



## **Concours de recrutement du second degré**

### **Rapport de jury**

---

**Concours : Agrégation externe**

**Section : Physique-chimie**

**Option : Physique**

**Session 2016**

Rapport de jury présenté par :  
Pierre Desbiolles,  
Président du jury

## Table des matières

<a href="#">Avant-propos</a> .....	3
<a href="#">Réglementation de la session 2016</a> .....	4
<a href="#">Informations statistiques</a> .....	5
<a href="#">Épreuves d'admissibilité</a> .....	7
<a href="#">Rapport sur la composition de physique 2016</a> .....	8
<a href="#">Rapport sur la composition de chimie 2016</a> .....	12
<a href="#">Rapport sur le problème de physique 2016</a> .....	14
<a href="#">Épreuves d'admission</a> .....	18
<a href="#">Rapport sur la leçon de physique</a> .....	19
<a href="#">Rapport sur la leçon de chimie</a> .....	25
<a href="#">Rapport sur le montage de physique</a> .....	32
<a href="#">Sujets des épreuves orales de la session 2016</a> .....	42
<a href="#">Leçons de physique 2016</a> .....	43
<a href="#">Leçons de chimie 2016</a> .....	45
<a href="#">Montages 2016</a> .....	46
<a href="#">Sujets des épreuves orales de la session 2017</a> .....	47
<a href="#">Leçons de physique 2017</a> .....	48
<a href="#">Leçons de chimie 2017</a> .....	50
<a href="#">Montages 2017 (liste inchangée par rapport à 2016)</a> .....	51

## Avant-propos

Le nombre de postes ouverts au concours 2016 de l'agrégation externe de physique-chimie option physique est en légère augmentation par rapport à celui ouvert en 2015 (92 contre 89). Le jury a décidé de pourvoir ces 92 postes. Le nombre de candidats ayant composé aux trois épreuves écrites s'établit en 2016 à 598, en légère progression par rapport à l'année précédente. Les 199 candidats admissibles se partagent entre étudiants ou des élèves des ENS (44,7 % des admissibles) et professeurs stagiaires, certifiés ou professeurs de lycée professionnel (47,7%), moins de 10 % des admissibles étant sans emploi ou hors de la fonction publique. Près de 2/3 des étudiants admissibles ont été reçus, contre la moitié lors de la session précédente. Seuls 17 % des professeurs déjà en activité et admissibles ont été admis<sup>1</sup>, pourcentage cependant en augmentation par rapport à celui de la session précédente. Quoi qu'il en soit, l'agrégation externe de physique-chimie, option physique, reste un concours de recrutement qui distingue les plus jeunes des candidat(e)s, à la (courte) carrière académique (déjà) brillante. À noter que, sans raisons claires, la proportion des femmes admises est encore en baisse cette année (22,6 % des admissibles mais seulement 17,4 % des admis, contre respectivement 21,7 % et 21,4 % en 2015).

Rappelons-le cette année encore, le concours de l'agrégation a pour objectif de recruter des professeurs de grande qualité qui se destinent à enseigner, pour la plupart, dans le secondaire ou en classe préparatoire aux grandes écoles. On comprend donc que si l'excellence scientifique et la maîtrise disciplinaire restent essentielles, faire montre de qualités didactiques et pédagogiques au cours des épreuves n'est pas moins indispensable aux candidats pour réussir. Certes, les épreuves écrites permettent de s'assurer que les candidats possèdent le bagage scientifique indispensable à un futur enseignant et qu'ils savent mobiliser leurs connaissances pour aborder un problème original, souvent inspiré de travaux de recherche récents. Mais le poids important des épreuves orales dans l'évaluation finale témoigne bien de l'importance donnée à d'autres compétences, dont la maîtrise est essentielle pour exercer le métier d'enseignant. La cohérence d'une leçon, les choix effectués pour aborder ou illustrer un concept, le dialogue entre formalisation et ancrage au réel, la hauteur de vue et le recul qui permettent d'identifier les points les plus délicats d'un exposé et d'y consacrer le temps nécessaire sont autant d'éléments didactiques appréciés du jury. En ce qui concerne la pédagogie, et même si les élèves ne sont pas présents lors des épreuves, les candidats doivent par leur dynamisme, voire leur enthousiasme, témoigner de leur plaisir à communiquer. La clarté alliée à la rigueur du discours, l'utilisation à bon escient des technologies de l'information et de la communication (TIC) en leçon comme durant l'épreuve de montage, sont bien sûr également évaluées par le jury. Enfin, et surtout, la physique et la chimie sont des sciences expérimentales : l'épreuve de montage, ainsi que la leçon de chimie, doivent permettre aux candidats de manifester leurs capacités expérimentales, leur habileté, leur maîtrise de la mesure et leur juste perception de la science comme construction qui toujours s'incline devant le réel.

Comme l'indiquait le rapport de jury 2015, un arrêté daté du 25 juillet 2014<sup>2</sup> donne la possibilité au jury d'interroger les candidats sur d'autres compétences que celles relevant de la seule discipline physique-chimie et en particulier sur la première des compétences du référentiel de juillet 2013 : « *Faire partager les valeurs de la République* ». Le jury de l'épreuve de chimie s'est systématiquement emparé de cette possibilité, en posant durant l'entretien une question relevant de cette compétence. On trouvera dans ce rapport quelques-unes des questions que le jury a posées aux candidats durant les entretiens qui ont suivi l'épreuve de chimie, ainsi que ces conseils permettant aux futurs candidats de préparer sans appréhension cette partie de l'entretien. Afin que le jury de chimie puisse consacrer le temps qu'il estime nécessaire à cette partie de l'entretien, la durée de l'exposé de l'épreuve orale de chimie a été portée, à partir de la session 2016, à 45 minutes (contre 50 minutes pour les sessions antérieures), la durée de l'entretien étant portée à 35 minutes. Cette année comme l'année dernière, un porte-vues rassemblant des documents qui donnent corps aux valeurs de la République et à la laïcité, en particulier la charte de la laïcité à l'École, a été remis à

<sup>1</sup> Quelques professeurs lauréats de la session 2016 de l'agrégation interne de physique-chimie se trouvaient parmi les candidats admissibles. La plupart ne se sont pas présentés aux épreuves orales et, comme cela est le cas depuis deux ans, aucun des candidats présents aux épreuves orales n'a été reçu.

<sup>2</sup> Arrêté du 25 juillet 2014 paru au J.O. du 12 août 2014.

chaque candidat admissible au début du temps de préparation aux épreuves. Ce porte-vues contient également le référentiel des compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation de juillet 2013, afin que les candidats puissent pleinement en prendre connaissance.

Le programme de la session 2016 comportait de nouvelles indications concernant l'usage des outils numériques lors des épreuves orales : « Les environnements de programmation (langage) et de calcul scientifique à privilégier lors des épreuves orales et pratiques d'admission sont ceux du programme d'informatique, appliqué à la rentrée scolaire de l'année où est ouvert le concours, des classes préparatoires scientifiques aux grandes écoles ». En conséquence, à partir de la session 2016, la distribution Pyzo du langage Python et le logiciel Scilab sont à disposition des candidats admissibles sur des postes informatiques présents dans chaque salle de préparation et de présentation aux épreuves. Les centres de préparation à l'agrégation externe de physique-chimie option physique ont élaboré une cinquantaine de programmes aisément modifiables et susceptibles d'être utilisés pour illustrer certaines des leçons de physique ou des montages. Ces programmes ont été mis à disposition de tous les candidats admissibles et pourront prochainement être téléchargés sur le site : <http://agregation-physique.org>. On trouvera également à cette adresse une liste de sites internet destinés à favoriser la manipulation du langage Python, accessibles aux candidats durant les épreuves orales. Encore trop peu de candidats se sont emparés de cette nouvelle possibilité, ceux qui l'ont fait au cours d'une leçon ou d'un montage ont souvent vu leur initiative valorisée par le jury. Le maniement de tels programmes lors des épreuves orales, particulièrement lorsque les candidats les modifient pour les adapter au contexte de leur exposé, est l'occasion de faire montre de compétences en informatique, compétences dont on sait qu'elles seront de plus en plus recherchées dans les années à venir.

Depuis la session 2016, des ressources documentaires numériques sont également disponibles par l'intermédiaire de certains sites internet institutionnels. La liste de ces sites est disponible sur le site de l'agrégation : <http://agregation-physique.org>. Un ordinateur connecté à internet est mis à disposition de chaque candidat dans la salle de préparation et de présentation des épreuves, ce qui permet aux candidats d'accéder en particulier à d'autres types de supports (vidéos, animations, etc.). Là encore, le jury a regretté que ces nouvelles ressources ne soient pas davantage utilisées, les candidats sont donc invités à s'emparer des opportunités offertes par une offre numérique, dont on sait qu'elle est appelée à se développer et à jouer un rôle toujours plus grand dans l'enseignement.

