ensuite parlé de la notion de cohérence pour les ondes de matière. Ma deuxième partie concernait la fonction d'onde, l'équation de Schrödinger ... Le jour des résultats, je suis allé voir le jury, on m'a dit qu'il aurait été bienvenu d'illustrer l'utilisation de l'équation de Schrödinger sur un exemple simple, ce que je n'avais pas fait. J'ai terminé la leçon sur les inégalités de Heisenberg et je n'ai pas eu de questions particulières sur cette partie.

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 Basdevant).

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)

LP38 : Confinement de l'électron et quantification de l'énergie.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

2009, 2010 : Une justification physique des conditions aux limites adoptées est attendue.

2008 : Le modèle de Bohr a maintenant une importance surtout historique. Il est évidemment possible de l'aborder mais il n'est pas un passage obligé pour aborder la quantification. L'interprétation des principaux résultats de la théorie quantique de l'atome d'hydrogène est primordiale ⁴⁴.

Jusqu'en 2007, cette leçon était séparée en deux leçons distinctes : *Puits de potentiel : exemples et applications en physique quantique*. et *Confinement de l'électron et quantification de l'énergie dans les atomes*. Les commentaires du jury associés à ces deux titres ont été rassemblés pour les années antérieures.

2007 : La quantification des niveaux d'énergie des atomes est évidemment un exemple important, mais pas unique. Noter que le modèle de Bohr peut être évoqué, en raison de son importance historique ou heuristique, mais qu'il n'est pas du tout un passage obligé pour aborder la quantification.

2005 : Les notions de confinement et de discrétisation de l'énergie qui en découle doivent être dégagées. Le jury n'attend pas un exposé purement historique.

2004 : Le candidat ne doit ni se limiter à un exposé historique purement qualitatif, ni se lancer dans des calculs non maîtrisés. En particulier l'étude quantique de l'atome d'hydrogène n'est pas indispensable ⁴⁵. Trop souvent l'interprétation des expériences présentées n'est pas comprise. La résolution analytique du puits de potentiel doit être présentée de façon synthétique pour réserver une durée suffisante aux applications.

2000 : Le modèle de Bohr ne peut être présenté sans en discuter les limitations.

1999 : L'aspect historique peut être souligné mais l'étude quantique doit être abordée (sans pour autant développer les calculs) et illustrée d'exemples. Notons que la physique des hétérostructures à base de semiconducteurs offre des exemples simples de puits de potentiel que les candidats pourraient facilement traiter.

1998 : Si les détails des calculs peuvent être omis, les bases de ceux-ci, ainsi que la signification physique des conditions aux limites imposées au système doivent être explicitées. Par ailleurs, le jury attend la présentation d'applications significatives et bien comprises.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Quels sont les paramètres fixant les caractéristiques des raies : nombre, largeur, intensité ?
- Qu'appelle-t-on structure fine ? hyperfine ? Quelle est la précision actuelle sur la constante de Rydberg ?
- Qu'est-ce que le principe de Pauli, comment son application se traduit-elle entre les atomes ?
- Qu'est-ce que l'effet Zeeman ?
- Pouvez-vous expliquer simplement, les expériences de Stern et Gerlach ? de Franck et Hertz ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2010 - Note : 17/20

Retrouver la quantification du modèle de Bohr à partir de la relation de De Broglie. Détailler le calcul de la constante de normalisation de la fonction d'onde dans le puits de potentiel infini ; quels changements apporter si on tient compte de la masse finie du noyau ? Retrouver la distance moyenne entre électron et noyau pour l'orbitale 1s. Expliquer comment apparaît la quantification lors de la résolution de l'atome d'hydrogène. Connaissez-vous d'autres potentiels avec une quantification ? Expliquez la valeur limite de la série de Balmer, qu'est-ce qui se passe si le puits n'est plus infini ?

Agrégation 2012 - Note : 15/20

Questions : Pouvait-on prévoir le fait que les solutions se répartissent en solutions paires et impaires ? Que se passe-t-il si le puits de potentiel n'est pas indépendant du temps ? Que se passe-t-il pour une particule dont l'énergie initiale est supérieure à celle du « haut » du puits ? Pouvait-on prévoir l'ordre de grandeur de l'énergie du premier niveau quantifié ? Est-ce que ces phénomènes sont purement quantiques ? Est-ce que le modèle d'un puits fini est bien adapté à l'atome d'hydrogène ?

Commentaires du jury : Le jury m'a dit qu'il avait particulièrement apprécié la justification de la forme de la fonction d'onde aux limites du puits de potentiel, et il aimerait que l'on insiste sur deux choses : (i) le fait que la quantification sort « naturellement » avec les relations de Heisenberg (on fixe Δx , ça nous donne l'ordre de grandeur pour Δp et donc pour l'énergie quantifiée), et (ii) le fait que le traitement que l'on fait n'a rien de quantique en soi, puisque la quantification est quelque chose qui sort dès qu'on a des phénomènes ondulatoires (et donc les analogies avec la physique classique sont les bienvenues).

44. Lire à ce sujet le rapport 2004 ...

45. Lire à ce sujet le rapport 2008 ...

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 laissés 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.

LP39 : Effet tunnel.**Commentaires extraits des rapports de jury**

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, ...).

2009, 2010 : Une justification physique des conditions aux limites adoptées est attendue.

2007, 2008 : Il est important de justifier les relations de continuité aux interfaces.

2000 : Ces leçons conduisent parfois à des calculs très lourds. Afin de les minimiser, dans cette leçon, on pourra utiliser des considérations de symétrie.

1998 : Si les détails des calculs peuvent être omis, les bases de ceux-ci, ainsi que la signification physique des conditions aux limites imposées au système doivent être explicitées. Par ailleurs, le jury attend la présentation d'applications significatives et bien comprises.

1996 : Il existe, pour l'effet tunnel, d'autres applications que la microscopie et l'émission α : il y en a aussi en physique de la matière condensée (les diodes tunnel, les super-réseaux, l'effet Josephson ...).

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Qu'est-ce que la notion de courant de probabilité ?
- Qu'est-ce que la théorie de Gamow de la désintégration α ? Tracer l'allure de la courbe expérimentale de la durée de vie des émetteurs α en fonction de l'énergie.
- Qu'est-ce que l'effet Josephson ?
- Qu'est-ce que le microscope à effet tunnel ? Peut-on observer toutes les surfaces à l'aide d'un tel microscope ?

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 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 ?

LP40 : Fusion, fission.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.*

2012 : Le modèle de la goutte ne peut être simplement énoncé. Le candidat qui ferait le choix d'en parler doit commenter la physique inhérente à chaque terme du modèle. Cette leçon ne peut se réduire à un catalogue d'informations diverses et variées, mais les candidats doivent dégager du temps pour les applications.

2011 : Le modèle de la goutte ne peut être simplement énoncé. Le candidat qui ferait le choix d'en parler doit commenter la physique inhérente à chaque terme du modèle. Cette leçon ne peut se réduire à un catalogue d'informations diverses et variées.

2009, 2010 : L'énergie est un point central et les applications ne doivent pas être traitées trop rapidement en fin de leçon.

2008 : Les applications doivent être envisagées. Parmi elles, figure l'énergie nucléaire, qu'il paraît difficile de ne pas aborder.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Comment détecte-t-on l'existence des isotopes ?
- Comment mesurer le spin d'un noyau ?
- À propos de la vallée de la stabilité : pourquoi la courbe réelle s'éloigne-t-elle de l'équation $N = Z$?
- Qu'est-ce qui fixe la portée (courte) de l'interaction forte ?
- Pourquoi le binaire ou l'hélium II n'existe-t-il pas ?
- Pourquoi le neutron est-il stable à l'intérieur d'un noyau alors qu'il se désintègre spontanément à l'état libre ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 15/20

Pourquoi découpe-t-on le modèle de la goutte liquide en la somme d'une contribution de volume et d'une contribution de surface ? Comment calcule-t-on le terme proportionnel à $Z(Z-1)$? Pourquoi la courbe B/A en fonction de A n'est-elle pas « bien lisse » ?

Agrégation 2010 - Note : 06/20

Connaissait-on déjà le noyau d'hélium dans l'expérience de Rutherford ? Quel est le rôle des électrons ? Pouvez-vous développer et donner une expression mathématique des forces nucléaires que vous avez présenté ? Ensuite ils ont décortiqué chaque terme de la formule de Weizsäcker que j'avais expliqué sur transparent. Retrouver la forme du terme électrostatique (*avec la force de Coulomb*). Expliquer le terme de surface (*j'ai fait un lien avec la force de tension superficielle et son origine*). Comment pouvait-on prévoir qu'on allait récupérer une énorme quantité d'énergie avec la fission ?

Commentaires personnels : première des choses, j'ai été un peu surpris qu'il n'y ait aucun livre de terminale S ni de vieux livres de terminale C et E dans lesquels j'avais trouvé plein d'applications, j'ai dû chercher dans d'autres bouquins, et j'ai perdu un peu de temps du coup. Je n'ai pas eu le temps de traiter la fusion et les applications médicales ont été rapidement abordées en conclusion. Ensuite, si j'ai un conseil à donner c'est vraiment de faire des choses simples qu'on maîtrise et j'ai senti que j'étais un peu juste sur les forces nucléaires et le modèle de la goutte liquide et le jury l'a ressenti aussi.

Agrégation 2011 - Note : 11/20

Commentaires personnels : Ils ont commencé par revenir sur ma définition de la section efficace et la section efficace différentielle (*qui n'était pas bonne et que je n'ai pas réussi à donner juste, c'est principalement ce qui fait baisser ma note d'après les commentaires du jury*). J'ai parlé d'utilisation en cosmologie des éléments lourds, d'où viennent-ils? (*j'avais dit que la fusion ne se faisait pas pour ces éléments, j'ai donc argumenté sur l'énergie sans doute suffisante dans une étoile ...*). La désintégration alpha, en parler plus? (*j'ai parlé de la théorie de Gamov, l'effet tunnel, l'existence présupposée de la particule alpha, la forme du potentiel*) Dans le terme d'assymétrie, on a des puits, pourquoi les nucléons ne sont pas tous au fond? (*ce sont des fermions*) Dans le terme d'assymétrie, j'ai dit que ΔE était proportionnel à $1/A$, pourquoi simplement? (*j'ai dit que c'était un calcul quantique de largeur de puit que je ne saurais pas refaire simplement comme ça...*) Les proportions relatives d'isotopes sur Terre sont 25% et 27% pour le Rubidium 87 et 86, c'est la signature de quoi? Est-ce qu'on retrouverait la même chose sur une autre planète? La vallée de stabilité, qu'est-ce que c'est exactement? Ca veut dire qu'on ne peut pas être ailleurs? Globalement ils ont aimé, j'ai été claire bien que rapide. Je pensais payer le fait d'être passée très vite sur les applications, apparemment, ce qui m'a surtout coûté cher c'est la section efficace que je n'ai pas su expliquer proprement.

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.

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?

LP41 : Évolution temporelle d'un système quantique à deux niveaux.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.*

2009, 2010 : Le phénomène de battement (comme son analogue quantique) est au coeur de la leçon.

2005 : La notion de mode propre doit être parfaitement maîtrisée.

2002 : Trop souvent les leçons privilégient la partie classique par rapport à la partie quantique. Différences et analogies sont rarement mises en lumière.

2000 : Dans la partie relevant de la mécanique classique, il n'est pas utile d'envisager le cas le plus général, l'important étant de dégager les effets physiques avec un minimum de calculs. Les aspects énergétiques méritent

d'être considérés. Il faut réserver un temps suffisant pour traiter le point « analogie et différences ». Bien que couramment utilisé comme exemple de système quantique à deux niveaux, l'inversion de l'ammoniac est un exemple délicat, car le terme de couplage y est difficile à interpréter physiquement. On peut trouver d'autres systèmes à deux niveaux, plus simples à présenter.

1999 : Le choix du système quantique à traiter doit être bien réfléchi. Les candidats doivent être conscients que le couplage par effet tunnel est délicat à traiter. Il faut bien prendre le temps de dégager les analogies et les différences des systèmes classiques et quantiques.

1997 : La notion de mode propre doit être définie avec précision.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- On pourra l'article du BUP, paru en mai 1975 dans le numéro 574 et intitulé : *Systèmes à deux états*.

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 11/20

pourquoi, au bout d'un certain temps, un système d'oscillateurs couplés se met dans le mode de vibration symétrique (oscillations en phase) ? En mécanique quantique, quelle est l'origine du couplage entre les deux puits ?

Commentaires personnels : j'ai choisi le système de 4 ressorts couplés, en en gardant 2 libres pour illustrer la leçon, c'était un point positif. Il semble important pour le jury de définir un mode propre comme une manière particulière qu'ont les oscillateurs de vibrer : elle est harmonique **et** on a une relation particulière entre les amplitudes des deux oscillateurs : par exemple $a_2 = -a_1$ pour le mode de vibration antisymétrique. Il faut bien insister, au fur et à mesure qu'on les rencontre, sur les analogies et différences entre les deux, et c'est pertinent de faire un tableau récapitulatif à la fin.

Agrégation 2010 - Note : 10/20

Questions : comment obtient-on le jeu d'équations différentielles pour les pendules ? Obtention de l'expression de l'énergie des pendules ? Est-ce que les modes propres en mécanique classique et les états propres en mécanique quantique représentent la même chose ? Quelles hypothèses pour pouvoir négliger le déplacement vertical des pendules ? Comment justifier l'approximation de Born-Oppenheimer ? Pourquoi chercher la solution sous forme de combinaisons linéaires des solutions des systèmes découplés ? Est-ce que c'est exact ? Définition d'un mode propre ? Influence du couplage dans les deux systèmes ? À quelle condition on observe des battements ? Comment fonctionne le logiciel VIDEOCOM utilisé ?

Pas de gros défauts selon le jury mais quelques raccourcis un peu rapides (j'ai posé les solutions), pas assez de temps passé sur la dernière partie analogies/différences (j'ai fait un transparent), il faut bien insister sur la notion de mode propre et bien exploiter dans la partie quantique les analogies avec la partie classique.

Commentaires personnels : j'ai commencé par perdre 20 min à retrouver le BUP sur BupDoc (il faut vraiment apprendre les numéros ...). En préparant la leçon pendant l'année j'avais beaucoup hésité à traiter H_2^+ ou le spin 1/2 et le doute est revenu pendant la préparation, ça m'a fait perdre un peu de temps. Le jury m'a collé sur ce que je savais ne pas être au point (expression de l'énergie, validité de Born-Oppenheimer, fonctionnement de VIDEOCOM). Les techniciens m'ont monté la manip, réglé l'alignement des ressorts, cherché comment faire la FFT etc, j'ai pas perdu de temps sur les manips.

LP42 : La molécule : stabilité, énergie.

Commentaires extraits des rapports de jury

Jusqu'en 2013, le titre était : *La molécule : stabilité, énergie. Applications*.

2014 : La distinction des ordres de grandeur des divers niveaux d'énergie (électroniques, rotationnels, vibrationnels) est appréciée.

2012, 2013, 2014 : Il faut clairement dégager l'origine de la stabilité de la liaison chimique. Cette leçon ne doit pas se réduire à une succession de calculs, on attend des ordres de grandeur et une discussion sur la physique du phénomène.

2011 : Il faut clairement dégager l'origine de la stabilité de la liaison chimique.

2010 : Dans le cas de la présentation des interactions de Van der Waals, la nature de ces interactions doit être précisée ainsi que l'origine de la dépendance en r .

LP43 : Capacités thermiques : description, interprétations microscopiques.

Commentaires extraits des rapports de jury

2006, 2007, 2008 : Cette leçon ne doit pas se limiter à un long exposé de méthodes calorimétriques mais laisser une place importante aux modèles microscopiques. Les capacités thermiques sont définies à partir des dérivées partielles de l'entropie ou de l'énergie interne.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Pourquoi a-t-il fallu un certain mérite à Dulong et Petit pour remarquer que la capacité thermique molaire des corps solides est constante ?
- Einstein propose dans son modèle de ne considérer que des oscillateurs harmoniques de même fréquence ω_E . Qu'est-ce qui justifie ce choix ? Comment appelle-t-on en général ce type de démarche ?
- Quelles sont les conditions d'application du théorème d'équipartition de l'énergie ?
- Considérons un gaz parfait constitué de molécules diatomiques rigides. On dénombre les degrés de liberté quadratiques associés à chaque molécule : il y a 3 degrés de liberté quadratiques associés à l'énergie cinétique de translation, mais seulement 2 associés à l'énergie cinétique de rotation. Pourquoi ?
- Interpréter au moins qualitativement le modèle de Debye en terme de phonons.

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 08/20

questions sur les définitions des capacités thermiques, ré-explications des méthodes de mesures, questions de « culture générale » sur les capacités des gaz et des solides, éclaircissement sur le modèle d'Einstein.

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.

LP44 : 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.

2009, 2010 : L'origine microscopique de l'interaction d'échange doit être discutée. L'influence de la température sur les propriétés magnétiques est au coeur de la leçon.

2006 : Il s'agit ici de présenter une interprétation microscopique du paramagnétisme et du ferromagnétisme.

Jusqu'en 2002, le titre était : *Paramagnétisme. Approche du ferromagnétisme dans l'approximation du champ moyen. Température critique.*

2001 : Il convient de conserver du temps pour discuter du modèle du champ moyen lors de l'étude du ferromagnétisme.

1999 : On doit faire ressortir l'aspect phénoménologique du champ moyen. Cette leçon est une occasion de faire apparaître les propriétés essentielles d'une transition de phase.

1997 : L'expérience du clou chauffé au-dessus de la température de Curie n'est pas la seule illustration possible du ferromagnétisme. Il serait par exemple souhaitable que les candidats manipulent des ferrofluides et puissent citer des applications dans le domaine de l'enregistrement magnétique.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Qu'est-ce que le phénomène de refroidissement par désaimantation adiabatique ?
- Qu'est-ce que la théorie de Brillouin ?
- Que dénote le vocable « exposant critique » ?
- Est-ce que vous connaissez d'autres milieux magnétiques que ceux figurant dans le titre ?
- Quelles sont les expériences qui pourraient venir illustrer cette leçon ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2010 - Note : 16/20

on m'a demandé de revenir sur l'approximation de champ moyen et de préciser de quelle moyenne il était question. Quelle est la grosse différence entre les matériaux ferromagnétiques et paramagnétiques ? J'ai parlé de la constante de couplage lors de l'étude du ferromagnétisme et je l'avais choisie positive pour le raisonnement. On m'a demandé l'origine de cette constante de couplage et son signe. Dans quel cas peut-elle être négative ? Donner des ordres de grandeurs des susceptibilités magnétiques. J'avais choisi la résolution graphique pour l'étude de l'aimantation induite des corps ferromagnétiques, on m'a demandé s'il était possible de faire autrement. D'autres petites questions ont porté sur la définition de l'énergie interne, de l'énergie libre, de différentes formules de physique statistique. On m'a questionné ensuite sur les domaines de Weiss. Pourquoi a-t-on besoin d'un microscope polarisant pour les observer ? Quels sont les propriétés optiques des milieux ferromagnétiques ?

Commentaires personnels : j'ai voulu réaliser deux expériences : l'observation des domaines de Weiss et la transition ferro/para. Je n'ai pas eu le temps de faire la seconde en live. Par contre, j'ai l'impression qu'ils ont aimé l'observation des domaines de Weiss. Les techniciens ont été super !

LP45 : Propriétés macroscopiques des corps ferromagnétiques.

Commentaires extraits des rapports de jury

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

2009, 2010 : L'intérêt du champ \vec{H} doit être clairement dégagé. L'obtention expérimentale du cycle d'hystérésis doit être analysée.

2005 : Les dispositifs expérimentaux utilisés au cours de cette leçon doivent être parfaitement maîtrisés. Il existe bien d'autres applications que le transformateur idéal.

Jusqu'en 2004, le titre était : *Propriétés macroscopiques des corps ferromagnétiques : applications aux circuits magnétiques.*

2001 : Il faut consacrer du temps aux applications (stockage des données, transformateurs, électroaimants, ...) en justifiant l'adéquation du type de matériau ferromagnétique à la fonction visée.

1999 : Les intensités, les forces électromotrices et les flux doivent être donnés de manière algébrique. Les diverses sources de pertes doivent être mentionnées. Il est souhaitable de distinguer plus nettement les domaines d'application des ferro doux et des ferro durs (par exemple pourquoi une tête de lecture est-elle en ferro doux alors que le support d'enregistrement est en ferro dur ?).

1998 : Quelques notions sur les aimants permanents seraient les bienvenues. Par exemple : le point représentatif du matériau d'un aimant permanent se situe dans le deuxième (ou le quatrième) quadrant de son cycle d'hystérésis de jeux de variables (B, H) : pour obtenir un champ magnétique donné dans un entrefer de volume donné, le volume du matériau magnétique utilisé est minimal lorsque la quantité $B \times H$ est maximale, l'aimantation n'ayant pas, alors, sa valeur rémanente.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Qu'est-ce qui caractérise un corps ferromagnétique ?
- Donner des applications concrètes des corps ferromagnétiques.
- Qu'est-ce que le phénomène de magnétorésistance géante ? À quel physicien associez-vous ce phénomène ?
- Quel est l'intérêt des ferrites ?
- Qu'est-ce que l'isolation galvanique ?
- Comment fonctionnent les têtes de lecture des disques durs ?
- Qu'est-ce que le paléomagnétisme ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2009 - Note : 11/20

Comment obtenir expérimentalement la courbe de première aimantation ? Pourquoi dans le circuit intégrateur du transfo mettre une résistance en parallèle de la capacité ? Comment avez-vous choisi le nombre de spires ? Comment désaimanter un matériau magnétique ? Comment s'interprète la température de Curie paramagnétique ? Quelle est la différence entre les ferrimagnétiques et les ferromagnétiques ayant deux types d'atomes différents ? Ordre de grandeur de l'aimantation rémanente du fer ? L'évaluer sachant qu'on ne peut imposer un champ supérieur à 1 T ? Citer d'autres phénomènes d'hystérésis. Disparition de l'aimantation pour $T > T_{\text{sat}}$. Comment T_{sat} est elle reliée à M_{sat} ?

Les techniciens ont tout monté. Il y avait deux profs et deux techniciens au moment critique du montage de cycle d'hystérésis (2h pour le monter). Comme ils n'y arrivaient pas, ils ont utilisé la pince dont ils n'ont pas su m'expliquer le fonctionnement et sur laquelle je me suis faite piéger. Les techniciens et profs préparateurs sont sympas. Les membres du jury se sont systématiquement déplacés pour chaque expérience (domaines de Weiss, hystérésis, température de Curie).

Agrégation 2011 - Note : 13/20

Comment calculer le champ magnétique créé par deux aimants permanents ? Est-ce la somme des champs créés par les deux aimants ? Pouvez-vous représenter le schéma de votre dispositif expérimental (celui permettant de tracer à l'oscillo le cycle d'hystérésis d'un tore de fer doux) au tableau ? Comment obtenez-vous B et H ? Que sont les domaines de Weiss ? Comment expliquer leur répartition spatiale ? Vous avez dit que les matériaux ferromagnétiques guident les lignes de champs, comment expliquer ce phénomène ? Quelle caractéristique (μ_r , aimantation rémanente, champ coercitif) influe de manière prépondérante sur le guidage ? Dans quel but avez-vous présenté l'expérience des domaines de Weiss ?

Juste après l'ouverture des sujets, on procède à un premier choix des livres que l'on va consulter. Il est bon d'avoir précédemment repéré l'emplacement des livres au cours des horaires de visite prévues à cet effet.

Agrégation 2012 - Note : 18/20

La préparatrice était vraiment super sympathique ! Bien que connaissant assez peu le matériel et les manip que je voulais monter, elle a vraiment été aux petits soins et je pense que si on est sympa avec les technicien(ne)s, on y gagne vraiment ! J'ai pu avoir tout le matériel de l'ENS Lyon (tores de fer doux et ferrites) et les amplis sans le moindre problème. Un jury très bref, qui n'a posé de questions que pendant 15 minutes... Comment fonctionnent les résistances dont la résistance varie lors de la variation d'un champ ? Quel matériau utilise-t-on alors dans les transformateurs ? Comment éviter les courants de Foucault ? Démontrez rapidement que l'aire du cycle correspond à un travail perdu.

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 ?

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)

LP46 : Mécanismes de la conduction électrique dans les solides.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.*

2009, 2010 : Dans cette leçon, il est important de bien distinguer les grandeurs microscopiques et les grandeurs moyennes.

