

SOMMAIRE

1. Composition du jury
2. Avant-propos du président
3. Informations statistiques et réglementation
4. Distributions des notes aux épreuves écrites et orales
 - Épreuves écrites : distribution des notes de l'ensemble des candidats
 - Épreuves écrites : distribution des notes des candidats admissibles
 - Épreuves orales : distribution des notes des candidats admissibles
5. Enoncé de la composition de physique
6. Rapport relatif à la composition de physique
7. Enoncé de la composition de chimie
8. Rapport relatif à la composition de chimie
9. Enoncé du problème de physique
10. Rapport relatif au problème de physique
11. Déroulement des épreuves orales
12. Enoncé des sujets des épreuves orales de la session 2006
13. Rapport sur la leçon de physique
14. Rapport sur la leçon de chimie
15. Rapport sur le montage de physique
16. Enoncé des sujets des épreuves orales de la session 2007

1. COMPOSITION DU JURY

PIETRYK Gilbert	<i>Inspecteur Général de l'Education Nationale Président du Jury</i>
FABRE Claude (M)	<i>Professeur à l'Université Paris VI Vice-Président du Jury</i>
LE BOURHIS Jean-François	<i>Inspecteur Pédagogique Régional de l'académie de Caen Vice-Président du Jury, Secrétaire général</i>
BESSY Geneviève	<i>Professeur au Lycée Montaigne à Bordeaux</i>
BOUGAULT Catherine	<i>Maître de conférences Université Joseph Fourier Grenoble</i>
BRASSELET Pascal	<i>Professeur au Lycée Hoche à Versailles</i>
CHAUBET Christophe	<i>Professeur à l'Université de Montpellier II</i>
CHOIMET Nicolas	<i>Professeur au Lycée Montaigne à Bordeaux</i>
COTE Denis	<i>Professeur à l'Université Paris VI</i>
DELEPORTE Emmanuelle	<i>Professeur à l'Ecole Normale Supérieure de Cachan</i>
DESBIOLLES Pierre	<i>Maître de conférences à l'Université Paris VI</i>
DUBOURG Patrick	<i>Professeur au Lycée Montesquieu au Mans</i>
DUPUIS Gérard	<i>Professeur au Lycée Faidherbe à Lille</i>
GUEST Dominique (Mme)	<i>Professeur au Lycée Louis le Grand à Paris</i>
HOUSSIN Marie	<i>Maître de conférences à l'Université de Provence</i>
JOACHIM Olivier	<i>Professeur au Lycée Buffon à Paris</i>
MANASSES CAVELIER Josiane	<i>Professeur au Lycée Chateaubriand à Rennes</i>
NAKATANI Keitaro	<i>Professeur à l'Ecole Normale Supérieure de Cachan</i>
LOUNIS Brahim	<i>Professeur à l'Université de Bordeaux 1</i>
PARISI Jean-Marie	<i>Professeur au Lycée Loritz à Nancy</i>
REZEAU Laurence	<i>Professeur à l'Université Paris VI</i>
ROBERT Vincent	<i>Maître de conférences à l'Ecole Normale Supérieure de Lyon</i>
SANZ Marie-Noëlle	<i>Professeur au Lycée Saint Louis à Paris</i>
SZYMCZAK Anne	<i>Professeur au Lycée Wallon à Valenciennes</i>

2. AVANT-PROPOS

La session 2006 de l'agrégation externe de sciences physiques option physique est marquée par une diminution importante du nombre de postes ouverts au concours (135 à comparer aux 180 postes de la session 2005). Le bon niveau de l'ensemble des candidats a permis au jury de pourvoir tous les postes, dans d'excellentes conditions de recrutement : la barre d'admission connaît par rapport à l'an dernier une très forte progression, puisqu'elle a été portée cette année à 9,95/20, alors qu'elle était de 8,3/20 en 2005.

Comme par le passé, les candidats admissibles sont en majorité jeunes (entre 23 et 25 ans), ce qui traduit bien le dynamisme de notre discipline. Par ailleurs, l'attractivité du concours connaît depuis 3 ans une forte croissance puisqu'en trois sessions, le nombre d'inscrits a augmenté de 54%, et celui des candidats ayant terminé les trois épreuves de 24%.

Comme à l'accoutumée, ce rapport commente les épreuves écrites et orales du concours, et cherche à donner des conseils utiles tant aux candidats qu'aux centres de préparation. Mais avant tout, il convient d'attirer l'attention des candidats sur le fait qu'en se présentant à un concours, ils se trouvent en compétition les uns avec les autres, et qu'il en résulte obligatoirement une comparaison de leurs prestations individuelles. Toute auto-évaluation à la fin d'une épreuve (ou toute évaluation formulée par un observateur extérieur au jury) est ainsi vaine, car non fondée sur une vue globale des prestations de l'ensemble des candidats. Cette remarque doit en particulier inciter ceux d'entre eux qui sont persuadés d'avoir échoué à une épreuve, à ne pas baisser les bras et à terminer le concours.

Le jury insiste cette année encore sur les compétences attendues d'un enseignant de haut niveau, compétences qu'il s'attache à évaluer : maîtrise des connaissances disciplinaires, pratique expérimentale rigoureuse et aisée, clarté et logique des exposés, qualités de présence et de conviction devant l'auditoire. Ces attendus sont déclinés de manière spécifique dans chacun des rapports concernant les trois épreuves orales (rubriques 13, 14 et 15).

Concernant plus particulièrement les leçons (de physique et de chimie), le jury insiste sur la nécessité de donner du **sens** à l'exposé, c'est-à-dire de situer la leçon dans son contexte et d'en préciser l'intérêt et les objectifs dès l'introduction, condition nécessaire pour déterminer le fil conducteur qui servira de guide à toute l'argumentation. Même si l'on ne peut pas attendre d'un candidat le professionnalisme d'un enseignant chevronné, la pédagogie doit être présente lors des présentations de leçons ; comment pourrait-il en être autrement dans le cadre d'un concours de recrutement de futurs enseignants ? De même, chaque fois que cela est possible, les exposés doivent être illustrés par des expériences bien choisies et bien réussies. Celles-ci font partie intégrante de l'argumentation scientifique et sont toujours très appréciées du jury.

Conformément aux informations communiquées dans le rapport de la session 2005, **les leçons de physique proposées désormais aux candidats** ne font plus référence individuellement à un programme précis de classe ou à niveau spécifique ; bien entendu, cette disposition a été appliquée dès la présente session. Prises dans leur ensemble, ces leçons sont à traiter au niveau des classes préparatoires scientifiques ou au niveau de la licence de physique ; dans ce dernier cas, il convient de se placer dans la mesure du possible aux niveaux des deux premières années de licence (niveaux L1 et L2). Cette mesure est la conséquence de l'organisation des études universitaires selon le schéma LMD ; elle répond par ailleurs à la volonté du jury de laisser davantage de liberté au candidat, qui n'est donc plus astreint à suivre le programme d'une classe donnée pour construire le

contenu de sa leçon de physique. Cette liberté pédagogique a été mise à profit par une partie des candidats qui ont su ainsi présenter des leçons originales et particulièrement intéressantes, conséquence d'une préparation au concours ayant intégré cette nouvelle donnée.

Comme en 2004 et en 2005, les candidats ont eu à leur disposition une banque, comportant plus de 2600 documents numérisés et une vingtaine de mini séquences vidéo, banque à l'intérieur de laquelle ils ont pu sélectionner tout ce qui leur permettait d'illustrer au mieux leurs leçons. A l'évidence, l'utilisation du vidéo projecteur (présent dans toutes les salles de présentation d'épreuves, y compris celles de montages), est aujourd'hui banalisée et les candidats utilisent cet appareil pour projeter tant des documents numérisés extraits de la banque de données, que des documents qu'ils ont préparés eux-mêmes (graphe ou tableau de mesures en montage).

Réussir aux concours nécessite une préparation active, durant toute l'année scolaire.

Le jury invite les candidats à travailler à la fois en vue des épreuves écrites et des épreuves orales ; la diffusion en début d'année scolaire des listes de montages et de leçons devrait être de nature à inciter les candidats à travailler dans ce sens. En effet, il est illusoire de penser que l'on peut réussir à l'oral en s'y préparant à la « veille » des épreuves ; faut-il rappeler que les épreuves orales jouent un rôle particulièrement important dans la phase d'admission : le coefficient qui leur est réservé (10) est supérieur à celui des épreuves écrites (6). Soulignons par ailleurs que l'année de préparation au concours est l'une des rares occasions permettant au cours de la formation universitaire de faire la synthèse des connaissances acquises année après année dans les différents domaines de la physique et de la chimie. Elle permet également d'acquérir une véritable autonomie tant en matière de recherche bibliographique que de pratique expérimentale, autonomie nécessaire au futur professeur dans la construction de son enseignement aux niveaux pré- et post-baccalauréat.

Les perspectives de recrutement doivent inciter les futurs candidats, et notamment ceux qui n'ont pas été reçus au concours cette année, à affronter celui-ci avec sérénité. Au bout de leurs efforts se dessine en effet une large possibilité de réussite. A la notion d'échec se substitue ainsi celle de réussite différée pour celles et ceux qui sauront montrer avec détermination leur engagement à embrasser le métier de professeur.

Le Président du jury

3. INFORMATIONS STATISTIQUES

135 places ont été mises au concours.

Le tableau ci-dessous donne des informations générales relatives à la sélection progressive des candidats au cours des épreuves, les valeurs de 2003, 2004 et 2005 étant rappelées à titre de comparaison.

	2006	2005	2004	2003
Inscrits	1785	1666	1378	1162
Présents aux trois épreuves	853	875	732	690
Admissibles	290	326	323	324
Barre d'admissibilité	52/120	45,2/120	43/120	42/120
Moyenne générale du candidat classé premier	19,02/20	18,88/20	18,54/20	17,43/20
Moyenne générale du dernier candidat reçu	9,95/20	8,30/20	8,69/20	7,82/20
ADMIS	135	180	162	175

EPREUVES ECRITES

Les épreuves écrites se sont déroulées les 10, 11 et 12 avril 2006.

Moyenne des candidats aux épreuves écrites :

Nature de l'épreuve	Moyenne des candidats ayant composé	Moyenne des candidats admissibles
Composition de physique	7,42	12,74
Composition de chimie	8,42	11,66
Problème de physique	6,51	11,06

Les distributions des notes aux 3 épreuves écrites des candidats ayant composé et des candidats admissibles figurent en document annexe.

EPREUVES ORALES

Les épreuves orales se sont déroulées du 22 juin au 19 juillet 2006.

Moyenne des candidats aux épreuves orales :

Nature de l'épreuve	Moyenne des candidats présents aux épreuves orales	Ecart-type
Leçon de physique	9,11/20	5,09
Leçon de chimie	8,98/20	4,17
Montage de physique	8,27/20	4,36

Les distributions des notes des candidats présents aux 3 épreuves orales figurent en document annexe.

Répartition par date de naissance des candidats

Année de naissance	Nombre d'admissibles	Nombre d'admis
1984	13	7
1983	59	43
1982	64	39
1981	25	12
1980	11	3
1979	19	7
1978	15	4
1977	15	4
1976	12	4
1975	11	1
1974	7	1
1973	8	1
1972	5	2
1968 à 1971	17	4
antérieure à 196_	9	3

Répartition par titres et diplômes

Titre ou diplôme	Nombre d'admissibles	Nombre d'admis
Doctorat	27	12
DEA	22	6
Ingénieur	36	10
Maîtrise ou équivalent	178	98
CAPES, PLP	19	3
Autres	8	6

Répartition par profession

Profession	Nombre d'admissibles	Nombre d'admis
Etudiant	128	64
Elèves d'une ENS	53	48
Elève IUFM 1 ^{ère} année	20	1
Certifiés et PLP stagiaires	11	7
Enseignant MEN	53	12
Autres ministères	2	0
Hors fonct publique/sans emploi	22	3
Autres	1	0

Répartition par sexe

	Nombre d'admissibles	Nombre d'admis
Homme	221	102
Femme	69	33

REGLEMENTATION

Programme :

Le programme des épreuves écrites et orales de la session 2006 est décrit dans le BO spécial n°5 du 19 mai 2005.

Le programme de la session 2007 est identique à celui de la session 2006.