Le programme de la session 2017, que l'on trouvera sur le site SIAC2 du ministère, s'inscrit dans la continuité de celui de la session 2016. En complément de ce programme, les candidats trouveront dans les dernières pages de ce rapport les listes des leçons et montages pour la session à venir, listes qui restent proches de celles de la session 2016. Comme les deux années précédentes, les titres proposés sont souvent courts et ouverts, afin d'inciter les candidats à faire des choix raisonnés, car il faut le rappeler : en leçon comme en montage, il n'existe pas de modèle attendu pour chacun des sujets proposés, et l'originalité est appréciée lorsqu'elle est maîtrisée.

Il reste à recommander aux futurs candidats de lire attentivement ce rapport : il rassemble de précieux conseils donnés par le jury et constitue ainsi un des instruments de leur réussite.

Pierre Desbiolles

Inspecteur général de l'éducation nationale, Président du jury

## **Réglementation de la session 2016**

Les textes officiels régissant les concours du second degré sont consultables sur le site internet du ministère de l'éducation nationale, rubrique SIAC 2.

Les programmes et les modalités de la session 2016 de l'agrégation externe de physique-chimie option physique sont consultables sur ce même site.

## Informations statistiques

92 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 des trois années précédentes étant rappelées à titre de comparaison.

	2016	2015	2014	2013
Inscrits	1510	1433	1393	1494
Présents aux trois épreuves	598	556	575	560
<b>Admissibles</b>	<b>199</b>	<b>198</b>	<b>168</b>	<b>168</b>
Barre d'admissibilité	45,0/120	43,4/120	48,2/120	46,8/120
Moyenne générale du candidat classé premier	16,8/20	18,7/20	17,6/20	19,0/20
Moyenne générale du dernier candidat reçu	9,0/20	9,2/20	9,3/20	9,2/20
<b>Admis</b>	<b>92</b>	<b>89</b>	<b>75</b>	<b>75</b>

### EPREUVES ECRITES

Moyenne sur 20 du premier candidat admissible : ..... 19,8 /20

Moyenne sur 20 du dernier candidat admissible : ..... 7,5 /20

Nature de l'épreuve écrite	Moyenne des candidats ayant composé	Moyenne des candidats admissibles
Composition de physique	7,2/20	11,6/20
Composition de chimie	7,3/20	11,8/20
Problème de physique	5,1/20	8,6/20

### EPREUVES ORALES

Nature de l'épreuve orale	Moyenne des candidats présents aux épreuves orales	Écart-type
Leçon de physique	8,8/20	4,7/20
Leçon de chimie	7,7/20	4,6/20
Montage de physique	10,2/20	5,1/20

Nature de l'épreuve orale	Moyenne des candidats admis	Écart-type
Leçon de physique	11,9/20	3,7/20
Leçon de chimie	9,8/20	4,6/20
Montage de physique	13,1/20	4,4/20

**Répartition par date de naissance des candidats**

Année de naissance	Nombre d'admissibles	Nombre d'admis
1994	13	11
1993	26	22
1992	35	26
1991	13	5
1990	7	3
1989	7	4
1988	10	5
1987	4	2
1986	6	4
1985	5	0
1984	5	2
1983	2	0
1982	3	0
1981	7	2
1980	7	0
1979	8	0
1978	9	2
1974 à 1977	17	2
antérieure à 1974	15	2

**Répartition par profession**

Profession	Nombre d'admissibles	Nombre d'admis
Étudiant	48	32
Élève d'une ENS	41	34
Certifié et PLP	79	9
Autre enseignant MEN dont stagiaires	16	7
Hors fonct. publique/sans emploi	15	10

**Répartition par sexe**

	Nombre d'admissibles	Nombre d'admis
Hommes	154	76
Femmes	45	16

## **Épreuves d'admissibilité**

Les épreuves se sont déroulées du 1 au 3 mars 2016.  
L'intégralité des sujets des épreuves écrites d'admissibilité sont consultables sur le site internet du ministère de l'éducation nationale, rubrique SIAC 2.



## Rapport sur la composition de physique 2016

Le sujet de la composition porte sur divers aspects de la propagation de la lumière, dont la notion de polarisation. Il s'articule en sept parties largement indépendantes pour leur traitement, quitte à utiliser des résultats antérieurs fournis. La première partie aborde des généralités sur la polarisation des ondes lumineuses. Elle est suivie d'une partie développant la théorie cinématique de Fresnel d'un milieu optiquement actif avec une ouverture sur une expérience de polarimétrie permettant la mesure d'une biréfringence circulaire naturelle. La troisième partie développe l'étude de la propagation d'ondes électromagnétiques en milieu chiral par appui sur une équation constitutive admise. La quatrième partie introduit, par appui sur un théorème de Larmor, l'effet de magnétochiralité et permet de réaliser une estimation de son ordre de grandeur depuis un graphique expérimental fourni. La cinquième partie discute de méthodes optiques interférentielles proposées pour détecter l'effet de magnétochiralité : la première exploite un interféromètre passif de Mach-Zehnder et la seconde un interféromètre actif en anneau. La sixième partie introduit un modèle de Kuhn simplifié et permet de retrouver l'équation constitutive d'un milieu chiral admise dans la troisième partie. La composition se termine par une approche documentaire en relation avec la dualité onde-corpuscule et l'optique quantique.

Des connaissances issues de divers domaines de la physique tels la physique des ondes, l'électromagnétisme, la mécanique, les interférences et la physique quantique, sont nécessaires pour répondre aux questions posées. Il faut aussi faire appel à diverses compétences importantes aux yeux du jury dont :

- pouvoir exposer des concepts de façon claire, concise et précise, sans obligatoirement avoir recours à des expressions mathématiques ;
- savoir réaliser des figures adéquates et soignées ;
- s'approprier et discuter des situations théoriques ou expérimentales, classiques ou inédites ;
- être capable de mener avec rigueur un calcul sans perdre de vue l'objectif concret visé.

De très bonnes copies ont su convaincre le jury sur ces multiples points, mettant en exergue de multiples qualités de futurs professeurs agrégés. Toutefois, il aurait aimé les voir plus nombreuses : beaucoup de prestations restent bien en-deçà des exigences du concours et n'émanent pas de candidats qui se destinent à l'enseignement : réponses non rédigées ou brouillonnes ou aléatoires ou incompréhensibles ou hors sujet (auxquelles s'ajoutent des manques sur des connaissances fondamentales).

Le jury rappelle que les résultats clés doivent être mis en évidence (soulignement, encadrement...). Cela concerne notamment les expressions littérales obtenues avant d'effectuer les applications numériques associées. Ces dernières doivent être assorties des unités nécessaires (simplifiées) et comporter un nombre cohérent de chiffres significatifs.

L'énoncé demande à plusieurs reprises de commenter, discuter ou interpréter des résultats : le jury invite les candidats à ne pas éluder ces questions qui participent aux raisonnements scientifiques, révèlent à quel point une problématique est comprise et constituent une étape pédagogique fondamentale que les futurs professeurs doivent maîtriser.

La longueur du sujet ne doit pas être de nature à déstabiliser le candidat mais doit, au contraire, lui permettre d'exprimer ses qualités. On peut aborder la plupart des questions, comme quelques rares copies l'ont montré, mais l'on peut aussi produire une copie convaincante en mettant l'accent sur certaines parties.

### Commentaires au fil du sujet

#### Partie I : Polarisation de la lumière

##### I.1 - Préliminaire

L'énoncé demande ici « des réponses concises et précises, si besoin avec des schémas et, dans tous les cas, *sans calcul ou formule mathématique* » : cela a posé beaucoup de problèmes aux candidats qui ne font

pas suffisamment appel à des figures judicieuses et s'appuient malgré tout sur des formules.

*Question 1* : la plupart des candidats fournissent pour l'onde une définition incomplète, incorrecte, voire incohérente avec le reste de la réponse à la question posée.

*Question 2* : le phénomène de diffraction par une ouverture ne résulte pas uniquement d'ondelettes secondaires issues de sa bordure et s'explique mieux à l'aide d'un schéma.

*Question 3* : il ne faut pas confondre direction de propagation et direction de polarisation. De plus, il est essentiel d'expliquer le concept de polarisation en se plaçant dans un plan d'onde quelconque fixé et non en « suivant la propagation de l'onde » ; nombre de définitions fournies posent en conséquence problème vis-à-vis de la polarisation rotatoire étudiée dans la suite du sujet.

*Question 4 et 5* : les réponses précises avec des figures associées correctes ont été peu fréquentes.

## **I.2 - Onde électromagnétique polarisée dans le vide**

*Question 7* : la démonstration *des deux* équations d'onde était attendue puisqu'elle n'est pas formellement strictement analogue dans les deux cas (à moins de dresser précisément l'analogie).

*Questions 8 à 12* : il s'agit de questions directes de cours qui auraient pu être davantage réussies. Les définitions des ondes planes (confondues avec des ondes transverses), ondes progressives et vitesse de phase sont souvent erronées alors qu'elles sont très utilisées en physique des ondes.

## **Partie II : Polarisation rotatoire et activité optique**

### **II.1 - Passage d'onde polarisée par un milieu à indice**

*Question 13* : la traduction de la continuité du champ électrique à l'interface  $z=0$  et à *tout instant* suffit à conclure rapidement, sans calcul. Beaucoup de solutions proposées sont inutilement compliquées.

*Question 15* : les justifications de la forme du champ proposé sont généralement absentes ou insuffisantes.