2008 : La conduction électrique dans les semi-conducteurs est en général présentée de manière très approximative.

2001 : Si l'on utilise le modèle de Drude, on s'efforcera d'en préciser les limites. Une approche probabiliste peut être envisagée. La théorie quantique de la conduction peut être évoquée.

1997 : Il est inadmissible de laisser croire à des élèves que le modèle de Drude, si respectable et si utile soit-il, s'applique réellement aux métaux et de ne pas évoquer les limites du modèle imposées par la mécanique quantique et le principe de Pauli. La confusion entre force de Lorentz et force de Laplace n'est pas davantage admissible.

1996 : Trop peu de candidats réalisent que la relation $\vec{j} = \rho \vec{v}$ est une définition de la vitesse d'ensemble \vec{v} , plutôt que de \vec{j} . Par ailleurs, trop de candidats se figurent que le modèle de Drude est une description suffisante de la réalité microscopique.

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 17/20

Vous avez dit que le champ \vec{E} ne devait pas être « trop grand », ça veut dire quoi ? Quelle valeur ? Votre modèle de conduction électrique avec des chocs : à quoi correspond votre temps τ ? Est-il directement transposable à votre exemple sur la conductivité des solutions chimiques ? Comment évolue la conductivité molaire ionique en fonction de la taille de l'ion ? Si on considérait les électrons dans le métal comme un gaz, comment peut-on évaluer leur vitesse ?

Agrégation 2009 - Note : 13/20

Essentiellement des questions sur la théorie des bandes et les semi-conducteurs : comportement de la conductivité en fonction de la température pour les métaux et les semiconducteurs. Que veut dire conduction par des trous ?

Agrégation 2009 - Note : 13/20

Quelle est la vitesse dans le modèle de Drude ? Et dans l'effet Hall ? Pour l'expérience sur l'effet Hall, avez-vous choisi délibérément une plaquette avec un semi-conducteur ou est-ce celle qu'on vous a apporté ? Les électrons subissent des collisions, avec quoi se produisent-elles dans un monocristal parfait ? Comment peut-on mesurer le temps de relaxation τ ? Validité de la loi d'Ohm ? Est-il possible que \vec{j} et \vec{E} ne soient pas colinéaires ? Qu'est-ce qu'un matériau anisotrope ? Peut-on provoquer l'anisotropie dans un matériau ? Dans le modèle des bandes présenté sur le carbone, quelle est l'hybridation des orbitales atomiques ? (*J'ai présenté le modèle des bandes comme cela est présenté dans « Introduction à l'électronique » de Donnini & Quaranta*). *J'ai parlé du carbone pour lequel à la distance interatomique du cristal on a création, pour N atomes ayant chacun 4 électrons de valence (2 dans une orbitale 2s et 2 dans les 3 orbitales 2p), de 2 bandes de 4N niveaux d'énergie (une bande de valence et une bande de conduction séparées par une bande interdite) : les 4N niveaux de la bande de valence sont remplis et la bande de valence est vide : il s'agit dans ce cas de la structure du diamant (isolant) pour lequel on a une hybridation sp³ (géométrie tétraédrique). Dans le cas du graphite, on aurait une hybridation sp² (le graphite est constitué de feuillets d'hexagones).* Connaissez-vous l'ordre de grandeur de la magnétorésistance pour un conducteur ou un semi-conducteur ? Pouvez-vous donner un ordre de grandeur pour le gap du Si ?

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 10¹⁰ 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 σ_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.

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 ?

LP47 : Phénomènes de résonance dans différents domaines de la physique.**Commentaires extraits des rapports de jury**

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.

2009 : L'analyse du seul circuit RLC est très insuffisante pour cette leçon.

2008, 2007 : Le jury regrette que les cavités résonnantes soient rarement présentées.

2006 : L'aspect énergétique de la résonance est ignoré la plupart du temps. Trop souvent, la notion même de résonance n'est liée qu'à l'existence d'un maximum d'amplitude. Les applications dans le domaine microscopique sont rarement abordées.

2003 : La leçon porte sur l'étude de phénomènes de résonance dans différents domaines de la physique. Le candidat ne doit pas se limiter à l'électricité et à la mécanique. Il doit prendre soin de dégager les propriétés communes aux différents exemples présentés. Quel lien y a-t-il entre le circuit RLC et la résonance du sodium ?

Jusqu'en 2001, le titre était : *Phénomènes de résonance dans les systèmes linéaires. Exemples.*

1998 : Il est bien entendu nécessaire d'insister sur la généralité du phénomène de résonance en physique et de ne pas cantonner l'exposé à un domaine unique (mécanique ou électricité). Les relations entre le comportement des systèmes forcés et les propriétés des mêmes systèmes, libres, doivent être soulignées, de même que les aspects énergétiques des phénomènes de résonance.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- On lira avec intérêt l'article paru dans le BUP 851 de février 2003 intitulé *Expérience de Melde*, par J.-P. Roux.
- À quoi est associée la résonance dans les systèmes bouclés ? En quoi est-ce contre-intuitif ?
- Quelle différence faites vous entre résonance en tension et en intensité dans un circuit RLC ?
- Qu'est-ce que la RMN ?

Retour des années précédentes**Agrégation 2012 - Note : 15/20**

À propos du Fabry-Pérot : comment améliorer un coefficient de réflexion ? À propos de la corde de Melde : physiquement, où se trouve la dissipation ? Citer d'autres types de dissipation, autre qu'en dérivée première. Influence des non-linéarités ? À quoi servent les résonances ? Comment les éviter ? Comment s'affranchir des résonances parasites des hauts parleurs ? Exemple de résonance en architecture ?

Commentaire du jury à la confession : leçon vivante et dynamique, c'est ce qui les a le plus marqué. Ils avaient vu d'autres candidats sur cette leçon qui avaient tous le même plan et moi j'avais une partie un peu différente sur la corde de Melde avec une étude en réflexions multiples pour comparer au Fabry-Perot : ils ont adoré. Ils ont trouvé que ça manquait un peu de sens physique parfois et que je n'ai pas trop bien répondu aux questions.

LP48 : Oscillateurs, portraits de phase et non-linéarités.**Commentaires extraits des rapports de jury**

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.*

2011, 2012 : Une simulation numérique bien présentée peut enrichir cette leçon.

2010 : L'analyse de l'anharmonicité des oscillations du pendule pesant ne constitue pas le coeur de la leçon. Différents effets des non linéarités doivent être présentés.

2007, 2008 : Le régime forcé des oscillateurs non linéaires est également envisageable.

2003 : La leçon ne doit pas se limiter à une résolution d'équations différentielles non linéaires. Une discussion des effets en liaison avec la forme de l'énergie potentielle peut être intéressante. La présentation d'un oscillateur de van der Pol précablé sur une plaquette reste trop souvent théorique. En quoi ce système est-il représentatif de problèmes usuels en électronique⁴⁶ ?

Jusqu'en 2002, le titre était : *Exemples d'effets de non linéarité sur le comportement d'un oscillateur.*

2000 : Celle leçon est parfois présentée de façon très abstraite. Par ailleurs on doit s'efforcer de varier les exemples, en tout cas de ne pas les limiter exclusivement à l'électronique.

1999 : La simple étude de la non-linéarité du pendule simple et du vase de Tantale ne peut suffire. Il faut dégager clairement, sur différents exemples, l'impact des non-linéarités sur (selon les cas) la période, l'amplitude des oscillations, voire la forme du signal, sa valeur moyenne.

1997 : Le jury regrette que certains candidats passent beaucoup de temps à traiter de l'effet relativement banal de certaines non-linéarités, comme l'influence de l'amplitude du mouvement sur la période d'oscillation d'un pendule, sans évoquer les phénomènes, beaucoup plus riches, d'instabilités ou de transition vers le chaos.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Donner un ordre de grandeur de l'angle à partir duquel le pendule simple ne peut plus être considéré comme isochrone à 1%.
- Qu'est-ce qu'un développement multiéchelle ?
- On trouve dans beaucoup d'ouvrages que ce sont les frottements qui saturent les résonances. Est-ce vrai ? Qu'elle est la contribution des non-linéarités ?
- Qu'est-ce que l'oscillateur de Duffing⁴⁷ ?
- Qu'appelle-t-on transition vers le chaos d'un oscillateur ?
- Quel lien faites-vous entre non linéarité du comportement d'un oscillateur et la dilatation thermique des solides ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2010 - Note : 10/20

(I) Oscillations libres ; (1) Le pendule : le pendule que vous avez considéré a-t-il une particularité ? S'il était pesant cela changerait-il quelque-chose ? Pourriez-vous nous donner une expression plus complète du développement de la période en fonction de l'angle ? Sur les portraits de phase, j'avais tracé la dérivée en fonction de l'angle et j'avais parlé de portrait quasi circulaire : expliquer pourquoi ? (*en fait ça donne l'équation d'une ellipse*) Qu'aurait-il fallu tracer pour avoir des cercles ? (2) Le ressort : Est-ce qu'on aurait pu trouver l'expression de la position d'équilibre autrement qu'en résolvant l'équation différentielle ? Vous avez parlé de lien avec la dilatation thermique, est-ce que vous pourriez ré-expliquer (*j'ai été un peu vite pendant la leçon*). — (II) Oscillations forcées : vous avez déclaré que la solution centrale est instable, vous pourriez expliquer pourquoi ? — (III) Oscillations auto-entretenues ; (1) Vase de Tantale (*Qualitatif, je ne pensais pas le faire au début et comme finalement il me restait 5 min je l'ai rajouté à la fin*). (2) Van der Pol : À partir de l'équation différentielle de van der Pol, comment expliqueriez-vous simplement pourquoi la non linéarité stabilise les oscillations ? C'est quoi en gros l'amplitude des oscillations (s_0) ? Plutôt plus petit ou plus grand ?

Commentaires du jury : la leçon était plutôt bien, un peu trop mathématique à leur goût, elle manquait de sens physique.

Commentaires personnels : les techniciens ont été très sympa, ils m'ont ramené un pendule un peu amoché du coup je ne sais pas si c'était ça ou Synchronie, mais l'acquisition était plutôt bruitée et du coup les portraits de phase était assez moches, pas du tout lisses, mais globalement démonstratifs donc je me suis dit que pour une leçon, ça suffirait bien. J'étais partie pour monter un Van der Pol, je me suis vite ravisée et du coup les techniciens m'ont ramené une boîte fermée de Montrouge avec deux molettes pour faire varier les résistances et un bouton pour court-circuiter le premier condensateur.

46. NDR : à ce sujet on pourra travailler le thème d'étude 23 de B. Portelli et J. Barthes, dans l'ouvrage *La physique par la pratique* publié aux éditions H&K. On pourra aussi consulter les références associées.

47. NDR : on consultera avec profit l'ouvrage de M. Krob, intitulé *électronique expérimentale* aux éditions Ellipses.

Agrégation 2012 - Note : 07/20

Y a-t-il un intérêt particulier à l'oscillateur de van der Pol ? Avez-vous un exemple de système mécanique qu'il peut représenter ? Comment représenter le portrait de phase du pendule pour qu'il soit plus facilement reconnaissable ? Comment expliquer simplement aux élèves le fait que l'harmonique apparaissant soit à 3ω , l'absence d'harmonique à 2ω , et le fait que l'on peut prévoir que l'harmonique suivante sera 5ω dans le spectre du pendule simple ? Serait-ce différent si l'on avait un pendule pesant ?

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

2014 : 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.

2011, 2012 : Il faut bien différencier mécanique du point et mécanique du solide pour valider un modèle théorique. Les trois aspects de l'intitulé sont d'égale importance. Les systèmes isolés ou pseudo-isolés ne sont pas les seuls pouvant illustrer ce montage.

2010 : Il faut bien différencier mécanique du point et mécanique du solide pour valider un modèle théorique. L'étude quantitative du moment cinétique est souvent négligée. Les systèmes isolés ou pseudo-isolés ne sont pas les seuls pouvant illustrer ce montage.

Jusqu'en 2004, le titre était : *Dynamique Newtonienne.*

2004 : Les tables à coussin d'air ne sont pas les seuls outils à la disposition des candidats pour ce montage. L'utilisation de tables à digitaliser couplées à des logiciels d'acquisition et de dépouillement des données permet une présentation plus riche, ainsi qu'un gain de temps permettant de présenter plus d'expériences abordant des phénomènes plus variés

Jusqu'en 2000, le titre était : *Illustration de quelques lois de la dynamique newtonienne.*

2000 : Les expériences choisies doivent couvrir un domaine le plus large possible. Il faut prévoir une expérience quantitative concernant la rotation : les oscillations pendulaires ouvrent d'intéressantes perspectives...

1999 : Le plus simple est de commencer par donner brièvement un énoncé correct des lois de Newton. Rappelons qu'il n'est pas indifférent de dire « système » ou « solide ». Par ailleurs, le principe des actions réciproques s'applique même lorsque les systèmes qui interagissent sont en mouvement relatif, mais il est vrai que la vérification directe en est un peu difficile. Parfois la vérification dans le cas statique a été présentée sous forme de deux dynamomètres accrochés l'un à l'autre. Le pendule pesant est un dispositif souvent étudié. On obtiendra des mesures beaucoup moins dispersées si on repère la date du passage à la position d'équilibre ($\theta = 0$) plutôt que celle de l'élongation maximale. L'utilisation de l'ordinateur (éventuellement connecté à une table à numériser) permet d'éviter les opérations fastidieuses que sont les relevés de mesures sur la table à coussin d'air ou sur les oscillations du pendule.

1998 : Les lois de la mécanique newtonienne sont celles correspondant aux propriétés de la quantité de mouvement, du moment cinétique et de l'énergie mécanique. Une au moins des expériences présentées doit concerner la rotation du solide, mouvement dont l'importance est considérable. Les lois phénoménologiques (résistance des matériaux, loi de Hooke, lois du frottement, ...) sont souvent utilisées dans les sciences appliquées mais n'ont pas à être évoquées dans ce montage.

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 11/20 - choix avec *Filtrage*.

Des questions sur l'approximation du pendule simple, les frottements, les non-linéarités sur le pendule et les erreurs commises par Synchronie. Le jury m'a dit que le montage était bien, que ça pouvait mériter 14 ou 15 mais que parmi les questions, deux d'entre elles auxquelles je n'ai pas su bien répondre m'ont coûté cher (je n'ai pas tout discuté l'approximation du pendule simple, et j'ai utilisé un ressort reliant les 2 mobiles autoporteurs pour modéliser une force centrale ce qui n'était pas tout à fait correct).

Agrégation 2009 - Note : 13/20

Réalisation de la force constante ; évaluation des incertitudes. On remarque que la quantité de mouvement décroît (très lentement) au cours du temps. Peut-on le prendre en compte pour corriger les courbes à forces constantes ? Quelle erreur fait-on lorsque l'on assimile la masse ajoutée sur le pendule pesant à une masse ponctuelle ? (*La manip marche très bien, l'erreur est inférieure au %*).

La note signifie que deux expériences ont bien marché. J'ai terminé 7 minutes en avance, mais il ne m'en ont pas du tout voulu. En fait le reproche qu'il m'ont fait est double : une imprécision et une erreur qui rendait inutilisable la mesure de g , et le fait que le gyroscope ne marchait pas. Le matériel qui ne marche pas est moins pénalisant pour le candidat que ses propres erreurs, mais ça pénalise quand même, car l'expérience ne peut être menée à fond. Il ont toutefois valorisé le fait que j'ai fait le maximum avec mon matériel défectueux.

Agrégation 2009 - Note : 18/20 - choix avec *Systèmes bouclés (oscillateurs exclus)*.

Beaucoup de questions sur la rotation pour les mobiles auto-porteurs. Est-ce qu'on peut remonter à quelque chose de constant avec la loi des aires (*constante de raideur du ressort*). Pour le pendule simple est-ce que j'ai pris en compte le système d'attache ? (*réponse non*). Si j'en avais tenu compte quelle grandeur serait intervenue ?

Agrégation 2009 - Note : 11/20 - choix avec *Photorécepteurs*.

Pourquoi lors de la vérification de la 1ère loi de Newton le mobile n'a-t-il pas la trajectoire rectiligne à laquelle on s'attend ? *L'horizontalité imparfaite de la table (j'avais fait de mon mieux à ce niveau là mais elle penchait toujours un peu)*. Pourquoi la vitesse diminue dans cette expérience ? *Les frottements*. Lesquels ? *Frottements air-mobile*. Peut-on caractériser le jet d'air sous le mobile ? *On peut connaître la pression à partir de la mesure de la masse et de la surface du mobile car le jet compense le poids*. Pour calculer l'accélération j'avais supposé que la dérivée était égale au taux d'accroissement et pour les points x_{n-1} , x_n et x_{n+1} je les avais choisis distants de 3 points les uns des autres, ils m'ont demandé de justifier mon choix : *plus on les prend éloignés plus on gagne sur l'incertitude relative des mesures mais moins l'hypothèse est vérifiée*.

Un des membres du jury est resté collé à moi pendant toute la présentation pour vérifier tout ce que je faisais : les mesures, les calculs, les modélisations... au début ça surprend ! L'expérience de la chute libre donnait $g = 12.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ donc la majeure partie de la correction a été consacrée à essayer de trouver d'où venait l'erreur (j'ai expliqué ce que j'avais fait en préparation pour essayer de résoudre le problème, ils ont proposé quelques explications mais j'ai vérifié que ce n'était pas ça non plus donc au final on n'a pas trouvé l'origine de l'erreur). Dans l'expérience où l'on vérifie la loi des aires, il faut bien découper les « tranches » à partir du point d'application de la force centrale, c'est-à-dire l'endroit où le ressort est attaché sur le mobile autoporté fixe et non à partir du centre de ce mobile.

Agrégation 2010 - Note : 14/20 - choix avec *Milieux optiquement actifs : biréfringence, pouvoir rotatoire*.

Pourquoi la vitesse diminue-t-elle dans la première expérience ? (*frottements...*) Comment pouvait-on améliorer l'expérience avec le pendule simple ? Vaut-il mieux compter quand le pendule est à son minimum d'énergie cinétique ou à son maximum ? Discussions des incertitudes pour le pendule simple. Questions sur l'échantillonnage pour la règle.

Mon plan : (I) Mobiles autoporteurs et lois de la dynamique ; 1) Première loi de Newton ; 2) Loi des aires (II) Le pendule simple (III) Chute libre d'une règle. 4 manips assez simples, j'ai sollicité sans arrêt les techniciens. Ils n'avaient pas la règle de la manip, du coup j'en ai fabriqué une avec une règle transparente et des bandes de papiers blanc espacées régulièrement, le faisceau des capteurs passait à travers la règle transparente et était réfléchi sur les bandes. Je pense qu'ils ont vraiment bien aimé, le fait que je fabrique ça et que je m'adapte. Sinon j'avais pensé faire le gyroscope aussi, mais je pense que ces manips sont suffisantes. Je pense qu'il faut absolument traiter proprement au moins une fois le calcul d'incertitude pour une manip. Ici je l'ai fait pour le pendule simple, pour les autres manips c'est un peu plus délicat, car il y a des paramètres que l'on ne maîtrise pas.

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

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.

2012, 2011 : La tension superficielle (intitulé 2010) n'est pas le seul phénomène de surface pouvant être mis en évidence.

Jusqu'en 2010, le titre était : *Tension superficielle*

2010 : Ce montage comporte des mesures délicates qui, si elles sont bien exécutées avec un protocole précis, peuvent mettre en valeur l'habileté expérimentale du candidat. Il peut par contre donner lieu à des prestations décevantes si les candidats ignorent les difficultés de ces mesures. L'intitulé devient « phénomènes de surface » en 2011. Le jury espère ainsi augmenter la variété des expériences possibles.

2009 : Ce montage est choisi par de nombreux candidats et donne lieu, le plus souvent, à des prestations décevantes lorsque les candidats ignorent la difficulté des mesures de tension superficielle.

2008 : Les balances d'arrachement sont délicates à utiliser, il est nécessaire de bien comprendre leur fonctionnement. Les ondes capillaires ne s'observent que pour un certain domaine de longueurs d'onde.

2007 : Si le candidat souhaite utiliser une balance d'arrachement, il est invité à en choisir une dont il maîtrise le fonctionnement. L'utilisation d'une webcam pour la loi de Jurin donne de meilleurs résultats qu'une projection à l'aide d'une lentille.

2006 : Ce sujet, souvent choisi, cette année a été réussi de manière inégale. Il demande un soin expérimental tout particulier. Les mesures nécessitent de se placer en régime statique.

2005 : Dans la détermination de tensions superficielles par arrachement, une meilleure maîtrise du protocole de mesure permettrait une discussion des incertitudes.

Jusqu'en 2000, le titre était : *Tension superficielle : mise en évidence. mesures*.

1999 : La notion de longueur capillaire semble inconnue à la plupart des candidats. De simples considérations dimensionnelles permettent d'en retrouver l'expression.

1997 : Il est dommage de se limiter à des mesures en régime statique. On peut élargir l'étude à la propagation des ondes de surface (relation de dispersion, atténuation).

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 14/20 - choix avec *Phénomènes dissipatifs*.

Commentaires personnels : j'ai commencé par 2 expériences quantitatives : loi de Jurin à la caméra (2 dispositifs pour plus de points) et la cuve à ondes gravito-capillaires. Une expérience qualitative : instabilité de Rayleigh-Plateau en immergeant un petit dispositif avec des fils de différents diamètres dans de l'eau. Ça ne donne à peu près rien de quantitatif, ou du moins les résultats de la mesure de la distance moyenne entre deux gouttes sont très différents de ce qui est attendu. Le problème de ce montage est qu'il faut être minutieux parce

que tout est délicat. J'ai du sécher les tubes de la loi de Jurin au sèche-cheveux et remettre de l'alcool juste avant la présentation pour éviter l'évaporation et la formation de bulles. Longue discussion des erreurs de mesures sur les deux manips. Je pense que c'est payant parce que j'ai une bonne note avec seulement 2 manips faciles.

Questions et commentaires du jury : 1. Loi de Jurin : comment améliorer la précision ? (*Bouger la caméra*). Retour sur l'explication des incertitudes. Hypothèse $\cos(\alpha) = 1$ pour l'angle de mouillage sur le verre : valide ? Quel serait l'ordre suivant en précision ? Qu'est-ce qui fixe l'angle de contact ? — 2. Cuve : de quel type d'ondes s'agit-il ? Explication de l'image optique ? Qu'est-ce qu'on mesure entre deux maxima d'intensité ? Si c'étaient des ondes stationnaires, ce serait quoi ? Explication physique sommaire de la forte variabilité de la tension de surface, en particulier dans le cas de l'eau distillée ? En termes d'interactions entre molécules, qu'est-ce qui est responsable de la tension de surface ? Dans quels phénomènes quotidiens se manifeste la tension superficielle ?

Agrégation 2010 - Note : 14/20 - choix avec Amplification de signaux.

Questions et commentaires du jury : quelle eau a été utilisée pour les différentes expériences ? *C'était la même eau (du robinet) c'est pour ça que les résultats collaient aussi bien d'un manip à l'autre.* Quelle est la formule générale qui régit la pression au sein d'une bulle ? Quelle autre manip vous auriez pu faire à partir du montage avec les deux bulles ? *On aurait pu mesurer le coefficient de tension superficielle en mettant un manomètre sur une entrée et en faisant plusieurs tailles de bulles.* Sur la loi de Jurin pendant le montage j'ai pris une référence arbitraire pour la surface de l'eau de la cuve et j'ai dit que je prenais la même pour chaque tube. Je peux la prendre arbitraire parce que comme ça c'est une erreur systématique (et toujours la même) et après au lieu de modéliser par une loi linéaire, je modélise par une loi affine et c'est ok. Du coup j'ai eu le droit à la question : mais sinon si on voulait prendre la vraie bonne référence, il faudrait la prendre où ? Et pourquoi on n'a pas une démarcation claire ? *Pas de démarcation claire parce qu'il y a effet de mouillage qui fait que sur les bords l'eau monte* Est-ce qu'il y a toujours ascension du liquide dans le capillaire ? *Non, ça dépend de l'angle de contact donc de la capacité de mouillage du liquide sur le matériau.* Pour la cuve à onde : j'avais oublié de mettre la tangente hyperbolique dans la formule générale, du coup ils ne comprenaient pas pourquoi certains points ne respectaient plus trop l'approximation. Est-ce que vous êtes sûr de bien mesurer λ et pas $\lambda/2$? *J'ai d'abord justifié qu'on a pas d'ondes stationnaires puis avec un dessin j'ai montré que la crête et le creux des vagues ne se comportent pas de la même manière pour la déviation des faisceaux lumineux. Donc on mesure bien λ .* Où la tension superficielle joue-t-elle des rôles importants ?