Epreuves :

Les épreuves écrites comportent :

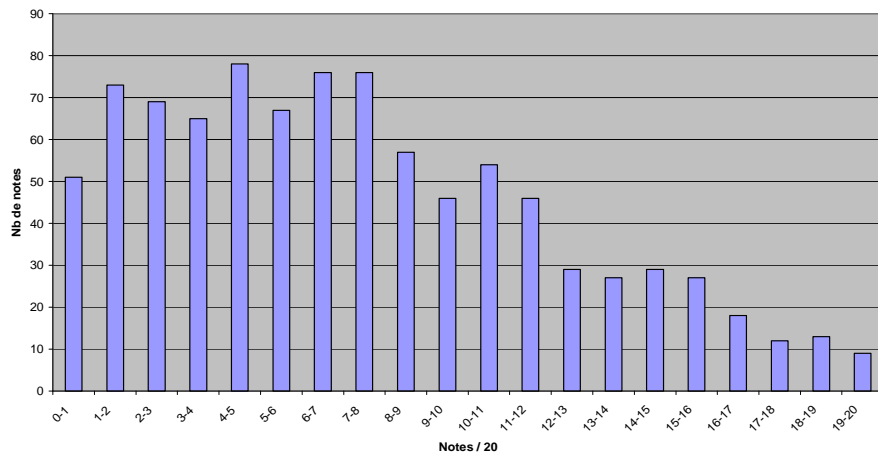
- Une composition de physique de durée 5 h (coefficient 2)
- Une composition de chimie de durée 5 h (coefficient 2)
- Un problème de physique de durée 6 h (coefficient 2)

Les épreuves orales comportent :

- Une leçon de physique (coefficient 4)
- Une leçon de chimie (coefficient 3)
- Un montage de physique (coefficient 3)

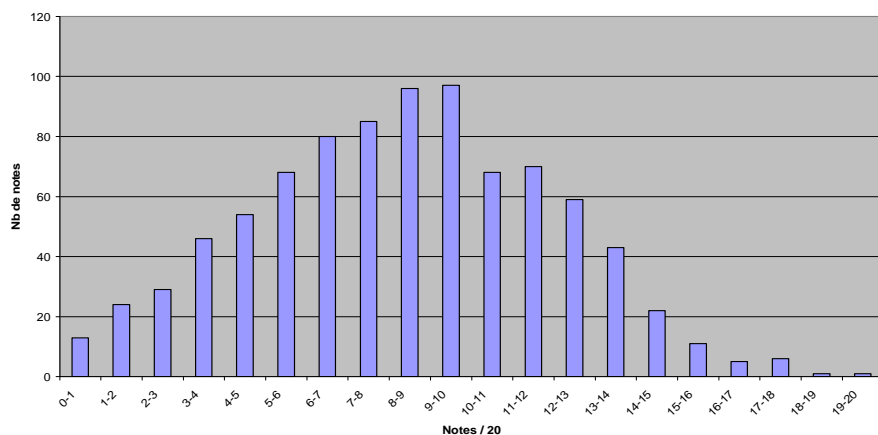
4-1 Distribution des notes pour l'ensemble des candidats aux épreuves écrites

Composition de physique



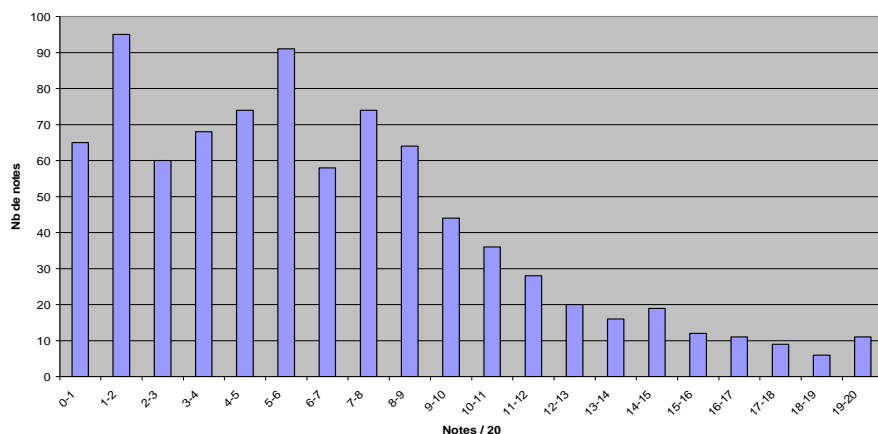
Moyenne :	7,42
Ecart-type :	4,72

Composition de chimie



Moyenne :	8,42
Ecart-type :	3,59

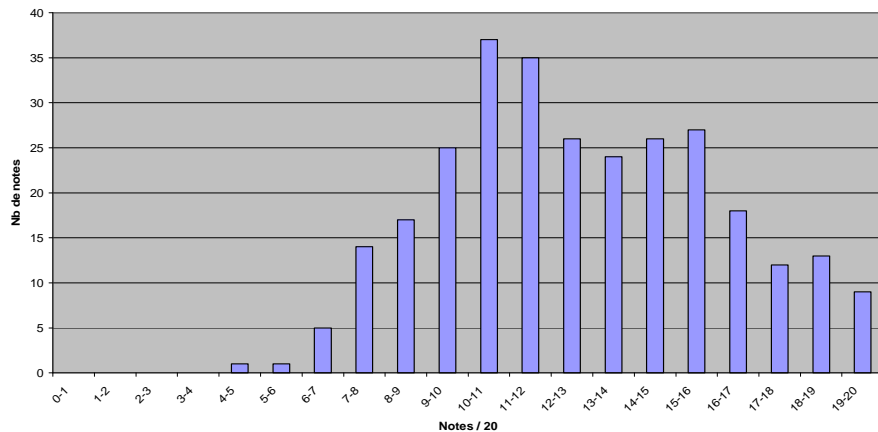
Problème de physique



Moyenne :	6,51
Ecart-type :	4,48

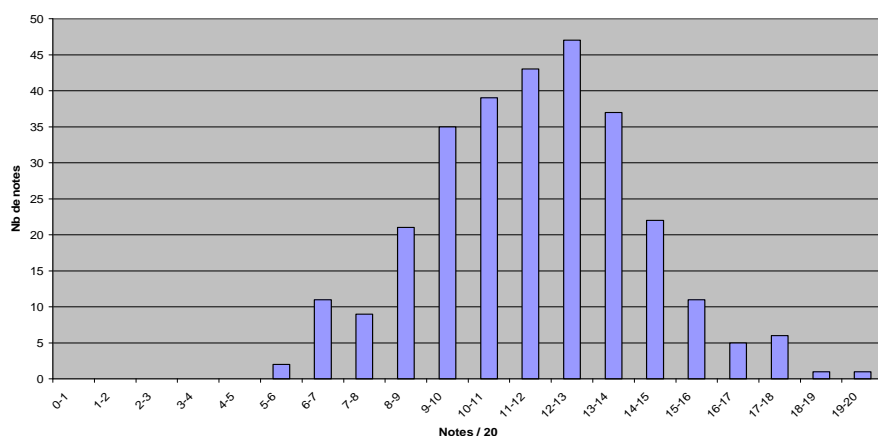
4-2 Distribution des notes pour les candidats admissibles aux épreuves écrites

Composition de physique



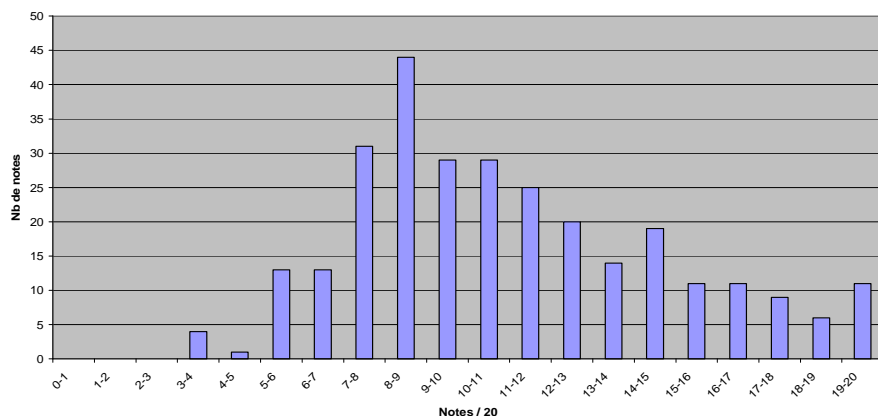
Moyenne :	12,74
Ecart-type :	3,30

Composition de chimie



Moyenne :	11,66
Ecart-type :	2,54

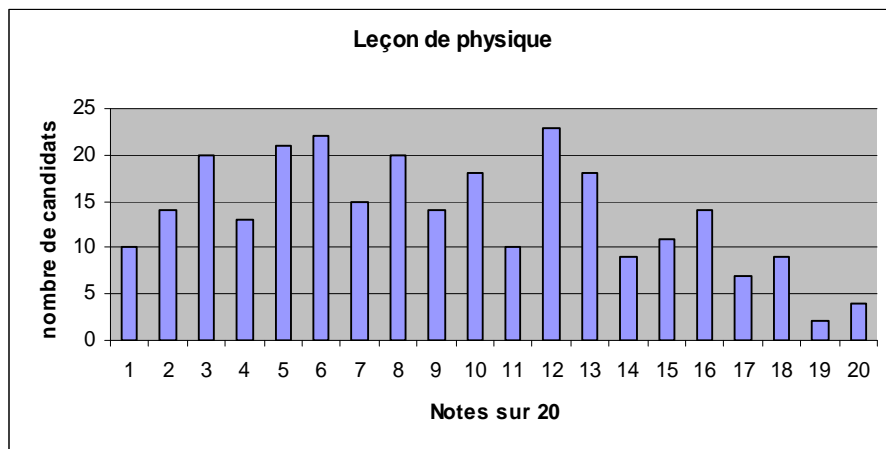
Problème de physique



Moyenne :	11,06
Ecart-type :	3,79

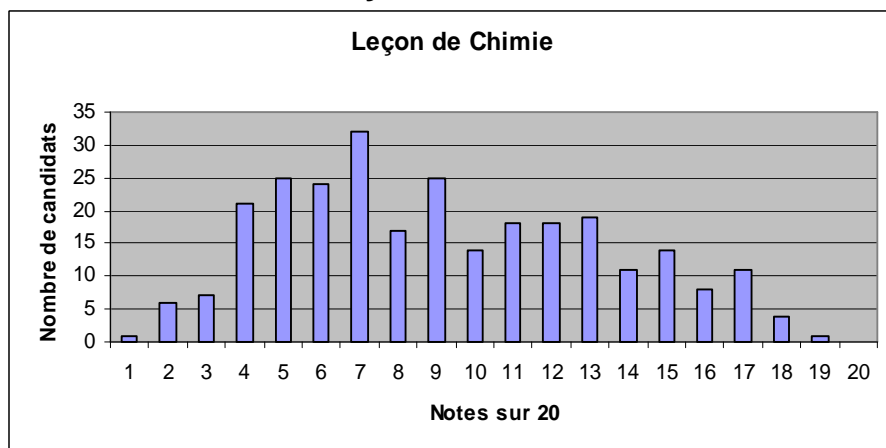
4-3 Distribution des notes aux épreuves orales

Leçon de physique



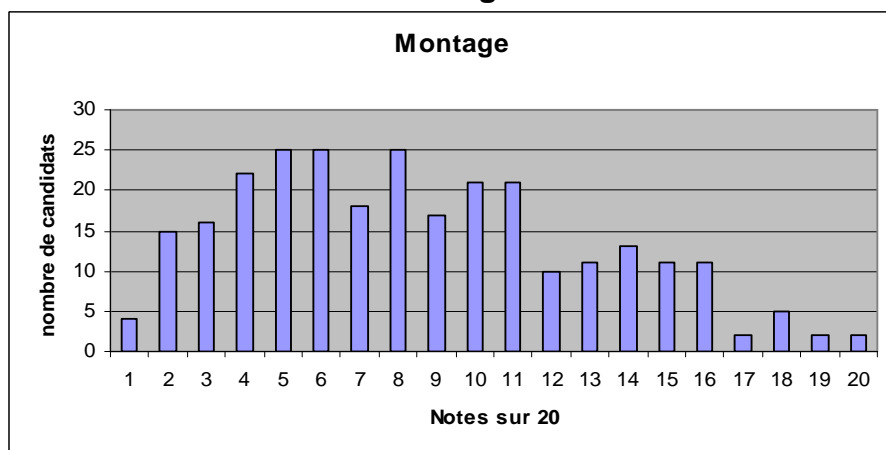
Moyenne :	9,11
Ecart-type :	5,09

Leçon de chimie



Moyenne :	8,98
Ecart-type :	4,17

Montage



Moyenne :	8,27
Ecart-type :	4,36

6. Rapport relatif à la composition de physique

❖ Généralités et commentaires portant sur l'ensemble du sujet

Cette épreuve avait pour sujet la thermodynamique à l'équilibre, des fondements à l'étude de plusieurs applications : mécanique des fluides, élasticité et propriétés magnétiques de certains milieux. Toutes les parties abordent les phénomènes étudiés aussi bien d'un point de vue macroscopique que microscopique.

En physique, la thermodynamique n'est assurément pas un domaine indépendant des autres. Elle traite des échanges d'énergie en prenant en compte l'énergie des degrés de liberté microscopiques. Relève donc de la thermodynamique toute étude physique qui prend en compte la température. Celle-ci en est pratiquement la signature.

Par ailleurs, le sujet comporte plusieurs questions de mécanique. Il s'agit d'une des parties les plus importantes de la physique. Elle est abordée très tôt par les élèves dans leur scolarité et elle est très présente par ses manifestations souvent spectaculaires dans la vie quotidienne. Pourtant, elle est mal maîtrisée par une grande proportion des candidats. De telles lacunes ne sont pas recevables de la part de futurs enseignants de sciences physiques. Nous invitons donc les futurs candidats à redoubler d'efforts dans ce domaine.

Plus généralement, le sujet proposé évalue les connaissances des candidats et non leur aptitude à mener des calculs souvent fastidieux.

Le jury est surpris de constater de fréquents recours à des formalismes lourds de physique statistique, d'autant plus que les candidats peinent ensuite à les simplifier pour obtenir la limite haute température, qui est le résultat demandé.

En réalité, la grande majorité des questions posées peut être traitée de façon concise. Mais cela nécessite une connaissance précise et rigoureuse des définitions, des principes ou théorèmes avec les hypothèses nécessaires. Les correcteurs rappellent également qu'un résultat affirmé sans preuve n'a aucune valeur, la physique ne se résumant pas à un formulaire. Par exemple, la relation de Mayer $C_p - C_v = R$ est souvent affirmée sans justification ; lorsqu'elle l'est, c'est souvent de manière peu rigoureuse, sans expliciter en quoi l'hypothèse du caractère parfait du gaz est nécessaire.