*Question 16* : rares sont les candidats qui discutent l'origine, dans le modèle proposé, de l'absence du transfert d'énergie au milieu.

### **II.2 - Théorie cinématique de Fresnel**

*Question 17* : nombre de résultats fournis sans justifications sont faux.

*Question 18* : l'argument de linéarité du milieu est rarement cité.

*Question 19* : la figure demandée doit bien faire ressortir l'orientation de l'angle.

*Question 20* : le résultat est à déduire clairement de l'expression du champ électrique de la question précédente. Le chemin optique ne résulte en tout cas pas d'une combinaison obscure de chemins optiques indépendants propres à chaque onde d'états + et -.

### **II.3 - Expérience de polarimétrie**

*Question 22* : la loi de propagation des erreurs n'est pas exploitée dans suffisamment de copies et les applications numériques sont souvent erronées et non commentées.

*Question 23* : seuls les candidats ayant le recul suffisant sur ce type d'expérience ont su répondre correctement à cette question.

*Question 24* : dire que le filtre sert à obtenir un faisceau quasi-monochromatique ne suffit pas.

### **Partie III : Biréfringence circulaire naturelle d'un milieu chiral**

#### **III.1 - Équation d'onde**

*Questions 25 à 27* : les réponses apportées à ces questions ont généralement été décevantes. La définition du vecteur densité de polarisation ne saurait être réduite à une simple formule.

*Question 28* : si l'établissement de la relation demandée a été souvent bien réussi, la discussion de la réversibilité a donné lieu à de nombreuses erreurs.

#### **III.2 - Indices et biréfringence circulaire naturelle dans le visible**

*Question 29* : les formules à prouver étant fournies, le jury a été attentif aux détails des démonstrations. La fin de la question a été peu réussie (renverser simplement le sens du vecteur d'onde ne permet pas de conclure directement car l'état de polarisation est modifié).

*Question 30* : des copies proposent un développement limité faux par manque de rigueur dans cette technique mathématique. D'autres copies réussissent le calcul mais ne fournissent pas forcément le calcul d'ordre de grandeur du terme dont la petitesse valide le développement effectué.

*Question 32* : L'énoncé attend seulement un ordre de grandeur.

#### **III.3 - Cas d'un milieu chiral de type (D)**

*Question 33* : de nombreux candidats ne terminent pas leur réponse à la question posée en n'exprimant pas leurs résultats en fonction des données attendues.

### **Partie IV : L'effet de magnétochiralité**

#### **IV.1 - Théorème de Larmor**

Seules les toutes meilleures copies ont proposé des réponses cohérentes dans cette sous-partie essentiellement de mécanique. La mécanique, y compris en référentiel non galiléen, doit être mieux maîtrisée de la part de candidats à l'agrégation.

*Question 34* : la majorité des candidats n'est pas capable de définir l'un des éléments fondamentaux de la physique classique, à savoir la notion de référentiel galiléen. De nombreuses définitions fournies sont soit « circulaires », soit grossièrement fausses. Le jury rappelle qu'un objet quelconque isolé n'admet pas forcément un mouvement de translation rectiligne uniforme dans un référentiel galiléen dans la mesure où il peut conserver dans ce cadre une rotation propre uniforme !

*Questions 35 à 38* : les réponses correctes à la question 35 sont extrêmement rares (méconnaissance du théorème de la résultante cinétique souvent confondu avec le théorème du moment cinétique, oubli des forces d'inertie, expressions de ces forces erronées, non distinction des deux référentiels...). L'obtention du théorème de Larmor ensuite s'en trouve fort compromise.

#### **IV.2 - Indices d'un milieu chiral en champ magnétique**

*Question 39* : « explication qualitative » ne signifie pas « explication vague ». Il est important de mener un raisonnement soigné, au moins en considérant un sens de propagation et un état donnés.

*Question 40* : on ne peut effectuer un développement limité qu'après en avoir discuté quantitativement sa pertinence.

#### **IV.3 - Termes d'activité optique ; terme magnétochiral**

*Questions 41 à 43* : seules les meilleures copies ont fourni des réponses satisfaisantes à l'ensemble de ces questions.

#### **IV.4 - Ordres de grandeur pour le limonène**

*Question 44* : un certain nombre de candidats obtiennent le bon ordre de grandeur mais ce dernier ne doit pas être fourni par une valeur numérique comportant plusieurs chiffres significatifs.

*Question 45* : il s'agissait là de la question la plus difficile de l'énoncé. Quelques candidats ont essayé de la traiter mais la clarté de la démarche suivie et son exactitude n'étaient généralement pas au rendez-vous.

#### **Partie V : Comment détecter l'effet de magnétochiralité ?**

##### **V.1 - Réalisation du champ magnétique**

*Question 46* : le calcul approché peut par exemple s'appuyer sur la formule du champ magnétostatique produit par un solénoïde idéal infini. Il faut alors définir les notations introduites et ne pas se tromper entre le nombre de spires et nombre de spires par unité de longueur. Les applications numériques comportant plus d'un chiffre significatif ne sont pas judicieuses ici (tout comme dans la question suivante).

*Question 47* : des erreurs ont été commises sur les longueur et surface en jeu dans l'expression littérale de la résistance électrique. Cela conduit à des applications numériques erronées qui ne permettent pas l'apport de commentaires pertinents sur le dispositif proposé.

##### **V.2 - Interféromètre de Mach-Zehnder**

*Question 48* : la représentation demandée ne doit pas enfreindre les lois élémentaires de l'optique, comme le jury a pu le voir souvent. L'indépendance de l'intensité avec la coordonnée  $x$  n'est quasiment jamais obtenue.

*Questions 49 et 50* : ces questions ne sont réussies que dans les meilleures copies.

##### **V.3 - Évaluation d'une méthode interférométrique passive**

*Question 51* : une différence de marche nulle ne conduit pas à l'absence d'interférence.

*Questions 52 à 54* : ces questions ont été peu traitées.

##### **V.4 - Évaluation d'une méthode interférométrique active**

*Question 55* : la connaissance du principe de fonctionnement d'un laser et la capacité de son explication à des élèves, figure(s) à l'appui, sont incontournables. Quelques copies parviennent à expliquer correctement l'origine des fréquences des modes de cavité.

*Questions 56 à 60* : ces questions n'ont été abordées et relativement bien réussies que dans les toutes meilleures copies.

#### **Partie VI : Équation constitutive d'un milieu chiral**

Cette partie a été abordée de façon plus marginale et suscite donc peu de commentaires. Bien que les questions soient assez détaillées, les réponses sont rarement rigoureuses et correctes.

#### **Partie VII : Approche documentaire : photons uniques**

*Question 72* : certains dispositifs déphaseurs proposés par les candidats sont clairement irréalisables ou inutilement complexes. Il faut faire preuve de sens pratique.

*Question 73* : la simple paraphrase du document proposé ne suffit pas pour répondre à la question posée. La réponse apportée doit par exemple être compréhensible pour un étudiant de niveau licence.

*Questions 74 à 77* : ces questions de fin d'énoncé ont rarement été abordées de façon correcte. Il est à noter que le document proposé comportait une erreur (oubli d'un facteur  $r$  dans l'expression de  $A_1$ , non présente dans la version originale du document). Quelques candidats, par leur bonne compréhension du sujet, l'ont détectée et su y faire face ; il est particulièrement important de conserver un regard critique sur les sources d'informations que l'on peut être amené à exploiter lors de son activité professionnelle.

## Rapport sur la composition de chimie 2016

Le sujet de la composition de chimie de la session 2016 aborde la chimie de l'élément hydrogène et de ses dérivés. Il est conçu pour permettre d'aborder un grand nombre de domaines différents de la chimie tels que l'atomistique, la cristallographie, la chimie des solutions, l'oxydo-réduction, la thermodynamique chimique, la cinétique chimique ainsi que la chimie organique et la chimie organométallique.

L'épreuve se compose de cinq parties indépendantes, elles-mêmes constituées de sections traitant de thèmes variés. Le sujet pouvait ainsi être abordé dans l'ordre qui convenait au candidat. La première partie traite de la production de dihydrogène par différentes méthodes. La deuxième partie constituée par une étude de documents est centrée sur la purification industrielle du dihydrogène. La troisième partie aborde le stockage de l'hydrogène et étudie la dissolution en solution aqueuse de possibles impuretés. La chimie organique est abordée dans la quatrième partie. Il s'agit de l'étude de la synthèse de la carvone. L'étude de l'hydrogénation catalytique de cette molécule constitue le sujet de la cinquième et dernière partie.

La diversité des thèmes abordés permet à chaque candidat de mettre en avant ses connaissances en chimie. Le sujet comporte un grand nombre de questions classiques, s'appuyant sur les contenus et compétences exigibles en lycée, Licence ou classe préparatoire aux grandes écoles. Dans l'esprit des nouveaux programmes de lycée et des classes préparatoires aux grandes écoles, plusieurs questions nécessitant l'exploitation de documents ont été introduites. Ce type d'activité pourra occuper une place croissante dans les futures épreuves du concours.