Commentaires personnels : je n'ai pas assez détaillé l'étalonnage du montage pour la loi de Jurin sinon les expériences étaient bien choisies... Ils m'en ont un peu voulu d'avoir pris de l'eau du robinet parce qu'on ne connaît pas bien sa tension de surface. Surtout que mes deux résultats étaient identiques donc c'était dommage de pas pouvoir les comparer à une valeur plus réaliste que celle de l'eau pure.

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 superficiel était entre deux phases et donc il m'ont demandé si les valeurs que j'avais donné pour l'eau et l'air était valable 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 se 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 revenu 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 du fabriquer une tige plus longue pour faire marcher la manip, la disposition de la salle était pas optimal car c'était une salle de TP donc pas trop la place de circuler. Les techniciens (un mieux que l'autre) très efficace 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 qualitative d'intro appréciée 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 bruler 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.

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 côté 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 ?

MP03 : Dynamique des fluides.

Commentaires extraits des rapports de jury

2009 à 2014 : 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.

2008 : La classification des écoulements passe aussi par l'évaluation du nombre de Reynolds.

2007 : Le tube de Pitot n'est pas le seul instrument permettant de mesurer la vitesse d'écoulement d'un fluide.

2000 : L'étude de l'écoulement de Poiseuille est rarement satisfaisante, car les candidats ne savent pas où il convient de mesurer la pression. Le principe du tube de Pitot est mal connu. L'expression de la force de Stokes est connue, mais son origine (calcul, modèle, formule empirique ?) et son domaine de validité le sont moins. Est-ce vraiment une simple variante des expressions donnant la résistance de l'air à l'avancement d'une automobile ou d'une aile d'avion ?

1999 : Le candidat doit avoir à l'esprit les relations ou formules les plus importantes (Euler, Bernoulli, Navier-Stokes). Il convient également d'avoir une idée des domaines dans lesquels la résistance à l'avancement d'un fluide peut être représentée par une force d'intensité proportionnelle à la vitesse ou au carré de celle-ci.

1998 : Les mesures effectuées à l'aide du tube de Pitot ne peuvent être comparées aux mesures de vitesse données par l'anémomètre que si la zone de mesure est la même dans les deux cas. Il est nécessaire que le tube et le capteur soient fixés pour la mesure et non tenus à la main, comme c'est souvent le cas.

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 09/20 - choix avec *Induction ; auto-induction*.

Commentaires personnels : j'avais un facteur 10 sur l'expérience de chute d'une bille dans le glycérol (un g oublié!), un facteur 10^6 pour le tube de pitot (j'ai inversé la viscosité de l'air et du liquide), et un dernier facteur 10 pour l'écoulement de Poiseuille (j'ai oublié la longueur du tube!). J'ai beaucoup paniqué en préparation parce que je trouvais pas mes fautes (je cherchais des erreurs d'unité), du coup, je me suis perdue dans mes horaires et après 4h, je croyais qu'il me restait encore 1h! Je n'ai pas fait une très bonne présentation, mais je crois m'être rattrapée un peu sur les questions. Ils ont commencé par me faire trouver mes fautes, puis m'ont posé des questions sur les barres d'erreurs, les chiffres significatifs, l'utilité des mesures répétées, la position de l'anémomètre à fil chaud, son fonctionnement, et les conditions de validité de l'écoulement de Poiseuille.

Agrégation 2009 - Note : 11/20 - choix avec Mesures électriques.

Commentaires personnels : deux techniciens très dévoués et disponibles. Ils ont passé toute la préparation à manipuler avec moi, il fallait juste que je donne les instructions au début. J'ai été moi même choisir mon matériel dans les salles de réserve. Toutes les manip ont « foiré ». Matériel défectueux (anémomètre à fil chaud instable, billes de verres éparpillées dont on ne connaît ni la taille ni la masse volumique...). Grosse panique, prise de mesures jusqu'à la dernière minute de préparation, exploitation et incertitudes en direct assez à l'arrache. (Je conseille, si ça vous arrive, de lâcher une manip une heure avant la présentation, pour avoir le temps d'exploiter correctement les 3 autres sans paniquer).

Agrégation 2009 - Note : 18/20 - choix avec Conversion électromécanique.

Questions et commentaires du jury : principe de l'anémomètre à fil chaud ? Nom de l'erreur pouvant être commise sur la manip du viscosimètre à bille ? Avantages/inconvénient d'utiliser le dispositif prévu à l'ENS pour Poiseuille avec des raccords souples menant aux capillaires, plutôt que d'utiliser un réservoir directement relié à un long capillaire se vidant dans un bécher ?

Commentaires personnels : la préparation a été compliquée et très stressante car au bout de 3 heures, une seule manip fonctionnait ! Il faut savoir que les capillaires de la manip pour l'écoulement de Poiseuille se bouchent régulièrement, et que pour le trajet Lyon-Paris, le liquide manométrique du tube de Pitot est vidé... Il faut donc bien préciser au technicien qu'il s'agit d'alcool et non d'eau, au risque d'avoir à purger tout le système et de perdre pas mal de temps... Du coup je n'ai présenté que 3 manips (viscosimètre à billes, écoulement de Poiseuille, illustration de la relation de Bernoulli avec la turbine et le tube de Pitot) mais j'ai détaillé à fond chaque manip. C'est-à-dire justifié toutes les hypothèses et les approximations faites pour l'établissement des relations vérifiées expérimentalement : évaluation du nombre de Reynolds pour les 3 manips ; pour le viscosimètre : distance nécessaire à l'établissement du régime permanent négligeable devant la distance du haut du tube au 1er trait, effets de bords négligés ; pour Poiseuille : distance nécessaire à l'établissement du profil de l'écoulement négligeable devant la longueur du tube, pour Bernoulli : écoulement incompressible ; j'ai également pris toutes les valeurs numériques dans le Handbook, et fait un calcul d'incertitudes pour toutes les manips.

On a passé un certain temps à vérifier avec le jury chacune de mes applications numériques, parce qu'ils ne trouvaient pas le même résultat (il se trouve qu'elles étaient correctes). En fait je n'avais pas eu la place au tableau de détailler chaque ligne de calcul (je faisais une régression linéaire et utilisais la valeur de la pente pour extraire la viscosité ou la masse volumique), ce qui a sans doute un peu perdu le jury. Un moyen d'y remédier aurait été d'utiliser des transparents.

Agrégation 2010 - Note : 07/20 - choix avec Capteurs et transducteurs.

Questions et commentaires du jury : j'ai fait « le Poiseuille », le viscosimètre à bille, « le coefficient de traînée » et le tube de Pitot. Quelle autre incertitude sur la valeur tabulée de la viscosité ? (*température*). Comment estimer par le calcul la durée du régime transitoire pour le viscosimètre à bille ? Comment on peut expliquer qu'on a bien une loi linéaire pour la loi de Poiseuille mais que les valeurs soient systématiquement supérieures à celles attendues ? Dans la soufflerie est-ce que c'est grave si on fait pas le zéro pour la mesure de la force ? (*le ressort était tout bancal, les techniciens avaient eu du mal à faire le zéro et l'avaient dit au jury avant*). Pourquoi l'anémomètre à fil chaud serait plus précis que le tube de Pitot ? Pourquoi la position de l'anémomètre à fil chaud a autant d'importance ? Reproductibilité des manips avec la soufflerie ? Commentaires du jury : les manips étant ultra classiques il faut les réaliser parfaitement et justifier toutes les approximations, ça manquait dans mon montage. Le jury m'a reproché d'avoir aligné les manips sans fil conducteur. J'ai loupé mon point pour Poiseuille en direct (ça ne bullait pas), et même si les points de préparation étaient bon ça m'a fait perdre des points. J'ai manqué de rigueur dans mes réponses aux questions. Je n'ai pas assez justifié les protocoles (pourquoi tel diamètre de tube, pourquoi on met une grille à la soufflerie,...)

Commentaires personnels : la préparation s'est plutôt bien passée, techniciens très sympas qui m'ont fait plein de points. La fin était un peu speed parce qu'on n'arrivait pas à régler la soufflerie.

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 rhotitherme¹, 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 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

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

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 établi ? 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.

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 manips 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 manips, ce qui était assez agréable ! :-). J'ai pu prendre trois points et faire une droite. Au final, malgré des manips 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. ...

MP04 : Capteurs de grandeurs mécaniques.

Commentaires extraits des rapports de jury

2014 : 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, 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*

2010 à 2013 : Les notions de temps de réponse des capteurs et de fonction de transfert des transducteurs sont essentielles. On devrait aussi s'intéresser aux qualités de fidélité, sensibilité et justesse qui permettent de transformer ces capteurs en instruments de mesure.

2007 : Le montage ne peut se résumer à un catalogue plus ou moins exhaustif des capteurs. Le jury attend au moins une étude approfondie des propriétés de l'un des capteurs présentés ainsi que celle d'un transducteur. Les principes physiques qui sous-tendent le fonctionnement des capteurs étudiés ne peuvent être ignorés des candidats.

Retour des années précédentes

Les retours ont été enlevés car aucun n'est pertinent vis-à-vis du nouveau titre.

MP05 : Mesures de température.

Commentaires extraits des rapports de jury

2014 : 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*.

2012 : Ce montage est trop souvent réduit à un catalogue de capteurs thermométriques sans hiérarchie : la notion de points fixes est trop souvent inexploitée, ou mal exploitée. En 2013, il devient *échelles et mesures de température*. Lors de l'utilisation de thermocouples, il faut en connaître le principe, la température de référence, et le domaine de validité.

2010 : Comme recommandé dans les précédents rapports, 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. Il est important de faire la différence entre mesure et repérage de température.

2009 : On attend dans ce montage des manipulations plus pertinentes que l'étalonnage d'une résistance de platine par un thermomètre à mercure. La notion de point fixe doit être connue.

2008 : Ce montage ne peut pas se résumer à une simple comparaison de capteurs. La notion d'échelle de température doit être dégagée. Le jury rappelle le statut particulier des thermomètres de référence (thermomètre à gaz et résistance de platine) et des points fixes.

Jusqu'en 2000, le titre était : *Thermométrie : capteurs, points fixes, étalonnages, mesures*.

2000 : Deux types de thermistances existent, dénommées CTP lorsque la résistance augmente avec la température, et CTN dans le cas contraire. Certains candidats ont fait des confusions à ce sujet. Dans le cas des CTN à semi-conducteur, il convient d'explorer une gamme de températures suffisamment large si l'on veut vérifier la relation $R_g = R_0 \exp(-E_g/k_B T)$. Sur l'étendue 20-50°C, la courbe donnant $R_g(T)$ peut tout à fait s'avérer aussi proche d'une droite que la courbe donnant $\text{Log}(R_g) = f(1/T)$...

Retour des années précédentes

Agrégation 2009 - Note : 04/20 - choix avec Amplification de signaux.

Questions et commentaires du jury : échelles de température, points fixes ? à quoi est lié le temps de réponse d'un capteur ? Thermomètre à gaz : que peut-on dire de l'ordonnée à l'origine et de « l'abscisse à l'origine » ? Ordre de grandeur de la température du filament de la lampe est-il correct ? Principe de l'ohmmètre ?

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

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.

2010 à 2012 : Ce montage peut et 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. La chaleur latente peut provenir de mesures calorimétriques, pas seulement de la courbe $p(T)$.

2009 : Ce montage peut et doit être quantitatif. La notion de chaleur latente est trop souvent absente.

2008 : Ce montage doit faire l'objet de mesures. L'établissement des équilibres thermiques étant parfois long, il est nécessaire de bien gérer le temps et d'anticiper le démarrage des expériences. La durée des régimes transitoires doit être prise en compte dans les interprétations.

2007 : Il est important de ne pas se contenter d'une série d'expériences qualitatives.

1999 : Le montage ne saurait se limiter à la détermination de quelques points du diagramme de phase d'un corps pur. Il est souhaitable de mesurer, par exemple, une chaleur latente. Lorsqu'il s'agit de la chaleur latente de vaporisation (enthalpie) L_v de l'azote liquide à la pression atmosphérique, le protocole souvent mis en oeuvre consiste à introduire une résistance chauffante dans le calorimètre Dewar ; la détermination de l'énergie électrique consommée pendant un certain temps et la mesure de la masse du liquide vaporisé permettent de trouver l'enthalpie cherchée, même si on se place, le plus souvent à tort, dans l'hypothèse très défavorable des grandeurs corrélées, la détermination classique de l'incertitude (portant sur les mesures de masse, de temps, de tension et d'intensité) ne permet pas en général de justifier l'écart important entre la valeur de L_v ainsi déterminée et la valeur tabulée : le mode opératoire introduit en effet des erreurs systématiques qui doivent être prises en compte pour aboutir à un résultat corrigé. La manipulation est même un bel exemple pour illustrer ce sujet : l'hypothèse qui sous-tend la mesure est que toute l'énergie électrique consommée sert à vaporiser le liquide, or, en général, la résistance chauffante est loin de plonger toute entière dans celui-ci, à défaut de pouvoir résoudre totalement ce problème on se placera dans les conditions les moins défavorables possibles. De plus, si on n'y prête pas attention, la pesée du calorimètre contenant l'azote liquide prend en compte la poussée d'Archimède exercée sur la résistance chauffante qui varie évidemment avec le niveau du liquide ; la vaporisation a lieu même si on ne chauffe pas, la correction nécessaire est facile à déterminer. Elle peut être non négligeable. Ce n'est qu'après avoir corrigé tous ces biais qu'on peut commencer à évaluer l'incertitude.

Retour des années précédentes

Agrégation 2012 - Note : 08/20

SF6 : comment améliorer la thermalisation ? Explication de l'opalescence critique ? Calorimétrie : comment améliorer le protocole ? Courbe température en fonction du temps dans le calorimètre ? Comment l'utiliser pour arriver au résultat ?

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 ?

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.

MP07 : Instruments d'optique.**Commentaires extraits des rapports de jury**

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*.

2012 : Les candidats doivent connaître et comprendre les conditions d'obtention d'images de bonne qualité. Il ne faut pas appliquer sans discernement un protocole trouvé dans un livre. Les conditions de stigmatisme (approché ou rigoureux), les conditions de Gauss, les aberrations géométriques et les aberrations chromatiques ... doivent être connues. Les manipulations proposées doivent illustrer réellement le fonctionnement de l'instrument choisi.

2011, 2010 : Les candidats doivent connaître et comprendre les conditions d'obtention d'images de bonne qualité. Il n'est pas suffisant d'appliquer aveuglément un protocole trouvé dans un livre.

Jusqu'en 2010, le titre était : *Instruments d'optique*.

2009 : Les candidats doivent connaître et comprendre les conditions d'obtention d'images de bonne qualité. Il n'est pas suffisant d'appliquer aveuglément un protocole trouvé dans un livre.

1997 : Il est intéressant d'illustrer l'effet du verre de champ d'un instrument d'optique en expliquant son intérêt. On peut aussi souligner comment les qualités du récepteur jouent sur la résolution spatiale d'un instrument objectif.

MP08 : Interférences lumineuses.**Commentaires extraits des rapports de jury**

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*.

2012 : Les dispositifs d'interférences sont très divers. En choisir deux bien maîtrisés permet des présentations de qualité sur les cohérences spatiale et temporelle, et une analyse du lien entre les considérations théoriques et les observations expérimentales. Des montages bien réglés et bien utilisés fournissent des résultats quantitatifs précis si le candidat s'y prend bien. Il ne faut pas confondre les annulations périodiques de contraste obtenues avec un doublet (souvent le doublet jaune du sodium) et la teinte plate de fin de cohérence temporelle due à une trop grande différence de marche. Les battements de contraste donnent des informations sur l'écart des longueurs d'onde entre les deux raies du doublet, mais ne donnent pas d'information sur la longueur de cohérence de la source lumineuse.

2010 et 2011 : Trop de candidats ne font pas le rapport entre leurs connaissances théoriques sur les cohérences spatiale et temporelle, et leurs observations expérimentales. Il en résulte souvent des montages mal réglés ou mal utilisés. Pourtant ce montage peut fournir des résultats quantitatifs précis si le candidat s'y prend bien.

Jusqu'en 1997, le titre était : *Interférences*.

1994 : Trop de candidats ne maîtrisent pas les notions de localisation ou de non-localisation des interférences lumineuses. Quant à la définition correcte de la cohérence spatiale et de l'échelle ou de l'aire de cohérence, aucun candidat ayant pourtant choisi un sujet s'y rapportant (interférences, diffraction, laser) n'a pu la donner. Certains connaissent pourtant la définition des fonctions de corrélation et le théorème de Wiener-Kintchine. Dans tous les cas, le jury attend des approches quantitatives sur la mesure de la cohérence temporelle et de la cohérence spatiale d'une vibration lumineuse.

Retour des années précédentes

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

2014 : 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.

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.

À propos des réseaux :

- **Attention aux protocoles de réglages** : alignements (bancs d'optique conseillés), orientation, hauteur, conditions de Fraunhofer.
- **Attention aux conditions de validité des relations employées** : l'angle d'incidence n'est pas toujours nul (par exemple dans la relation de Bragg) : on peut avoir intérêt ou pas, à se placer à un minimum de déviation.

2009 : La diffraction de Fraunhofer est souvent évoquée sans que ses conditions d'obtention soient bien connues. Rappelons que les phénomènes de diffraction peuvent s'observer avec d'autres sources lumineuses que des lasers.

2008 : Dans toute expérience d'optique, les figures sont de bien meilleure qualité quand les appareils sont convenablement alignés. Ce fut tout particulièrement le cas pour ces deux montages.

2004 : Dans ces montages, les mesures de largeurs de fentes mal calibrées, ou dont la largeur est donnée de manière indicative (sans indication de précision), ne peuvent pas constituer le thème central de l'étude. Il serait illusoire d'espérer déterminer avec une précision satisfaisante la longueur d'onde d'un laser He-Ne à partir de l'analyse de la figure de diffraction par une fente, même calibrée. L'utilisation de montages avec réseaux doit être mieux maîtrisée, en évitant de confondre angles et déviations par rapport à l'ordre zéro. Les conditions de Fraunhofer, plus larges que la simple *diffraction à l'infini*, gagneraient à être connues. Dans les expériences de filtrage spatial de type passe-haut, l'utilisation d'objets de phase serait certainement plus pertinente que celle d'une plume.

2000 : La diffraction est certes un phénomène gênant, mais pas uniquement : le principe de fonctionnement d'instruments comme les réseaux optiques repose sur son existence. L'optique diffractive prend de plus en plus d'importance industrielle.

1999 : Le passage de la diffraction de Fresnel à celle de Fraunhofer peut donner lieu à une estimation quantitative des conditions à remplir.

1997 : On doit pouvoir donner le critère quantitatif de la limite entre l'approximation de Fresnel et celle de Fraunhofer. Le filtrage en éclairage incohérent a aussi des applications.

1994 : La strioscopie est rarement montrée dans de bonnes conditions. Tout comme la réussite des expériences de biréfringence, la conduite de cette expérience exige une certaine maîtrise théorique du sujet.

Retour des années précédentes

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.

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.

MP10 : Spectrométrie optique.

Commentaires extraits des rapports de jury

2014 : 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.

2008 : La spectrométrie par transformée de Fourier, souvent réalisée de façon semi-quantitative sur les raies du mercure ou du sodium, se prête à un enregistrement numérique, qui sans être indispensable, est bien plus démonstratif et permet des mesures sensiblement plus précises. Si le coeur du sujet est la mesure de longueurs d'onde, les phénomènes qui affectent la résolution des spectromètres ne doivent pas être ignorés.

2007 : La mesure de longueurs d'onde est le coeur du sujet mais il faut aborder la notion de résolution des appareils de mesure et les phénomènes responsables de sa limitation.

2005 : La notion de résolution est importante et doit être abordée. Il en est de même de l'influence de la largeur de la fente d'entrée. L'usage des spectromètres informatisés à fibre ne doit pas être exclusif.

2002 : L'utilisation de spectroscopes intégrés à un ordinateur et illuminés par fibre optique permet de réaliser rapidement des spectres convaincants mais ne nécessitant pas de pouvoir de résolution élevé. La connaissance du fonctionnement et des facteurs qui limitent la résolution de ce système « boîte noire » est indispensable. Le jury apprécie aussi l'utilisation de spectromètres à fentes traditionnels lorsqu'un grand pouvoir de résolution est nécessaire ou lorsqu'on cherche à illustrer quantitativement le rôle des fentes d'entrée et de sortie sur les performances des spectromètres.

Jusqu'en 1999, le titre était : *Spectrométrie optique ; résolution*.

1998 : Dans les cas usuels d'utilisation des spectromètres, la largeur de la fente d'entrée, celle de la fente de sortie ainsi que la diffraction par l'élément dispersif ont une grande importance dans le pouvoir de résolution apparent ; un des objectifs du montage est de montrer le rôle respectif de ces paramètres.

1994 : Ce montage est en général très mal traité. Le fait de montrer la dispersion par un prisme est bien entendu loin d'être suffisant. Rappelons que les prismes et les réseaux doivent être utilisés en lumière parallèle. Le rôle des fentes d'entrée et de sortie doivent être pris en compte dans l'analyse du spectroscope. La notion de fonction d'appareil est bien souvent complètement ignorée.

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 09/20 - choix avec *Transitions de phase*.

Questions et commentaires du jury : origine de la largeur des raies ? Comment améliorer l'incertitude attachée à la mesure faite avec le réseau ? Comment améliorer l'incertitude attachée à la mesure faite avec le Michelson ?

Commentaires personnels : j'ai choisi d'utiliser un réseau pour la détermination relative et absolue de longueur d'onde, puis un tube de Plucker avec un spectromètre Ulice, et finalement la détermination des longueurs d'onde des 2 raies du sodium avec un Michelson. Sur l'expérience du réseau, il m'a été reproché d'avoir bougé un peu l'écran entre l'expérience d'étalonnage, et la mesure de la longueur pour la raie en direct, c'est normal. Il faut étalonner le spectromètre avec des raies connues, d'après un des correcteurs, et ne pas croire a priori les valeurs indiquées par le programme (sortir la notice). On m'a reproché de n'avoir pas réglé le Michelson au mieux, je me demande comment j'aurais pu mieux faire, pour augmenter le contraste, puisque justement, on cherche des zones de contraste nul. Le parallélisme des miroirs était à mon avis bon. Il faut parler de la résolution. Même avec des manip propres (j'ai demandé au jury, celle du réseau était propre, et celle du Michelson bonne) le moindre écart dans les mesures, ou des incertitudes qui ont un mauvais odg, coûtent cher. Même avec un bon réglage de hauteur, une diminution des aberrations au mieux, il faut encore exploiter correctement les manip, ce qui n'est pas toujours aisé en direct.

Agrégation 2012 - Note : 15/20 - choix avec *Transitions de phase*.

Questions et commentaires du jury : plein de questions sur le montage avec le réseau : comment avoir une belle image, résolution, facteurs influant sur la résolution (fente, grain du receptr, nombre de traits, géométrie) tout ça pour me faire dire au bout de 15 minutes la diffraction. Décrire le montage du Michelson : pourquoi on projette comme ci et pourquoi on condense comme ça.

Agrégation 2014 - Note : 15/20

Réseau particulier ? (blasé²) 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 dérégulé, 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 dérégulé aussi mais je l'ai rerégulé devant eux en 3 secondes, directement sur l'écran ... c'est clairement ce qui a sauvé mon montage !

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

MP11 : Émission et absorption de la lumière.

Commentaires extraits des rapports de jury

2014 : 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.

2012 : Les deux aspects de l'intitulé doivent être abordés. Rappelons que la qualité des mesures dans ce montage est souvent liée à une bonne connaissance des spectromètres utilisés.

2011 : Si ce montage se distingue plus du montage n°9 cette année, les deux aspects de l'intitulé doivent être abordés. Rappelons que la qualité des mesures dans ce montage est souvent liée à une bonne connaissance des spectromètres utilisés.

2010 : Les remarques des années précédentes s'appliquent toujours. Ce montage est à différencier du montage n°9 : *Spectrométrie optique*. Cela ne dispense pas de l'étalonnage des spectromètres, dont on doit connaître en particulier la résolution.