Un point positif est à signaler : de nombreux candidats traitent les évaluations numériques demandées et savent estimer des ordres de grandeur, littéraux comme numériques. Une telle attitude doit être maintenue : avec peu de technicité, il est alors possible d'aborder rapidement et simplement des applications de la physique et de tester tel ou tel modèle.

Le traitement théorique propre à la thermodynamique classique macroscopique est souvent incorrect. Des raisonnements faisant appel à la « chaleur » dans telles ou telles conditions sont encore courants. Une construction moderne s'appuyant sur les fonctions d'état et leurs différentielles est indispensable. Les coefficients calorimétriques et les capacités thermiques en particulier doivent être définis à partir de dérivées partielles de l'énergie interne ou de l'entropie, et non pas comme des chaleurs échangées. Ceci n'interdit nullement d'interpréter un phénomène ou le résultat d'un calcul à l'aide de raisonnements qualitatifs sur les énergies échangées, ce que les candidats savent souvent faire, ce qui montre qu'ils ont compris l'essentiel.

La mise en équation des principes et théorèmes nécessite l'utilisation d'un certain formalisme. D'une certaine façon, ce n'est pas le plus difficile et il y a une bonne part d'arbitraire dans le choix des notations. Mais le but poursuivi doit être de se faire bien comprendre par le lecteur.

Ce souci doit être présent à l'esprit du futur enseignant et l'utilisation d'un formalisme choisi avec soin est une aide à la compréhension.

En particulier, le symbole d est employé pour représenter la différentielle d'une fonction et Δ pour sa variation dans une transformation non élémentaire. L'utilisation de ces symboles pour le travail et l'énergie thermique échangée n'est pas acceptable et doit être considéré comme une erreur grave. Confondre un raisonnement intégral avec un raisonnement élémentaire ne l'est pas moins (en particulier pour traiter un comportement cyclique). Ce manque de soin dans le choix et l'utilisation du formalisme est constaté dans de trop nombreuses copies. Il traduit souvent une compréhension trop superficielle du sujet et un manque de rigueur.

❖ Commentaires spécifiques à certaines questions

I – Agitation thermique des gaz

- 2) Le point fixe de l'eau en question est le point triple à 273,16 K.
- 3) v^* a la dimension d'une vitesse et non d'une vitesse au carré.
- 4) Le mouvement brownien est souvent confondu avec l'agitation thermique.
- 8) Les électrons sont des fermions et se comportent comme tels. Cela semble peu connu.

II – Énergie interne et capacités thermiques

- 2) 3) 4) La relation $Q = C \Delta T$ est présente dans de trop nombreuses copies sans qu'aucune hypothèse ne soit précisée !
- 3) Le thermostat, système ayant des propriétés bien particulières, est souvent confondu avec l'appareil de régulation de température.
- 5) La confusion est souvent faite entre sommation sur l'ensemble des états et sommation sur les énergies.
- 6) L'indépendance des particules, hypothèse nécessaire pour appliquer la statistique de Boltzmann à chacune d'elle (factorisation de la fonction de partition) n'est que très rarement mentionnée.
- 13) La question est très mal traitée, même pour les seules contributions de translation et de rotation.
- 14) Le développement de Taylor de l'énergie potentielle autour de l'équilibre stable est trop rarement correctement écrit.
- 15) Trop peu de candidats pensent à la masse réduite

III – Les principes de la thermodynamique

- 2) L'énoncé du premier principe doit prendre en compte une énergie mécanique macroscopique et non seulement une énergie interne.

- 3) 4) L'énoncé du premier principe ne prend en compte que le travail des forces extérieures, alors que celui de l'énergie cinétique prend en compte également le travail des forces intérieures.
- 6) Les énoncés fondamentaux sont mal connus. Les bilans énergétiques sur ce système élémentaire sont donc rarement faits correctement. Ce système est un exemple où $Q_{12} \neq Q_{21}$.
- 9) L'expression $S(T, V)$ doit être homogène !
- 11) L'équiprobabilité des micro-états nécessite d'avoir affaire à un système isolé.
- 12) L'interprétation statistique du second principe se résume trop souvent à un accroissement du désordre, notion floue. A l'équilibre thermodynamique, le système se trouve dans l'état macroscopique le plus probable, celui correspondant au plus grand nombre de micro-états.
- 13) Il manque souvent une hypothèse : détente adiabatique ou dans le vide. Et la constance de la température doit être justifiée dans le cas du gaz parfait.

IV – Identité thermodynamique et détermination des fonctions d'état

- 2) 3) L'écriture des différentielles de U et S pose de gros problèmes aux candidats et il en est de même du signe du travail élémentaire. En conséquence, les relations de Clapeyron sont rarement démontrées.
- 18) Les hypothèses permettant l'utilisation de la formule de Stirling se réduisent souvent à $N \gg 1 \dots$

V – Les moteurs thermiques

- 2) Il y a trop de mauvaises réponses à cette question. Beaucoup de candidats se contentent de raisonner sur PdV ou TdS sans s'intéresser au cycle.
- 3) La confusion entre travail et puissance est courante.

VI – Bilan énergétique sur un système ouvert

Les quatre premières questions mettent en évidence des lacunes concernant le traitement d'un système ouvert et l'absence de connaissances solides en mécanique des fluides.

VII – Obtention de basses températures par liquéfaction d'un gaz

- 5) Une grandeur extensive est proportionnelle au nombre n de particules, tous les autres paramètres étant intensifs. Il ne suffit pas que la grandeur dépende de n . La notion d'extensivité est donc à revoir.
- 7) La détente de Joule-Thomson est peu et mal connue, quand elle l'est. Le traitement des systèmes ouverts n'étant pas maîtrisé, les bonnes réponses à cette question sont très peu nombreuses.

VIII – Thermodynamique des milieux magnétiques

- 6) 7) et 8) De nombreux candidats connaissent ce modèle, mais peu le traitent sans erreur. L'expression de l'énergie d'un dipôle dans un champ est souvent fautive, ainsi que les signes intervenant dans les facteurs de Boltzmann.
- 12) L'expression de H est très rarement correcte. Il s'agit pourtant d'un calcul élémentaire de magnétostatique.

8. Rapport relatif à la composition de chimie

Le sujet de la composition de chimie traitait de différents modes de conversion de l'énergie chimique. Après quelques questions portant sur des généralités et des définitions de thermochimie, la première partie propose deux applications, l'une analytique et l'autre application industrielle des transferts thermiques au sein d'un système chimique.

La deuxième partie porte sur la conversion de l'énergie chimique en énergie électrique. Elle propose l'étude à des fins analytiques d'une première pile électrochimique puis la description d'une pile à hydrogène.

La troisième partie envisage la conversion en énergie mécanique. Elle propose la synthèse d'un explosif et la description du coussin gonflable de sécurité automobile.

Enfin, la quatrième partie aborde le phénomène de chimiluminescence.

Ce sujet, mêlant chimie organique et chimie générale, aborde des domaines divers au travers de questions de difficulté variable qui ont toutes reçu au moins une bonne réponse sur l'ensemble des copies.

❖ Remarques générales

Comme les années précédentes, le jury note que beaucoup de candidats abordent presque exclusivement les questions les plus faciles, celles qui ne nécessitent pas une réflexion approfondie de leur part. Ils traitent ainsi le sujet de manière superficielle et cette stratégie de « pêche aux points », peu rentable, témoigne d'une connaissance et d'une compréhension insuffisantes de la chimie. Ce n'est pas ce qu'on attend de candidats à un concours de recrutement d'enseignants.

Des progrès restent à faire dans la rédaction des réponses. Certains candidats délaient leur rédaction et rendent des copies comportant un trop grand nombre de pages pour le contenu qui y figure. Dans les questions où il est demandé d'être descriptif, il est judicieux de réfléchir aux points essentiels avant de les formaliser par écrit.

Les questions de chimie organique sont traitées de manière satisfaisante. Si l'on rencontre encore beaucoup de flèches de déplacement d'électrons partant des charges au lieu des doublets, les mécanismes proposés sont en règle générale logiques et cohérents.

En revanche, le traitement des questions de thermodynamique est assez médiocre : pour beaucoup de candidats, thermodynamique et thermochimie sont deux domaines indépendants.

Enfin, pour les questions sur les solutions aqueuses, il est recommandé de réfléchir aux ordres de grandeur des différentes concentrations, ainsi qu'à la logique de la réaction prépondérante et de la conservation de matière. Il faut éviter de se lancer dans l'écriture de formules interminables et des calculs qui n'aboutissent pas, alors que les solutions ne prennent que quelques lignes.

Les meilleures copies révèlent de solides connaissances en chimie et une bonne capacité d'analyse des phénomènes étudiés. Mais le jury regrette globalement un manque de rigueur, tant dans la présentation et l'orthographe que dans le raisonnement ou la lecture de l'énoncé et une approche trop superficielle dans le traitement de nombreuses questions. La chimie ne se résume pas à un catalogue de connaissances : les lois physiques fondamentales régissent les phénomènes chimiques et permettent de décrire les interactions entre entités (des particules élémentaires aux entités moléculaires).

❖ Remarques concernant la première partie du sujet

Il est vrai que la thermodynamique exige de la rigueur, tant dans les notations que dans l'établissement de bilans d'échanges énergétiques. Ces derniers nécessitent le respect de conventions algébriques alors que trop souvent les problèmes de signes sont traités avec la plus grande désinvolture (A.II.2. et B.I.2.).

La présentation d'une méthode de détermination de la capacité thermique du calorimètre est rarement complète et rigoureuse.

La justification des valeurs des températures T_1 et T_2 pour la détermination de l'enthalpie de la réaction de décomposition de l'eau oxygénée est très rarement donnée. Il n'est pas suffisant d'affirmer qu'il s'agit de valeurs extrapolées. Cela traduit un manque de réflexion sur la question. Dans un tel cas, il est évidemment nécessaire de mentionner non seulement le caractère instantané de la réaction mais aussi les pertes thermiques inévitables du dispositif calorimétrique.

Les lois de déplacement d'équilibre sont connues et bien appliquées (B.II.2.). Mais l'établissement et l'exploitation d'un simple bilan de matière faisant apparaître le taux de dissociation semblent dérouter les candidats.

La majorité des candidats n'a pas établi de lien entre le caractère exothermique de la combustion du méthane et l'utilisation de cette réaction dans le réacteur autothermique qui fonctionne donc sans apport d'énergie supplémentaire pour le reformage secondaire. Ceci montre que trop peu de candidats utilisent le fil directeur d'un sujet et réfléchissent aux liens qui existent entre les différentes questions.

Les connaissances des structures cristallographiques sont bonnes mais le modèle des sphères dures et ses limites ne sont pas maîtrisés. Rappelons qu'un modèle n'est valable que si l'on en maîtrise à la fois les concepts, les limites et les champs d'application.

❖ Remarques concernant la deuxième partie du sujet

Très rares sont les candidats qui donnent l'expression des concentrations demandées en complexe et en ligand, alors qu'il suffit d'établir avec soin un tableau d'avancement. En conséquence, l'exploitation des mesures de forces électromotrices des piles de concentration (terme souvent inconnu) n'est quasiment jamais menée, les candidats se limitant à une comparaison des constantes de formation des complexes au lieu d'une comparaison rigoureuse des concentrations en ces deux complexes (A.II.5.).

La schématisation du fonctionnement de la pile à combustible est presque toujours fautive : des électrons ainsi que des sites d'adsorption semblent circuler dans l'électrolyte. Il est pourtant primordial, pour un futur professeur, de savoir donner à ses élèves une représentation schématique d'un dispositif, ce qui va de pair avec une réflexion approfondie.

Seuls quelques candidats ont su démontrer l'égalité entre le facteur de conversion de la pile et le rendement thermodynamique. Une telle absence de lien généralement constatée entre la thermodynamique de la réaction de fonctionnement de la pile et les échanges énergétiques qu'elle engendre semble traduire un cloisonnement intellectuel des connaissances.

Il convient de rappeler aux candidats qu'une lecture attentive du texte du sujet est nécessaire. Par exemple, il est facile d'obtenir la valeur de $\Delta_r G^\circ_1(353 \text{ K})$ de la réaction $\frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2 = \text{H}_2\text{O}$ et d'en déduire la valeur de la fem à la température $T = 353 \text{ K}$. Nombreux sont les candidats qui, faisant appel à leurs souvenirs, donnent simplement la valeur standard à 298 K soit 1,23 V.

L'étude de la membrane polymère amène à considérer une polymérisation radicalaire, qui se déroule en trois phases : amorçage, propagation et terminaison. Ces différentes étapes sont rarement

mentionnées toutes les trois. L'étude de la polymérisation anionique est proposée sur l'époxypropane, et non sur son équivalent fluoré dont la réactivité est différente. Là encore, de nombreux candidats se sont limités à une lecture trop superficielle ou trop rapide de l'énoncé.

Construction et remplissage des diagrammes d'orbitales moléculaires obéissent à des règles générales simples qui sont souvent mal énoncées ou ne le sont pas du tout.

Le diagramme binaire isotherme d'un mélange idéal est un fuseau délimité par une courbe d'ébullition linéaire. Le diagramme isobare pour ce même mélange présente lui un fuseau très fin. L'absence d'azéotrope ne saurait justifier le caractère quasi idéal du mélange. Quelques candidats manquent de rigueur dans l'application du théorème des moments inverses (masses et non pas nombres de moles) et beaucoup n'ont pas reconnu ce théorème dans l'expression à démontrer au B.IV.2.1.e. La lecture du diagramme est, quant à elle, globalement bien maîtrisée.