### Remarques générales

Les remarques faites ici reprennent en grande partie celles des rapports précédents, mais il semble utile au jury de rappeler quelques points importants. Il invite à ce propos les candidats, futurs enseignants, à la lecture attentive de ces textes, rédigés à leur attention non pour les décourager, mais pour les aider au mieux dans l'organisation de leur travail de préparation à un concours difficile et exigeant.

Le jury se félicite d'avoir corrigé de très bonnes copies alliant clarté de rédaction et qualité de présentation. Une bonne maîtrise de la langue française est en effet indispensable à un professeur. Une bonne rédaction suppose l'explicitation des lois utilisées et des approximations faites, l'explication du raisonnement effectué et enfin un commentaire du résultat obtenu. Les arguments doivent être choisis avec discernement et être insérés au bon endroit. Le jury a grandement apprécié le soin apporté à la mention des états physiques dans les équations de réaction et à l'écriture des mécanismes en chimie organique, points très souvent soulignés dans les précédents rapports. Il est important que ces améliorations perdurent dans les années futures.

Cependant, les candidats manquent encore souvent de justesse dans le vocabulaire utilisé ou de précision dans les définitions données et l'énoncé n'est pas toujours lu avec attention. Il est essentiel qu'une réponse ne se résume pas à un simple nombre mais que celui-ci soit accompagné des unités appropriées et d'arguments scientifiques pertinents. La chimie est une discipline scientifique à part entière, où les raisonnements sont précis et argumentés, les dispositifs expérimentaux décrits et représentés avec soin, les calculs menés à leur terme et exploités.

### Commentaires spécifiques au sujet

Première partie : synthèse du dihydrogène.

Cette première partie, qui comprenait un grand nombre de questions très classiques, a logiquement été abordée par un très grand nombre de candidats. De nombreuses questions ont été traitées correctement avec cependant des erreurs de calcul pénalisantes. La détermination de la variance ne doit plus être faite en utilisant la formule de Gibbs : il convient de dénombrer les variables intensives et les relations qui les lient. Les effets de perturbation (modification de  $T$  ou de  $Q_r$ ) doivent être étudiés à l'aide de l'enthalpie libre de réaction (comparaison de  $Q_r$  et  $K^\circ$ ). De nombreux candidats ne maîtrisent pas suffisamment l'élaboration d'un tableau d'avancement global pour un système siège de deux transformations simultanées (question 7). La question 8, plus ouverte, n'a pas été souvent traitée mais a parfois donné lieu à de bonnes réponses.

Deuxième partie : purification du dihydrogène

Les questions de cette partie s'appuyaient sur un document décrivant le procédé utilisé pour purifier le dihydrogène. Il est important de noter qu'une étude de documents ne se résume pas à une paraphrase mais demande de mettre en relation les connaissances des candidats et les informations du texte afin d'expliquer sur des bases scientifiques les méthodes employées. Dans ce cas, il fallait expliciter les facteurs influençant les forces intermoléculaires faibles (van der Waals et liaisons hydrogène).

### Troisième partie : stockage du dihydrogène

Cette partie se découpe en deux parties bien distinctes. La première est centrée sur la cristallographie tandis que la deuxième comprend un ensemble de questions sur la chimie en solution aqueuse.

Les notions de bases de cristallographie sont connues par une très grande majorité des candidats. Ici encore, il faut noter que certains candidats répondent trop rapidement, ce qui les amène à confondre coordinence et nombres d'atomes par maille ou masse volumique (qui est une donnée dimensionnée) et compacité. Les questions 21 et 22 qui demandaient de faire des analogies entre les courbes de refroidissement et les courbes présentées, en utilisant la variance, n'ont été que rarement traitées et encore plus rarement avec succès.

Les questions 23 à 34 qui portent sur la pH-métrie et la potentiométrie n'ont pas posé de problèmes particuliers aux candidats. Comme l'an dernier, les questions portant sur l'étude du diagramme potentiel-pH sont généralement maîtrisées mais les unités des pentes des droites frontières ( $V / \text{unité de pH}$ ) sont encore trop souvent omises. La question 28, qui est plus ouverte n'est pas traitée correctement.

La maîtrise des phénomènes expliquant l'allure des courbes courant/potentiel est largement répandue parmi les candidats, mais peu ont su exploiter ces connaissances pour en déduire l'allure de la courbe caractéristique d'un dosage à potentiel imposé.

### Quatrième partie : Exemple d'utilisation du dihydrogène en chimie organique

Les questions introductives portant sur la stéréochimie sont généralement bien traitées par les candidats. De manière générale, les questions de chimie organique donnent lieu à des réponses correctes. Le jury a apprécié le soin apporté à l'écriture des mécanismes impliquant l'utilisation des flèches courbes. Nous encourageons les candidats à continuer dans cette voie et à approfondir leurs connaissances dans le domaine de la chimie organique.

### Cinquième partie : étude du mécanisme d'hydrogénation

Cette dernière partie qui portait sur des parties du programme récemment introduites en CPGE (chimie organométallique et orbitales moléculaires dans les complexes), située en fin de sujet, n'a été abordée que par un faible nombre de candidats alors qu'elle comprenait un nombre important de questions très classiques. L'utilisation de catalyseur homogène est un domaine important de la chimie et l'interprétation de leurs propriétés à partir de données sur les orbitales permet de rationaliser les propriétés de ces complexes. Cette approche moderne de la chimie est appelée à se généraliser dans les années à venir. Il est important pour de futurs enseignants de connaître et de comprendre les notions abordées dans cette partie afin de pouvoir évoluer. Les candidats pourront ainsi, par exemple, dépasser les limitations de la théorie de champ cristallin.

L'étude cinétique, basée sur l'interprétation de résultats expérimentaux, située en fin de sujet est peu abordée mais quand c'est le cas, les réponses sont très satisfaisantes.

### Conclusion

Comme il a déjà été dit, l'objectif de ce rapport est d'aider les futurs candidats, professeurs de demain, dans leur préparation au concours. Le jury espère leur avoir été utile et tient aussi à féliciter les candidats qui ont su dans leurs copies faire état de connaissances solides dans les différentes parties de l'épreuve et mettre en œuvre leurs compétences en chimie. Un grand nombre de candidats ont vu leur investissement dans la discipline être ainsi récompensé.

## Rapport sur le problème de physique 2016

Le problème avait pour objet d'illustrer l'utilisation des méthodes variationnelles dans différents domaines de la physique. Depuis les développements de la mécanique analytique ces techniques sont omniprésentes en physique et combinées à des arguments de symétrie elles sont le point de départ de nombreuses théories en physique fondamentale, en particulier depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle. Il est souvent assez simple d'aborder un domaine nouveau en tentant de construire une action, grandeur scalaire à laquelle on demande de respecter certaines symétries, par exemple l'invariance de Lorentz si l'on est dans un cadre relativiste. Le problème, sans afficher d'ambitions trop importantes dans cette direction, permettait d'aborder certaines applications classiques des méthodes variationnelles en optique géométrique, en mécanique du point, en électrostatique et en électromagnétisme, en mécanique quantique et dans le domaine des transitions de phase et de la supraconductivité.

Comprenant cinq parties très indépendantes les unes des autres, le problème pouvait être abordé indifféremment par l'une quelconque de ces parties et les candidats devaient pouvoir y trouver matière à s'exprimer dans des domaines variés de la physique. La partie I, conçue comme une introduction, permettait aux candidats peu familiers des méthodes variationnelles de se retrouver en terrain connu avec des applications concrètes du principe de Fermat en optique géométrique et l'introduction au formalisme lagrangien et hamiltonien en mécanique analytique dans le cas d'un système classique à un degré de liberté. On y abordait aussi les lois de conservation de l'impulsion et de l'énergie établies à partir des propriétés du lagrangien et succinctement l'invariance de jauge qui serait de nouveau exploitée à plusieurs reprises dans la suite du problème. La partie II avait pour but de mettre en application le formalisme dans le cas d'une théorie des champs, d'abord l'électrostatique, avec la détermination de la capacité d'un condensateur parfait par minimisation de l'énergie emmagasinée en jouant sur les potentiels scalaires d'essai, puis progressivement l'extension à l'électromagnétisme pour aboutir au lagrangien de Schwarzschild dont à nouveau on exploitait l'invariance de jauge pour obtenir la loi de conservation de la charge électrique. La partie III abordait l'étude des courants permanents dans un anneau mésoscopique. C'était l'occasion de revisiter l'invariance de jauge en mécanique quantique. Dans la partie IV, un modèle mécanique simple de brisure de symétrie était l'occasion de développer des analogies avec une transition de phase dans l'approximation du champ moyen, avec en particulier le calcul d'exposants critiques ou le développement de l'énergie libre en puissances d'un paramètre d'ordre.

L'ambition était d'amener les candidats vers la partie V, consacrée à l'étude de la transition de phase supraconductrice. Dans cette dernière partie, on proposait d'abord l'étude de quelques aspects liés à l'électromagnétisme des supraconducteurs puis à leurs propriétés thermodynamiques avant d'introduire la théorie de Ginzburg-Landau fondée sur une énergie libre donnée comme fonctionnelle d'une fonction d'onde de condensat.