2009 : L'émission du corps noir n'est pas stricto sensu une émission spontanée. Les ordres de grandeurs des largeurs de raies et leur origine devraient être connus des candidats.

2008 : L'utilisation des récents spectromètres à fibre optique interfacés USB nécessite la connaissance de son mode de fonctionnement et doit s'accompagner d'une analyse critique des résultats, notamment en termes de résolution et de justesse.

Agrégation 2012 - Note : 14/20

Questions et commentaires du jury : j'ai préparé les manip suivantes : détermination de la constante de Rydberg, longueur de cohérence de la raie verte du mercure, loi de Beer-Lambert, analyse des modes du laser de la cavité Fabry-Perot et analyse du speckle. Les manip ont plutôt bien marché malgré le fait que je n'ai pas pu avoir mon matériel habituel (spectro et Michelson). Ils m'ont dit que je n'avais pas assez exploité mes résultats. Questions : il y avait manifestement un problème d'étalonnage du spectromètre. Ils m'ont posé des questions sur la façon d'étalonner le spectro et sur ce qu'il fallait tracer pour s'affranchir de ce problème. Convertir le Rydberg (que j'avais exprimé en cm^{-1}) en eV. Je n'ai pas bien compris où ils voulaient en venir. Questions classiques sur les causes d'élargissement d'une raie spectrale (chocs dans une lampe haute pression, profil lorentzien ; effet Doppler pour une lampe basse pression, profil gaussien) Questions sur le choix de la position des éléments pour le montage dispersif avec le PVD, et sur la façon correcte de projeter l'image de la fente d'entrée sur l'écran. Beaucoup de questions que je n'ai pas trop comprises sur ce qu'on voyait lors de l'analyse du laser, notamment sur ce que je disais être la raie d'émission naturelle du milieu amplificateur.

MP12 : Photorécepteurs.

Commentaires extraits des rapports de jury

2014 : 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.

2012 : Ce montage se prête à l'utilisation à la fois des composants fondamentaux et de matériel grand public (photodiode, cellule solaire, capteur CCD, bolomètre...). Il importe de distinguer les détecteurs photoniques et les détecteurs thermiques, notamment du point de vue de leur réponse spectrale et du temps de réponse. Trop de candidats utilisent une photodiode sans en connaître suffisamment les propriétés. La notion de point de fonctionnement peut être utile pour bien expliquer et justifier un montage avec photodiode. Ne pas confondre une photodiode *nue* avec un *bloc* formé d'une photodiode et d'un circuit de polarisation.

2010, 2011 : 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.

2007, 2008 : Il existe d'autres photorécepteurs que la photodiode. Un éclaircissement d'intensité variable peut s'obtenir en utilisant deux polariseurs conformément à la loi de Malus.

2005 : Le temps de réponse d'un photorécepteur peut dépendre du circuit dans lequel ce composant est inséré.

Jusqu'en 2000, le titre était : *Photorécepteurs. Caractéristiques métrologiques (sensibilité spectrale, linéarité, résolution...).* Applications.

2000 : Les termes de résolution (plus petite variation délectable de la grandeur d'entrée) et de sensibilité (rapport de la variation de la grandeur de sortie à la variation de la grandeur d'entrée qui l'a provoquée) ne sont pas de vagues concepts substituables : ils ont une définition et un sens précis. De même, lorsque la résolution spectrale est étudiée, elle est rarement définie convenablement. L'une des difficultés pour l'étude des photorécepteurs est que les mesures absolues sont difficiles, car elles nécessitent l'emploi de thermopiles ou d'autres détecteurs à sensibilité spectrale relative constante sur une large étendue spectrale. On peut contourner cette difficulté en faisant des hypothèses sur le spectre d'émission de telle ou telle source, mais il faut alors le préciser sans ambiguïté.

1999 : Les thermopiles comportent souvent un filtre optique infrarouge qu'il convient de retirer avant utilisations. La liste des caractéristiques métrologiques citées dans le titre du montage pour certaines n'est qu'indicative : toutes ne sont pas à traiter impérativement, et il en existe d'autres....

Retour des années précédentes

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

2013, 2014 : 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.*

2011, 2012 : Le jury a vu de bons montages sur ce sujet. Cependant, la signification de certains termes comme *lame taillée parallèlement ou perpendiculairement à l'axe*, ou encore *lignes neutres*, doit être connue.

2010 : Ce sujet a été moins souvent confondu avec le suivant (Production et analyse d'une lumière polarisée) cette année. Le candidat doit toutefois être capable d'expliquer le principe physique des protocoles utilisés pour l'étude de la biréfringence d'une lame mince.

2009 : Ce montage est souvent confondu avec le suivant (Production et analyse d'une lumière polarisée). Comme le titre l'indique, il s'agit d'étudier des propriétés de matériaux et non d'ondes lumineuses, même si ces dernières constituent l'outil principal permettant d'effectuer les mesures.

2008 : Les notions d'axe optique et de lignes neutres sont trop mal connues.

2002 : Il ne suffit pas de connaître tous les gestes à effectuer et le matériel à utiliser. Par exemple, en optique cristalline, de beaux spectres cannelés ont été observés alors que le candidat avait du mal à différencier, au moins qualitativement, milieux uniaxes et milieux biaxes, et à donner un sens à la phrase « tailler dans un quartz parallèlement à l'axe ».

Retour des années précédentes

Agrégation 2009 - Note : 11/20 - choix avec *Mesures électriques*.

Questions et commentaires du jury : comment a été fait l'image du diaphragme et le choix du matériel pour le spath d'Islande ? Comment expliquer l'existence d'un déphasage en sortie de l'analyseur dans le montage avec la lame de quartz taillée parallèlement à l'axe optique ? Pourquoi pour le rhomboèdre j'ai deux images alors que pour la lame je n'en ai qu'une ? Pourquoi est-ce important d'être en lumière incidente normale à la lame ? Comment réaliser le montage rigoureux d'une lumière parallèle ? Dans le calcul d'incertitude pourquoi avoir choisi cette relation³ ? Comment faire un calcul d'incertitude sur les teintes de Newton ? Pourquoi le spath n'a pas de pouvoir rotatoire ? Pourquoi on utilise une lame cristalline à face taillée perpendiculairement à l'axe optique ? Quelle propriété du matériau utilise t'on pour cela ? Comment javez-vous choisi les paramètres de réglage de spid-HR, temps d'intégration, moyennage, etc ? Comment fonctionne spid-HR ? Est-ce que je connais un matériau qui n'est pas uniaxe ? Comment choisir la tension ou le courant appliqué à l'électroaimant ? Quelles applications de l'effet Faraday ?

Commentaires du jury : les expériences choisies sont judicieuses et le plan correct ; ils ont regretté un manque d'exploitation des incertitudes : ils auraient aimé que je passe plus de temps à discuter des résultats obtenus. Ils ont regretté également l'absence de maîtrise des logiciels spid-HR et de synchronie.

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 ?

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.

MP14 : Polarisation des ondes électromagnétiques.

Commentaires extraits des rapports de jury

2014 : 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).

3. NDR : probablement celle des différentielles logarithmiques

2009 : Contrairement au montage précédent (*Milieux optiquement actifs : biréfringence et pouvoir rotatoire*), il s'agit ici d'étudier les propriétés des ondes lumineuses. La confusion entre polarisation partielle et polarisation elliptique n'est pas acceptable.

2008 : Sans attendre une étude exhaustive des différents types de polarisation, le jury ne saurait se satisfaire d'un exposé basé uniquement sur la polarisation rectiligne. L'analyse d'une lumière elliptique, qu'il ne faut pas confondre avec une lumière partiellement polarisée, requiert aussi d'en déterminer les axes.

1999 : Il est intéressant d'analyser la lumière produite dans des conditions non artificielles réflexion sur un miroir métallique, sur un dioptre en incidence quelconque ...

MP15 : Production et mesure de champs magnétiques.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

2012 : Cette année encore, l'utilisation de la sonde à effet Hall a été mieux maîtrisée et les expériences présentées plus variées. Les différentes stratégies de production de champ magnétique peuvent être mises en regard des applications éventuelles.

2010 : 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...

2007 à 2009 : La maîtrise du maniement de la sonde de Hall et une connaissance sommaire de son principe de fonctionnement sont indispensables.

2005 : L'ordre de grandeur de la composante horizontale du champ magnétique terrestre être connu. Il en est de même de l'existence d'un décalage systématique du zéro d'une sonde à effet Hall également.

Jusqu'en 2000, le titre était : *Production et mesure de champs magnétiques de divers ordres de grandeur*.

2000 : L'usage de l'électroaimant occasionne de grosses erreurs, souvent dues à la non-linéarité de la réponse des pièces en matériau ferromagnétique. Correctement alimentés, de petits électroaimants (comme ceux qui sont disponibles) créent pour un entrefer usuel ($e \simeq 1$ cm) un champ de l'ordre d'une fraction de tesla ($B \simeq 0,3$ T). Trouver des ordres de grandeur différents doit conduire à une analyse critique immédiate des opérations effectuées. De même la formule donnant B proportionnel à $1/e$, N et I suppose en particulier que la carcasse et l'entrefer forment un tube de flux de section constante, ce qui est rarement justifié, en particulier avec des pièces polaires tronconiques. L'emploi d'un teslamètre à sonde de Hall exige un minimum de soin (réglage du « zéro », orientation...).

Retour des années précédentes

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.

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 manip ont toutes marché. Les techniciens étaient vraiment disponibles et gentils. C'était des manip 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 Bradial 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 agreg : « Je ne pense pas qu'il y ait un barème très précis et strict ; en tout cas à l'époque où "j'officialisais", 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. »

MP16 : Milieux magnétiques.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

2008 : L'effet Meissner ne se résume pas à une « expulsion de ligne de champ ». Les grandeurs mesurées, telles que les champs rémanent et coercitif, doivent être comparées et/ou commentées.

2007 : Il faut pouvoir justifier la forme des pièces polaires de l'électro-aimant choisi.

Jusqu'en 2001, le titre était : *Caractérisation des milieux magnétiques. Applications du ferromagnétisme.*

2000 : L'usage de l'électroaimant occasionne de grosses erreurs, souvent dues à la non-linéarité de la réponse des pièces en matériau ferromagnétique. Correctement alimentés, de petits électroaimants (comme ceux qui sont disponibles) créent pour un entrefer usuel ($e \simeq 1$ cm) un champ de l'ordre d'une fraction de tesla ($B \simeq 0,3$ T). Trouver des ordres de grandeur différents doit conduire à une analyse critique immédiate des opérations effectuées. De même la formule donnant B proportionnel à $1/e$, N et I suppose en particulier que la carcasse et l'entrefer forment un tube de flux de section constante, ce qui est rarement justifié, en particulier avec des pièces polaires tronconiques. L'emploi d'un teslamètre à sonde de Hall exige un minimum de soin (réglage du « zéro », orientation ...)

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Donner en quelques mots une définition ainsi qu'une image microscopique simple des termes suivant : diamagnétisme, paramagnétisme et ferromagnétisme. Dans chaque cas, donner un ordre de grandeur et le signe de la susceptibilité du milieu. Quels sont les deux grands types de ferromagnétisme que vous connaissez et pouvez-vous en citer des applications ?
- Quelle expérience qualitative permettrait d'illustrer la différence de comportement entre un milieu diamagnétique et un milieu paramagnétique ? Le dioxygène est-il dia ou paramagnétique ? Justifier votre réponse à l'aide d'un diagramme d'orbital moléculaire non corrélé.
- Quelle susceptibilité l'expérience du tube de Quincke permet-elle d'obtenir directement ? Comment remonter à la susceptibilité de l'espèce paramagnétique en solution ? Pourquoi réaliser cette expérience sur une solution paramagnétique ? Est-il possible de réaliser cette expérience avec un liquide diamagnétique ? Pourriez-vous rappeler très brièvement les étapes de calcul pour obtenir la formule liant la hauteur d'ascension du liquide au champ magnétique et à la susceptibilité de la solution ?

- On souhaite observer à l'aide d'un oscilloscope le cycle d'hysteresis d'un milieu ferromagnétique (transformateur par exemple). Justifier le montage que vous utiliseriez. En particulier, comment choisir le nombre de spires au primaire et au secondaire ? Quelles sont les caractéristiques du filtre utilisé au secondaire et notamment comment choisir sa fréquence de coupure ? Quelle différence faites-vous entre les pertes par hysteresis et les pertes par courant de Foucault ? Donner une interprétation physique microscopique à ces différents types de pertes.
- Retrouver par une application numérique simple un ordre de grandeur de l'aimantation à saturation ainsi que du champ magnétique à saturation dans un électroaimant.

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 12/20 - choix avec *Couplage des oscillateurs*.

Questions et commentaires du jury :

Paramagnétisme de FeCl_3 : donner les éléments de la démonstration de la formule $h = f(B)$. Estimez-vous qu'il s'agit d'une bonne mesure (je n'avais pas eu le temps de faire les incertitudes, je les ai donc faites pendant les questions). Même avec des pièces polaires plates, le champ est-il uniforme ? (*démonstration expérimentale avec la sonde à effet Hall*). Le tube en U de Montrouge est très bien (il y a un petit papier dans la boîte en bois avec la composition du mélange ce qui permet de remonter à la valeur tabulée).

Cycle d'hystérésis : fonction de transfert de l'intégrateur ? éléments de démonstration des différentes formules ? Signification de l'aire du cycle : énergie volumique ou autre ? L'aire du cycle variait avec le rhéostat du primaire, le jury n'a pas compris pourquoi et nous avons cherché ensemble sans succès (ils ont fini par démonter notre boîte dans le couloir).

Transition para/ferro du fer : je vous conseille le dispositif de l'ENS Cachan avec un thermocouple intégré au clou. Faire juste attention à l'espèce de mousse réfractaire qui pour moi ne l'était plus vraiment (la faire remplacer si ça ne marche pas).

Commentaires personnels : le style de question changeait de celui de la prépa : moins de question de culture générale mais le jury voit très rapidement où ça pêche et essaie de nous pousser dans nos derniers retranchements sur ces questions. Techniciens et préparateurs très compétents, serviables et accueillants (ça fait du bien quand on est stressé(e)). Les livres sont classés par thèmes (optique, méca, électromag...) ou par collection (BFR, Pérez...) et on voit leur couverture : plus facile que de retenir les auteurs !

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 paillasses, très long ...

J'ai pas su refaire le cycle d'hysteresis, je ne sais pas pourquoi. Ensuite, température de Curie faussée à 200 °C près, je n'avais pas le thermocouple intégré, les techniciens ne l'avaient pas trouvé. Étalonnage de l'électroaimant mais valeur faussée de la susceptibilité magnétique de FeCl_3 , 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 agreg : « Je ne pense pas qu'il y ait un barème très précis et strict ; en tout cas à l'époque où "j'officialisais", 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 et 2014 : 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.

2012 : Ce montage doit mettre en évidence différentes caractéristiques propres aux métaux (conductivités thermiques et électriques, élasticité...) et leur lien éventuels. Les mesures doivent être particulièrement soignées. Il est intéressant de montrer la spécificité des valeurs obtenues.

2011 : Ce montage doit mettre en évidence différentes caractéristiques propres aux métaux. Les expériences présentées se réduisent souvent aux conductivités thermiques et électriques.

2010 : 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.

2009 : La mesure de la conductivité thermique d'un métal par sa réponse en température à une excitation alternative a posé problème à de nombreux candidats par suite de l'analyse des mesures à l'aide d'une loi non valide avec les conditions aux limites concernées. Le régime permanent implicitement mis en jeu doit être précisé, de même que son temps d'établissement.

2008 : La mesure de la conductivité thermique d'un métal par sa réponse en température en régime variable a posé des problèmes à de nombreux candidats. Les études menées en régime permanent sont plus simples et ont donné de meilleurs résultats.

Retour des années précédentes

Agrégation 2006 - Note : 18/20 - choix avec *Constantes Fondamentales*.

J'ai présenté la recalescence du Fer, mesure « 4 points » de la conductivité du cuivre, mesure d'un rapport de conductivité en utilisant les courants de Foucault, mesure de la conductivité thermique du cuivre, mesure du module d'Young d'une plaque de Dural.

La préparation s'est très bien déroulée ; j'ai construit les expériences les unes après les autres en prenant bien soin de préparer le tableau à chaque fois (incertitudes, théorie, courbes complémentaires comme par exemple l'évolution du flux du champ magnétique à travers les spires de mesure dans l'expérience de la chute de l'aimant) ; j'ai fait une synthèse rapide de ce que j'allais présenter, puis j'ai pris un bon quart d'heure avant l'entrée du jury pour boire, manger et prendre l'air : ça permet réellement d'avoir les idées claires pour les 40 minutes de passage et surtout pour les questions. Les techniciens passent très régulièrement pour savoir si le candidat a besoin de quelque chose : livre, matériel, tracé de courbe ... Comme j'ai su tout de suite quel matériel je souhaitais, ça m'a permis de partir directement le chercher avec deux techniciens sans perdre de temps ; ces derniers m'ont laissé choisir le matériel en me proposant eux-même de prendre du matériel de mon centre de préparation. Je leur ai demandé de monter l'expérience de la recalescence du fer, et de me remplir la cuve à onde. Ils m'ont aussi tracé la seconde courbe pour l'expérience de chute de l'aimant alors que je venais de faire la première.

Le jury a pris le parti de poser le plus de questions possible dans le temps imparti, ne me laissant que très peu de temps pour répondre, voir ne me laissant pas le temps de répondre si le début de ma réponse contenait les mots clefs attendus. Les questions ont tourné essentiellement autour de la barre thermique et ressemblaient fortement aux questions posées pendant l'année de préparation : n'y a-t-il pas d'autre moyen de mesurer la conductivité thermique juste en connaissant les températures de chaque extrémité de la barre ? Comment produire concrètement le créneau de température ? Pouvez-vous justifier par un ordre de grandeur qu'il faut deux heures pour que la barre se thermalise ? Ordres de grandeurs d'autres conductivités usuelles (gaz, bois, ...) ? Retour sur l'évolution du créneau de température dans la barre ? Légitimité de la solution sinusoidale ? Retour sur l'intérêt de la mesure à 4 points ? Applications ? Ensuite une examinatrice s'est focalisée sur l'expérience des courants de Foucault : retour sur la force de frottement fluide, paramètres pertinents dont dépend cette force, sens des courants dans le tube ? Que contient en plus le cuivre de plomberie ? En déduire si l'écart avec la valeur tabulée du rapport de conductivité va dans le bon sens ? Comment mesurer la masse volumique du Dural ? Enfin la seconde

examinatrice m'a demandé de revenir sur les incertitudes que j'avais calculées pour les vitesses des ondes sonores dans le Dural. Puis retour sur quelques réponses que j'avais donné aux deux autres membres du jury pour que je complète, sans piège. Il y avait en plus du jury six spectateurs.

Agrégation 2009 - Note : 10/20 - choix avec *Acquisition, analyse et traitement des signaux.*

Un seul des membres du jury sur les 3 a tout fait (chrono, questions et tout). Sur le montage à 4 fils : j'ai expliqué ma démarche sur le dessin que j'avais fait au tableau. Sur la diffusion thermique dans la barre de cuivre : je m'étais trompé en pensant que les capteurs étaient espacés de 3 cm alors qu'ils l'étaient de 5. Ça n'expliquait pas pourquoi je m'étais trompé d'un facteur 4. Le gars m'a cassé les pieds sur la solution que je postulais $T(x, t) = T_0 + A \exp(-x/\delta) \cos(\omega t - x/\delta)$. En fait il m'a parlé des conditions aux limites. Sur l'effet Hall, le gars m'a fait mettre un courant dans la lame, et il est apparu une ddp de 10 μV alors qu'avec le champ magnétique en plus la ddp est de 20 μV . En fait c'est dû au fait que la ddp mesurée est la tension de Hall + une chute ohmique. La solution : faire la moyenne entre la tension de Hall dans un sens et dans l'autre. J'ai trouvé une densité de porteurs de 10^{29} m^{-3} et comme j'avais pas de valeur tabulée, ils m'ont demandé de remonter à cet ordre de grandeur. Donc j'ai calculé le nombre d'atomes de Cu par unité de volume (à partir de la masse volumique, de la masse molaire et de la constante d'Avogadro).

MP18 : Matériaux semi-conducteurs.

Commentaires extraits des rapports de jury

2010 à 2013 : 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.

2008 : Il est essentiel de savoir différencier les régimes de conduction intrinsèque et extrinsèque.

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 11/20 - choix avec *Thermométrie.*

Mon montage a beaucoup péché du fait que tout mon matériel, sans exception, est tombé en panne durant ma préparation ou ma présentation. J'avais réussi à remettre (ou faire remettre) le tout en l'état juste avant le début du passage, mais je pense que cela a en fait plus été un handicap car cela a masqué mes difficultés de préparation en donnant l'impression d'une préparation sans incident. Du coup la maigreur des résultats que j'avais eu le temps d'obtenir en a été d'autant plus gênante. Le tout s'est fini par la panne de mon multimètre qui s'est mis à indiquer n'importe quoi pendant la présentation puis à clignoter⁴ ... On m'a interrogé sur le type de dopage de la thermistance et sur le détail de mes expériences, notamment sur l'effet Hall.

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.

4. NDR : C'est la signature classique du fait que les piles sont arrivées en fin de vie ; n'hésitez pas à demander un autre multimètre dans ce cas.

MP19 : Effets capacitifs.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.*

2011, 2012 : Le jury souhaite assister à des expériences ne se réduisant pas à celle du circuit RC ou du condensateur modèle.

2010 : 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 2009, le titre était : *Condensateurs ; effets capacitifs.*

2009 : Le stockage d'énergie n'est pas typique des effets capacitifs. L'intitulé de ce montage change en 2010 ; il devient *Condensateurs ; effets capacitifs. Applications* afin d'agrandir le champ d'étude.

2008 : Les *effets capacitifs* ne se limitent pas à l'exemple du filtre RC ou de la ligne coaxiale.

2007 : Le principe de fonctionnement d'un capacimètre doit être connu⁵. Les mesures ne doivent pas se limiter à l'étude du condensateur d'Aepinus ou à des mesures de capacité : les effets capacitifs de certains composants peuvent être abordés.

2006 : Pour mesurer des capacités de petite valeur, on ne peut pas négliger la capacité d'entrée de l'oscilloscope ou celle des câbles.

Jusqu'en 2000, le titre était : *Mesure des capacités électriques, propriétés des diélectriques.*

2000 : Même si les capacimètres commerciaux fonctionnent souvent à cette fréquence, l'étude ne peut pas être limitée à 1000 Hz. En outre la capacité d'un condensateur est en général plus aisée à déterminer avec précision que l'inductance d'une bobine (qui par ailleurs dépend de la fréquence) : cela rend peu convaincant l'usage de la résonance RLC série pour accéder à C ! La recherche de la sensibilité optimale d'un montage en pont est un exercice pénible, certes, mais il faut fixer les valeurs des éléments du pont pour travailler dans des conditions acceptables, à défaut d'être idéales.

1999 : On ne mesure pas de la même façon la capacité d'un condensateur si celui-ci est utilisé dans un domaine qui est pratiquement celui de l'électrostatique ou si la fréquence d'utilisation est de 50 kHz. La mesure au capacimètre n'est donc pas forcément la plus judicieuse. Par ailleurs, il ne suffit pas de choisir une expérience où intervient un condensateur pour en faire une méthode de mesure des capacités électriques : le modèle du multivibrateur astable à circuits logiques qui conduit à la formule $T = 2RC \ln 3$ contient des hypothèses trop grossières et ne permet d'obtenir qu'un ordre de grandeur, ce qui est évidemment d'autant plus regrettable que le montage est déjà sophistiqué. En revanche il peut être utilisé comme principe d'une mesure de comparaison. De même, il est peu satisfaisant de déterminer une capacité à partir de la formule $LC\omega^2 = 1$ en se plaçant à la résonance d'un circuit RLC série et en supposant connues les valeurs de C et de L, la valeur de celle-ci varie avec la fréquence, beaucoup plus en général que celle de la capacité, si bien qu'il est plus convaincant d'utiliser cette expérience pour la détermination de l'inductance d'une bobine. Les candidats peuvent également se demander pourquoi les boîtes de condensateurs de précision comportent trois bornes.

1997 : L'étude et la mesure des capacités doivent être étendues à de hautes fréquences où les propriétés des diélectriques modifient les valeurs mesurées.

5. Je conseille, faute de mieux, de lire les Techniques de l'ingénieur R1078 et R1079 sur le principe de fonctionnement des capacimètres et RCL-mètres modernes (M.)