❖ Remarques concernant la troisième partie du sujet

Dans l'ensemble, la chimie organique est correctement traitée si l'on excepte le mécanisme de nitration d'un alcool. Seuls quelques rares candidats savent en effet analyser la réactivité électrophile de l'ion nitronium et la nucléophilie de l'alcool pour travailler par analogie avec la nitration des aromatiques.

La dismutation est une notion mal définie et mal comprise (en A comme en B).

Le formalisme de Lewis pour l'écriture des structures n'est pas maîtrisé. En particulier, les formes cycliques proposées pour l'ion azoture demanderaient énormément de torsion. Elles ne sont donc pas correctes.

La discussion demandée sur l'ionicité des azotures n'est que très rarement menée. Les modélisations des différents types de liaisons chimiques sont mal connues.

L'élucidation correcte et complète des rôles des entités intervenant dans la réaction de formation de l'azoture de sodium n'est quasiment jamais menée. Il s'agit pourtant d'une démarche de réflexion et d'analyse qu'un futur enseignant devrait savoir conduire.

❖ Remarques concernant la quatrième partie du sujet

Comme indiqué en préambule, cette partie ne nécessite aucune connaissance sur la photochimie organique. Il s'agit là d'amener les candidats, futurs enseignants, à une analyse des informations expérimentales fournies. Ceux qui ont sérieusement abordé cette partie l'ont souvent réussie. Une réflexion insuffisante a conduit les autres à commettre des erreurs de compréhension ou d'analyse : confusion émission/absorption, mauvaise analyse des rôles des espèces mises en jeu, ...

❖ Conclusion

Ce sujet a permis de bien classer les candidats. Le présent rapport souligne les faiblesses relevées lors de la correction. Le jury tient néanmoins à féliciter les nombreux candidats dont les notes honorables récompensent un travail sérieux et approfondi en chimie.

10. Rapport relatif au problème de physique

Le problème porte sur la condensation de Bose-Einstein (C.B.E.) d'un gaz atomique.

Les premiers résultats théoriques concernant ce sujet ont été obtenus par Einstein au début du vingtième siècle sur un gaz parfait d'atomes libres. La C.B.E. en milieu dilué a été observée expérimentalement pour la première fois en 1995 dans un gaz d'atomes de rubidium piégés. Cette découverte spectaculaire a été récompensée par le prix Nobel de Physique 2001.

Le problème comporte deux parties très largement indépendantes.

La première traite du ralentissement et du refroidissement d'atomes neutres, puis de leur piégeage dans un champ magnétique inhomogène. Les résultats, souvent fournis par l'énoncé, peuvent être obtenus à l'aide d'un formalisme classique.

La seconde partie fait appel à la physique quantique. Les aspects thermodynamiques de la C.B.E. sont d'abord envisagés en considérant un gaz d'atomes piégés dans un piège magnétique harmonique anisotrope. La fin du problème est consacrée à l'étude des propriétés des condensats de Bose à l'aide notamment de l'équation de Gross-Pitaevskii. L'utilisation de celle-ci, analogue à l'équation de Schrödinger, permet de prendre en compte les interactions entre atomes tout en conservant une description du condensat en termes de fonction d'onde.

Le lecteur intéressé par le sujet pourra étudier les cours dispensés au Collège de France entre 1982 et 2002 par le professeur C. Cohen-Tannoudji (<http://www.phys.ens.fr/cours/college-de-france/>)

1. Remarques générales :

Peu de candidats sont parvenus à une compréhension globale du problème. Le jury note avec plaisir la présence d'excellentes copies mais espérait de meilleurs résultats. En particulier, il attendait mieux de la première partie du problème car elle reprend des résultats qui devraient être bien connus.

Il faut attirer l'attention des candidats sur le soin qu'ils doivent apporter à la rédaction de leurs copies. Bien entendu, le fond est essentiel ; pour autant, la forme ne doit pas être négligée, surtout par de futurs enseignants. Le jury déplore s'être trouvé en présence de copies dans lesquelles l'écriture est presque illisible, l'orthographe incertaine, les questions traitées dans un ordre aléatoire et certains résultats perdus au milieu de calculs mal menés. Toutes ces insuffisances sont autant de handicaps incontestables. Il faut donc inciter les candidats à traiter le problème dans l'ordre et à éviter de « picorer » sans chercher à saisir la logique d'ensemble. Enfin, les questions doivent être clairement séparées, les résultats importants entourés, l'orthographe et la grammaire soignées.

On attend d'un professeur agrégé qu'il maîtrise les bases de la physique. Ce n'a pas été le cas dans toutes les copies. En particulier, la détermination de la dimension d'une grandeur est souvent incorrecte (à noter que la confusion entre « dimension » et « unité » est assez fréquente). Il faut également être capable de donner un résultat numérique ou un ordre de grandeur avec un nombre approprié de chiffres significatifs et éviter de donner sans commentaire critique des résultats d'applications numériques qui sont manifestement faux de plusieurs dizaines d'ordres de grandeur. Des erreurs dans l'écriture des équations de Maxwell, dans la description de l'effet Doppler, dans l'expression de l'énergie d'un photon, faisant intervenir une masse, une expression non homogène de l'énergie magnétique, ... sont autant d'indices d'une formation insuffisante en physique ou d'un manque de concentration lors de l'épreuve.

Les outils mathématiques de base sont très souvent malmenés. Les mêmes incorrections reviennent fréquemment, ce qui amène le jury à faire les remarques qui suivent :

- Un vecteur ne peut pas être égal au gradient d'un vecteur.
- L'algèbre des nombres complexes est souvent insuffisamment maîtrisée. $\text{Re}(\underline{a})$ désignant la partie réelle du nombre complexe \underline{a} , il n'est pas vrai que $\text{Re}(\underline{a}\underline{b}) = \text{Re}(\underline{a})\text{Re}(\underline{b})$.
- Une erreur fréquemment rencontrée dans la première partie du problème concerne le calcul de la polarisabilité α : de nombreux candidats écrivent que la valeur moyenne sur une période temporelle de $\exp(2i\omega t)$ est égale à $1/2$. C'est évidemment faux. Il est délicat d'utiliser la notation complexe dans des expressions qui ne sont pas linéaires par rapport aux grandeurs oscillantes. Mais ce résultat semble permettre de "retrouver" facilement l'expression donnée par l'énoncé (à un signe près, bien vite escamoté). Cela confirme le fait que l'utilisation de la représentation complexe est soumise à des règles strictes qui ne sont pas maîtrisées.
- Il est maintenant admis que dans les textes imprimés, pour des raisons de facilité typographique, les vecteurs soient notés en caractère gras plutôt que surmontés d'une flèche. Cela permet de les distinguer des scalaires. Or, dans les copies manuscrites, souvent, rien ne distingue les nombres des vecteurs. Pour ces derniers, il faut donc utiliser la flèche traditionnelle.

Rappelons aux futurs candidats que les correcteurs se montrent très sévères face à la "malhonnêteté intellectuelle". Il est illusoire de croire qu'une suite d'incohérences ou qu'un changement de signe ou de facteur numérique frauduleux permettant d'arriver au "bon" résultat puissent échapper à la vigilance du correcteur. Une copie dans laquelle figurent de telles mystifications est évidemment sanctionnée.

2. Remarques sur la première partie du problème.

Forces radiatives.

Cette partie se propose de retrouver l'expression de la force qui s'exerce sur un atome plongé dans un champ laser.

Trop de candidats ont été maladroits dans le calcul et l'utilisation des développements limités et dès la question 1.1.1.b, les erreurs mathématiques sont nombreuses .

Dans la question 1.2.1, la plupart des candidats ont tenté de calculer les forces \mathbf{F}_1 et \mathbf{F}_2 en conservant les notations complexes pour le moment dipolaire et le champ sans prendre de précaution particulière dans le produit de ces deux grandeurs (voir plus haut).

Dans cette partie, il s'avère que les candidats sont souvent désarçonnés par des calculs élémentaires. La dernière question demande aux candidats de mentionner un phénomène naturel où les effets de la pression de radiation se manifestent. Les réponses ont été souvent étonnantes : "aurores boréales", "tremblements de terre", "forme des gouttes d'eau" ...

Ralentissement et refroidissement d'atomes par laser.

Le ralentissement d'un jet atomique et la température d'un gaz d'atomes refroidis estimée à partir du modèle du "refroidissement Doppler" sont successivement abordés.

Cette partie a été plutôt bien traitée. Pourtant, très peu de candidats saisissent le véritable impact de l'effet Doppler sur l'allure de la force de ralentissement (force ayant une valeur notable uniquement au voisinage de $v = -\delta/k$). La température obtenue à partir de ce modèle est très au-dessus de la température observée expérimentalement, ce qui n'a pas troublé bon nombre de candidats. Bien peu ont mis en doute le modèle, et ont proposé de le raffiner.

Le jury a bien conscience qu'il est difficile de demander au candidat plongé dans la résolution du problème d'avoir une attitude critique vis-à-vis du contenu scientifique du sujet proposé. Pourtant, le texte est assez explicite. La remise en cause de la validité d'un modèle lorsque les résultats obtenus par le calcul et ceux obtenus expérimentalement sont en désaccord doit être naturelle chez le physicien. En outre, la situation étudiée est assez étonnante car il n'est pas fréquent que les résultats de l'expérience soient meilleurs que ceux prédits par la théorie.

Piégeage d'atomes neutres.

Seul le piégeage magnétique est abordé dans cette partie. Les calculs demandés sont souvent élémentaires. Encore faut-il connaître l'expression de l'énergie magnétique et savoir effectuer un développement limité à l'ordre 2.

A la fin du paragraphe, les pulsations associées au potentiel harmonique (donné par l'énoncé) sont demandées. Les réponses correctes à cette question pourtant simple ont été rares.

3. Remarques sur la seconde partie du problème.

Condensation dans un potentiel 3D isotrope.

Il s'agit de retrouver le phénomène de condensation et d'estimer la température de condensation pour des atomes piégés, et non plus libres comme dans le calcul "classique" du cours de physique statistique de maîtrise.

La principale difficulté réside dans la compréhension fine de l'expression du nombre N d'atomes, somme de la population de l'état fondamental et de celle des états excités. La comparaison de ces deux populations suivant la valeur de la fugacité Λ permet de retrouver température critique et accumulation dans l'état fondamental. Les calculs de la partie "énergie interne totale" sont plus techniques, et exigent, pour être menés à bien, une réelle habileté.

Description et excitations du condensat.

L'équation de Gross-Pitaevskii permet de prendre en compte les interactions entre atomes condensés tout en conservant une description du condensat par une fonction d'onde. Peu de candidats sont parvenus à cette dernière partie du problème. Les conclusions des calculs, comparées aux résultats expérimentaux, illustrent l'importance des interactions au sein du condensat.

Une analogie hydrodynamique qui termine le problème montre que la mesure de la vitesse du son dans un condensat permet d'estimer la constante de couplage G qui caractérise ces interactions. Cette dernière partie, assez technique, n'a été abordée qu'exceptionnellement.

4. Conclusions.

Le problème, inspiré par de très récents travaux, comporte sans doute des parties assez délicates.

En 2006, un futur professeur de physique ne peut ignorer la mécanique quantique. Le sujet du problème y fait appel.

Pourtant, les auteurs voulaient éviter que le problème repose uniquement sur les physiques statistique et quantique. La première partie a donc été voulue "classique", ce qui devait permettre une approche progressive en terme de difficulté. Le jury espérait ainsi mettre en confiance les candidats encore trop souvent effrayés par la physique quantique avant d'aborder des notions conceptuellement plus délicates, associées à des calculs plus complexes. Malheureusement, il arrive trop fréquemment que

la physique de niveau licence mise en œuvre dans cette première partie ne soit pas suffisamment maîtrisée.

Mais surtout, trop souvent, la progressivité et l'unité du problème n'ont pas été perçues. Or, il est indispensable que les candidats prennent un peu de recul pendant l'épreuve, qu'ils réfléchissent à la signification des résultats qu'ils viennent d'obtenir et qu'ils en fassent une analyse et un commentaire critique. Ce dernier, en particulier, fait souvent défaut alors qu'il est parfois suggéré par l'énoncé, au point qu'il fait presque partie des réponses attendues aux questions posées. Enfin, un minimum de réflexion critique permet de corriger des erreurs manifestes.

Une telle attitude n'est pas possible si le candidat essaie seulement de grappiller des points de ci de là. Plus que le manque de connaissances, c'est ce que regrette souvent le jury.

L'épreuve a permis de bien classer les candidats. Certaines copies sont insuffisantes mais d'autres sont réellement excellentes. Le jury a eu le plaisir de constater que certains candidats ont une connaissance profonde de la physique contemporaine et une dextérité impressionnante dans le maniement des calculs.

11 DÉROULEMENT DES ÉPREUVES ORALES

SESSION 2006

Conditions matérielles et généralités

Les épreuves définitives (pratiques et orales) se sont déroulées au Lycée Marcelin Berthelot de Saint Maur du 22 juin au 19 juillet 2006

Le jury a délibéré immédiatement après la fin des épreuves. Les résultats ont été proclamés le 20 juillet, et le jury a reçu aussitôt les candidats qui le désiraient, afin de commenter leurs épreuves.