Le problème ne présentait pas de difficultés mathématiques particulières et de nombreux résultats intermédiaires étaient donnés pour permettre aux candidats d'avancer. Les questions du problème ont toutes été abordées au moins une fois. Des candidats sont parvenus à traiter une grande partie du problème et le jury a noté quelques copies de très grande qualité avec parfois des réponses élégantes à certaines questions. En revanche, le jury a constaté la présence de copies extrêmement décevantes. Le problème comprenait des questions élémentaires (dont le but était de donner confiance aux candidats) qui ont été mal, voire pas traitées par un nombre trop important de candidats. Les questions de culture générale ont souvent reçu des réponses assez sommaires, mais généralement acceptables.

Q2 Il est sidérant que l'équation de la surface d'une sphère puisse parfois poser problème à ce niveau d'études.

Q3 La question nécessitait de prendre garde aux valeurs algébriques. La réponse étant donnée dans l'énoncé, de trop nombreux candidats se sont « débrouillés » pour aboutir au résultat de manière parfois douteuse.

Q7 Les analogies, pourtant assez directes avec un problème de mécanique du point, ont très souvent été traitées de manière fantaisiste.

Q8 Cette question se traitait très facilement grâce à l'analogie de la question précédente. Trop peu de candidats ont fait le lien entre la relation (7) demandée et la conservation de la composante suivant Oz du moment cinétique. Sinon il fallait veiller comme en cinématique du point à traiter correctement les dérivées de vecteurs unitaires locaux.

Q9 Les réponses données par les candidats manquaient souvent de rigueur pour justifier la condition de guidage dans la fibre.

Q10 Le nom d'Andrew Wiles est rarement connu pour la démonstration du grand théorème de Fermat.



Q13 Cette question a trop souvent été traitée de manière fantaisiste. Elle ne présentait pas de difficultés particulières, mais demandait d'identifier correctement les paramètres pertinents et d'effectuer quelques dérivées.

Q18 Dans cette question, il y a souvent eu confusion entre  $dH/dt$  et  $\partial H/\partial t$ .

Q21 Cette question découlait assez simplement de la question 20. Quelques candidats ont commis des erreurs sur le sens de la substitution (erreurs de signe).

Q22 De nombreux candidats ont traité cette question en partant des équations d'Euler-Lagrange. On pouvait aussi, de manière économique, écrire l'action dans les deux jauges.

Q24 Les analyses des symétries et d'invariances exigent de la rigueur dans la rédaction des réponses.

Q25 Tracer l'allure de courbes élémentaires sur un intervalle donné avec des conditions aux limites fixées semble hors de portée de certains candidats !

Q26 Trop de candidats ignorent comment calculer l'énergie électrostatique et confondent parfois la densité volumique d'énergie électrique et l'énergie macroscopique du condensateur.

Q28 On attendait bien évidemment des candidats qu'ils remarquent que le potentiel réel correspondait à la limite d'un exposant nul et semblait se trouver dans la région du minimum de l'énergie.

Q29-31 Ces questions, de niveau élémentaire, ont été très mal traitées dans un grand nombre de copies.

Q33-35 Il est inacceptable que certains candidats ignorent la forme des équations de Maxwell et de Poisson ou les relations entre les champs et les potentiels à ce niveau d'études.

Q36-37 La variable  $r$  dans l'élément de volume, bien que mise en exergue dans la disposition des équations (26) et (27), a très souvent été oubliée.

Q39 On attendait une discussion succincte de l'invariance de Lorentz, requise pour une théorie relativiste. Quelques candidats ont proposé une discussion de qualité.

Q40 C'est bien sûr la loi de conservation de la charge électrique qui est associée à la symétrie de jauge.

Q41-42 la manipulation des opérateurs en mécanique quantique nécessite de prendre quelques précautions, en particulier quant à leur éventuelle commutativité.

Q44 La démonstration de la forme des courants, dont les expressions étaient données dans l'énoncé, a rarement été menée correctement.

Q45 Seule la somme des courants paramagnétique et diamagnétique possède la propriété d'invariance de jauge.

Q46 Le nombre de candidats capables de calculer le potentiel vecteur associé à un champ magnétique uniforme est faible !

Q48 Il ne s'agit que du problème d'une particule libre à une dimension spatiale, en principe à la portée de tous les candidats !

Q49 La  $2\pi$  périodicité en  $\Phi$  a trop souvent été ignorée.

Q51-55 Ces questions devaient susciter la curiosité des candidats sur le fait qu'en fonction de la jauge choisie, le champ magnétique peut apparaître dans la forme de l'hamiltonien ou dans les conditions aux limites !

Q56-60 Toute la partie sur les courants persistants a été rarement traitée (et très rarement correctement !).

Q63-64 Un problème élémentaire de mécanique du point ! Une analyse graphique permettait ici de répondre facilement à la question sur la température critique.

Q65-69 Les candidats qui ont abordé cette partie l'ont souvent traitée assez correctement.

Q71-72 En revanche le développement de Landau a très rarement été effectué correctement, en général parce que la contribution des gaz parfaits à l'énergie libre était oubliée (le volume dépend de l'angle  $\theta$  !).

Q75-77 Partie traitée correctement par les candidats qui l'ont abordée.

Q79-83 Questions peu abordées, bien souvent maltraitées, à part peut-être Q79. De nombreuses confusions et méconnaissances sur la physique macroscopique des milieux magnétiques (relation entre H et B, thermodynamique des milieux magnétiques).

Q85-87 Ces questions faisaient appel à la culture générale et le document fourni devait permettre de guider la réflexion (et d'éviter de trop gros anachronismes).

Q88-92 Là aussi le jury a trop souvent constaté des difficultés de la part des candidats à donner correctement les relations de thermodynamique entre les grandeurs physiques telles que l'entropie, l'enthalpie, l'enthalpie libre, la chaleur spécifique...

## **Épreuves d'admission**

Les épreuves se sont déroulées du 15 juin au 4 juillet 2016  
au lycée Marcelin Berthelot (Saint-Maur-des-Fossés).

## Rapport sur la leçon de physique

### Déroulement de l'épreuve

Cette épreuve consiste en la présentation d'une leçon de 50 minutes, dont le sujet a été tiré au sort par le/la candidat(e) parmi une liste qui figure dans le rapport du jury de l'année précédente. À l'issue de la présentation et pendant une durée maximale de vingt minutes, le jury s'entretient avec le/la candidat(e) afin d'évaluer l'assise et la profondeur de ses connaissances, ainsi que certaines compétences professionnelles.

Les candidats disposent de quatre heures pour préparer leur leçon. Au cours de cette préparation, l'accès à l'ensemble des documents de la bibliothèque du concours est permis. Cette bibliothèque possède de très nombreux ouvrages, de tous niveaux, dont la liste est disponible en ligne sur le site <http://agregation-physique.org/>. Les candidats bénéficient également durant cette préparation du soutien du personnel technique pour la mise en place du matériel expérimental souhaité pour illustrer la leçon. Les expériences sont préparées et réalisées conformément aux instructions des candidats, cependant leur présentation devant le jury s'effectue sous la seule responsabilité du/de la candidat(e) et en l'absence de technicien.

Un ordinateur et un vidéoprojecteur sont disponibles dans chaque salle. Les candidats peuvent ainsi projeter des documents tirés d'une base de données (schémas descriptifs, animations, photographies, ...) et classés par thèmes, ainsi que des simulations. Les logiciels usuels (Openoffice, Word, Excel, Python, Scilab...) sont installés sur les ordinateurs. Les candidats disposent également d'un rétroprojecteur (ils doivent apporter leurs transparents et feutres).

### Quelques remarques d'ordre général

#### La leçon à l'oral de l'agrégation

La leçon est une épreuve permettant au jury d'évaluer les capacités des candidats à transmettre un message clair et cohérent qui s'appuie sur des connaissances maîtrisées. Il s'agit de se placer dans une situation d'enseignement devant un public d'étudiants qui découvrirait pour la première fois le sujet de la leçon. Le jury apprécie la rigueur scientifique, la cohérence de raisonnement, la clarté et le dynamisme de l'exposé, ainsi que le niveau de langage, écrit et oral, des candidats.

L'intitulé des leçons en impose bien évidemment le sujet, même si c'est de façon assez large. Tout développement hors sujet, même correctement traité, est mal perçu par le jury, qui considère que le/la candidat(e) n'a pas compris le sujet ou a tenté de le contourner.

Une leçon s'inscrit dans une progression pédagogique. Si certaines leçons sont des introductions de concepts nouveaux, d'autres donnent l'occasion d'un approfondissement. Les candidats doivent préciser dès le début les prérequis nécessaires et les objectifs de la leçon. Les prérequis doivent évidemment être maîtrisés. Les candidats auront aussi à cœur de faire ressortir clairement quelques messages forts.

Certaines leçons concernent des domaines tellement vastes qu'il est impossible d'être exhaustif : des choix sont à faire, qui doivent être précisés et justifiés, mais il n'y a pas de leçon-type attendue par le jury. Dans tous les cas, les candidats ne doivent pas se limiter à un exposé purement descriptif ; des résultats doivent être établis et commentés.