Retour des années précédentes

Agrégation 2009 - Note : 19/20 - choix avec *Tension superficielle*.

Questions et commentaires du jury : Quelles hypothèses sont nécessaires pour dire que $C = \epsilon_0 \epsilon_r \cdot S/e$: on néglige les effets de bord ; si on ne les néglige pas, est-ce qu'on sous estime C par la formule ci-dessus ? Comment fait l'oscillo pour mesurer le déphasage ? Autre méthode pour calculer la fréquence de coupure ? Pour le circuit RC, qu'est-ce qu'on mesure vraiment ? *Il faut tenir compte de la capacité de l'oscillo et du câble coax, mais elles sont négligeables devant la capacité (100 nF) que j'ai choisie.* Pour le capacimètre, qu'est-ce qui limite la mesure ? Quelle est la plus petite valeur de capacité qu'on peut mesurer ? Justification du protocole pour la résistance de fuite ? Autre méthode pour mesurer la résistance de fuite ? *Ce que j'ai fait, c'est fitter la courbe par une exponentielle (ça marche pas mais ça donne le bon odg), j'ai suggéré la méthode de la tangente à l'origine ou la méthode des 63 %.*

Commentaires personnels : techniciens très sympas qui ont fait toutes les mesures répétitives pour le condensateur d'Aepinus et pour étalonner le multivibrateur (je leur ai quand même demandé une trentaine de point). J'ai pas eu tout le matériel que je voulais, alors j'ai du utiliser le matos d'autres prépas (qui marche très bien d'ailleurs). Sinon j'ai fait la plupart des branchements en direct devant le Jury.

Agrégation 2010 - Note : 16/20 - choix avec *Amplification de signaux*.

Questions et commentaires du jury : pourquoi la courbe d'Aepinus n'est pas une droite sur toute la gamme de points ? Pourquoi ne retrouve-t-on pas le bon ϵ_0 ? (*humidité de l'air*). Connaissez-vous la valeur du ϵ_r de l'eau ? Donner un ordre de grandeur de l'influence de l'eau avec une humidité de 100% (*il faisait très chaud et très moite à St Maur ce jour là*). Comment calculez-vous vos incertitudes ? Pourquoi la mesure de C avec le multivibrateur astable est-elle mieux qu'avec le circuit résonnant RLC ? Quelle est la résistance du circuit RLC (résistor+résistance de la bobine+résistance interne du GBF) ? L'avez-vous prise en compte ? (*non, parce que je m'intéressais à la résonance en intensité*). Vous avez mesuré la capacité parasite du câble coaxial. Comment aurait été modifiée sa valeur si on l'avait mesuré au point moitié ?

Commentaires personnels : dernière épreuve de la journée, par une chaleur écrasante, le jury était aussi fatigué que moi. J'ai passé 5 min pendant les questions à retrouver un 10^3 qui m'avait manqué pendant la présentation. Ils ont été indulgents. J'ai fait un montage très simple (terminé sur le diagramme de bode d'un RC) en soignant les calculs d'incertitude, en montant tout en direct et en minimisant le matériel. De toute façon, il faisait trop chaud pour faire quelque chose de compliqué. Les techniciens (appelés papa et maman) sont fantastiques, ils ont fait une courbe quatre fois de suite pour améliorer mes points.

Agrégation 2012 - Note : 17/20

Sur le condensateur d'Aepinus, ils sont revenus sur les limites du modèle, et m'ont demandé de comparer la valeur que je trouvais pour la capacité des fils à celle obtenue pour le câble coax (ça collait très bien en ODG). Sur le multivibrateur astable ils m'ont demandé d'expliquer simplement le principe de cet oscillateur à relaxation, pourquoi si on supprime la rétroaction positive sur le 2ème AO ça ne marche plus ; si la fréquence de l'oscillateur était adaptée à la mesure de capacité du câble coax (ce que j'ai fait tout de suite après). J'avais modélisé la courbe d'étalonnage par une droite affine, et la pente différait légèrement de la pente théorique. Ils m'ont fait fitter par une droite linéaire et ça a donné une pente pile poil dans les barres d'erreur. J'ai ensuite mesuré la capacité du coax en utilisant les propriétés propagatives du câble (à partir de la célérité et l'impédance caractéristique), ça collait parfaitement avec la mesure au multivibrateur. Enfin sur le filtrage RC, ils m'ont demandé comment j'aurais pu simplement transformer ce filtre en filtre actif (en mettant un suiveur), en quoi ça aurait été un filtre actif. Ils m'ont fait dire que le filtre RC en HF intègre à la composante continue.

Agrégation 2012 - Note : 10/20

Ordonnée à l'origine de la courbe de la capacité du condensateur d'Aepinus en fonction de l'inverse de son épaisseur. Quels effets à petite distance ? Pourquoi la modélisation n'est plus vraie ? Précision de la mesure de C par résonance RLC ? Validité de la mesure de C du câble coaxial ?

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

2014 : 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.

2011 et 2012 : La notion d'inductance mutuelle est souvent oubliée ou mal dégagée, par suite de mauvais choix dans les protocoles expérimentaux.

2010 : 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.

2009 : L'observation subjective d'un retard à l'allumage d'une lampe ne peut être qu'une introduction qualitative du phénomène d'auto-induction qui doit être illustré par des mesures précises et une confrontation entre la mesure et le modèle décrivant le phénomène. L'étude du rendement du transformateur n'a pas sa place dans ce montage.

1999 : Il est préférable de ne pas s'attarder trop longtemps sur les expériences qualitatives préliminaires de mise en évidence du phénomène. En revanche, du temps peut être utilement consacré à effectuer des mesures soignées de l'impédance associée aux bobines. Il convient de rappeler que, pour les montages en pont (Maxwell, Sauter, ...), la sensibilité obtenue n'est optimale que si une réflexion préalable a été menée. N'importe quelle combinaison d'impédances ne répond évidemment pas de façon correcte au problème posé.

Jusqu'en 1998, le titre était : *Auto-induction : tension, énergie. Caractérisations et mesures. Applications.*

1998 : Le flux magnétique créé par un courant à travers une bobine n'est proportionnel à l'intensité de ce courant ($\phi = Li$) qu'en l'absence de noyau ferromagnétique. La différence entre le modèle théorique que constitue une inductance pure (à laquelle on peut ajouter une résistance série) et une bobine concrète n'apparaît pas toujours clairement. Cette dernière peut révéler des surprises dès que la fréquence augmente quelque peu, alors qu'il n'en est évidemment pas de même du modèle. Les bobines sont évidemment utilisées dans des circuits électriques, RLC série, notamment. Il ne faut pas perdre de vue le titre du montage : toutes les propriétés des circuits utilisés n'ont pas forcément de rapport direct avec le sujet (largeur de la bande passante, notamment).

Retour des années précédentes

Agrégation 2009 - Note : 13/20 - choix avec *Lasers*.

Questions et commentaires du jury : comment avez-vous choisi les valeurs des composants pour vos différentes manipulations ? Comment avez-vous étalonné l'électroaimant ? Utilisez devant nous le teslamètre. Pourquoi doit-il être le plus orthogonal possible aux lignes de champ ? Lors de la manipulation de « l'inductance mutuelle » on voyait sur l'écran de l'oscilloscope non pas des carrés parfaits, mais des carrés avec une légère oscillation sur le haut des carrés, d'où ça vient ? Dans votre circuit RLC, que vaut R ? Comment déterminer expérimentalement le C de votre circuit RLC ? Expliquer comment vous avez déterminé vos barres d'erreur ? Comment aurait-on pu déterminer le L du RLC autrement ? Comment est liée L au nombre de spires ?

Commentaires personnels : les techniciens m'ont extrêmement aidé : ils ont monté et fait entièrement 2 manipulations. Ils m'appelaient lorsqu'ils rencontraient une difficulté afin que je ne bloque pas dessus devant le jury. Sinon, attention à Regressi qui n'enregistre pas les incertitudes mais seulement les valeurs expérimentales. Les techniciens ont prévenu le jury que j'avais perdu les barres d'erreurs d'une manipulation.

Agrégation 2009 - Note : 06/20 - choix avec *Interférences lumineuses ; conditions d'obtention*.

La préparation a été stressante car j'ai perdu trop de temps à faire la manip avec le fluxmètre. J'ai dû changer 2 fois d'AO car impossible de régler l'offset. Ensuite les valeurs de la ddp induite que j'obtenais étaient incohérentes. Bref, j'ai passé quasiment 3 heures à faire cette manip. Le pire c'est que pendant la présentation je n'arrivais plus à régler l'offset de l'AO, j'ai paniqué et je n'ai pu faire aucune mesure quantitative sur cette partie. La seule mesure quantitative que j'ai faite c'est la mesure de L. Je n'avais pas eu le temps d'exploiter le transformateur en préparation mais j'avais quand même choisi de le présenter, ce qui a été une erreur.

Agrégation 2010 - Note : 09/20 - choix avec *Mise en forme, transport et détection de l'information.*

Commentaires personnels : Mon plan : I. Vérification de la loi de Faraday ; II. Mesure d'une inductance mutuelle et dépendance en la distance ; III. Auto-induction : mesure de l'inductance d'une bobine par la résonance d'un circuit RLC ; IV. Application à la conversion électro-mécanique : la machine à courant continu. La préparation a été plutôt speed et il vaut mieux ne pas prévoir trop de choses. Je n'avais par exemple pas eu le temps de voir les problèmes sur mes courbes, je n'avais donc pas pu essayer d'y répondre avant que le jury ne me pose la question. Là encore les techniciens étaient supers avec même une ou deux blagues pour essayer de détendre l'atmosphère !

Questions et commentaires du jury : sur quel principe physique fonctionne le teslamètre ? Ensuite j'ai eu des soucis sur les résultats obtenus pour les 2 premières manip : une pente de 10^{-5} au lieu de 1... donc ils sont revenus dessus (apparemment ils n'ont pas non plus réussi à l'expliquer...) et ils sont aussi revenus sur la manip du II qui me donnait une droite qui ne passait pas par zéro alors qu'elle aurait dû. Ils m'ont posé quelques questions sur les machines : quel est le fonctionnement du tachymètre ? Pourquoi est-ce que cette machine est dite « à courant continu » ? Pourquoi quand on trace la droite $U = k\phi\omega$ on n'obtient pas une droite qui passe par zéro ?

MP21 : Production et conversion d'énergie électrique.**Commentaires extraits des rapports de jury**

2014 : 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.

2012 : Suite aux remarques des années précédentes l'utilisation du régime nominal de fonctionnement a été plus répandue cette session. Le transformateur n'est pas le seul dispositif pouvant être présenté dans ce montage.

2011 : Suite aux remarques des années précédentes l'utilisation du régime nominal de fonctionnement a été plus répandue cette session.

2010 : 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.

2009 : Le jury souhaiterait voir de réelles mesures de puissance, pour des convertisseurs utilisés en régime nominal.

2008 : Le transformateur est souvent utilisé pour les montages 16, 20, 21, 40. Les candidats ignorent généralement l'origine de la loi sur les courants pour le transformateur idéal ainsi que la notion de courant magnétisant. En outre, la visualisation à l'oscilloscope du cycle d'hystérésis est trop souvent assortie d'erreurs de calibration des axes (H, B), conduisant ainsi à des estimations de pertes par mesure d'aires dénuées de sens.

2007 : Il s'agit de conversion de puissance, non de conversion de signal.

2005 : Les hacheurs (même sous la forme série, la plus simple) ne sont pas utilisés pour alimenter les moteurs à courant continu.

Jusqu'en 2004, le titre était : *Conversion de puissance (électrique-électrique, électromécanique...).*

2004 : Ce montage, relativement peu choisi cette année, a donné lieu à des prestations assez pauvres, alors que des matériels d'électrotechnique adéquats sont disponibles. La conversion électrique-électrique semble se limiter, sauf exception, au transformateur et, pire, la conversion électrique-mécanique à de vagues principes. Il y a pourtant dans la collection ce qu'il faut pour des mesures de rendements électromécaniques : sur ce point, il est préférable de bien expliquer les fonctions de chacun des éléments de la chaîne de conversion (ce qui suppose qu'elles sont bien comprises), plutôt que de se contenter d'estimer un rendement global dont l'interprétation ne débouche sur rien de vérifiable. Notons, en remarque technique, qu'il est souhaitable que tous les bancs de manipulations d'électrotechnique soient complets, c'est à dire avec leurs alimentations, hacheurs et systèmes de mesures spécifiques complets ; globalement, sur l'ensemble de la collection, il est vrai qu'il est toujours possible de se débrouiller.

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 11/20 - choix avec *Capteurs et transducteurs*.

Questions sur le principe du transformateur et principalement sur les pertes et la justification de ce qu'on peut négliger et pourquoi ; pas de questions en revanche sur la conversion alternatif-continu. Comment les pertes par hystérésis, par courants de Foucault, et les pertes cuivre dépendent-elles de la fréquence ? Comment fonctionne l'oscilloscope numérique ? Pourquoi avoir fait la mesure à l'oscilloscope plutôt qu'au voltmètre ? Leurs commentaires : montage globalement correct, manque de connaissances sur le calcul du rendement par pertes séparées, je n'ai pas présenté toutes les expériences prévues (il en manquait 2) et ça m'a été reproché.

Agrégation 2011 - Note : 07/20

Retour sur les mesures, je n'avais pas parlé d'incertitude, le jury est revenu dessus à deux reprises. mesure de I_2/I_1 , je trouvais deux fois plus que pour U_1/U_2 , sans pouvoir le justifier. Cycle d'hysteresis du transformateur : que peut-on en déduire ? J'avais parlé de puissance dissipée pendant le montage, j'ai précisé que c'était illustratif car on ne dispose pas de la géométrie ni de l'enroulement, ni du noyau. Ça n'a pas semblé être la réponse attendue. Vous avez évoqué pertes par hysteresis et courant de Foucault : à quoi ressemblerait $B = f(H)$ en l'absence d'hysteresis ? J'ai utilisé les capteurs courant/tension de l'école : comment ça marche ? Quelle gamme d'utilisation ? Autre méthode de filtrage que le RC ? Les techniciens étaient très disponibles mais je ne les ai pas (assez ?) mis à contribution. J'ai eu le malheur de brancher le condo électrochimique à l'envers pendant le montage : ça n'a pas manqué de partir en fumée...

Agrégation 2012 - Note : 14/20 - choix avec *Phénomènes dissipatifs*.

Questions et commentaires du jury : intérêt de la conversion de puissance ? Dans votre mesure des pertes fer, y a-t-il quand même des pertes cuivre ? Principe de fonctionnement du wattmètre ? Intérêt d'un montage amont ou aval ? Pourquoi a-t-on le même facteur de transformation pour les tensions lors de l'étude à vide, et pour les courants lors de l'étude en court-circuit ? Quel est le modèle sous-jacent ? Que signifie l'incertitude donnée lors d'une régression linéaire avec Regressi ? On trouve des pertes fer en U^2/R avec $R = 30 \text{ k}\Omega$ et des pertes cuivre en $R'I^2$ avec $R' = 30 \text{ }\Omega$. Est-ce un comportement prévisible pour les pertes fer ? Pour les pertes cuivre ? R est-il une caractéristique du matériau ? Comment étudier les pertes par hystérésis ? Définition d'un matériau dur, et doux ? R' est petit devant R , doit-on en déduire que les pertes Joule sont toujours négligeables en charge ? Que contient l'alternostat ? Quelle est la fréquence du secteur ? Comment caractériser la qualité du lissage par le pont de Graetz autrement qu'avec le taux d'ondulation ? à quoi ressemble le spectre du signal en sortie du pont (avant le filtre RC) ?

Commentaires personnels : J'ai présenté une étude complète du transformateur (présentation du transformateur didactique, pertes fer, cuivre, étude en charge), puis le redressement par pont de Graetz (mesure du taux d'ondulation en fonction de la résistance du filtre), et j'avais monté le hacheur dévolteur mais je n'ai pas eu le temps de le présenter. Comme il y a peu de manipulations, j'ai fait toutes les mesures moi-même. Les techniciens étaient très bien, ont été choisis le matériel que je voulais, et m'ont rentré tous les points dans Regressi. Avec ce genre de montage, il est bon de savoir où est le disjoncteur dans la salle et de sauvegarder régulièrement. Ça a disjoncté deux fois (dont une pendant le montage ...) mais par chance, dans la salle où j'étais, l'ordinateur était branché sur un disjoncteur autonome donc pas de problème, mais il faut faire attention, ce n'est pas le cas dans toutes les salles. Aux confessions, ils m'ont dit que le choix des expériences leur convenait très bien, que j'avais manipulé correctement mais pas assez vérifié les différentes hypothèses que je faisais, et qu'il leur a semblé que je manquais de recul sur les protocoles.

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 dû 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 ?

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 repréciser 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.

MP22 : Amplification de signaux

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

2009 : Les notions d'impédance et de rendement sont trop souvent éludées.

2008 : La limite de linéarité de l'amplificateur opérationnel n'a pas pour seule origine la saturation en tension.

2007 : La notion d'impédance d'entrée et d'impédance de sortie des amplificateurs doit être abordée.

Retour des années précédentes

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 question sur ça je leur ai 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 β , 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 β ? (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 β ? 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 misais 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 4 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

2014 : 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.

2012 : Comme l'indique son titre, ce montage comporte trois parties d'égale importance ; il se prête bien à la réalisation d'une chaîne complète traitant des trois aspects. Il est souhaitable de connaître les différentes solutions technologiques employées dans les applications de la vie quotidienne. Ce montage ne doit pas se restreindre à la modulation et démodulation d'amplitude. Dans le cas de la démodulation synchrone, le problème de récupération de la porteuse doit être soigneusement étudié. Ce montage suppose une connaissance argumentée des choix en radio AM, radio FM, téléphonie mobile... Il convient aussi de se demander comment passer de l'étude élémentaire d'un signal informatif purement sinusoïdal au cas d'une ou plusieurs conversations téléphoniques par exemple. Rappelons enfin l'importance des fibres optiques en télécommunications.

2010 et 2011 : 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.

Jusqu'en 2008, le titre était : *Télécommunication : mise en forme, transmission et détection de l'information*.

2008 : Une expérience qualitative de transmission par fibre optique n'a d'intérêt que si elle fait intervenir des dispositifs dont l'un au moins a été étudié par le candidat.

signaux

1999 : Plusieurs candidats ont confondu filtrage et démodulation d'amplitude. Les deux fonctions ont des points communs (en plus, un filtrage est souvent nécessaire après détection) mais présentent des différences. En effet, le filtrage correspond à des phénomènes linéaires : si on envoie la somme de 2 signaux de fréquences différentes sur un filtre, celui-ci réagit en donnant la somme des réponses qu'il fournirait s'il recevait séparément chaque signal, il est entendu que le rapport sortie/entrée varie avec la fréquence. Au contraire, la démodulation n'est pas un phénomène linéaire : la porteuse et le signal modulant ne sont pas additionnés mais le plus souvent multipliés. La fréquence la plus faible est en quelque sorte mieux cachée. La démodulation nécessite une diode de détection qui est un composant non-linéaire ; c'est une opération plus complexe que le filtrage. Nombreux sont les cas où elle n'a pas pu être réalisée. La démodulation synchrone est trop souvent absente. Le problème de la récupération de la porteuse n'a jamais été évoqué.

MP24 : Acquisition, analyse et traitement des signaux

Commentaires extraits des rapports de jury

2013 et 2014 : 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.

2011 et 2012 : Les caractéristiques de la numérisation d'un signal ont été mieux illustrées cette année. L'analyse des signaux ne se limite pas à une FFT sur un oscilloscope. L'aspect traitement du signal est trop souvent absent notamment le rapport signal/bruit.

2010 : L'étude exhaustive d'un circuit RLC série n'a pas sa place dans ce montage, même si ce circuit peut servir à illustrer la réduction du bruit sur un signal de fréquence donnée. 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.

2008 : La partie « acquisition » est souvent omise.

2004 : Les candidats ont très souvent recours à la « périodisation » du signal préalablement à l'analyse de Fourier par certains logiciels. Cette démarche est pour le moins étrange : périodiser suppose connue la période du signal et on peut dès lors s'interroger sur la pertinence de l'analyse de Fourier subséquente. Les candidats perdent du coup de vue le rôle de la durée totale d'enregistrement sur la résolution spectrale associée à la transformée de Fourier.

Jusqu'en 1997, le titre était : *Quelques exemples d'analyse et de traitement de signaux comportant éventuellement du bruit.*

1997 : La détection synchrone compte parmi les méthodes de traitement du signal et son principe peut être illustré dans ce montage qui doit par ailleurs souligner l'importance des méthodes numériques actuelles.

1996 : Le montage sur l'acquisition et le traitement de données expérimentales a souvent été présenté au moyen de maquettes ou de logiciels qui peuvent se révéler décevants si le candidat fait de leur utilisation le but du montage au lieu de les considérer comme un outil destiné à une meilleure présentation des phénomènes. Il faut également mettre en garde les utilisateurs sur le danger présenté par les logiciels dont ils ne dominent pas la complexité.

Retour des années précédentes

Agrégation 2010 - Note : 08/20 - choix avec *Métaux*.

Limitation en amplitude de l'échantillonneur bloqueur ? Qu'est-ce qu'il y a dans un échantillonneur bloqueur, fonctionnement ? Pourquoi fait-on un convertisseur simple rampe, pourquoi préférer mesurer un temps ? Sources d'incertitudes sur la mesure du temps ? Amélioration simple rampe, pourquoi c'est mieux ? Pour simple rampe on a la pente de la courbe tension(temps), qu'est-ce qu'on en fait ? Repliement de spectre, c'est quoi ? Illustrer sur un axe en fréquence. C'est quoi une harmonique ?

Agrégation 2011 - Note : 11/20

(I) Acquisition. — (1) la manip du hacheur optique avec une photodiode pour expliquer le principe physique de l'acquisition. (ils ont posé quelques questions sur le fonctionnement de la photodiode et ce que je voulais montrer avec cette expérience) (2) l'échantillonneur-bloqueur, en boîte noire. J'avais vérifié comment ça marchait juste avant donc j'ai pu expliquer simplement le fonctionnement quand ils me l'ont demandé. Ils sont tout de même lourdement revenus là-dessus en essayant de me faire comprendre que je pouvais montrer la même chose avec un oscillo dont l'échantillonnage serait mal réglé par exemple (je ne suis toujours pas sûre que ce soit ça qu'ils voulaient me faire dire...) (3) le cas simple rampe, d'abord sans la chaîne avec le relais et le chronocompteur que j'ai ajouté uniquement à la fin pour montrer qu'on pouvait aussi avoir un affichage. (lors de la rencontre avec le jury, on m'a dit que cela avait été beaucoup apprécié que je montre la chaîne d'acquisition dans son entier, en allant jusqu'à l'affichage numérique, sans pour autant le mettre tout de suite)

(II) Traitement et analyse. — Acquisition d'un sinus ou d'un carré avec SYNCHRONIE et illustration de tout ce qui peut être embêtant lors de l'acquisition : l'échantillonnage et le critère de Shannon, les fenêtres de durée pour la FFT de SYNCHRONIE, la reconstruction d'un signal à partir d'un spectre tronqué ... Globalement assez qualitatif, je me suis un peu fait embêter sur les questions de traitement du signal théorique, je n'étais clairement pas au point même si j'avais relu des trucs qui m'ont permis de répondre à deux ou trois choses.

Le jury m'a dit que ma première partie était très bien, très solide et construite, mais que ma deuxième partie était plus brouillon et à retravailler.

MP25 : Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu).

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

2012, 2011 : La résolution spectrale lors d'une transformée de Fourier discrète n'est pas toujours connue. Même si un stroboscope présente un intérêt pédagogique, il ne saurait être préféré à un fréquencemètre. Lorsqu'on dispose d'une méthode plus précise, l'utilisation du chronomètre n'est pas recommandée.

2010 : 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.

2007 : Le candidat doit avoir un minimum de connaissances sur la fonction FFT des logiciels spécialisés ou des oscilloscopes.

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 11/20 - choix avec *Dynamique des fluides*.

Beaucoup de questions sur l'estimation des incertitudes dans la mesure par FFT ; des questions sur les protocoles expérimentaux tout à fait classiques. Le jury m'a reproché de n'avoir pas assez développé les incertitudes, et d'avoir fait trop d'électronique. Par ailleurs, je n'ai pu avoir tous les composants logiques que je souhaitais en CMOS ou en TTL, j'ai dû mélanger les deux en sous-alimentant les CMOS ... pas forcément idéal.