Les candidats admissibles à l'agrégation de physique reçoivent une convocation pour une série d'oral, comportant trois épreuves.

La série commence par un tirage au sort le premier jour. Chaque candidat tire un numéro, auquel correspondent trois enveloppes contenant les sujets :

- leçon de physique (coefficient 4)
- leçon de chimie (coefficient 3)
- montage de physique (coefficient 3)

Ces enveloppes sont ouvertes par le candidat au début de chacune des épreuves qui commencent dès le lendemain du tirage au sort. A la session 2006, les horaires ont été les suivants :

Ouverture du sujet	5h10	6h30	7h50	11h20	12h40	14h00
Début de l'épreuve	9h20	10h40	12h00	15h30	16h50	18h10

Il convient de remarquer que les transports en commun ne fonctionnent qu'à partir de 5h30.

Une épreuve se déroule de la façon suivante :

- ouverture du sujet tiré au sort : un sujet obligatoire pour les leçons, et un sujet à choisir parmi deux proposés pour le montage ;
- 4 h de préparation à l'épreuve (10 minutes supplémentaires étant allouées pour permettre les déplacements entre étages) ;
- 1 h 20 d'épreuve, dont 50 min pour l'exposé d'une leçon ou 40 min pour la présentation du montage, le reste du temps pouvant être utilisé par le jury pour les questions.

L'usage des calculatrices personnelles n'est pas autorisé.

Les épreuves sont publiques.

Il est demandé aux candidats de se munir d'une pièce d'identité en cours de validité, de transparents vierges et de marqueurs pour rétroprojection, ainsi que d'une blouse pour la leçon de chimie.

A la fin du tirage au sort, les candidats peuvent visiter les bibliothèques et la collection de matériel de physique et de chimie.

Les bibliothèques restent ouvertes aux candidats tous les soirs à partir de 18 h 15.

Le matériel ainsi que les livres et documents, doivent être envoyés ou déposés (éventuellement par les candidats eux-mêmes), au plus tard avant le début de la première épreuve de la première série. Pour le matériel il est nécessaire de fournir un inventaire et une notice de fonctionnement. Ils sont récupérés le jour de la proclamation des résultats.

Les équipes techniques

A chacune des trois épreuves orales, le candidat est accueilli par une équipe technique constituée de techniciens et de professeurs préparateurs.

L'équipe technique offre aide ou assistance. Elle n'intervient ni dans le choix des expériences qui est de la seule responsabilité du candidat ni dans l'interprétation des résultats obtenus par celui-ci.

➤ **Les techniciens** restent à la disposition du candidat tout au long de l'épreuve pour lui fournir les livres et les appareils dont il a besoin. Ils apportent les indications nécessaires au bon fonctionnement du matériel (sécurité notamment) et participent à la mise en œuvre de celui-ci en effectuant les branchements nécessaires.

Les appareils sont accompagnés d'une notice que le candidat peut consulter.

Les techniciens assistent celui-ci dans la prise en main du matériel, en particulier, dans celle des appareils dont la diffusion est récente (spectromètres dits « de poche » ou « USB », flexcam, webcam, vidéo-projecteurs, ...) et dans celle des outils informatiques ou numériques. Il est vrai qu'une connaissance minimale de ces derniers est indispensable au candidat. Tous ces outils, qui sont une aide très appréciable pour les expériences, sont en effet d'une utilisation aisée. Néanmoins, il est possible qu'un candidat soit dérouté par un matériel précis auquel il est peu habitué et les techniciens le font alors bénéficier de leur savoir-faire.

Pour les leçons de physique ou de chimie, les techniciens fournissent au candidat une aide sur sa demande et en respectant ses indications. Ils aident à la réalisation des expériences de cours que les candidats ont prévues pour illustrer leur propos.

La situation est différente au montage où il s'agit d'une assistance. En effet, le candidat, qui est évalué notamment sur son habileté expérimentale et ses capacités à effectuer des mesures, doit réaliser lui-même les expériences. Les techniciens l'assistent dans la mise en œuvre des protocoles expérimentaux en particulier lorsqu'il s'agit d'effectuer des mesures répétitives.

➤ **Les professeurs préparateurs** ont pour mission de coordonner les travaux de l'équipe technique dans la préparation de chacune des trois épreuves. Leur rôle est également de veiller au bon fonctionnement des appareils durant la préparation. Ils peuvent proposer du matériel spécifique et, plus généralement, des solutions aux problèmes que les candidats peuvent rencontrer.

➤ **Les équipes techniques** (techniciens et professeurs préparateurs) n'ont pas de contact avec le jury. Celui-ci ignore les conditions dans lesquelles se sont déroulées les quatre heures de préparation.

LEÇONS DE PHYSIQUE 2006

Les leçons sont à traiter au niveau des classes préparatoires scientifiques ou au niveau de la licence de physique. Dans ce dernier cas, il convient de se placer dans la mesure du possible aux niveaux des deux premières années de licence (niveaux L_1 et L_2).

1. Contact entre deux solides. Frottement de glissement. Applications au glissement et au roulement.
2. Caractère non galiléen du référentiel terrestre. Conséquences.
3. Mouvement d'un solide autour d'un axe fixe. Equilibrage statique et dynamique. Exemples.
4. Approximation gyroscopique. Effets dans les domaines macroscopique et microscopique.
5. Utilisation des lois de conservation dans le problème à deux corps. Applications.
6. Principes de la cinématique relativiste. Durée propre. Longueur propre.
7. Collisions en relativité restreinte : application à l'étude des particules élémentaires.
8. Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique indépendant du temps. Applications.
9. Modèle de l'écoulement parfait d'un fluide; validité. Relation de Bernoulli ; limites et applications.
10. Notion de viscosité d'un fluide. Ecoulements visqueux, nombre de Reynolds. Exemples simples.
11. Equations de bilan en mécanique des fluides : exemples et applications.
12. Modèle du gaz parfait.
13. Etat d'équilibre thermodynamique. Fonctions d'état. Identité thermodynamique. Applications.
14. Evolution et condition d'équilibre d'un système thermodynamique fermé ; potentiels thermodynamiques.
15. Thermodynamique des phénomènes irréversibles.
16. Application des deux premiers principes de la thermodynamique au fonctionnement des machines thermiques.
17. Etude thermodynamique d'un système constitué par un corps pur sous plusieurs phases. Exemples.
18. Notion d'état microscopique. Interprétation statistique de l'entropie. Exemples.
19. Facteur de Boltzmann. Applications.
20. Rayonnement d'équilibre thermique. Corps noir. Applications.
21. Etude d'un phénomène de transport : conduction thermique ou diffusion de particules. Applications.
22. Conversion de puissance électromécanique. Exemples et applications.
23. Induction électromagnétique. Aspects énergétiques. Applications.
24. Systèmes bouclés. Applications.
25. Traitement d'un signal électrique : filtrage linéaire. Etude spectrale. Exemples et applications.
26. Utilisation des propriétés de symétrie dans l'étude des champs électromagnétiques. Exemples.

27. Exemples de phénomènes de propagation unidimensionnels. Ondes progressives, ondes stationnaires. Aspects énergétiques.
28. Ondes sonores dans les fluides.
29. Propagation dans un milieu dispersif : vitesse de phase, vitesse de groupe ; paquets d'ondes planes et évolution. Exemples.
30. Dispersion et absorption d'une onde électromagnétique plane dans un milieu diélectrique. Modélisations microscopiques.
31. Réflexion et réfraction d'une onde électromagnétique monochromatique plane à la surface de séparation entre deux milieux diélectriques linéaires homogènes isotropes.
32. Réflexion des ondes électromagnétiques planes à la surface d'un milieu conducteur dans le cas d'une incidence normale. Effet de peau.
33. Propriétés et applications du rayonnement dipolaire électrique.
34. Notion de rayon lumineux. Principe de Fermat. Conséquences et applications.
35. Application des lois de l'optique à l'étude d'un instrument d'optique au choix (lunette astronomique, télescope, appareil photographique, microscope...).
36. Obtention d'interférences à deux ondes en optique. Notion de cohérence.
37. Interféromètres à division d'amplitude. Applications.
38. Diffraction de Fraunhofer. Applications.
39. Diffraction par des structures périodiques dans différents domaines spectraux.
40. Le photon : la particule et ses interactions avec la matière.
41. Absorption, émission spontanée ou induite du rayonnement : coefficients d'Einstein. Applications.
42. Dualité onde-corpuscule : Relation de Louis de Broglie ; inégalités d'Heisenberg. Applications.
43. Puits de potentiel : exemples et applications en physique quantique.
44. Confinement de l'électron et quantification de l'énergie dans les atomes.
45. Effet tunnel. Applications.
46. Le noyau : stabilité, énergie.
47. Comportement dynamique des systèmes couplés : oscillateurs à deux degrés de liberté en mécanique classique, systèmes à deux niveaux d'énergie en physique quantique. Analogies et différences.
48. Cohésion de la molécule et des solides ; aspects énergétiques.
49. Chaîne linéaire infinie d'oscillateurs harmoniques. Modes propres. Approximation des milieux continus. Aspects énergétiques.
50. Capacités thermiques : description , interprétations microscopiques.
51. Paramagnétisme, ferromagnétisme (approximation du champ moyen).
52. Propriétés macroscopiques des corps ferromagnétiques ; applications.
53. Mécanismes de la conduction électrique. Loi d'Ohm. Effet Hall. Applications.
54. Phénomènes de résonance dans différents domaines de la physique.
55. Exemples d'effets de non linéarité sur le comportement d'un oscillateur.

LEÇONS DE CHIMIE 2006

1. Transformation chimique : équation de la réaction, avancement, bilan de matière. (1^{ère} scientifique)
2. Solutions électrolytiques ; mise en solution d'espèces ioniques ou moléculaires. (1^{ère} scientifique)
3. La conductimétrie : conductivité d'une solution ionique et application à la détermination de concentrations (dosage volumétrique exclu). (1^{ère} scientifique)
4. Dosages directs par réactions acido-basiques et d'oxydoréduction. (1^{ère} scientifique)
5. Le squelette carboné des hydrocarbures : relations structures - propriétés physiques, modification du squelette carboné. (nomenclature exclue). (1^{ère} scientifique)
6. Les grandes familles de réactions en chimie organique illustrées sur l'exemple des alcools. (1^{ère} scientifique)
7. Etude de l'eau de Javel : obtention, propriétés, dosage. (Terminale Sciences Médico-Sociales)
8. Principe et applications de la spectrophotométrie. (Terminale scientifique et Terminale scientifique – Spécialité)
9. Constante d'acidité ; applications. (Terminale scientifique)
10. Indicateurs colorés acido-basiques : étude, choix pour un dosage acide-base. (Terminale scientifique)
11. Cinétique de réaction (catalyse exclue). (Terminale scientifique)
12. Catalyse et catalyseurs ; applications. (Terminale scientifique)
13. Estérification et hydrolyse des esters. (Terminale scientifique)
14. Saponification des esters. Les savons : préparation à partir des triglycérides, mode d'action. (Terminale scientifique)
15. L'aspirine : synthèse, dosage, formulations. (Terminale scientifique et Terminale scientifique – Spécialité)
16. Piles : mise en jeu de transformations chimiques spontanées. (Terminale scientifique)
17. Électrolyses et accumulateurs : mise en jeu de transformations chimiques forcées. (Terminale scientifique)
18. Étude qualitative et quantitative des espèces acido-basiques dans les liquides alimentaires. (Terminale scientifique – Spécialité)
19. Contrôle de qualité de l'eau. (Terminale scientifique – Spécialité)
20. Contrôle de qualité du vin. (Terminale scientifique – Spécialité)
21. Colorants : extraction, synthèse, identification. (Terminale scientifique – Spécialité)
22. Arômes et conservateurs : extraction, synthèse, dosage. (Terminale scientifique – Spécialité)
23. Dosages indirects. (Terminale scientifique et Terminale scientifique – Spécialité)
24. Étude expérimentale du caractère évolutif des propriétés physico-chimiques dans la classification périodique. (MPSI-PTSI)

25. Structure électronique et géométrie des molécules ; illustrations expérimentales des relations structure - propriétés. (MPSI-PTSI)
26. Cristaux métalliques. (MPSI-PTSI)
27. Enthalpie de réaction : mesure et applications. (MPSI-PTSI)
28. Illustrations expérimentales et applications des réactions de complexation. (MPSI-PTSI)
29. Principe et illustrations des dosages par précipitation. (MPSI-PTSI)
30. Principe et illustrations des dosages redox par potentiométrie. (MPSI-PTSI)
31. Cinétique homogène : étude expérimentale et mécanismes réactionnels. (MPSI-PTSI)
32. Illustrations expérimentales et applications des lois de déplacement des équilibres. (MP-PSI-PT)
33. Mélanges binaires : équilibres liquide-vapeur ; applications (liquides non miscibles exclus). (MP)
34. Lecture et utilisation des diagrammes d'Ellingham ; application à la pyrométallurgie. (MP-PSI)
35. Hydrométallurgie du zinc. (PSI)
36. Applications des diagrammes potentiel-pH (construction exclue). (PSI)
37. Applications des courbes intensité-potentiel. (PSI)
38. Corrosion humide du fer. Protection du fer par le zinc. (PSI)
39. Exemples de mécanismes en chimie organique : additions électrophiles sur la double liaison carbone - carbone. (PSI)
40. Conformations et configurations ; illustrations expérimentales (PSI)

MONTAGES 2006

1. Dynamique newtonienne.
2. Tension superficielle.
3. Dynamique des fluides.
4. Thermométrie.
5. Transitions de phase.
6. Phénomènes de transport.
7. Phénomènes dissipatifs.
8. Formation des images en optique.
9. Interférences lumineuses ; conditions d'obtention.
10. Diffraction des ondes lumineuses.
11. Spectrométrie optique.
12. Milieux optiquement actifs : biréfringence et pouvoir rotatoire.
13. Production et analyse d'une lumière polarisée.
14. Emission et absorption dans le domaine optique.
15. Lasers.
16. Photorécepteurs.
17. Production et mesure de champs magnétiques.
18. Milieux magnétiques.
19. Métaux .
20. Matériaux semi-conducteurs.
21. Condensateurs ; effets capacitifs.
22. Induction, auto-induction.
23. Conversion de puissance électrique-électrique.
24. Conversion de puissance électro-mécanique.
25. Capteurs et transducteurs.
26. Mesure des tensions et des courants.
27. Amplification de signaux.
28. Télécommunication : mise en forme, transport et détection de l'information.
29. Acquisition, analyse et traitement des signaux.
30. Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu).
31. Mesure de longueurs.
32. Asservissement d'une grandeur physique ; applications.
33. Instabilités et phénomènes non-linéaires.
34. Ondes et impédances.
35. Ondes acoustiques.
36. Résonance.
37. Oscillateurs.
38. Couplage des oscillateurs.
39. Filtrage.
40. Constantes physiques fondamentales ; unités.