#### Les attentes du jury

La leçon est par essence une épreuve destinée à évaluer les capacités à enseigner. Il est donc préférable d'exposer des concepts simples, bien maîtrisés et bien illustrés, plutôt que de se lancer dans des développements trop complexes, qui ne sauraient de toute façon susciter l'admiration du jury. Les candidats doivent toujours considérer qu'ils se placent de fait dans une situation d'enseignement devant un public d'étudiants.

Le jury est particulièrement sensible à la précision, à la rigueur et à l'honnêteté intellectuelle des candidats.

Des leçons dont la logique de développement est susceptible de captiver les étudiants sont attendues. Il ne s'agit donc pas de proposer un catalogue d'éléments divers, simplement issus d'ouvrages, sans fil directeur ni points saillants. Le recours à la « contextualisation » est impératif. Divers appuis sont utilisables au plus tôt pendant la séquence d'enseignement : observations de la vie courante, expériences réelles ou de pensée, simulations informatiques, systèmes industriels... Bien que l'originalité ne soit pas nécessairement une qualité en soi, le jury sait apprécier une leçon qui sort de l'ordinaire de manière pertinente.

L'épreuve doit rester une leçon de physique : il n'est pas souhaité que le/la candidat(e) commente son approche ou évalue lui-même sa leçon pendant l'exposé (le jury peut poser des questions d'ordres didactique ou pédagogique lors de l'entretien).

La durée de la leçon doit permettre de consacrer la plus grande part du temps imparti au traitement du sujet. Le jury prévient le/la candidat(e) lorsqu'il ne reste plus que 5 minutes d'exposé, ce qui ne signifie pas qu'il est urgent de conclure : ces 5 minutes représentent tout de même 10 % de la durée totale de la séquence et doivent permettre une fin d'exposé « naturelle ». La conclusion ne peut pas être qu'un résumé de la leçon : les points importants peuvent certes être soulignés mais une mise en perspective s'avère nécessaire avec des ouvertures, notamment sur des développements récents (à condition de les maîtriser).

Les différentes grandeurs et notions doivent être présentées avec soin et, le cas échéant, illustrées par des valeurs numériques pertinentes, faisant référence à des conditions expérimentales bien définies. Les limites de validité des modèles et des lois présentés doivent toujours être clairement explicitées. Le jury est sensible à l'utilisation de l'analyse dimensionnelle et à la discussion d'ordres de grandeur. Les conventions d'orientation et les signes des différentes grandeurs doivent être discutés avec soin, au besoin grâce à un schéma explicite, qui permet souvent de lever bien des ambiguïtés. De façon plus générale, on comprendra que le jury puisse être agacé par le manque de rigueur que révèle l'absence de définition des systèmes sur lesquels les candidats sont amenés à raisonner, l'incohérence des notations, les erreurs d'homogénéité, les égalités de grandeurs scalaires et vectorielles, ou encore l'absence d'unités dans l'écriture des valeurs numériques.

Les candidats peuvent avoir recours, pour illustrer leur leçon, à un ensemble de documents numérisés, extraits des ouvrages de la bibliothèque. L'utilisation de ces diapositives permet parfois de gagner du temps. Il faut néanmoins veiller à la concordance des notations de la diapositive et de l'exposé écrit au tableau, ou, à défaut, il convient d'expliciter les correspondances éventuelles. Cependant, si l'utilisation d'une diapositive permet de projeter un schéma complexe, il importe aussi que les candidats révèlent leur aptitude à tracer au tableau un graphe ou un schéma de façon soignée. Cela peut leur donner l'occasion, par exemple, d'analyser le comportement asymptotique de telle ou telle grandeur et, par là même, d'apporter du sens à l'exposé.

Plusieurs leçons exigent de présenter des calculs. Les démonstrations des résultats importants sont attendues. Pour autant, établir une relation particulière ne saurait être une fin en soi. Il est crucial de motiver la nécessité de faire le calcul et d'en présenter l'objectif avant de le mener, puis d'en dégager le sens physique. Les candidats peuvent à cet effet commenter l'influence des différentes grandeurs physiques impliquées, illustrer le résultat par une représentation graphique, une évaluation d'ordre de grandeur... Dans de rares cas, la présentation exhaustive de la suite des calculs au tableau peut être trop longue relativement au temps imparti : le/la candidat(e) peut alors avoir recours à des transparents. Toutefois, le jury souhaite, d'une part, avoir le temps de lire le transparent et, d'autre part, que le gain de temps correspondant soit consacré à une interprétation ou à des commentaires physiques des résultats. Naturellement, il n'est pas raisonnable de présenter tous les calculs sur des transparents. Quoiqu'il en soit, il n'est pas acceptable pour un physicien d'éluder des calculs au prétexte que ceux-ci n'ont pas d'intérêt.

Le jury invite les candidats, au cours de leur année de préparation, à s'interroger afin de prendre du recul, à apprendre à donner du sens physique aux différentes relations.

## **Les illustrations expérimentales**

Les illustrations expérimentales sont vivement encouragées. Dans la plupart des cas, il est recommandé de présenter un schéma clair et annoté de son expérience soit au tableau, soit sur transparent. Présentée dans une démarche inductive ou déductive, l'expérience doit être interprétée avec soin et exploitée au maximum. Il n'est pas nécessaire de multiplier ces expériences mais il est indispensable de bien les utiliser. Si le choix est fait de mettre en place une expérience pendant le temps de préparation, il faut non seulement la mettre en œuvre effectivement pendant la leçon, mais aussi l'analyser et non pas simplement la considérer comme une illustration de la théorie. Le jury conseille au candidat de prendre en main la manipulation avant de la présenter en leçon. Il faut également être en mesure de répondre aux questions relatives au montage expérimental et sur le matériel utilisé.

## **Quelques remarques sur l'utilisation de Python et Scilab**

Quelques leçons ont été avantageusement enrichies par l'utilisation de l'outil numérique. Ce dernier permet d'aller bien au-delà du simple tracé de courbe et mérite d'être plus largement utilisé.

## **Quelques remarques sur la forme**

Les prestations dans lesquelles le/la candidat(e), le dos trop souvent tourné vers le jury, recopie ses notes au tableau ne sont pas acceptables ; il faut se référer à ses notes de façon modérée et faire preuve d'une autonomie raisonnable. Le jury considère qu'aucun livre ne doit constituer un support pour la présentation.

Il va sans dire que le jury est particulièrement sensible au dynamisme et à l'enthousiasme avec lesquels un/une candidat(e) délivre son message, ce qui traduira son goût pour la physique et pour l'enseignement.

Les candidats doivent se soucier de la lisibilité de leur exposé : clarté de l'écriture (au tableau ou sur les transparents), des schémas explicatifs, taille raisonnable des caractères, gestion rationnelle du tableau, choix des couleurs appropriés (la craie rouge et le feutre jaune sont généralement difficilement lisibles et à n'utiliser que très ponctuellement). Un transparent fugitivement exposé, un tableau trop tôt effacé sont mal perçus. L'usage d'une caméra pour présenter des illustrations du cours ou des calculs conduit rarement à une présentation satisfaisante et devrait être évité.

De nombreux candidats choisissent de laisser le plan au tableau ou de l'écrire à l'avance. Il ne s'agit pas d'une demande du jury ; cela n'est pas du tout indispensable, en particulier lorsque le plan occupe la moitié de l'espace disponible. Cependant, il est essentiel que ce plan apparaisse clairement au cours de la présentation et il faut toujours réécrire le titre ou le label des paragraphes afin de permettre au jury de suivre.

Le jury laisse toute liberté au/à la candidat(e) quant à la gestion du tableau (il n'est pas interdit d'effacer son tableau).

## **L'entretien**

Au cours de l'entretien, le jury pose différents types de questions en adhérence avec l'exposé réalisé. Une discussion sur les choix de contextualisation effectués, ou ceux qui auraient pu être envisagés, ne doit pas surprendre les candidats. Le jury se réserve le droit de poser des questions sur les prérequis. Il peut être amené à demander des éclaircissements sur certains développements de la leçon ou à prolonger, à un niveau plus avancé, certains points. Les candidats peuvent naturellement appuyer leurs réponses, claires, concises et précises, sur leurs connaissances à tous les niveaux d'enseignement.

## **Remarques sur quelques thématiques**

- Le jury rappelle que l'histoire des sciences est bien une science et non une narration approximative et spéculative.
- La définition des systèmes étudiés et des référentiels de travail est indispensable.
- Le jury invite les candidats à réfléchir à la notion d'équilibre thermodynamique.
- Simulations et représentations graphiques sont indispensables pour illustrer la physique des ondes.
- En optique, les notions de cohérence doivent être maîtrisées.
- En mécanique quantique, le lien doit être fait entre l'équation de Schrödinger et sa version indépendante du temps.
- Dans différents domaines, les propriétés macroscopiques de la matière doivent être connues et maîtrisées.

### **Les remarques qui suivent font référence à la liste des leçons de la session 2017**

Les nouveaux intitulés de leçon sont indiqués en **rouge**.