Agrégation 2010 - Note : 08/20 - choix avec *Transition de phase*.

Que signifie TTL ? Pourquoi pour l'étude du phénomène de battements entre deux diapasons n'obtenait-on pas un minimum d'amplitude nul ? Comment fonctionne un compteur ? Que pouvait-on améliorer sur le montage du fréquence-mètre pour mesurer une fréquence à quatre chiffres ?

Agrégation 2012 - Note : 14/20 - choix avec *Photorécepteurs*.

J'ai fait un montage qui ne présentait pas de manip très compliquée et j'avais peur qu'il soit jugé trop simple à mettre en oeuvre, mais pas du tout. Le jury est visiblement beaucoup plus sensible à la pertinence du choix des manip et à la clarté des explications qu'à la complexité de celles-ci. Ils m'ont posé beaucoup de questions sur les incertitudes. Quand on fait une série de mesures identiques : comment en déduire une incertitude ? Vous dites que la répartition des résultats sera gaussienne, quelle hypothèse se cache derrière ce résultat ? Comment calcule-t-on une variance ? Qu'est-ce qu'un intervalle de confiance ? Que se passe-t-il s'il y a une erreur systématique ? Comment justifiez-vous la façon dont vous avez effectué vos mesures ? Puis des questions sur le fonctionnement du fréquencemètre et les capacités des appareils commerciaux et l'origine de ces limitations. Ensuite des questions sur l'utilisation que j'avais faite du stroboscope et les risques d'erreur (je me suis complètement embrouillé la dessus). J'avais montré de manière qualitative les battements acoustiques entendus pour deux diapasons désaccordés, ils m'ont demandé comment rendre cela quantitatif. Puis des questions sur la résolution d'une transformée de Fourier : l'échantillonnage, le choix de la fenêtre et de sa taille pour la FFT.

Agrégation 2012 - Note : 14/20 - choix avec *Instrument(s) d'optique*.

J'ai présenté 5 expériences : le pendule simple au chronomètre, le principe du fréquencemètre avec le boîtier + application à la mesure de la fréquence d'un diapason, stroboscope (j'ai fait une régression linéaire en repérant plusieurs fréquences multiples), battements acoustiques avec 2 diapasons différents (mesure directe par comparaison + par transformée de Fourier sur une acquisition « longue »), mesure des fréquences propres des 4 pendules couplés (avec VidéoCom).

Les techniciens étaient vraiment très gentils : mettent en confiance dès le début, aident à aller chercher le matériel en suggérant de prendre une alim pour le boîtier qui a l'air d'en nécessiter une ou de quoi fixer le micro ... tout en laissant choisir, puis ils m'ont sorti sur les tables le matériel là où je le demandais, et je n'avais qu'à aller les chercher dans le couloir quand il me manquait quelque chose ou pour une mesure répétitive. Les profs préparateurs sont passés 3 fois pour vérifier que le nombre d'expériences n'était pas délirant, voir si je n'étais pas trop en retard, et m'ont conseillé de faire des captures d'écran au cas où l'ordinateur planterait. Les 3 membres du jury posent leurs questions en même temps en reprenant le montage manip après manip. à chaque fois, un membre du jury pose sa question, puis me laisse tout mon temps pour répondre, et quand j'ai fini de parler passe à la question suivante : assez peu de « dialogue » avec le jury, par contre je n'étais jamais coupé non plus (en fait je ne savais jamais vraiment si j'avais répondu à la question, ou même bien compris la question !).

Sur la fréquence du pendule simple : le pendule n'oscille pas parfaitement dans un plan, est-ce un problème pour la mesure ? Approximation des petits angles ? Est-ce réellement un « pendule simple » ? Sur le principe du fréquencemètre : comment fonctionne un compteur (en gros qu'y a-t-il à l'intérieur des boîtiers qui font compteur + affichage) ? Sur le stroboscope : peut-on comparer la valeur obtenue à quelque chose ? Sur le diapason : quel est le rôle de la caisse de résonance ? Sur les pseudo-battements avec 2 diapasons : pourquoi l'amplitude ne s'annule-t-elle jamais totalement ? Sur la transformée de Fourier de ces mêmes battements : pourquoi y a-t-il plein de pics secondaires autour de la fréquence 440 Hz (premier diapason), et pas autour du 480 Hz (second diapason) ? Sur les 4 pendules couplés : commenter l'allure des pics, en amplitude et en fréquence (les amplitudes sont de plus en plus faibles, et les pics de plus en plus rapprochés en fréquence, interpréter).

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 fréquencemètre et diapason : changer la fréquence de mesure pour vérifier ? Rôle 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.

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 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)

MP26 : Mesure de longueurs.**Commentaires extraits des rapports de jury**

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.

2012 : Le jury a pu assister à des montages variés et bien structurés, balayant les diverses échelles de longueurs, de l'infiniment petit à l'infiniment grand. Cependant, les incertitudes, malgré leur importance dans ce montage, sont souvent très mal gérées et mal hiérarchisées.

2011 : Le jury a pu assister cette année à des montages variés et bien structurés. Cependant, les incertitudes, malgré leur importance dans ce montage, sont souvent très mal gérées et mal hiérarchisées.

2010 : Il est dommage de voir tant de montages à prétention métrologique où les incertitudes sont très mal gérées.

2009 : Il est inutile d'utiliser un interféromètre de Michelson pour déterminer la différence de marche engendrée par une lame de microscope si on cherche à déterminer son épaisseur avec un indice peu précis !

2005 : Les appareils de mesure traditionnels (palmer, mètre-ruban) permettent de vérifier les valeurs obtenues par des méthodes dont on cherche à illustrer le principe.

Retour des années précédentes

Agrégation 2012 - Note : 14/20

Plan : méthode de la parallaxe, diffraction par un cheveu, épaisseur d'une lame d'air avec Michelson, diffraction d'électrons. — Parallaxe : j'avais visé par la fenêtre l'autre aile du bâtiment, à environ 200m. J'ai beaucoup galéré à faire ouvrir la fenêtre, placer les goniomètres assez haut (je devais monter sur une chaise pour régler et mesurer les angles...), mais ça en valait le peine ! Un technicien extra est allé de son propre chef compter le nombre de dalles dans le couloir entre les deux ailes pour que j'ai une comparaison possible !! Calcul d'incertitudes : besoin de se mettre en radians ? Pourquoi mesurer la distance entre le centre des gonios et par la distance entre les deux lunettes ? Pourquoi aligner avec les réticules ? — Diffraction : évolution des barres d'erreur avec la taille de la fente (mon ordi s'est éteint pendant la présentation à cause d'une coupure de courant, et Regressi avait donc mangé les barres d'erreur). Comment estimer l'incertitude sur la taille du cheveu, sachant que l'on a une courbe d'étalonnage ? — Lame de verre : facteur 2 (je m'étais plantée...). Pourquoi a-t-on l'apparition des franges en deux temps ? Pourquoi ne pas avoir mis un repère sur l'écran pour avoir la position exacte de la frange noire ? (en fait l'incertitude de la lecture sur le vernier est plus grande). Questions sur la dispersion d'indice du verre, où ils ont dû beaucoup me guider.

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 ? Pourquoi obtient-on deux cercles lumineux ? Pourquoi les électrons sont-ils diffractés ?

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 2θ , qu'est-ce qui diffracte ? Comment peut-on voir que c'est une poudre ?

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'explicitier 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 : 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 manip : (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.

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 : 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.

2010 et 2011 : 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.

2009 : L'utilisation de « boîtes noires » présentant des défauts introduits exprès pour qu'on les corrige par asservissement ne fait qu'illustrer l'incapacité des candidats à aborder des problèmes pratiques réels. Le monde moderne regorge pourtant de systèmes asservis.

Jusqu'en 2008, le titre était : *Asservissement d'une grandeur physique ; applications*.

2007 : La connaissance du comportement en fréquence des quadripôles est nécessaire pour discuter les propriétés d'un système bouclé. Le tracé d'un diagramme de Bode peut faciliter la présentation.

Jusqu'en 2004, le titre était : *Asservissement d'une grandeur physique*.

2004 : Il n'est pas nécessaire de se lancer dans des prestations trop techniques ou trop ambitieuses. Ce montage peut donner lieu à une bonne liaison entre mesure et grandeur physique, pour peu que l'on ne perde pas de vue la mise en valeur de la grandeur physique elle-même. Cela dit, les méthodes de corrections « PID » peuvent être montrées simplement sur des exemples judicieusement calibrés.

1998 : On peut bien entendu se limiter aux asservissements analogiques et laisser, sur ce sujet, les techniques numériques aux spécialistes. Le choix du dispositif, ainsi que celui de la grandeur asservie, sont laissés au candidat. Certains dispositifs un peu sophistiqués permettent d'illustrer assez complètement de nombreux aspects du sujet. Mais, il est dangereux d'utiliser une maquette dont on ne connaît pas le principe. Il existe des montages plus simples utilisant par exemple un correcteur (PI, PID, ...) et permettant l'étude de l'asservissement de vitesse (ou de position) d'un moteur. Bien qu'on exige davantage à l'agrégation, il faut savoir qu'une simple régulation de température en tout ou rien permet déjà de montrer un certain nombre de phénomènes.

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.

2012 : Un oscillateur à quartz serait le bienvenu avec son fort facteur de qualité. Le rôle de la phase pour la détermination de la fréquence d'oscillation est rarement utilisé. Penser aussi aux nombreuses applications.

2010, 2011 : Un oscillateur à quartz serait le bienvenu avec son fort facteur de qualité. Le rôle de la phase dans le critère de Barkhausen pour la détermination de la fréquence d'oscillation est rarement compris.

2009 : De nombreux candidats ignorent l'importance des retards de phase dans l'étude de la stabilité des systèmes.

2008 : Les conditions d'oscillation auto-entretenues doivent être maîtrisées.

Jusqu'en 2007, le titre était : *Oscillateurs*.

Jusqu'en 1999, le titre était : *Oscillateurs quasisinusoïdaux et oscillateurs de relaxation*.

1999 : La mise en évidence du caractère imparfaitement sinusoïdal des oscillations, obtenues par exemple à l'aide d'un dispositif à résistance négative est rarement faite, on pourra utiliser un analyseur de spectre ou visualiser la tension aux bornes de la bobine plutôt qu'aux armatures du condensateur l'intensité instantanée contient des harmoniques que la dérivation renforce et que l'intégration atténue par rapport au fondamental. Une réflexion sur l'amplitude obtenue s'impose également.

1997 : Il est dommage de se priver de l'exemple d'un oscillateur à quartz.

Retour des années précédentes

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 2010 - Note : 03/20 - choix avec *Thermométrie*.

Précisions sur toutes les quantités qu'on manipule avec la cavité confocale. Sens physique de la finesse, de la résolution, de l'intervalle spectral libre ?

Premier commentaire du jury en plein montage, ça m'a saoulé ! J'ai présenté l'AO boucle ouverte, puis l'ampli inverseur, l'asservissement en position (que j'ai été bien incapable de faire fonctionner) et le laser. Une vraie catastrophe malgré des techniciens très disponibles et très gentils, j'ai paniqué et fait une présentation lamentable qui vaut bien la note.

Agrégation 2012 - Note : 06/20

Tous les systèmes bouclés ont un produit « gain \times bande passante = constante » ? Sur quoi peut-on jouer sur l'asservissement, à part le gain ? à part le gain, quelle est l'autre condition de stabilité ? Pourquoi choisir des portes NAND ? Intérêt en électronique ?

Agrégation 2012 - Note : 13/20

Dans le montage d'ampli OP en boucle ouverte (cf. Duffait), à quoi sert la résistance reliant l'entrée au point « A » ? Dans ce même montage, si on n'a pas pu atteindre le palier auquel l'AO est passe-bas, que peut-on quand même tirer de la courbe ? La propriété « produit gain \times bande passante = constante » est-elle quelque chose de général ? Comment fonctionne un oscillateur commandé en tension ? Quel est le principe de fonctionnement d'une radio ?

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 Ω plutôt que de l'ordre du Ω ? 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 2008 - Note : 02/20 - choix avec *Émission et absorption dans le domaine optique.***

Caractéristiques statiques/dynamiques de l'AO ? à propos du dipole à « résistance négative », vérification de la caractéristique $i(U)$. Pour l'oscillateur à relaxation, quel est le rôle du second AO du montage ?

Agrégation 2011 - Note : 11/20

Pouvez-vous expliquer de nouveau le rôle des différents éléments de l'oscillateur à pont de Wien ? En quoi est-ce un oscillateur auto-entretenu ? En quoi est-il quasi-sinusoïdal ? Pourquoi utilise-t-on un quartz comme oscillateur dans les montres ? Pouvez-vous revenir sur la détermination des incertitudes dans le montage de l'oscillateur à pont de Wien ? Pouvez-vous expliquer le fonctionnement du vase de Tantale ? En quoi est-ce un oscillateur auto-entretenu ? Pouvez-vous expliquer la génération des oscillations dans le multivibrateur astable ? Quel critère permet de prévoir son comportement ?

Les techniciens et les profs préparateurs sont extrêmement dévoués et bienveillants, il ne faut pas hésiter à les solliciter (avec politesse bien sûr). Leur aide se révèle très précieuse en temps limité. Concernant les membres du jury, ils sont attentifs et bienveillants. Ils ne laissent rien transparaître ! C'est pourquoi il me semble très important de ne pas se laisser déconcentrer soi-même en tentant d'interpréter leur attitude.

Agrégation 2012 - Note : 04/20

Comment peut-on déterminer simplement la fréquence de résonance de l'oscillateur de Wien en boucle ouverte ? Quel est le lien entre la fréquence de résonance et la résistance qui détermine le départ des oscillations ?

Agrégation 2013 - Note : 07/20

Précision du fréquencemètre 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 ?

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 : 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 sympa 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.

MP28 : Instabilités et phénomènes non-linéaires.**Commentaires extraits des rapports de jury**

2014 : 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.

2011 : Les candidats doivent prendre en compte les deux aspects de l'intitulé du montage. Cette année, les présentations se sont trop souvent limitées aux aspects non-linéaires.

Retour des années précédentes**Agrégation 2010 - Note : 11/20 - choix avec « Production et analyse d'une lumière polarisée. »**

Je n'ai eu aucun problème avec le matériel (j'ai pu avoir tout ce que je voulais et venant de Lyon) et les techniciens ont été très bien : ils ont fait les quelques mesures répétitives que je leur ai demandé. J'ai commencé par l'étude du pendule non-linéaire : j'ai eu des questions sur les hypothèses du pendule simple ou pesant, sur les portraits de phases (quand peut-on dire que l'oscillateur est linéaire ou non ?). J'ai ensuite fait l'étude du van der Pol.

Agrégation 2012 - Note : 14/20 - choix avec « Photorécepteurs. »

Recherche de fréquence propre du pendule pesant aux petits angles : pourquoi le pic de la TF est-il large ? Et en travaillant aux grands angles ? Quels sont les paramètres que l'on peut faire varier quand on fait une FFT ? Ils m'ont fait corriger un oubli de conversion degré/radian. J'avais vérifié la formule de Borda avec la technique du BUP 867 : pouvez-vous commenter le petit programme Synchronie que vous avez utilisé ? Connaissez-vous des applications pratiques des oscillateurs de Van Der Pol ? Parlez nous de l'élément non-linéaire que vous avez utilisé. Comment avez-vous choisi les composants du Van der Pol ? Expliquer qualitativement comment le circuit Van der Pol peut engendrer des oscillations.

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 périodes⁶ : 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 ?

6. 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 ».

- Vous avez mesuré le nombre de bits de l'oscillo 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 χ^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 ?
- 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. A ne pas faire ⁷.
- 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

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.

Jusqu'en 2007, le titre était : *Ondes et impédances*.

2007 : Ce montage met traditionnellement en difficulté les candidats qui ne savent pas trop comment aborder la notion d'impédance. En 2008, le titre devient *Ondes : propagation et conditions aux limites*.

2006 : Les notions d'onde et d'impédance ne doivent pas être totalement disjointes.

Quelques questions pour vous faire réfléchir

- Concrètement, comment mesurer une impédance en optique ?
- Dans l'expérience de la corde de Melde, devant quelle grandeur néglige-t-on le poids ? Pourquoi ?

Retour des années précédentes

Agrégation 2011 - Note : 07/20

Questions et commentaires du jury : 1. Propagation du son d'un micro à l'autre : C'est quel type de vitesse que vous mesurez ? Précisions sur les mesures ? Quel est le trajet parcouru par l'onde ? (le clap n'était pas fait vraiment dans l'axe des deux micros). Quel temps mesure-t-on ? Si on faisait le clap au milieu entre les 2 micros, qu'est ce que ça change/améliore ? — 2. Corde de Melde et influence des conditions aux limites : Conditions aux limites au niveau de la poulie ? Au niveau du vibreur ? Est-ce qu'on a vraiment un noeud au

⁷. cf. footnote précédente ...

niveau du vibreur ? Est-ce que la condition $f = n \cdot c / (2L)$ est absolument vraie ou approchée ? Sur le coup de la flûte : Comment savoir expérimentalement si on a un seul mode qui se propage ? Qu'est ce qu'il se passe quand on bouche/débouche un trou ? — 3. Banc HF : Choix de la vitesse de translation du moteur ? Comment fonctionne l'ondemètre ? Est-ce que la ligne de mesure perturbe le signal ? A-t-on un mode TE, TM ? Dans l'air, vous avez dit que la propagation est non dispersive, mais dans le guide il y a de l'air donc pourquoi c'est dispersif ? Si on avait un rapport d'ondes stationnaires de 1, physiquement ça voudrait dire quoi ? Intérêt de connaître le ROS ? Quel est le principe de fonctionnement du générateur Gunn d'ondes centimétriques ?

Agrégation 2012 - Note : 07/20

J'ai présenté la propagation libre avec les ondes ultra-sonores, les conditions aux limites avec le câble coaxial et la corde de Melde (ondes stationnaires). Comment fonctionne l'émetteur à ultrasons ? Pourquoi le signal ultrasonore reçu est-il déformé ? Comment la vitesse dépend-t-elle de la température ? En quoi est fait un câble coaxial ? Comment pourrait-on avoir plus de précision sur la fréquence au stroboscope ?

Agrégation 2013 - Note : 20/20

Le jury m'a questionné dans l'ordre sur les manips 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 la 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

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

2014 : 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.

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.

2012 : Le jury attend des notions plus variées que les seules mesures de célérité. On peut penser : (i) aux phénomènes de réflexion-transmission, d'interférences et de diffraction, de modes... (ii) aux notions d'impédance acoustique, de timbre, de hauteur, d'effet Doppler... (iii) aux nombreuses applications : instruments de musique, sonar, échographie.

2010 et 2011 : Les phénomènes de réflexion/transmission 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.

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 11/20 - choix avec Lasers.

Le tube de Kundt a donné des résultats manifestement erronés. Les questions ont donc porté sur l'origine de ce problème (régression linéaire effectuée sur un trop petit domaine de température, points aberrants vers 70°C et plus, problèmes éventuels de thermalisation du tube, justification de la fréquence d'étude). Sur le trombone de Koenig, le jury m'a demandé de revenir sur le principe de la manip et en particulier ce qui pourrait se produire si on a des interférences à ondes multiples.

Agrégation 2009 - Note : 09/20 - choix avec *Production et analyse de lumière polarisée*.

J'ai eu pas mal de problèmes avec le micro du tube de Kundt qui marchait pas et les techniciens qui n'ont pas compris ce que je leur avais demandé de faire et ont mesuré $3\lambda/2$ au lieu de λ d'où une célérité du son de 500 m/s. En fait le jury a dit qu'il n'en avait pas tenu rigueur car je n'ai pas dit que c'était de la faute des techniciens et parce que j'ai bien fait la mesure devant eux. Attention à ne jamais dire du mal des techniciens devant le jury, mais à bien vérifier tout ce qu'ils font. J'ai eu des questions sur comment améliorer la précision des mesures, l'impédance acoustique, les hypothèses du modèle pour trouver l'expression de c avec T , la diffraction.

Agrégation 2009 - Note : 10/20 - choix avec *Milieux magnétiques*.

Dans la manip « effet Doppler », je suis remontée à la célérité du son dans l'air mais on peut aussi remonter à la longueur d'onde de l'onde ? Dans la manip du trombone de Koenig, est-ce que la relation $\delta = k\lambda = 2d$, avec d le déplacement du tube, est juste ? La valeur théorique de la célérité du son dans l'air est $c = \sqrt{\gamma RT/M}$ avec $\gamma = 1.4$; avec M la masse molaire de l'air, quelle approximation fait-on ? Bien prendre les valeurs de la célérité du son dans l'eau, dans le Handbook.

Agrégation 2010 - Note : 14/20 - choix avec *Spectrométrie optique*.

J'ai utilisé la cuve à ondes de Cachan qui donne des signaux beaucoup plus propres que celle de Lyon. J'ai utilisé le trombone de Koenig et le tube de Kundt. Toutes les expériences ont bien marché mais je n'ai pas assez pris soin de voir s'il valait mieux repérer les max ou les min selon les expériences. Les questions posées ont surtout porté sur les ondes acoustiques en général, leurs propriétés (célérité dans les solides, liquides, gaz). Raison de l'écart aux valeurs attendues.

Agrégation 2012 - Note : 08/20

Surtout des questions sur les incertitudes de mes mesures. Et notamment comment diminuer l'incertitude sur la mesure de la célérité du son dans l'air. Ils auraient souhaité que j'utilise le déphasage entre un émetteur alimentant avec un signal sinusoïdal et non le temps de vol en envoyant une salve (peu précis). Des questions également sur les technologies utilisées pour les micros.

Agrégation 2012 - Note : 12/20

Beaucoup de questions sur l'estimation des incertitudes : comment vous les déterminez/estimez ? Tube de Kundt : rappelez votre méthode de mesure et les précautions que vous avez prises. N'auriez vous pas dû repérer les noeuds plutôt que les ventres ?

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 !

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 manip 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.

MP31 : Résonance.

Commentaires extraits des rapports de jury

2014 : 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.

2011 et 2012 : La résonance ne se limite pas à l'étude du circuit RLC. 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. La notion de facteur de qualité ou un équivalent est trop souvent absente.

2008 : Le phénomène de résonance n'apparaît pas qu'en électricité. En outre, le circuit RLC est souvent mal connu. Le jury apprécierait de voir des résonances dans d'autres domaines de la physique, ainsi que des facteurs de qualité importants.

2006 : La résonance n'est pas une amplification. L'influence de l'amortissement est souvent négligée.

2004 : L'étude de la phase est trop souvent absente de ces montages alors qu'elle fournit des relations complémentaires non redondantes à celle de l'amplitude

2000 : Le phénomène de résonance apparaît dans des domaines très divers de la physique. L'étude du circuit RLC série ne devrait pas occuper plus du tiers du montage. Les phénomènes paramétriques, l'impact des non-linéarités peuvent compléter efficacement une présentation, mais les aborder requiert une réelle maîtrise préalable des expériences envisagées.

Retour des années précédentes

Agrégation 2009 - Note : 12/20 - choix avec *Tension superficielle*.

Fonctionnement de l'analyseur de spectre pour faire un diagramme de Bode. Sur la corde de Melde, quelles sont les conditions pour avoir une tension constante et pour avoir un nœud au niveau du vibreur ? Sur le circuit pour la résonance non-linéaire (Krob), que est le rôle de la tension d'offset ?

Agrégation 2010 - Note : 07/20 - choix avec *Thermométrie*.

Ils m'ont posé principalement des questions sur le RLC parce que c'est ce sur quoi j'ai passé le plus de temps. Des questions sur les problèmes avec l'impédance du GBF. Ils m'ont redemandé d'expliquer le fonctionnement de la cavité confocale, parce qu'ayant fait ça dans les dernières minutes, j'avais été loin d'être claire. Pas de questions sur la corde de Melde, sauf que j'avais parlé de « battements » pour illustrer le fait qu'à une fréquence de résonance, l'amplitude des vibrations oscillait : pas le bon terme à employer ! Ils m'ont fait dire que ça se comparait plus à des polarisations différentes comme pour le champ EM. Aux résultats, le jury m'a dit que les expériences étaient classiques mais pourquoi pas. Par contre, c'est vrai que je n'ai pas été au top pour le RLC série, d'où la note. Les techniciens m'ont fait pas mal de mesures pour le RLC et ont rentré les valeurs sous Regressi. Les profs préparateurs sont venus 2 ou 3 fois pour voir si tout allait bien, pour me dire de commencer mon tableau si jamais je n'avais pas commencé... Non, ils sont chouettes ! Il y avait un problème de faux contact avec la cavité confocale, du coup, jusqu'à ce que le prof préparateur me prévienne c'est vrai que j'avais du mal à avoir le signal. Puis il me la réglée nickel.