13. Rapport relatif à la leçon de physique

❖ Déroulement de l'épreuve

La leçon de physique consiste à exposer en 50 minutes et devant un jury un thème tiré au sort dans une liste de titres figurant dans le présent rapport.

Le candidat dispose de quatre heures pour préparer sa leçon, c'est-à-dire mettre en forme ses connaissances sur le sujet. Pour cela, il a accès à une bibliothèque où sont regroupés des ouvrages scientifiques allant des manuels scolaires aux ouvrages les plus spécialisés. A cet égard, il est invité à ne pas se perdre dans une multitude de documents : mieux vaut faire une synthèse à partir de quelques ouvrages connus et bien choisis.

Des membres du personnel technique sont présents pour mettre à disposition du candidat le matériel nécessaire qui lui permettra de réaliser éventuellement une ou plusieurs démonstrations expérimentales destinées à étayer sa présentation orale. Le technicien est absent lors de l'exposé et les expériences sont présentées sous la seule responsabilité du candidat.

Le jury rappelle l'intérêt que présente les outils modernes de laboratoire et de communication que sont les ordinateurs interfacés, les webcams, les vidéoprojecteurs, Ceux-ci sont maintenant régulièrement utilisés. Ils pourraient l'être encore davantage. Car il est vrai qu'utilisés à bon escient, ils facilitent la tâche des candidats. La présentation d'expériences démonstratives parce que bien visibles, l'enregistrement des résultats de mesures répétitives, le traitement des données, ... ne posent plus guère de problèmes.

Les candidats ont tous ces outils à disposition et peuvent également utiliser un rétroprojecteur.

L'exposé est suivi d'une interrogation de 25 minutes environ par les membres du jury. Les questions posées lors de cette séance visent à faire préciser un ou plusieurs points qui n'étaient pas clairs lors de l'exposé et à évaluer la solidité des connaissances du candidat sur les points qu'il a abordés.

❖ Remarques générales concernant l'épreuve de leçon

Une leçon doit être présentée avec dynamisme, assurance et conviction et délivrer un message clairement perceptible. Ce n'est ni une conférence ni un catalogue d'anecdotes. La leçon prend une forme voisine de celle d'un cours et bien qu'elle s'adresse au jury, elle doit rester compréhensible par le public d'étudiants qu'elle vise potentiellement.

Les thèmes abordés doivent toujours être traités en profondeur et illustrés par des exemples concrets et des applications, même si cela n'est pas explicitement indiqué dans le titre de la leçon.

Rigueur, clarté dans la présentation, recherche des mots justes, absence de désinvolture font partie des qualités attendues par le jury.

Le candidat doit faire un effort de correction syntaxique. Il lui faut éviter l'usage excessif du « on » et du « mon » qui diminuent grandement la clarté du propos et rendent le discours peu intelligible.

Le candidat peut évidemment consulter brièvement ses notes afin de vérifier un détail ou des données mais il n'est pas admissible qu'il lise systématiquement ou qu'il recopie au tableau ce qu'il a écrit pendant les 4 heures de préparation. De même, il est interdit de lire des livres devant le jury ou de les recopier au tableau.

Des schémas clairs permettent d'expliquer et d'illustrer la leçon et d'aider à sa compréhension.

D'une façon générale, il faut que le candidat évite de se lancer au tableau dans de longs calculs fastidieux. La présentation de ceux-ci sur transparents est dangereuse car le candidat doit montrer qu'il les maîtrise, même si toutes les étapes ne sont pas détaillées. Toutes les grandeurs mises en jeu doivent être clairement précisées. Il est d'ailleurs bon que le candidat vérifie l'adéquation des notations utilisées sur les documents qu'il présente avec celles qu'il a adoptées durant son exposé.

Le jury apprécie toujours que la leçon soit illustrée par des expériences. Il est évidemment préférable que celles-ci soient démonstratives. La réalisation de mesures soignées demande du temps. Or, celui-ci est limité, aussi bien pendant la préparation que devant le jury, si bien que la détermination d'ordres de grandeurs peut suffire. Quoi qu'il en soit, le candidat doit montrer qu'il maîtrise les manipulations qu'il présente.

Le jury termine ces considérations générales par deux remarques.

Tout d'abord, il arrive souvent que, la fatigue aidant, la dernière partie de la leçon soit la moins réussie. Il n'est donc pas conseillé d'aborder des points difficiles à la fin, surtout si ils ne sont pas maîtrisés.

Ensuite, le jury rappelle que la liste des leçons est constituée de sujets indépendants les uns des autres, même lorsqu'il s'agit de titres consécutifs. La numérotation ne fixe donc ni les pré-requis ni les notions pouvant être abordées.

❖ Remarques particulières à propos de quelques leçons

Les numéros indiqués sont ceux de la liste des leçons 2006 qui figure dans les rapports des sessions 2005 et 2006 du concours.

Leçon 1 : L'approche énergétique du contact doit être développée et une description microscopique peut être esquissée.

Leçon 2 : Comme dans toute leçon de mécanique, il est primordial de définir correctement les référentiels utilisés. Les notions de pesanteur et de verticale sont souvent confuses et les définitions peu claires. Les ordres de grandeur sont essentiels pour comparer les différents termes.

Leçon 3 : L'équilibrage d'un solide en rotation autour d'un axe fixe n'est plus au programme des classes préparatoires Il n'en reste pas moins que, pour bien traiter le sujet et aussi pour répondre aux questions du jury, les candidats doivent connaître les notions de matrice d'inertie et d'axes propres d'inertie. Ils doivent toutefois prendre garde à ne pas se laisser entraîner dans des développements mathématiques ou théoriques excessifs alors que les applications sont innombrables et d'une grande importance pratique.

Leçon 4 : 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.

Leçon 5 : Le passage du système à deux corps à la particule fictive constitue le point clé de la leçon. La confrontation du modèle aux résultats expérimentaux est nécessaire (en astronomie ou en spectroscopie de l'atome d'hydrogène par exemple).

Il est à noter que les trajectoires fermées ne sont pas possibles pour tout type de potentiel central.

Leçon 6 : 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.

Leçon 7 : L'intérêt du référentiel barycentrique n'est pas souvent bien dégagé. Les candidats sont encouragés à diversifier les exemples traités (et ne pas hésiter à les choisir dans la physique des particules).

Leçon 8 : Les exemples de mouvement dans un champ inhomogène ne sont pas traités correctement. Les applications sont pourtant très nombreuses.

Leçon 9 : Il est difficile de bien dégager la physique du modèle de l'écoulement parfait et ses limites sans faire appel à la notion de viscosité. Les différences entre fluide parfait et écoulement parfait et entre fluide incompressible et écoulement incompressible sont parfois méconnues.

Leçon 10 : 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.

Leçon 13 : Le jury constate une confusion fréquente entre la notion de fonction d'état munie de ses variables naturelles (c'est l'objet de la leçon) et la notion de potentiel thermodynamique. On se concentre ici sur l'équilibre thermodynamique, et sur la manière d'obtenir toute l'information sur un système à l'équilibre thermodynamique.

Leçon 14 : Le jury invite les candidats à bien distinguer les paramètres extérieurs fixés qui déterminent le potentiel thermodynamique adapté à la recherche de l'équilibre et les variables internes libres de fluctuer pour permettre au système d'atteindre l'équilibre.

Leçon 16 : 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.

Leçon 17 : Il s'agit bien d'une étude thermodynamique fondée sur l'utilisation des potentiels thermodynamiques et non d'une étude descriptive des changements d'état.

Leçon 19 : Les conditions d'utilisation du facteur de Boltzmann doivent être précisées.

Leçon 21 : Un modèle microscopique doit être présenté.

Leçon 22 : 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.

Leçon 23 : 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.

Leçon 24 : 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 pas à une fonction d'asservissement.

Leçon 25 : L'étude spectrale doit être soigneusement présentée. Une bonne place doit être consacrée aux applications.

Leçon 26 : Le jury attend une application au cas de champs dépendant du temps.

Leçon 27 : 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.

Leçon 30 : Il y a souvent confusion entre absorption et atténuation.

Leçon 33 : L'essentiel ne consiste pas à ici à calculer de façon détaillée les champs rayonnés.

Leçon 38 : 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.

Leçon 40 : 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 (refroidissement laser, optique et information quantiques, ...).

Leçon 49 : Il est intéressant de montrer le lien entre les paramètres microscopiques du modèle et les grandeurs macroscopiques caractéristiques du milieu.

Leçon 50 : Elle ne doit pas se limiter à un long exposé de méthodes calorimétriques mais laisser une place importante aux modèles microscopiques.

Les capacités thermiques doivent être définies à partir des dérivées partielles de l'entropie ou de l'énergie interne.

Leçon 51 : Il s'agit ici de présenter une interprétation microscopique du paramagnétisme et du ferromagnétisme.

14. Rapport relatif à la leçon de chimie

La leçon de chimie de l'oral de l'agrégation de physique est divisée en deux parties, un exposé et une séance de questionnements.

Au cours de la première partie d'une durée de 50 min, le candidat expose devant le jury une leçon dont l'intitulé est extrait des programmes des classes de premières, de terminales scientifiques et de Sciences Médico-sociales ainsi que des programmes des classes préparatoires MPSI, PTSI, MP, PSI et PT. Au bout de 45 min le jury prévient le candidat qu'il lui reste 5 min.

Ensuite, les membres du jury posent au candidat des questions pendant une durée qui n'excède pas 25 min.

❖ Déroutement de l'épreuve

◆ Préparation (4 h)

Durant la période de préparation, les candidats ont accès à une bibliothèque dans laquelle ils peuvent trouver les programmes officiels, des ouvrages scolaires du secondaire et du supérieur ainsi que des documents vidéo-projetables (qui remplacent les transparents rétro-projetables).

Une équipe technique composée d'un professeur préparateur et de techniciens, peut assister le candidat dans la mise au point des expériences qui seront présentées au cours de la leçon et dans l'utilisation du matériel informatique.

Le candidat doit remplir une fiche sur laquelle il indique avec précision le matériel et les produits dont il souhaite disposer.

Chacune des salles de présentation est équipée d'un vidéo projecteur et d'un rétroprojecteur.

◆ Présentation (50 min)

L'intitulé définit le cadre et le niveau de la leçon.

Celle-ci doit être construite selon un plan rigoureux. Le candidat doit montrer une aisance dans la transmission orale de ses connaissances ainsi que dans l'écriture et le dessin des schémas. Le recours aux notes manuscrites est évidemment possible mais doit toutefois rester limité.

D'une façon générale, le jury apprécie à leur juste valeur les qualités que l'on est en droit d'attendre d'un futur professeur : clarté, concision, rigueur et enthousiasme.

Le jury n'intervient pas dans le déroulement de la leçon sauf dans des cas exceptionnels, par exemple pour arrêter une manipulation qui pourrait s'avérer dangereuse. En revanche il peut, à son initiative ou à la demande du candidat, se déplacer dans la salle afin d'observer le détail d'une expérience.

En revanche, le jury n'est pas habilité à aider le candidat dans ses manipulations ni à répondre aux questions posées par celui-ci. Les ouvrages utilisés pendant la préparation doivent être tenus à la disposition du jury afin que celui-ci puisse en prendre connaissance.

Une véritable attitude scientifique s'accompagne d'une certaine humilité devant les faits expérimentaux. En particulier, pour reprendre une expression souvent entendue, on ne peut pas dire qu'une expérience « ne marche pas ». Il est possible qu'elle ne donne pas les résultats attendus. Le fait est instructif. Il faut en prendre acte et surtout essayer d'analyser ce qui a pu se passer.

Enfin, certains candidats semblent oublier leurs connaissances de physique lorsqu'il s'agit d'appréhender des phénomènes chimiques.

◆ Questions

Au cours de cette dernière partie, les membres du jury posent tour à tour des questions. Celles-ci portent généralement sur la leçon elle-même, mais peuvent faire appel à des domaines variés. Le niveau auquel se place le jury ne se réfère plus ici à un programme particulier.