Leçon 1 : *Contact entre deux solides. Frottement.*

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

Leçon 2 : *Gravitation.*

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

Leçon 3 : *Caractère non galiléen du référentiel terrestre.*

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

Leçon 4 : *Précession dans les domaines macroscopique et microscopique.*

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

Leçon 5 : *Lois de conservation en dynamique.*

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

Leçon 6 : *Cinématique relativiste.*

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

Leçon 8 : *Notion de viscosité d'un fluide. Écoulements visqueux.*

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

Leçon 9 : *Modèle de l'écoulement parfait d'un fluide.*

Les limites de ce modèle sont souvent méconnues.

Leçon 13 : *Évolution et condition d'équilibre d'un système thermodynamique fermé.*

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

**Leçon 14 : *Machines thermodynamiques réelles.***

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

**Leçon 16 : Facteur de Boltzmann.**

La contextualisation est primordiale dans cette leçon.

**Leçon 18 : Phénomènes de transport.**

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

**Leçon 19 : Bilans thermiques : flux conductifs, convectifs et radiatifs.**

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

**Leçon 20 : Conversion de puissance électro-magnéto-mécanique.**

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

**Leçon 23 : Traitement d'un signal. Étude spectrale.**

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

**Leçon 26 : Propagation avec dispersion.**

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

**Leçon 32 : Microscopies optiques.**

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

**Leçon 33 : Interférences à deux ondes en optique.**

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

**Leçon 34 : Interférométrie à division d'amplitude.**

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

**Leçon 40 : Confinement d'une particule et quantification de l'énergie.**

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

**Leçon 46 : Propriétés macroscopiques des corps ferromagnétiques.**

Un bilan de puissance soigné est attendu.

## Rapport sur la leçon de chimie

Le présent rapport concerne les épreuves de la session 2016 : les rapports précédents sont toujours disponibles à l'adresse suivante : <http://agregation-physique.org>. Leur lecture est vivement conseillée aux candidats.

D'une façon générale, les énoncés des leçons de chimie se rapportent à des niveaux soit lycée (séries générale et technologique), soit classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE) [classes de première année : MPSI, PTSI, TSI1 ; classes de deuxième année : MP, PSI, PT et TSI2].

Après une préparation d'une durée de 4 heures, le candidat dispose de 45 minutes pour exposer sa leçon. Suivent un entretien scientifique de 20 minutes avec les membres du jury et un échange de 5 minutes sur une question portant sur la compétence « Faire partager les valeurs de la République ».

### La préparation

Avant toute chose, il est essentiel que le candidat prenne le temps d'analyser attentivement le titre de sa leçon. Il peut ainsi définir les contenus et l'équilibre de sa leçon **en se conformant aux programmes en vigueur**. Cela doit permettre **d'éviter des parties hors sujet**, de restreindre et de cerner l'étude si le sujet est vaste afin de présenter un exposé résultant de choix cohérents. Certaines notions et définitions peuvent être utilisées directement si elles ont été placées en prérequis.

Les intitulés des leçons de chimie sont volontairement ouverts, pour inciter les candidats à construire leur propre exposé reposant sur des choix argumentés, en développant une démarche scientifique sur un domaine de la chimie et de ses applications.

- Certaines leçons traitent des applications de concepts. Ceux-ci doivent être mis dans les prérequis et ne doivent pas être développés. C'est le cas des leçons 8, 11, 24, 25, 26 et 27<sup>3</sup>.
- D'autres leçons « très ouvertes » nécessitent de faire des choix et de les justifier. C'est le cas, par exemple, des leçons 1, 2, 4, 5, 6, 7, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 19 et 21.
- Les leçons 1, 4, 12, 13 ne doivent pas être des « leçons de choses » ou des catalogues mais demandent à être développées à un niveau scientifique suffisant montrant les qualités de synthèse et de rigueur des candidats.
- Conformément aux programmes en vigueur, seuls les binaires solide-liquide sont étudiés en CPGE.
- Conformément aux programmes en vigueur : « Les éléments de description microscopique relatifs au « modèle du cristal parfait » sont introduits lors de l'étude des solides sur l'exemple de la maille cubique faces centrées (CFC), seule maille dont la connaissance est exigible. Cet ensemble d'outils descriptifs sera réinvesti pour étudier d'autres structures cristallines dont la constitution sera alors fournie à l'étudiant. ». Le fait de n'aborder que les réseaux cubique simple et cubique centré ne respecte donc pas du tout les programmes de CPGE.

Le jury insiste sur le fait que **la réalisation et l'exploitation d'expériences sont des éléments incontournables de toutes les leçons**, qui ne peuvent se limiter à quelques « manipulations » en tubes à essais. D'autre part, les expériences présentées ne doivent pas être là simplement pour « illustrer la leçon » mais doivent faire partie intégrante de la démarche scientifique mise en œuvre par le candidat, en lien avec le thème de la leçon.

### Les ressources documentaires et numériques

Pendant la préparation de la leçon, le candidat a accès à une bibliothèque contenant des ouvrages du secondaire et du supérieur, ainsi que des tables de données, quelques articles et revues spécialisées. Ces ouvrages peuvent être transportés dans la salle de préparation et de présentation de la leçon. Il est conseillé au candidat de privilégier les ouvrages de lycée ou de classe préparatoire correspondant aux programmes en vigueur à la rentrée 2016.

**Depuis cette année, en plus de disposer de ressources documentaires papier, des ressources documentaires numériques sont également disponibles par l'intermédiaire de certains sites web**

<sup>3</sup> Les numéros indiqués sont ceux des leçons de chimie 2017.



**institutionnels.** La liste est disponible à l'adresse suivante : <http://agregation-physique.org>. Un ordinateur connecté à internet est mis à disposition du candidat dans la salle de préparation et de présentation de la leçon. Cela offre la possibilité au candidat d'accéder à d'autres types de supports (vidéos, animations, etc.) qui peuvent être particulièrement adaptés pour des leçons telles que les leçons 9 et 16.

Dans sa recherche bibliographique, le candidat est invité à s'inspirer de sources de documentation provenant d'ouvrages de différentes séries et niveaux ainsi que de différents types de supports.

La salle de présentation est équipée d'un ordinateur et d'un vidéoprojecteur. Les ordinateurs contiennent des logiciels de traitement de données, des logiciels de simulation très utiles par exemple pour les leçons utilisant les spectroscopies UV, IR et RMN ou traitant de la cristallographie, ainsi que des programmes informatiques comme Python et Scilab par exemple. Des transparents (non fournis) peuvent être réalisés à la main et utilisés avec un rétroprojecteur mais il faut faire attention à ne pas en abuser. En particulier, **le jury n'apprécie pas qu'ils soient utilisés pour présenter tous les calculs ou écritures d'équations un peu délicats.**

L'utilisation d'une flexcam (par exemple pour visualiser certaines expériences) doit se faire avec parcimonie et avec une projection de qualité.

### **Le rôle de l'équipe technique**

Les candidats bénéficient pendant la préparation de l'aide d'une équipe technique. Ils doivent, après avoir pris connaissance de leur sujet, fournir à cette équipe une fiche comportant la liste détaillée du matériel et des produits demandés. Compte tenu des contraintes locales, il peut parfois être nécessaire d'adapter un protocole issu de la littérature. L'équipe technique offre son aide notamment pour la prise en main de logiciels ou l'acquisition de mesures répétitives et apporte son assistance à la demande du candidat en respectant ses indications pour la mise en place et la réalisation de certaines expériences. **Le candidat ne doit pas hésiter à demander cette assistance durant tout le temps de la préparation.** La mise en œuvre effective des expériences devant le jury et leur exploitation sont naturellement sous la responsabilité du candidat, qui doit maîtriser la conduite des expériences demandées en préparation.

### **La présentation de la leçon (45 min)**

**L'exposé** dure au maximum 45 min. Le jury avertit lorsque le temps de présentation approche de son terme, 5 min avant la fin. Les leçons écourtées significativement sont sanctionnées et les candidats dépassant les 45 min réglementaires sont interrompus. La gestion du temps est importante : il convient de ne pas déséquilibrer la leçon en traitant à la hâte, en fin de leçon, et souvent de manière confuse, un pan entier du sujet proposé. Les dernières minutes de la leçon sont souvent mal utilisées : la conclusion doit être pensée à l'avance et ne pas reprendre mot pour mot une introduction éventuelle ou énumérer les seuls points abordés pendant la leçon qui, en principe, a permis d'avancer dans la compréhension de la chimie, ce qui doit apparaître naturellement en fin d'exposé.

Les candidats peuvent utiliser plusieurs moyens de communication : tableau, vidéoprojecteur, rétroprojecteur. Souvent, les candidats le font avec dextérité et efficacité. Le jury recommande également de laisser apparent le plan de l'exposé, que ce soit sur le tableau ou sur transparent, selon la configuration de la salle et la taille du tableau disponible. Le vocabulaire utilisé doit être précis et de la rigueur est demandée à de futurs professeurs. Enfin, **les candidats doivent se détacher de leurs notes** pour donner à la présentation le dynamisme nécessaire. En particulier, le jury apprécie que le candidat écrive une formule chimique d'un composé ou une équation de réaction sans l'aide de ses notes.

Quel que soit le titre de la leçon, **l'exposé doit être contextualisé et inclus dans une démarche scientifique.** Les choix des notions abordées pendant la leçon doivent être justifiés en regard de cette démarche, qu'il s'agisse de savoirs nouveaux ou d'une mise en perspective par l'expérimentation de savoirs déjà acquis.