Agrégation 2012 - Note : 13/20 - choix avec *Capteurs et transducteurs*.

Préparateurs très sympas, mais pas très rapides lorsqu'il a fallu changer du matériel défectueux (boîtes de résistances, GBF). J'ai présenté la notion de résonance en intensité, en tension, en mécanique (corde de Melde) et en optique (cavité confocale Fabry-Pérot). J'ai eu de gros soucis avec les boîtes d'inductances, capacités et

résistances défectueuses. La résonance en tension n'a pas fonctionné, sûrement à cause de la résistance trop élevée de la boîte d'inductances. Je n'ai donc pas eu le temps de tracer de diagramme de Bode, ce qui complique la discussion du facteur de qualité.

Les questions : pourquoi utiliser le critère sur la phase alors que j'ai défini la résonance comme un max d'amplitude (pourtant j'avais bien dit que c'était une caractéristique de cette résonance) Inductance : quelle précision sur L ? L dépend de quoi ? Définition de Q ? (j'avais fait une erreur de 2π dans un recopiage). Pourquoi la corde de Melde ne se casse pas quand on l'excite à ses fréquences propres ? Comment marche la cavité Fabry-Pérot ? Le jury m'a dit qu'il fallait mieux faire ressortir le fil conducteur du montage et que si j'avais rajouter la résonance d'un quartz (cf collection), j'aurais pris 3 points de plus.

Agrégation 2013 - Note : 16/20

Définition de la résonance, d'un oscillateur paramétrique (j'avais fais 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.

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 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) Cavité 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.

MP32 : Couplage des oscillateurs.

Commentaires extraits des rapports de jury

2014 : 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.

2012 : Les candidats peuvent présenter des systèmes couplés simples, en mécanique, en électricité ... mais il faut analyser correctement les couplages pour éviter une mauvaise utilisation de formules toutes faites. Le jury met en garde les candidats contre l'utilisation de dispositifs dont la modélisation n'est pas comprise.

2011 : Le jury met en garde les candidats contre l'utilisation de dispositifs dont la modélisation n'est pas comprise.

2010 : Les pendules utilisés dans le cadre de ce montage sont souvent loin d'être des pendules simples. D'autre part, il faut réaliser le montage correspondant aux équations que l'on écrit (ou l'inverse), sinon l'interprétation n'est pas correcte. Enfin, les couplages non-linéaires conduisent à des phénomènes nouveaux comme l'accrochage de fréquence, qui ont de nombreuses applications.

2006 : Les systèmes propagatifs à constantes réparties n'ont leur place dans ce montage qu'à condition de faire référence explicitement au couplage lors de la manipulation présentée.

2004 : L'étude de la phase est trop souvent absente de ces montages alors qu'elle fournit des relations complémentaires non redondantes à celle de l'amplitude.

1999 : L'étude du couplage d'oscillateurs identiques ne permet pas de couvrir la totalité du sujet.

Jusqu'en 1997, le titre était : *Oscillations couplées*.

1997 : Dans l'étude de deux oscillateurs couplés, il ne faut pas s'appesantir sur la détermination des paramètres des oscillateurs indépendants, mais il faut plutôt considérer les deux régimes, oscillations libres et forcées. Il est aussi possible d'étendre l'étude à des oscillateurs comportant plus de deux degrés de libertés.

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 11/20 - choix avec *Asservissement d'une grandeur physique ; applications.*

(I) Couplage des pendules par un fil de torsion ; (II) Couplage inductif avec bobines ; (III) Chaîne de pendules couplés avec forçage sinusoïdal, modes. Pour les pendules, j'ai illustré l'importance d'avoir les mêmes fréquences propres pour un bon couplage entre les deux pendules. Pour les circuits RLC couplés, je suis resté très qualitatif en montrant les configurations qui permettaient un couplage plus ou moins important (orientation des bobines, distances). J'ai commencé à parler de la chaîne dans les 5 dernières minutes. J'ai eu le temps de montrer la relation de dispersion que j'avais fait en préparation mais je n'ai pas pu montrer le fit et remonter à la distance entre les pendules. J'ai essayé de justifier les conséquences du couplage sur l'allure de la courbe de dispersion.

Agrégation 2008 - Note : 13/20 - choix avec *Diffraction des ondes lumineuses.*

Expériences présentées : pendules couplés (couplage élastique), couplage inductif (couplage inertiel) et expérience que je n'ai pas eu le temps de montrer : 12 oscillateurs couplés. Le jury est rentré alors que je n'avais écrit qu'un tiers de mon tableau mais il m'a laissé 2 minutes pour finir, sans me presser. Le jury m'a posé des questions sur la transformée de Fourier assez classiques, sur le moment d'inertie d'un pendule pesant avec ou sans masse (qu'est-ce que représente physiquement le moment d'inertie ?) et des questions sur le montage impliquant les bobines.

Agrégation 2010 - Note : 17/20 - choix avec *Quantité de mouvement, moment cinétique et énergie en mécanique classique.*

I - Pendules couplés par fil de torsion. Comment faire pour avoir des conditions initiales mieux contrôlées ? Pour l'aspect énergétique, on fait une acquisition longue puis on fait une analyse de Fourier. Question sur les paramètres d'acquisition, les conditions à respecter... Pourquoi le signal présente des rebonds autour des fréquences attendues (*fenêtres de pondération et acquisition sur un temps qui n'est pas un multiple des deux fréquences qui constituent le signal*). Amortissement des oscillations : comment peut-on savoir si l'origine est un frottement fluide ou solide (*allure de la décroissance et dépendance des fréquences avec le frottement*)

II - Couplage capacitif de deux RLC série. Les composants utilisés étaient tels que les fréquences « symétrique » et « antisymétrique » n'étaient pas proches. On ne voyait donc pas de battements à l'oscillo, ils m'ont demandé pourquoi. Modélisation de l'influence du couplage sur l'écart fréquentiel entre les deux modes. Questions sur les incertitudes.

III - Couplage de pendules par ressorts, Vidéocom. Excitation par un moteur pas à pas. Questions sur le fonctionnement du moteur.

J'imagine que le matériel n'avait pas encore été utilisé pendant la semaine et qu'il avait souffert du transport. Les potentiomètres des pendules étaient tournés de sorte qu'on ne pouvait pas régler leur zéro et il manquait les ressorts pour la manip avec vidéocom. Les techniciens ont bien solutionné ces problèmes, mais attention, ça peut être long.

Agrégation 2012 - Note : 12/20 - choix avec *Conversion de puissance électrique-électrique*

Passage le premier jour de la première série à 5h30, mais aucun problème pour avoir le matériel. Techniciens super gentils et super dévoués. Le jury a apprécié le rythme, le dynamisme, le choix et la réalisation probante des manip (pendules pesants couplés, oscillateurs LC couplés capacitivement, quatre oscillateurs masse-ressort). Ils ont apparemment beaucoup aimé qu'à chaque manip je dégage explicitement un message important et qu'en conclusion je récapitule tout. Ce qu'ils ont moins aimé : les erreurs que j'ai laissées sur le tableau en le préparant trop vite, et le fait que je m'emmêle les pinceaux avec les incertitudes « en oubliant tout bon sens ». Globalement, je n'ai pas exploité suffisamment finement les résultats expérimentaux. En fait j'ai voulu en faire trop. Pour les pendules couplés, ils attendaient une discussion en pseudo-période, parler de facteur de qualité ne suffisait pas. Synchronie a buggé pendant les questions, ils m'ont dit que « ne pas savoir ouvrir des fichiers avec un logiciel est le signe d'un manque de maîtrise », et qu'ils m'ont pénalisé pour ça ...

Agrégation 2012 - Note : 12/20 - choix avec *Spectrométrie optique.*

À propos des 2 pendules couplés : expliquer comment on réalise l'équilibrage des pendules ; intérêt ? Approximation des petits angles : quand est-elle vérifiée, avec quelle précision ? Comment s'en assurer expérimentalement ? Énergie totale n'est pas rigoureusement constante : origine des pertes ? Couplage capacitif de deux RLC : analogies avec le système précédent ? Justifier le sens de l'évolution du couplage en fonction de la capacité de couplage. Calcul de TF par Synchronie : précision, d'où vient la largeur des pics ?

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**

2014, 2013 : 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.

2012, 2011 : Les régimes transitoires ne se réduisent pas à la relaxation des systèmes linéaires en électricité. Par ailleurs, l'établissement de régimes forcés peut conduire à une physique bien plus variée que le retour à une situation d'équilibre.

2009, 2010 : Il existe des régimes transitoires dans plusieurs domaines de la physique et pas uniquement en électricité. 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. D'autre part, l'établissement de régimes forcés peut conduire à une physique bien plus variée que le retour à une situation d'équilibre.

2008 : Ce nouveau montage a été peu choisi cette année. Notons pourtant que les régimes transitoires interviennent dans de nombreux domaines de la physique et pas seulement en électricité !

Retour des années précédentes**Agrégation 2010 - Note : 03/20 - choix avec *Conversion de puissance électrique-électrique*.**

J'ai été complètement déstabilisée par les techniciens. Je ne les mets pas en cause, j'aurais dû imposer ma volonté. J'avais prévu : RC, RLC, diffusion du glycérol (à cause des différents domaines de la physique et la barre de cuivre ayant été cassée en première session). La diffusion du glycérol prenant longtemps, j'ai voulu la lancer tout de suite. Et là au lieu de faire comme je le leur disais, les techniciens ont dit « on va faire plutôt comme ça, ce sera mieux ». Je les ai laissés faire, grosse erreur, du coup cette expérience, a monopolisé mes 2 techniciens pendant 3h30, il fallait sans arrêt recommencer l'expérience et ils n'arrêtaient pas de m'appeler toutes les 10 minutes, alors que si on avait fait comme je l'avais dit, le problème qui faisait recommencer l'expérience sans arrêt n'aurait même pas été présent.

Agrégation 2010 - Note : 08/20 - choix avec *Conversion de puissance électrique-électrique*.

Expliquez d'où vient la loi de la déviation qui relie l'angle au gradient d'indice pour la diffusion du glycérol. Comment est relié l'indice aux concentrations ? Diverses questions sur les calculs d'erreurs pour la diffusion thermique dans le cuivre.

La préparation fut catastrophique, les branchements de la barre de cuivre de l'ENS ont pris feu à cause d'un faux contact, je n'ai pu avoir une nouvelle barre (en fer) qu'une heure avant la fin ... J'ai voulu lancer trop d'expériences en même temps et rien ne marchait, la courbe de la diffusion du glycérol n'était pas du tout en accord avec la théorie... j'ai exploité en catastrophe la barre de fer pendant 30 min devant le jury.

Agrégation 2011 - Note : 07/20 - choix avec *Métaux*.

J'ai présenté le transitoire du RLC et la conduction dans la barre de cuivre : sources d'incertitudes autres que la lecture pour la pseudopériode à l'oscillo ? Quelles incertitudes liées à l'oscillo ? Quel lien entre fréquence de résonance et temps caractéristique du transitoire ? Retour sur les incertitudes sur Regressi. Incertitudes sur la barre de cuivre ? Lien entre le transitoire et la détermination du coefficient de diffusion thermique ? Quels types de capteurs ? Quelles incertitudes sur les capteurs ? Ils sont revenus sur une application numérique, j'avais

un problème d'un facteur 100, impossible de voir d'où ça venait, un des examinateurs me disait qu'en tapant exactement mon calcul il avait la bonne valeur mais j'ai jamais compris ce qui ne marchait pas... Plein de questions sur les incertitudes. Aucun de mes fichiers Synchronie n'ont voulu se rouvrir, donc je n'avais pas les courbes de la conduction thermique, mais heureusement j'avais relevé les valeurs que je voulais. Comme ça arrive souvent je conseille de faire une copie écran pour montrer qu'on a bien fait la manip, au cas où ça arrive ...

Agrégation 2012 - Note : 15/20

Résistance critique : comment la trouver précisément. Comment utiliser les barres d'erreur ? Qu'est ce que le facteur de qualité ? Influence sur le régime transitoire ? Pourquoi y a-t-il des petites oscillations sur les créneaux ? Réponse indicielle : quels sont les paramètres d'échantillonnage pris ? Glycérol : pourquoi le faisceau est-il dévié vers le bas ? Pourquoi avez-vous mesuré la largeur de la gaussienne ? Explication théoriques ? Pourquoi avoir opté pour une modélisation affine et pas linéaire de la largeur en fonction du temps ?

MP34 : Phénomènes de transport.

Commentaires extraits des rapports de jury

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 $j = \alpha \text{ grad} V$.

2012 : Ce montage est ouvert à de nombreux domaines, pouvant donner lieu à des études comparées ; on pensera à exploiter les régimes transitoires et les régimes permanents. 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 $j = \alpha \text{ grad} V$.

2009 : La mesure de la conductivité thermique d'un métal par sa réponse en température à une excitation alternative a posé problème à de nombreux candidats par suite de l'analyse des mesures à l'aide d'une loi non valide avec les conditions aux limites concernées. Le régime permanent implicitement mis en jeu doit être précisé, de même que son temps d'établissement.

Jusqu'en 2000, le titre était : *Phénomènes de transport (transferts thermiques, transports de matière, de charge...)*.

2000 : Il faut garder à l'esprit qu'on distingue, dans certains domaines, plusieurs modes de transport : conduction, convection, diffusion... Connaître a priori l'ordre de grandeur de quelques coefficients de diffusion est indispensable. Les dispositifs dédiés permettant d'étudier l'effet Hall sur des échantillons sélectionnés semblent poser, malgré leur simplicité, de gros problèmes d'utilisation.

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 05/20 - choix avec *Amplification de signaux*.

Quel est le principe de fonctionnement d'une thermopile ? d'un thermocouple ? En quoi le corps noir présenté n'est-il pas un vrai corps noir ? Expliquer le principe de fonctionnement de l'expérience utilisant la barre de cuivre.

Agrégation 2008 - Note : 07/20 - choix avec *Interférences lumineuses ; conditions d'obtention*.

Barre de cuivre : la cellule Peltier a cramé. J'ai pris l'autre qui n'a que très moyennement marché. L'expérience de diffusion avec le glycérol n'a pas très bien marché non plus. Toutes les questions ont tourné autour des expériences, et un peu sur la diffusion.

Agrégation 2012 - Note : 16/20 - choix avec *Matériaux semi-conducteurs*.

J'ai fait la chute de billes dans le glycérol, la barre de cuivre en régime variable, la conductivité du cuivre à différentes températures pour vérifier Wiedemann-Franz, et enfin le transfert par rayonnement. Pas mal de questions sur la précision des mesures et sur la mesure à quatre fils.

MP35 : Moteurs.

Commentaires extraits des rapports de jury

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.

2012 : Même si l'étude d'un haut-parleur relève du thème, il existe bien d'autres exemples, et souvent d'intérêt industriel (le moteur électrique est à l'ordre du jour). Il convient d'insister sur l'aspect quantitatif de la conversion électrique-mécanique.

2011 : Même si l'étude d'un haut-parleur relève du thème, l'aspect quantitatif de la conversion-électrique mécanique n'a pas été mis en oeuvre avec succès.

2007 : Un effort pédagogique incluant une approche physique des phénomènes impliqués dans le fonctionnement des moteurs permet d'éviter un montage constitué d'une série de mesures sans logique apparente.

2005 : Les hacheurs (même sous la forme série, la plus simple) ne sont pas utilisés pour alimenter les moteurs à courant continu.

Jusqu'en 2004, le titre était : *Conversion de puissance (électrique-électrique, électromécanique...)*.

2004 : Ce montage, relativement peu choisi cette année, a donné lieu à des prestations assez pauvres, alors que des matériels d'électrotechnique adéquats sont disponibles. La conversion électrique-électrique semble se limiter, sauf exception, au transformateur et, pire, la conversion électrique-mécanique à de vagues principes. Il y a pourtant dans la collection ce qu'il faut pour des mesures de rendements électromécaniques : sur ce point, il est préférable de bien expliquer les fonctions de chacun des éléments de la chaîne de conversion (ce qui suppose qu'elles sont bien comprises), plutôt que de se contenter d'estimer un rendement global dont l'interprétation ne débouche sur rien de vérifiable. Notons, en remarque technique, qu'il est souhaitable que tous les bancs de manipulations d'électrotechnique soient complets, c'est à dire avec leurs alimentations, hacheurs et systèmes de mesures spécifiques complets ; globalement, sur l'ensemble de la collection, il est vrai qu'il est toujours possible de se débrouiller.

Retour des années précédentes

Agrégation 2008 - Note : 15/20 - choix avec *Ondes, propagation et conditions limites*.

Dans votre cycle d'hystérésis, à quoi est due la saturation ? Dans votre relation $E = k\phi\Omega$, comment évolue le $k\phi$ avec le point de fonctionnement (c'est à dire suivant où on se trouve sur votre cycle d'hystérésis) ? Comment marche le couple-mètre ? Comment marche la mesure de vitesse de rotation ? (*je réponds que je pense que ça marche sur le principe d'une génératrice à courant continu qui fonctionne à vide donc grâce à la relation $E = k\phi\Omega$*). Ils répondent : Mais alors vous étiez sûr d'obtenir la linéarité en Ω (toujours pour la même relation) ? Comment on peut faire pour étalonner le capteur ? Vous dites qu'en faisant un essai en moteur à vide vous évaluez les pertes constantes, à quoi sont-elles dues ? Quels paramètres faut-il fixer pour qu'elles soient constante ? D'où vient votre ordonnée à l'origine lorsque vous tracez le couple $C = k\phi I$ en fonction de l'intensité I ?

Pour le moteur asynchrone, vous alimentez l'induit ou l'inducteur en triphasé ? (petit sourire de l'examinatrice quand je me retourne vers elle en disant que je trouve que c'est une question piège et que je lui donne ma réponse). Où se branche le rhéostat de démarrage dont vous nous avez parlé (sur le circuit électrique que j'avais dessiné au tableau). Comment marche votre méthode à deux wattmètres pour mesurer la puissance consommée par le moteur ?

Agrégation 2008 - Note : 16/20 - choix avec *Interférences lumineuses ; conditions d'obtention*.

Principe de fonctionnement de la machine à courant continu ? $E = K\phi$ et $C = KI$, pourquoi même K ? (argument avec les mains). On observe, $C = C_0 + KI$, qu'est-ce que ce C_0 ? Quelques explications sur les termes énergétiques dans la méthode des pertes séparées. Dans la courbe de démarrage du moteur asynchrone, à quoi correspondent les positions 1-2-3-4 ? Principe du moteur asynchrone ? Pourquoi « asynchrone » ? Peut-on imaginer un moteur synchrone ? Différences ? A-t-on égalité entre puissance mécanique et puissance électrique même sans pertes dans ces machines ? Pour quelles utilisations on utilise quoi ?

Agrégation 2010 - Note : 07/20 - choix avec *Spectrométrie optique*.

Est-ce que l'induit est fixe ou mobile ? Et l'inducteur ? Quelles sont les différentes façons de faire fonctionner la MCC en génératrice ? (*en shunt ou à excitation séparée*). Pourquoi y a-t-il une ordonnée à l'origine dans le courbe de $E = f(\Omega)$ à vide ? (*elle ne devait pas y être mais la génératrice indiquait des vitesses de rotation négatives à basse vitesse...*)

Il n'y avait pas de triphasé dans la salle où ils m'avaient mis⁸ ... Je n'ai donc pas pu faire le rendement de la machine asynchrone. En tout, avec tous les problèmes de matériel, j'ai eu 1h30 pour faire mes mesures (2h30 d'installation !, pas de fils de sécurité...)

Agrégation 2010 - Note : 10/20 - choix avec *Lasers*.

Techniciens nickel mis à part le fait qu'ils ont grimacé quand je leur ai demandé le matériel de Lyon... I. j'ai illustré la conversion élec-méca avec le moteur à courant continu, ce qui permettait de faire les branchements devant le jury. II. MCC en génératrice (celle qui est couplée au moteur à courant continu). III. Moteur synchrone (principe) avec les 3 bobines et une aiguille aimantée (il y a un montage tout fait de la prépa de Marseille).

Dans un premier temps ils sont revenus sur mes valeurs numériques. Il fallait ensuite justifier sur chaque droite tracée pourquoi je choisisais de modéliser par une droite affine ou linéaire, si le point (0,0) appartenait aux droites. Comment synchronie fait la régression linéaire ? Comment distinguer à vue d'oeil si c'est un moteur asynchrone ou une MCC au vu du bobinage ? (*j'avais sorti la carcasse orange du moteur*). Comment fonctionne le couple-mètre ? Comment fonctionne le tachymètre ? Comment est produit le champ B ? Qu'est-ce que ça change si les bobinages du stator et du rotor du moteur à courant continu sont alimentés en serie/parallèle ?

8. Attention, il n'y a pas de triphasé DU TOUT au lycée Berthelot, seulement des onduleurs permettant de fabriquer un triphasé à partir d'un monophasé.

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 de la session 2014. Jusqu'à la session 2014, l'épreuve de chimie était séparée en une leçon de chimie, notée sur 15, et une épreuve « Agir en fonctionnaire de l'État et de façon éthique et responsable », notée sur 5. Cette dernière épreuve a été supprimée à la session 2015, et la leçon de chimie est désormais notée sur 20 points. Par contre, dès la session 2015, les textes de loi¹ prévoient ce qui suit :

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 fixé par l'arrêté du 1er juillet 2013².

Plus de détails sur cette épreuve seront probablement donnés après une réunion entre les responsables des différents centres de préparation et le jury, réunion qui aura lieu courant novembre 2014.

LC01 : Séparations, purifications, contrôle de pureté (L)

Retour des années précédentes

Agrégation 2014 - Note : 8/15 + 4/5

Retour sur l'épreuve de chimie. Pourquoi utiliser un montage d'hydrodistillation plutôt qu'un montage de distillation simple ? Voit-on les diagrammes binaires au lycée ? Dans quelle classe ? Est-ce compatible avec le reste de votre leçon ?

Retour sur Agir. Quels sont les droits et devoirs d'un fonctionnaire ? Le devoir d'exemplarité est-il valable en société ou seulement dans la classe ? Quelles sont les modalités pour faire venir un intervenant ? Quelle est la composition du Conseil d'Administration ? Si vous avez un élève autiste, auprès de quelles personnes prenez-vous des conseils ? Comment adaptez-vous votre enseignement, comment choisissez-vous son binôme, lui donnez-vous moins devoirs ?

LC02 : Chimie et couleur (L)

1. Arrêté du 28 décembre 2009 fixant les sections et les modalités d'organisation des concours de l'agrégation, version consolidée au 01 septembre 2014 : <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000021625792>, la modification qui nous concerne étant due à 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 : <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000029356069>.

2. Arrêté du 1er juillet 2013 relatif au référentiel des compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation : <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000027721614>.

Retour des années précédentes

Agrégation 2014 - Note : 3/15 + 1/5

Retour sur l'épreuve de chimie. Questions sur l'histoire de l'art, des couleurs, etc. Premier pigment synthétisé? Questions sur le programme : quel niveau? Première S. Que voit-on en première S? Questions sur la chimie : validité de Beer-Lambert, formules de l'indigo, qu'est-ce qui fait qu'un indicateur coloré est bon? etc.

Ils n'ont vraiment pas aimé que je laisse les lunettes de sécurité dans mes cheveux plutôt que sur mon nez et bien sûr, ils n'ont pas aimé mes (nombreuses) imprécisions en chimie, même s'ils m'ont dit que mon plan était bien et cohérent.

Retour sur Agir. J'ai duré 7 minutes, ils sont revenus sur les notions de sécurité (vu que j'avais oublié les lunettes, ils ont insisté) : que faire niveau sécurité si un inspecteur vient pendant une séance de TP sans équipement? Retour aussi sur la hiérarchie dans un lycée et les différents conseils y existant.