Cet échange est l'occasion pour le candidat de préciser certains points abordés pendant son exposé et que le cadre imposé par l'intitulé de la leçon ne lui aurait pas permis de développer. Il permet au jury d'apprécier l'étendue des connaissances du candidat et son aptitude à réagir face à une situation nouvelle.

❖ Conseils généraux

◆ Exposé

Une leçon bien construite possède une introduction, un développement et une conclusion. Le candidat a intérêt à bien choisir le rythme de présentation qui doit être suffisamment soutenu pour couvrir au maximum le champ du sujet dans le temps imparti.

Pendant la période de préparation, le candidat a intérêt à prendre le temps de bien lire l'intitulé de la leçon qui lui est proposée et d'en délimiter soigneusement les contours afin d'éviter de laisser dans l'ombre des parties importantes ou, au contraire, de se fourvoyer dans des développements hors sujet. En particulier, certaines leçons sont consacrées à des applications et excluent les développements théoriques fondamentaux.

L'introduction permet d'inscrire la leçon dans le cadre du programme, de préciser les pré-requis ainsi que les objectifs. Elle doit être brève afin de ne pas trop empiéter sur le développement.

Comme il a été rappelé plus haut, les intitulés des leçons sont extraits des programmes officiels. Cela ne doit pas conduire le candidat à se sentir prisonnier d'une progression particulière extraite de tel ou tel manuel. En particulier, il n'existe pas de plan type exigé ou même attendu pour une leçon donnée. Au contraire, avant de construire le plan de sa leçon, le candidat a intérêt à consulter plusieurs ouvrages afin de disposer des points de vue d'auteurs différents.

En ce qui concerne la forme, l'orthographe et l'expression orale doivent être irréprochables. Les documents projetés doivent être utilisés à bon escient.

Les présentations expérimentales font partie intégrante de la leçon et interviennent naturellement dans son évaluation. Rappelons ici quelques conseils déjà donnés dans les rapports précédents.

- Certaines manipulations, mises au point pendant la période de préparation, doivent être réalisées, pour partie ou en totalité, devant le jury. C'est à cette condition, en effet, que celui-ci peut évaluer les qualités d'expérimentateur du candidat. En revanche, les pesées ou les prises d'essai, qui peuvent être longues et ne présenter en soi qu'un intérêt limité, seront réalisées en préparation afin de gagner du temps.

- Parmi les nombreuses manipulations possibles illustrant le sujet proposé, celles qui ont un lien avec la vie réelle présentent des avantages didactiques incontestables. A titre d'exemple, le candidat

a intérêt à privilégier une manipulation illustrant un contrôle de qualité ou un procédé industriel par rapport à une expérience académique, c'est-à-dire parfois réalisée dans les établissements scolaires ou mentionnée dans les manuels mais ne présentant pas d'intérêt pratique particulier.

- Le jury attend du candidat qu'il précise avec soin le mode opératoire employé dans la manipulation et qu'il conserve un esprit critique vis-à-vis des modes opératoires proposés dans la littérature. Les résultats doivent être soigneusement interprétés. En particulier, la caractérisation des produits par une méthode physico-chimique est une étape essentielle dans une synthèse. Lorsqu'une manipulation conduit à des résultats quantitatifs, la précision des mesures effectuées doit être estimée.

- Le jury a constaté à plusieurs reprises une utilisation peu orthodoxe de certains éléments de verrerie : les éprouvettes à pied graduées sont destinées à mesurer des volumes et non à contenir un mélange réactionnel. Il existe pour cela des béchers de forme adaptée.

- L'usage des gants est impératif pour certaines manipulations de produits dangereux, mais il ne doit pas être abusif et conduire à des situations un peu ridicules.

Lors de la conclusion, il n'est pas opportun de reprendre un à un tous les thèmes qui viennent d'être abordés durant l'exposé. En revanche, il peut être intéressant d'indiquer en quoi la leçon s'inscrit dans un cadre plus général et de citer succinctement quelques points qui pourraient être développés ultérieurement.

▪ Questions

Les questions posées permettent au jury de se rendre compte si le candidat s'est bien approprié le sujet traité. Leur degré de difficulté peut être très variable. Le candidat doit être persuadé que le jury ne cherche pas à le déstabiliser. Bien au contraire, les questions posées permettent de valoriser les connaissances du candidat et peuvent dans certains cas, contribuer à le rattraper. Il n'est pas nécessaire de savoir répondre à toutes les questions posées pour avoir une bonne note.

▪ Conclusion

Une bonne prestation lors de cette épreuve nécessite de la part du candidat une analyse soignée de l'intitulé de la leçon qui lui est proposée. Les expériences, en nombre suffisant, judicieusement choisies et toujours interprétées doivent venir à l'appui d'une présentation claire et soignée.

❖ Remarques particulières sur quelques leçons

Leçon 1 : Elle souffre d'un manque de rigueur et de pédagogie. Les manipulations mettant en jeu des gaz sont mal maîtrisées.

Leçon 2 : Bien distinguer les étapes d'ionisation, solvation et dispersion et ne pas oublier de faire le lien avec les grandeurs physiques associées est mal perçu.

Leçon 5 : La présentation des chaînes carbonées est superflue.

Leçon 6 : Il faut insister sur la différence entre les trois classes d'alcool et ne pas se limiter aux oxydations.

Leçon 9 : Connaissant les valeurs des concentrations des différentes espèces et l'expression de la constante d'acidité, il est toujours possible de calculer la valeur numérique de celle-ci. Mais il faut également montrer qu'elle garde la même valeur lorsque celles des concentrations changent. L'analyse de l'intitulé de la leçon invite clairement à montrer cela expérimentalement. Il s'agit même du cœur de la leçon.

Leçons 18, 19, 20 : Ces leçons doivent être l'occasion d'illustrer la variété des méthodes de dosage et les réactions de titrage.

Leçons 18 à 22 : Si le caractère expérimental de ces leçons est indéniable, il n'en reste pas moins que la présentation doit faire apparaître un fil conducteur et un exposé structuré.

Leçon 27 : Il est rappelé que les notations de thermodynamique et leur signification doivent être connues et utilisées avec rigueur.

Leçon 28 et 29 : Les candidats sont invités à mieux faire ressortir le lien entre les constantes thermodynamiques relatives aux espèces et les applications mettant en jeu ces dernières.

Leçon 31 : Il est souhaitable qu'une, au moins, des illustrations expérimentales soit en lien avec l'étude des mécanismes réactionnels.

Leçon 32 : La leçon porte sur les illustrations expérimentales et les applications et non sur les démonstrations des lois de déplacement des équilibres. Les illustrations peuvent être choisies dans le domaine des solutions aqueuses.

Leçon 35 : Cette leçon doit s'appuyer sur les diagrammes potentiel-pH et les courbes intensité-potentiel. Les espèces intervenant dans les différentes étapes doivent être caractérisées.

Leçons 39 et 40 : La chimie étant une science concrète, les candidats sont vivement encouragés à présenter des molécules réelles pour illustrer leurs propos.

Leçon 40 : Le cas du cyclohexane mérite quelques égards, notamment sur le plan de sa représentation.

15. Rapport relatif au montage de physique

L'objectif de cette épreuve est d'évaluer les capacités expérimentales du candidat et son aptitude à obtenir, présenter et discuter des résultats quantitatifs dans un ensemble cohérent d'expériences illustrant le thème choisi.

Le candidat dispose de 40 minutes pour présenter des expériences préparées pendant 4h avec l'assistance de techniciens et de professeurs préparateurs. Suit une séance de questions au cours de laquelle le jury se fait préciser les choix expérimentaux, évalue la compréhension des phénomènes physiques illustrés et la pertinence des commentaires.

❖ Remarques générales sur le déroulement de l'épreuve

Après une courte introduction, le candidat doit montrer son habileté expérimentale en réalisant des expériences illustrant un sujet choisi parmi les deux proposés dans l'intitulé de l'épreuve.

Il ne s'agit donc pas d'un cours et les lois illustrées n'ont pas à être démontrées. Cependant le candidat doit être capable d'en donner l'origine et le domaine de validité. Une expérience décrite oralement ou au tableau sans manipulation est considérée comme sans valeur.

On ne saurait trop conseiller au candidat de faire des manipulations entièrement exploitées et adaptées à son niveau, dont il maîtrise les concepts physiques sous-jacents, plutôt que de tenter de réaliser des expériences mal dominées ou survolées après avoir rempli la paillasse de matériel. Le jury préfère l'attitude honnête, mais « battante », d'un candidat conscient de ses limites à celle d'un autre qui, cherchant à tout justifier, s'emmêle dans des explications confuses et argumente dans tous les sens. Certaines questions posées par le jury font appel au bon sens et un raisonnement simple mené à haute voix permet de conclure.

Quel que soit le sujet choisi, le candidat ne doit pas se limiter à des expériences qualitatives. Par contre, il n'a pas à reprendre toutes les mesures associées à une expérience : il peut en choisir une qui lui permet d'illustrer le protocole expérimental suivi et l'insérer ensuite parmi les résultats obtenus pendant la préparation.

Toutefois, en introduction, le candidat peut fort bien réaliser une expérience démonstrative et effectuer une mesure grossière ou approximative qui ne donne qu'un ordre de grandeur et pour laquelle il peut pratiquement se dispenser de l'évaluation de l'incertitude.

Mais il ne doit pas abuser de ce genre de manipulations car le jury exige des mesures soignées. Seules, celles-ci peuvent conduire à une exploitation critique des résultats permettant de valider un modèle ou de déterminer la valeur d'une grandeur physique qui pourra être comparée à celle trouvée dans un « handbook » par exemple. Pour ce faire, toute mesure doit donc être accompagnée d'une évaluation de l'incertitude sur le résultat obtenu et adaptée à la mesure effectuée.

Trop souvent, les seules incertitudes envisagées sont celles dues aux appareils de mesure utilisés. Or, la précision obtenue dépend en premier lieu du protocole expérimental mis en place et le candidat doit être en mesure de discuter de l'existence d'erreurs systématiques induites par ce protocole. Par ailleurs, les incertitudes dépendent évidemment du soin apporté par l'expérimentateur à sa mesure.

L'outil informatique est maintenant assez systématiquement utilisé. D'une façon générale, c'est une bonne chose car les possibilités offertes sont nombreuses. Toutefois, les candidats doivent être mis en garde contre toute utilisation irréfléchie.

En particulier, les ajustements automatiquement réalisés par les logiciels peuvent rendre difficile l'estimation de l'incertitude sur l'ajustement des paramètres. En tout état de cause, si le logiciel propose une incertitude sur un paramètre, le candidat doit s'assurer de sa cohérence avec la valeur de ce dernier. Le plus souvent possible, il aura d'ailleurs intérêt à revenir à des représentations linéaires qui permettent une discussion plus facile des incertitudes.

Par exemple, dans le cas de la variation de la résistance d'une thermistance en fonction de la température, il est préférable de tracer $\ln R$ en fonction de $1/T$ et d'ajuster à la main la pente en tenant compte des barres d'erreur si le logiciel ne le permet pas.

Enfin, le candidat doit savoir utiliser le logiciel qu'il choisit.

Il doit avoir également au moins une idée du principe physique de fonctionnement des appareils de mesure qu'il utilise, de leurs limites et de leur influence dans le montage et pouvoir être capable de justifier ses choix d'appareils. D'une manière générale, l'utilisation d'une « boîte noire » nécessite la connaissance du contenu de la boîte.

Par ailleurs, les candidats oublient trop souvent d'expliquer leur tableau de mesures et de légender leurs courbes.

Quelques points particuliers :

Optique - Le jury pense que les montages d'optique ne sont pas spécialement difficiles et qu'il est assez facile d'obtenir une bonne note. Il regrette qu'ils soient rarement choisis par les candidats. Les expériences traditionnelles réussies avec des résultats spectaculaires conservent tout leur intérêt. Les montages doivent évidemment être soignés et les figures obtenues visibles et exploitables. L'utilisation de capteurs CCD et de l'informatique ne permettent en aucun cas de rattraper un mauvais réglage.

Thermodynamique - Les états d'équilibre ou stationnaires ou permanents sont longs à atteindre. Une bonne gestion du temps et une bonne organisation sont importantes. C'est une difficulté à ne pas sous-estimer.

Le jury peut se déplacer pour vérifier un câblage, observer un phénomène peu visible mais il apprécie aussi l'utilisation, à bon escient, des moyens modernes de communication. C'est ainsi que la webcam et le vidéo-projecteur peuvent être particulièrement intéressants.

Le choix des ouvrages de références est important. Un simple manuel ne peut pas remplacer le Handbook lorsqu'il s'agit de donner une valeur tabulée.

Enfin, le jury regrette que certains titres semblent faire l'objet d'impasses systématiques. Les sujets traditionnels ou anciens ne conduisent pas forcément aux meilleures notes.

Remarques particulières sur certains montages

Les numéros des montages sont ceux de la liste 2006 (identique à la liste 2005)

1. Dynamique newtonienne. Les bilans de forces doivent être soignés.

La comparaison (sans précautions particulières) de la période d'oscillation d'un pendule pesant avec la période théorique du pendule simple n'a pas de sens.

2. Tension superficielle. 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.

4. Thermométrie. Il est important de dominer les notions de bases de la thermométrie ainsi que le principe de fonctionnement des différents thermomètres utilisés.
6. Phénomènes de transport. Il faut savoir évaluer un temps caractéristique de diffusion.
10. Diffraction des ondes lumineuses. Le candidat ne doit pas se contenter d'expériences au niveau de la classe de seconde. Il peut utiliser d'autres sources lumineuses que les sources laser.
11. Spectrométrie optique. Il n'est pas suffisant de faire de simples mesures de longueurs d'onde. Il faut se poser la question de la résolution de l'appareil de mesure et des sources de limitation de cette résolution.
12. Milieux optiquement actifs : biréfringence et pouvoir rotatoire. Il faut avoir davantage que de vagues notions sur les milieux anisotropes.
13. Production et analyse d'une lumière polarisée. Il ne faut pas se limiter à la polarisation rectiligne.
17. Production et mesure de champs magnétiques. Cette étude ne doit pas se limiter aux champs de l'ordre du millitesla. Par ailleurs, les solénoïdes disponibles dans la collection ne sont pas de longueur infinie.
18. Milieux magnétiques. Dans la mesure de la hauteur d'ascension du FeCl_3 , l'évaluation du champ B doit être menée avec précision.
21. Condensateurs et effets capacitifs. Pour mesurer des capacités de petite valeur, on ne peut pas négliger la capacité d'entrée de l'oscilloscope ou celle des câbles. Ce montage ne peut pas se limiter à l'étude du circuit RC. Les candidats doivent avoir une idée du principe de fonctionnement d'un capacimètre.
22. Induction, auto-induction. Ces notions sont fondamentales. Le montage est pourtant souvent décevant.
23. Conversion de puissance électrique-électrique. Ce montage n'est pas souvent choisi. Pourtant les exemples simples ne manquent pas (il faut penser au transformateur, par exemple).
26. Mesures des tensions et des courants. Le jury attend du candidat qu'il connaisse et illustre le principe de la mesure et les caractéristiques des multimètres ou oscilloscopes utilisés (sensibilité, bande passante...). Le montage ne peut pas se résumer à une étude des mesures obtenues à l'aide de différents types de multimètres.
27. Amplification de signaux. Le montage à transistors est bienvenu. Les caractéristiques de l'amplificateur opérationnel parfait doivent être connues.
30. Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclus). L'étude du principe de la mesure d'une fréquence est attendue. Une mesure de fréquence utilisant la fonction FFT du logiciel « Synchronie » sur un nombre entier mais faible de périodes est peu judicieux.
33. Instabilités et phénomènes non linéaires. De très nets progrès ont été constatés sur ce sujet.

34. Ondes et impédances. Les deux parties du titre ne sont pas indépendantes et il est souhaitable d'illustrer dans ce montage le rôle que joue l'adaptation d'impédance dans la propagation des ondes.

36. Résonance. L'étude du circuit RLC (de niveau terminale) n'est pas maîtrisée et est souvent traitée de manière superficielle par les candidats. La notion de facteur de qualité pour mesurer l'acuité de la résonance ne peut pas être passée sous silence. Il faut bien distinguer résonance et ondes stationnaires.

37. Oscillateurs. Ce montage est destiné à illustrer la propriété qu'ont certains systèmes à osciller spontanément. Dans ce sens-là, le circuit RLC excité par une impulsion et qui se met à osciller est dans le sujet alors que l'étude du régime forcé ne l'est pas.

38. Couplage des oscillateurs. Peu de candidats savent lier la période des battements aux pulsations propres.

39. Filtrage. Ce montage ne peut pas se limiter à une mauvaise étude d'un filtre passif RC ou RLC en électricité.

LEÇONS DE PHYSIQUE 2007

Les leçons sont à traiter au niveau des classes préparatoires scientifiques ou au niveau de la licence de physique. Dans ce dernier cas, il convient de se placer dans la mesure du possible au niveau des deux premières années de licence (niveaux L1 et L2).

1. Contact entre deux solides. Frottement de glissement. Applications au glissement et au roulement.
2. Caractère non galiléen du référentiel terrestre. Conséquences.
3. Mouvement d'un solide autour d'un axe fixe. Équilibrage statique et dynamique. Exemples.
4. Approximation gyroscopique. Effets dans les domaines macroscopique et microscopique.
5. Utilisation des lois de conservation dans le problème à deux corps. Applications.
6. Principes de la cinématique relativiste. Durée propre. Longueur propre.
7. Collisions en relativité restreinte : application à l'étude des particules élémentaires.
8. Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique indépendant du temps. Applications.
9. Notion de viscosité d'un fluide. Écoulements visqueux. Nombre de Reynolds. Exemples simples.
10. Modèle de l'écoulement parfait d'un fluide; validité. Relation de Bernoulli ; limites et applications.
11. Equations de bilan en mécanique des fluides : exemples et applications.
12. Modèle du gaz parfait.
13. État d'équilibre thermodynamique. Fonctions d'état. Identités thermodynamiques. Applications.
14. Évolution et condition d'équilibre d'un système thermodynamique fermé. Potentiels thermodynamiques.
15. Thermodynamique des phénomènes irréversibles.
16. Application des deux premiers principes de la thermodynamique au fonctionnement des machines thermiques.
17. Étude thermodynamique d'un système constitué par un corps pur sous plusieurs phases. Exemples.
18. Notion d'état microscopique. Interprétation statistique de l'entropie. Exemples.
19. Modèle de l'atmosphère terrestre en équilibre isotherme. Introduction au facteur de Boltzmann. Applications.
20. Rayonnement d'équilibre thermique. Corps noir. Applications.
21. Étude d'un phénomène de transport : conduction thermique ou diffusion de particules. Applications.
22. Conversion de puissance électromécanique. Exemples et applications.
23. Induction électromagnétique : circuit mobile dans un champ magnétique permanent, circuit fixe dans un champ variable. Applications.
24. Systèmes bouclés. Applications.
25. Traitement d'un signal électrique. Étude spectrale. Filtrage linéaire. Exemples et applications.
26. Exemples de phénomènes de propagation unidimensionnels. Ondes progressives, ondes stationnaires. Aspects énergétiques.
27. Ondes sonores dans les fluides.
28. Propagation dans un milieu dispersif : vitesse de phase, vitesse de groupe. Paquets d'ondes planes et évolution. Exemples.
29. Dispersion et absorption d'une onde électromagnétique plane dans un milieu diélectrique. Modélisations microscopiques.

30. Comportement d'une onde électromagnétique monochromatique plane à l'interface de deux milieux diélectriques. Applications.
31. Réflexion des ondes électromagnétiques planes à la surface d'un milieu conducteur dans le cas d'une incidence normale. Effet de peau.
32. Propriétés et applications du rayonnement dipolaire électrique.
33. Notion de rayon lumineux. Principe de Fermat. Conséquences et applications.
34. Application des lois de l'optique à l'étude d'un instrument d'optique au choix (lunette astronomique, télescope, appareil photographique, microscope...).
35. Obtention d'interférences à deux ondes en optique. Notion de cohérence.
36. Interféromètres à division d'amplitude. Applications.
37. Diffraction de Fraunhofer. Applications.
38. Diffraction par des structures périodiques dans différents domaines spectraux.
39. Le photon : la particule et ses interactions avec la matière.
40. Absorption, émission spontanée ou induite du rayonnement. Coefficients d'Einstein. Applications.
41. Dualité onde-corpuscule : Relation de de Broglie. Inégalités d'Heisenberg. Applications.
42. Puits de potentiel : exemples et applications en physique quantique.
43. Confinement de l'électron et quantification de l'énergie dans les atomes.
44. Effet tunnel. Applications.
45. Le noyau : stabilité, énergie.
46. Oscillateurs à deux degrés de liberté en mécanique classique : modes propres. Systèmes à deux niveaux d'énergie en physique quantique. Analogies et différences.
47. Cohésion de la molécule et des solides. Aspects énergétiques.
48. Chaîne linéaire infinie d'oscillateurs harmoniques. Approximation des milieux continus. Aspects énergétiques.
49. Capacités thermiques : description , interprétations microscopiques.
50. Paramagnétisme, ferromagnétisme. Approximation du champ moyen.
51. Propriétés macroscopiques des corps ferromagnétiques. Applications.
52. Mécanismes de la conduction électrique. Loi d'Ohm. Effet Hall. Applications.
53. Phénomènes de résonance dans différents domaines de la physique.
54. Exemples d'effets de non linéarité sur le comportement d'un oscillateur.

LEÇONS DE CHIMIE 2007

1. Solutions électrolytiques ; mise en solution d'espèces ioniques ou moléculaires. (1^{ère} scientifique)
2. La conductimétrie : conductivité d'une solution ionique et application à la détermination de concentrations (dosage volumétrique exclu). (1^{ère} scientifique)
3. Dosages directs par réactions acido-basiques et d'oxydoréduction. (1^{ère} scientifique)
4. Le squelette carboné des hydrocarbures : relations structures - propriétés physiques, modification du squelette carboné. (nomenclature exclue). (1^{ère} scientifique)
5. Les grandes familles de réactions en chimie organique illustrées sur l'exemple des alcools. (1^{ère} scientifique)
6. Etude de l'eau de Javel : obtention, propriétés, dosage. (Terminale Sciences Médico-Sociales)
7. Principe et applications de la spectrophotométrie. (Terminale scientifique et Terminale scientifique – Spécialité)
8. Constante d'acidité ; applications. (Terminale scientifique)
9. Indicateurs colorés acido-basiques : étude, choix pour un dosage acide-base. (Terminale scientifique)
10. Cinétique de réaction (catalyse exclue). (Terminale scientifique)
11. Catalyse et catalyseurs ; applications. (Terminale scientifique)
12. Estérification et hydrolyse des esters. (Terminale scientifique)
13. Saponification des esters. Les savons : préparation à partir des triglycérides, mode d'action. (Terminale scientifique)
14. L'aspirine : synthèse, dosage, formulations. (Terminale scientifique et Terminale scientifique – Spécialité)
15. Piles : mise en jeu de transformations chimiques spontanées. (Terminale scientifique)
16. Électrolyses et accumulateurs : mise en jeu de transformations chimiques forcées. (Terminale scientifique)
17. Étude qualitative et quantitative des espèces acido-basiques dans les liquides alimentaires et ménagers. (Terminale scientifique – Spécialité)
18. Contrôle de qualité de l'eau. (Terminale scientifique – Spécialité)
19. Contrôle de qualité du vin. (Terminale scientifique – Spécialité)
20. Colorants : extraction, synthèse, identification. (Terminale scientifique – Spécialité)
21. Arômes et conservateurs : extraction, synthèse, dosage. (Terminale scientifique – Spécialité)
22. Dosages indirects. (Terminale scientifique et Terminale scientifique – Spécialité)
23. Étude expérimentale du caractère évolutif des propriétés physico-chimiques dans la classification périodique. (MPSI-PTSI)
24. Structure électronique et géométrie des molécules ; illustrations expérimentales des relations structure - propriétés. (MPSI-PTSI)
25. Cristaux métalliques. (MPSI-PTSI)

26. Enthalpie de réaction : mesure et applications. (MPSI-PTSI)
27. Illustrations expérimentales et applications des réactions de complexation. (MPSI-PTSI)
28. Principe et illustrations des dosages par précipitation. (MPSI-PTSI)
29. Principe et illustrations des dosages redox par potentiométrie. (MPSI-PTSI)
30. Cinétique homogène : étude expérimentale et mécanismes réactionnels. (MPSI-PTSI)
31. Illustrations expérimentales et applications des lois de déplacement des équilibres. (MP-PSI-PT)
32. Mélanges binaires : équilibres liquide-vapeur ; applications (liquides non miscibles exclus). (MP)
33. Lecture et utilisation des diagrammes d'Ellingham ; application à la pyrométallurgie. (MP-PSI)
34. Hydrométallurgie du zinc. (PSI)
35. Applications des diagrammes potentiel-pH (construction exclue). (PSI)
36. Applications des courbes intensité-potentiel. (PSI)
37. Corrosion humide du fer. Protection du fer par le zinc. (PSI)
38. Exemples de mécanismes en chimie organique : additions électrophiles sur la double liaison carbone - carbone. (PSI)
39. Conformations et configurations ; illustrations expérimentales (PSI)

MONTAGES 2007 (liste identique à MONTAGES 2006)

1. Dynamique newtonienne.
2. Tension superficielle.
3. Dynamique des fluides.
4. Thermométrie.
5. Transitions de phase.
6. Phénomènes de transport.
7. Phénomènes dissipatifs.
8. Formation des images en optique.
9. Interférences lumineuses ; conditions d'obtention.
10. Diffraction des ondes lumineuses.
11. Spectrométrie optique.
12. Milieux optiquement actifs : biréfringence et pouvoir rotatoire.
13. Production et analyse d'une lumière polarisée.
14. Emission et absorption dans le domaine optique.
15. Lasers.
16. Photorécepteurs.
17. Production et mesure de champs magnétiques.
18. Milieux magnétiques.
19. Métaux .
20. Matériaux semi-conducteurs.
21. Condensateurs ; effets capacitifs.
22. Induction, auto-induction.
23. Conversion de puissance électrique-électrique.
24. Conversion de puissance électro-mécanique.
25. Capteurs et transducteurs.
26. Mesure des tensions et des courants.
27. Amplification de signaux.
28. Télécommunication : mise en forme, transport et détection de l'information.
29. Acquisition, analyse et traitement des signaux.
30. Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu).
31. Mesure de longueurs.
32. Asservissement d'une grandeur physique ; applications.
33. Instabilités et phénomènes non-linéaires.
34. Ondes et impédances.
35. Ondes acoustiques.
36. Résonance.
37. Oscillateurs.
38. Couplage des oscillateurs.
39. Filtrage.
40. Constantes physiques fondamentales ; unités.