Agrégation 2014 - Note : 10/15 + 3/5

Retour sur l'épreuve de chimie. Le temps de préparation est passé encore plus vite que je ne l'avais imaginé. Les techniciens ont mis du temps à m'apporter mon matériel, et n'étaient pas très aidants : il fallait aller les chercher dans le couloir pour chaque demande, et ma salle était tout au fond du lycée ... Impossible d'avoir accès au logiciel de spectro Visible qu'on utilise en chimie à l'ENS (prim'light), ce qui m'a énormément perturbé. J'ai du batailler avec ma technicienne qui me soutenait que Regressi n'était pas non plus disponible pour qu'elle aille chercher un collègue, qui a finalement trouvé le logiciel au bout d'une demi-heure! Pour les spectres, on m'a présenté très rapidement un logiciel absolument pas intuitif, et qui n'a pas manqué de buguer devant le jury. Ne connaissant pas ce dernier, je n'ai pas su palier au problème, et j'ai été dans l'incapacité de tracer le moindre spectre devant le jury, contraint de décrire des spectres « imaginaires », ce qui a rendu la leçon de fait très désincarnée! Vu le titre de la leçon, la conséquence sur la note a été sans appel. En plus ça m'a fait prendre du retard en préparation, ce qui m'a empêché d'aller au bout de mon plan, laissant tomber des manips que j'avais préparées et qui fonctionnaient (un dosage colorimétrie et la synthèse et l'utilisation de l'indigo). Questions : Membre 1 : Dans l'étoile des couleurs, que se passe-t-il si un composé absorbe en dehors de la zone 400-800 nm? Vous avez présenté l'anthracène qui absorbe à 380nm, dans l'UV, et dont la couleur est jaune pâle : comment est-ce possible? D'ailleurs est-ce que seules les molécules cycliques absorbent? Connaissiez-vous le critère d'aromaticité? Quelles sont les conditions de validité de la loi de Beer-Lambert? La limite supérieure de validité est-elle une limite en absorbance ou en concentration? Quelle condition sur les cuves? Existe-t-il d'autres matériaux que le quartz et le plexiglass? Quels sont les facteurs de dépendance du coefficient d'extinction molaire, outre la longueur d'onde? Comment vérifier par une expérience simple cette influence du solvant? Membre 2 : Pourquoi y a-t-il autant de couleurs dans la nature? Pourquoi les feuilles roussissent en automne? Est-ce un phénomène purement chimique? Pourquoi observe-t-on des bandes larges en spectroscopie UV-Visible? Rappeler la relation liant énergie et longueur d'onde d'absorption? À qui la doit-on? Dans la chromatographie sur colonne, le moteur est normalement la gravité, mais quelle est l'effet de la surpression que vous avez appliqué sur la qualité de la séparation? Avez-vous une idée de la structure des molécules des colorants E102 et E131? Comment expliquer leurs migrations respectives? Entretien avec le jury : Le jury a insisté sur la qualité du plan, la précision du langage et l'absence de lapsus, le dynamisme et le caractère pédagogique de la présentation. Apparemment, ils ont adoré la chromatographie sur colonne. Franchement, même après l'entretien, je ne vois pas trop comment ils ont pu mettre une note aussi élevée ...

Retour sur Agir. J'ai fait un exposé en trois axes, en insistant dans chaque partie sur un des volets de la compétence agir, et en redéfinissant les termes (fonctionnaire de l'état, responsable, éthique). I – Sécurité au laboratoire de chimie : agir de façon responsable et responsabiliser les élèves. II – Le traitement des déchets chimiques : un souci éthique. III – Exposé en groupe sur les produits de la vie courante colorés. Questions : « Si un technicien refuse de préparer une solution pourtant sans danger, quels sont vos moyens pour contourner le problème? Quelles sont les règles générales que vous imposerez à tous les TP? Vous avez dit "cheveux attachés pour les filles"? (du coup j'ai corrigé de suite pour dire toute personne qui a les cheveux longs : faire un stéréotype sexiste pendant AGIR, c'est pas très malin). Pourquoi pensez-vous que l'ordre alphabétique est plus juste que d'imposer les binômes de façon arbitraire? Si un élève ne veut pas travailler avec un autre, que faites-vous? » Entretien avec le jury : il faut encore plus lier l'épreuve agir au thème de la leçon. Le coup des cheveux attachés « pour les filles » m'a été reproché.

LC03 : Polymères (L)

LC04 : Chimie et développement durable (L)

Retour des années précédentes

Agrégation 2014 - Note : 15/15 + 5/5

Retour sur l'épreuve de chimie. 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 !

Retour sur Agir. Complètement oublié de la préparer ... en 5 minutes dehors, à partir de ce qu'on avait fait dans l'année. Ils ont trouvé cela personnel, pertinent.

LC05 : Synthèses inorganiques (L)

Retour des années précédentes

Agrégation 2014 - Note : 8/15 + 2/5

Retour sur l'épreuve de chimie. Est-ce que NO_2 c'est dangereux ? Écrire la molécule de diphenylamine.

LC06 : Stratégies en synthèse organique (L)

Retour des années précédentes

Agrégation 2014 - Note : 6/15 + 2/5

Retour sur l'épreuve de chimie. Commentaires du jury : trop catalogue, pas assez de lien ; faire ressortir le côté 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

Retour sur l'épreuve de chimie. 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 manip (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 suffi d'après le jury.

Retour sur Agir. La légendaire question de l'élève handicapé.

LC07 : Dosages (L)

Retour des années précédentes

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-potentiel associée ? Que fait le noir

animal sur le vin ? Pourquoi est-ce qu'il y a du faire dans le vin ? Pourquoi ce mettre à ce pH dans votre échelle de teinte ? Pourquoi est-ce que vous avez du refaire 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 ?

Retour sur Agir. Plan : I. Séance de TP (Sécurité ; Implication des élèves par l'élaboration d'un protocole pour doser l'eau qu'ils ramènent de chez eux. ; Développement d'une démarche scientifique. ; Composition des groupes de TP. ; Répartition du temps entre les différents groupes.) II. Visite d'un intervenant (1. Préparation de la visite par recherche documentaire : Intervention du prof documentaliste ; Dangers d'internet ; Esprit critique dans le choix des sources ; Autonomie et fonctionnement en groupe 2. Pendant la visite : Organisation de la visite ; Qui prévenir ; Inviter une classe de STL ; Contact des élèves avec le milieu professionnel ; Remotiver les élèves en difficulté ; Fonctionnement avec les partenaires de l'établissement dans le cadre du projet d'établissement) III. Réalisation d'un poster (Le but est de débriefer la visite ; Caser les groupes de la recherche documentaire ; Notation transversale avec des lettres qui efface le culte de la moyenne ; On affiche les meilleurs posters ; Interdisciplinarité avec les profs de langue/art plastique et bio dans le but de mélanger et réutiliser les connaissances du socle commun). J'ai commencé par définir l'éthique, la responsabilité et fonctionnaire de l'état en soulignant chacun d'une couleur différente. Lorsque j'ai noté les points au tableau pendant l'exposé j'ai souligné avec la couleur correspondante pour mettre en évidence « ce qui relève de quoi ».

Questions : Quels sont les lois encadrant l'exercice d'un professeur ? Vous proposez une notation transversale, avez vous le droit de le faire ? Est-ce que les règles de notation se décident à l'échelle du lycée/de la nation ? Quelle consignes de sécurité appliqueriez vous dans votre classe pour les TP de chimie ? Un prof a-t-il une liberté ? Est-il simplement libre de choisir les activités abordées ? Vous avez parlé du socle commun de connaissance, de quoi s'agit-il ? Est-ce simplement une concaténation de connaissances ? Les élèves peuvent-il se prendre en photo pour mettre sur le poster ? Il faut l'accord de qui ? Loi associée ? Comment choisir votre intervenant ? Vous voudriez quelqu'un ayant fait quel type de parcours ? De quel sexe ? (il y avait 3 femmes dans le jury donc j'ai dit « une femme, bien sûr ! ». Sourire satisfait dans le jury.) Comment l'adapter au public ? Quel travail préliminaire faire avec lui ?

Après les commentaires sur ma leçon de chimie quand j'ai demandé « et agir ? », elle a explosé de rire et a changé de sujet.

Agrégation 2014 - Note : 5/15 + 4/5 (la leçon était *Dosages acide-base*)

Retour sur l'épreuve de chimie. 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 ?

Retour sur Agir. Questions posées : Si un élève trouve de la soude molaire, décide de l'utiliser et se fait mal avec (bien que dans le protocole de TP il n'est pas prévu de manipuler de telles concentrations) que faire si la famille décide d'attaquer en justice ? Est ce le rôle du professeur de s'occuper de l'orientation des élèves sachant qu'on a peu de temps en classe prépa ? A partir de quelle concentration d'acide ou de base j'exige que les élèves portent des gants ? Quel est l'intérêt de faire des parties historiques dans un cours (j'avais dit dans mon exposé que je le ferais) ? Dans le cours je commençais par faire un dosage direct d'une base forte par un acide fort et dans un second temps je disais que la solution que j'avais dosé était en réalité une solution que j'avais obtenu après réaction lente (pour faire le dosage retour de l'aspirine) et qui ne contenait donc pas seulement de la soude. Dans quel mesure ce n'est pas mentir aux élèves, est-ce vraiment éthique ?

LC08 : Facteurs cinétiques (L)

LC09 : Caractérisations par spectroscopie en synthèse organique (L)

LC10 : Relation structure réactivité en chimie organique (L)

LC11 : Capteurs électrochimiques (L)

Retour des années précédentes

Agrégation 2014 - Note : 12/15 + 4/5

Retour sur l'épreuve de chimie. 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^{-1} 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^+ 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 manips 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 manips pendant l'année car tout n'est pas faisable sur place. Mais le jury n'attend pas de grosses manips non plus.

Retour sur Agir. Je n'ai eu que 5 minutes pour préparer le plan et clairement, cette leçon s'y prête moins bien que Développement durable...J'ai axé sur la sécurité en parlant des acides utilisés et notamment de la solution de Ce(IV) acidifiée à 1 mol l^{-1} . Puis partant des capteurs, j'ai bifurqué sur le contrôle et la pollution. Proposition d'une activité sur les capteurs modernes en vue d'un poster. Visite d'un chercheur en biotechnologies. Transversalité avec la SVT pour la détection des infections et virus.

Le jury avait deux IPR spécialistes de l'éthique, les questions ont beaucoup tourné là-dessus. Comportement vis-à-vis des élèves, égalité homme-femme entre profs et entre élèves, délimitation du rôle de l'enseignant. Puis aussi sur les démarches à faire pour organiser une visite ou une sortie (autorisation parentale, validation par le CA). Et enfin mon avis sur les récoltes de fonds pour financer une sortie. J'ai répondu qu'il y avait une forme d'inégalité suivant le contexte social où se situe l'établissement. Et donc question sur les inégalités géographiques de ce point de vue et le rôle de l'enseignant dans la communauté. Fossé culturel (en termes d'origine) entre élève, parent et prof

Retour : ils ont insisté pour dire que Agir est une épreuve où la personnalité du candidat doit ressortir ainsi que ses raisons de vouloir enseigner. les plans formatés les exaspèrent et c'est encore pire s'ils sont désincarnés ou ne tiennent pas compte des réalités. Par exemple (cités par le jury) éviter de proposer d'inviter 8 spécialistes ou une visite au laboratoire P4 à Lyon par une classe de seconde.

LC12 : Molécules de la santé (L)

Retour des années précédentes

Agrégation 2014 - Note : 11/15 + 4/5

Retour sur l'épreuve de chimie. 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.

Retour sur Agir. Qui est membre du CA de l'établissement ? Citer d'autres conseils au sein de l'établissement. Quelle est la procédure à suivre si les élèves se prennent en photo en train de manipuler pour une séance poster ? Où aller pour visiter une usine fabriquant du savon ? Le jury m'a reproché de ne pas avoir assez illustré la compétence éthique de l'enseignant.

LC13 : Structures et propriétés de molécules du vivant (L)

Retour des années précédentes

Agrégation 2014 - Note : 7/15 + 5/5

Retour sur l'épreuve de chimie. 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.

Retour sur Agir. J'avais préparé un « plan type » dans l'année pour cette épreuve, avec 3-4 points à développer qu'il faut mettre en lien avec la leçon : sécurité en laboratoire, rencontre avec un ingénieur biochimiste, interdisciplinarité avec la biologie et développement durable. Pour chacun : je rappelais le lien avec l'éthique/responsabilité, ainsi que les connaissances/capacités/attitudes en rapport, puis je développer ce que l'on pourrait faire en pratique avec les élèves. En la préparer sérieusement dans l'année, et en écrivant tous les mots-clés au tableau il est facile de tenir les 10 minutes, le jury a apprécié.

LC14 : Réaction chimique par échange de proton (L)

LC15 : Solvants (CP)

LC16 : Classification périodique (CP)

Retour des années précédentes

Agrégation 2014 - Note : 10/15 + 4/5

Retour sur l'épreuve de chimie. 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.

Retour sur Agir. J'ai présenté le plan suivant :

Rappel des définitions de fonctionnaire de l'Etat, d'éthique et de responsable. 1. Sécurité en laboratoire Dans le cas où les élèves manipulent, où le prof manipule. Respect du matériel. Recyclage. 2. Rencontre avec un ingénieur chimiste issu de la chimie industrielle Culture scientifique. Aspect administratif. Orientation. 3. Portes ouvertes Communication à des publics variés. Attrait des sciences.

J'ai bien détaillé à chaque fois des connaissances, capacités et attitudes. Les questions étaient : ; Que faire si un élève vient sans blouse (lui en fournir une + échelle de sanction) ? ; Quelles échelles de sanction (2 avertissement, retenue) ? ; Autre occasion de rendre attractif les sciences (fête de la science) ? ; Définition d'un EPLE ? ; Rôle du chef d'établissement ? Uniquement administratif ? ; Sécurité en dehors de la classe ? Le jury a essentiellement apprécié le bon sens, l'esprit critique, mais ne cherchait pas à tester notre connaissance intime du système éducatif (bien que des connaissances à son propos soient bien sûr nécessaires).

LC17 : Solides cristallins (CP)

Retour des années précédentes

Agrégation 2014 - Note : 4/15 + 3/5

Retour sur l'épreuve de chimie. 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 difficulté 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 schémas 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 ?

Retour sur Agir.

Agrégation 2014 - Note : 5/15 + 1/5

Retour sur l'épreuve de chimie. 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.

Retour sur Agir. Ils m'ont parlé du problème de la parité dans les métiers de chercheur/ingénieur. J'avais choisi comme cadre une sortie scolaire dans un synchrotron. Pour ne pas rester dans le vague, j'ai choisi de parler de celui de l'ESRF de Grenoble pendant l'exposé. Ce choix m'a été lourdement reproché (vous voulez faire la promotion du synchrotron de Grenoble ?) alors que mon exposé ne rentrait pas, par ailleurs, dans des détails propres à ce synchrotron...

LC18 : Corps purs et mélanges binaires (CP)

LC19 : Oxydoréduction (CP)

LC20 : Détermination de constantes d'équilibre (CP)

LC21 : Dosages suivis par potentiométrie (CP)

Retour des années précédentes

Agrégation 2014 - Note : 8/15 + 2/5

Retour sur l'épreuve de chimie. Qu'y a-t-il dans le sel de Mohr ? Dans quels produits courants y a-t-il des 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 pKa ? 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 la cation associée ?

Retour sur Agir. Qu'est-ce qu'un fonctionnaire de l'état ? Qu'est-ce qui est de l'ordre de la responsabilité et de celui de l'éthique ? Est-ce que le traitement des bidons de déchets chimiques a un coût ? Comment faire dans un lycée où on n'a pas les moyens ? Quels bidons existent ? Vous êtes prof principal quel est votre rôle ? Parler de l'orientation de fin d'année et de transition d'avec le collège : s'assurer que les élèves ont acquis les compétences du socle commun.

Agrégation 2014 - Note : 10/15 + 3/5

Retour sur l'épreuve de chimie. Définition générale d'un dosage ? Différents types de dosages ? Pour le dosage de Ce_4^+ sur 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)

Retour sur Agir. De qui est composé le CA ? Quel est son rôle ? Comment faire travailler les élèves en groupe ? Quel doit être l'attitude du prof pendant ce genre de séance ? Vous êtes en conflit avec votre proviseur car il réduit les heures de TP, à qui devez vous en parler ? J'avais répondu le recteur, mais il attendait une réponse plus simple (?).

LC22 : Cinétique homogène (CP)

LC23 : Évolution et équilibre chimique (CP)

LC24 : Optimisation de synthèses industrielles (CP)

LC25 : Diagrammes potentiel-pH (construction exclue) (CP)

Retour des années précédentes

Agrégation 2014 - Note : 12/15 + 5/5

Retour sur l'épreuve de chimie. 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° 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.

Retour sur Agir. Présentation : Intro : avant d'illustrer la compétence, j'ai commencé par la définir et la cibler. Le rôle de l'enseignant est non seulement de transmettre des contenus mais comporte aussi une dimension éducative, et je dois transmettre des valeurs éthiques, de bonne conduite, des valeurs de citoyenneté, et des capacités à se sociabiliser. Définition de responsable, de éthique (ce qui tient de la morale, de la bonne conduite en société). La classe est une mini-société : ponctualité, politesse..

I. Séance de Travaux Pratiques Classique : ma responsabilité 1) J'ai parlé de la préparation de la séance de TP personnelle (choix des manip en fonction du coût, et du danger) et des élèves (faire des choix parmi ce qui leur est proposé, justifier les choix). 2) Sécurité au laboratoire : j'ai demandé aux élèves de s'engager à respecter les règles de sécurité en signant un papier au début de l'année. J'ai énoncé les règles : port de blouse, etc. je suis intransigeante sur ces points là. Cas d'utilisation de produits particuliers : les élèves sont capables, et j'y veille, de prendre des précautions supplémentaires, ils connaissent les pictogrammes et savent déchiffrer les phrases H et P. 3) Traitement des déchets, je parlais rapidement des différents bidons.

II. Recherche documentaire Suite à cette leçon je leur demande de faire une recherche documentaire sur la qualité de l'eau. Le taux de dioxygène qui diffère de celui prédit par l'équilibre de Henry révèle la présence de

micro-organismes dans l'eau, ce qui la rend non potable selon le nombre. Grande marge de manœuvre, grande liberté pour les élèves mais c'est mon rôle de les guider. Mon objectif : leur faire comprendre la difficulté d'évaluer la fiabilité d'une source. Différents types de sources : sites institutionnels (ministère, université, etc.), sites perso (passionnés/chercheurs), sites d'entreprises, sites collaboratifs (wikipédia...). Caractéristiques d'une source : réactivité, auteur, etc. Je leur demande une bibliographie, je ne les note pas sur le contenu qui est non exigible et interdisciplinaire. Vraie démarche éthique, qui tient de l'honnêteté intellectuelle. Travail qui leur servira dans leur profession et dans leurs études.

III. Rencontre avec des chercheurs C'est mon rôle de les insérer dans le milieu professionnel. Le travail documentaire leur sert en premier dans leur TIPE. Je vais les aider à développer encore plus leur projet en organisant des rencontres avec des chercheurs. Je leur demande d'envoyer un email à des chercheurs d'un laboratoire en particulier. Il faut leur apprendre à mettre les formes, formules de politesse etc. Mise en place personnelle du projet, de la sortie éventuelle, sinon chaque groupe va rencontrer individuellement la personne concernée.

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 radioactif³ 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.

LC26 : Corrosion humide des métaux (CP)

LC27 : Stéréochimie (CP)

Retour des années précédentes

Agrégation 2014 - Note : 8/15 + 4/5 (la leçon était au niveau L)

Retour sur l'épreuve de chimie. Remarques : Je connaissais les livres dont j'avais besoin, j'ai cependant oublié d'en prendre un, et une fois dans la salle de préparation, le technicien a voulu aller me le chercher, il a fait 4 fois l'aller retour sans trouver le bon livre ce qui m'a fait perdre pas mal de temps, ça partait d'un bon sentiment mais finalement j'aurais mieux fait d'y aller moi, donc mieux vaut ne pas oublier de livre. J'ai présenté quelques manips (point de fusion de l'acide maléique, dosage phmétrique de l'acide maléique, dosage de l'acide fumarique sur simulwin (il n'avait pas d'acide fumarique), point de fusion de 2 énantiomères), odeur de la carvone (+) et (-)). La préparation s'est bien déroulée, c'était l'heure du repas pour les techniciens, ils mangeaient tous devant ma porte mais surtout n'hésitez pas à leur demander quoi que ce soit même si ils ralent un peu en venant vous aider, vous avez le droit de demander des produits!! Ils m'ont fait le dosage de l'acide maléique. J'ai eu un seul problème, je comptais prendre le point de fusion de l'acide tartrique (D) et (L), mais ils n'en avaient pas, ils l'ont remplacé par un sucre, l'arabinose, chose qui n'était pas prévu et qui n'a pas échappé au jury comme j'ai pu le voir avec leurs questions... Lors de l'entretien, ils m'ont dit avoir apprécié la multiplicité des supports (transparents, logiciels (simulwin et chemsketch), modèles moléculaires), l'aspect pédagogique de la leçon, le choix des manips. Cependant, j'ai passé beaucoup trop de temps sur l'isomérisation de constitution qui ne fait pas vraiment l'objet de la LC et trop peu sur l'énantiomérisation d'où ma note.

Questions : incertitudes sur le dosage, sur la température de fusion ? Sur le diagramme énergétique du butane, que signifie éclipse gauche/droite ? Sur les modèles moléculaires, pourquoi avoir choisi un modèle éclaté mixé à un modèle compact ? Sur l'arabinose, explicité la représentation de Fischer, que signifie D et L, quelle est la différence avec d et l, quelles sont les propriétés des sucres, quels sont les tests qui permettent de différencier les sucres ?

Retour sur Agir. Pour Agir, j'ai pris 10 minutes en préparation pour préparer un plan (Tp et sécurité/Recherche documentaire et élaboration d'un poster/Interdisciplinarité Chimie-Anglais), et j'ai fait ressortir les

3. En fait cancérigène, mutagène et reprotoxique.

aspects éthique et responsable au maximum. Lors des questions ils ont passé 5 minutes à me poser des questions sur mon plan (comment noteriez vous le TP ? Pour le poster, un travail de groupe semble intéressant mais comment noteriez vous les élèves, si sur un groupe de 4, il y en a 3 qui travaillent et 1 qui ne fait rien ? Pourquoi l'anglais et pas une autre matière ? Avec quelle autre matière il serait intéressant de travailler en lycée général ? en lycée technologique ?...) et 5 minutes sur les programmes (je pense que c'est surtout lié au fait que j'avais un IG dans le jury), l'utilisation de l'ENT.

LC28 : Conversion réciproque d'énergie électrique en énergie chimique (CP)

LC29 : Solubilité (CP)

Retour des années précédentes

Agrégation 2014 - Note : 8/15 + 3/5

Retour sur l'épreuve de chimie. Comment expliquer à un élève que le système va évoluer jusqu'au K_s ? La conductivité de la solution de CaSO_4 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 ?

Retour sur Agir. Que faire si un élève vient sans sa blouse en TP ? Que faire si malgré toutes les consignes de sécurité, un élève se met un produit chimique dans l'œil ? Comment organisez vous une séance de travaux pratiques ? Binomes ou trinomes ? Vous arrivez dans un établissement où le tri n'est pas effectuée correctement, que faites vous ? À qui et comment demander de l'argent pour traiter efficacement les déchets produits en chimie ? Comment sensibiliser les élèves au développement durable ? Quels sont les aménagements obligatoires dans les établissements scolaires pour accueillir les élèves handicapés ? Quels aménagements existent t ils pour qu'un élève handicapé puisse passer ses examens ?

Agrégation 2014 - Note : 7/15 + 3/5

Retour sur l'épreuve de chimie. 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 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_2 dans l'eau VS dans le cyclohexane ? (solvatochromie) Évolution de la solubilité des X_2 dans l'eau ? (augmente de F_2 à I_2 : 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 kJ mol^{-1}) En fait ça va de 4 à 100 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.

Retour sur Agir. Pas mal de questions sur les différentes solutions, les coûts, etc. Définition d'un fonctionnaire, quels fonctionnaires autres que les fonctionnaires d'état. Devoirs et droits d'un fonctionnaire. Que des fonctionnaires dans un EPLE ? De qui dépendent les techniciens et les ATOS. Ils auraient aimé que j'insiste plus sur les valeurs de la république et un des jurys avaient l'air de considérer ça comme relevant de l'éthique du fonctionnaire (ce qui me semble complètement faux vu que c'est un devoir).

LC30 : Cinétique électrochimique (CP)