L'objectif d'une leçon n'est pas l'exhaustivité dans le domaine proposé. **Il vaut mieux faire des choix et les annoncer, plutôt que de vouloir tout traiter trop rapidement et donc trop superficiellement.** Le jury précise qu'il n'a pas d'idée préconçue sur la leçon, mais celle-ci ne peut pas se réduire à la simple reproduction d'un chapitre d'un ouvrage.

**Les expériences** doivent permettre aux candidats de mettre en valeur leurs compétences expérimentales. **Il est essentiel que le candidat réalise tout ou partie des expériences et en valide les résultats durant la présentation devant le jury.** La description claire, à l'oral, du montage «réel» sur la paillasse est souvent plus efficace et pertinente qu'un schéma peu soigné ou incomplet. Le candidat ne doit pas se contenter de décrire ce qui a été fait ou pourrait être fait expérimentalement. Il est également à noter que lors de la présentation d'une expérience, le candidat ne doit pas anticiper les observations expérimentales et la conclusion attendue avant de réaliser l'expérience. Lorsque le candidat présente une expérience, il doit s'efforcer de la commenter en même temps qu'il la réalise pour faire part au jury de ses observations et des résultats obtenus en direct. Les approches expérimentales sont primordiales dans une leçon et sont l'occasion de montrer l'aisance des candidats à manipuler les verreries usuelles : pipettes, burettes etc.

**Une leçon dépourvue d'expériences adaptées est jugée incomplète et est évaluée en conséquence.**

On ne peut que conseiller aux candidats de tester l'ensemble des manipulations présentées devant le jury afin d'éviter toute improvisation au moment de l'épreuve. Le jury recommande également de bien réfléchir pendant la préparation aux parties d'expériences qui seront présentées. Le candidat veillera également à disposer en quantités suffisantes du matériel et des produits qui lui seront utiles lors de la présentation. Pré-peser ou mesurer les quantités de réactifs utiles peut permettre de gagner un temps précieux lors de la réalisation de certaines manipulations. Le soin apporté au rangement de la paillasse avant l'exposé permet lui aussi de gagner du temps lors de la présentation. La bonne organisation du candidat est aussi un élément d'appréciation.

La prise en main des logiciels ne saurait être improvisée au moment de la présentation. Le jury regrette que, dans certaines leçons, des candidats échouent dans l'interprétation des données enregistrées, par une méconnaissance du logiciel utilisé.

S'agissant de la réalisation des expériences, le jury remarque de façon récurrente que les candidats ne comprennent pas toujours l'expérience menée, ou font souvent preuve de peu de recul par rapport aux protocoles expérimentaux qu'ils mettent en œuvre. Les protocoles trouvés dans les ouvrages sont parfois imprécis, voire faux, et doivent de toute façon être adaptés aux choix pédagogiques du candidat. Les structures, les noms des composés chimiques utilisés lors de la présentation sont à connaître ainsi que leurs propriétés physico-chimiques (états physiques, propriétés de solubilité, etc.). Les états de la matière doivent être précisés lors de l'écriture des équations de réaction. Le jury apprécie fortement de la part des candidats qu'ils fassent preuve d'esprit critique et de prise d'initiative dans la mise en œuvre des protocoles, qu'ils diversifient leurs sources, et qu'ils soient capables d'expliquer les conditions opératoires choisies.

Le jury attend que les expériences soient abouties et qu'elles conduisent, au cours de l'exposé, lorsqu'elles sont qualitatives, à des conclusions et, lorsqu'elles sont quantitatives, à des exploitations rigoureuses. **Le jury regrette que certains candidats se contentent d'évoquer des expériences qu'ils auraient pu faire ou bien qu'ils fassent des expériences en préparation et ne les présentent pas ; cela a été sanctionné. De plus, le fait de commencer pendant la présentation une manipulation et de ne pas l'exploiter par la suite est un gaspillage de réactifs inutile.**

Le jury note par ailleurs un effort sur les calculs d'incertitudes, mais déplore parfois la nature des facteurs pris en compte qui ne reflètent pas toujours la réalité expérimentale, notamment lors des dosages. La précision de la verrerie utilisée est en particulier très mal connue. Les confusions entre calculs d'incertitudes et écarts types sont également nombreuses dans ce type d'analyse. De même, le jury rappelle que le nombre de chiffres significatifs donné pour un résultat fait partie intégrante d'une démarche rigoureuse.

**Les modèles moléculaires et les outils de simulation sont trop peu utilisés** par les candidats alors qu'ils permettent d'illustrer certaines notions théoriques, ou de justifier certains choix de protocoles expérimentaux.

Les expériences doivent être réalisées avec soin en maîtrisant des conditions opératoires et en respectant les consignes élémentaires de sécurité. Le manque de rigueur ou d'honnêteté dans l'exploitation des résultats expérimentaux, ainsi que le manque d'esprit critique ont été sévèrement sanctionnés.

Le jury souhaite également apporter quelques commentaires, suite aux erreurs récurrentes constatées lors des présentations:

- En ce qui concerne la sécurité, le jury rappelle que le port des lunettes est obligatoire dans une salle où sont réalisées des expériences de chimie. **Les gants doivent être utilisés avec lucidité et uniquement lors de prélèvements ou manipulations de substances dangereuses et nocives**, puis ils doivent être jetés.

- Les caractéristiques et modes de fonctionnement des appareils utilisés doivent être connus par le candidat : en particulier la constitution et le mode de fonctionnement des électrodes, du conductimètre et du spectrophotomètre.
- Dans un titrage, l'utilisation de la méthode de la dérivée impose de disposer de suffisamment de mesures au voisinage de l'équivalence.
- La pH-métrie est une potentiométrie et l'électrode de verre est un capteur électrochimique. Il en est de même pour la cellule de conductimétrie.
- Les termes « transformations chimiques » et « réactions chimiques » doivent être utilisés à bon escient. Une transformation chimique peut être observée et les quantités de matière (état final, état initial) sont mesurables en général ; une transformation donnée est modélisée par une ou plusieurs réaction(s) chimique(s) symbolisée(s) par une ou des équations chimiques.
- Une transformation peut être quantitative quelle que soit la valeur de sa constante d'équilibre car le plus souvent, l'avancement final ne dépend pas seulement de  $K^\circ(T)$  mais aussi des quantités de matière ou des concentrations initiales des différents constituants du système, des nombres stœchiométriques. Le critère  $K^\circ > 10^4$  n'a de ce fait aucun sens.
- Le tableau d'avancement, outil utile mais non indispensable, est rarement écrit correctement : il nécessite de partir d'un état initial correspondant à la réalité de la transformation mise en jeu.
- La définition de  $K^\circ(T)$  est  $K^\circ(T) = \exp(-\Delta_r G^\circ(T)/RT)$ . La relation  $Q_r(\text{eq}) = K^\circ(T)$  est la loi de Guldberg et Waage : ce n'est en aucun cas la définition de  $K^\circ(T)$ .
- Les techniques de caractérisation par spectroscopie IR et RMN, même si elles ne sont pas disponibles restent très peu évoquées et leurs théories très mal connues.
- Certaines notions fondamentales comme celle d'élément chimique, de corps purs simples ou composés, la variance et le nombre de degrés de liberté du système, les phénomènes de corrosion et les courbes intensité-potentiel posent souvent beaucoup de problèmes aux candidats.
- Donner un ordre de grandeur ne signifie pas indiquer « plus grand ou plus petit que » mais suppose de fournir un chiffre avec unité ou une plage de valeurs.
- L'énoncé d'une définition est souvent difficile à obtenir de la part des candidats. Cela nécessite d'être fait avec rigueur et précision.
- Une équation de réaction d'oxydoréduction est plus facile à écrire correctement quand on a écrit au préalable les demi-équations relatives aux couples mis en jeu.
- Lors des exposés, il est conseillé d'éviter le plus possible des formules désincarnées (la dissolution de solide  $C_xA_y$ , un acide aminé de type  $RCHNH_2COOH\dots$ ) ou des équations du type acide-base  $A_1 + B_2 = B_1 + A_2$  ou d'oxydoréduction  $Ox_1 + Red_2 = Red_1 + Ox_2$ , pour être au plus près d'une chimie réelle et contextualisée.
- Dans une équation de réaction, on rappelle la signification des différents symboles écrits entre les réactifs et les produits : double flèche pour une réaction qui se fait dans les deux sens, flèche simple pour une réaction qui ne se fait que dans le sens direct et = pour une **relation stœchiométrique** (notation la plus générale, valable en particulier dans les deux cas précédents). Le signe = traduit, entre autres, la conservation des éléments chimiques, de la masse, de la charge électrique avant et après la transformation chimique.
- De même, on rappelle la différence entre les **coefficients** stœchiométriques qui sont toujours positifs et les **nombres** stœchiométriques qui sont algébriques.

### L'entretien (20 min)

**Le candidat ne peut pas consulter ses notes lors de l'entretien.** Les questions du jury ont plusieurs objectifs : le premier est d'amener les candidats à corriger d'éventuelles erreurs, le second, essentiel, est de vérifier la capacité des candidats à faire preuve de réflexion, tant dans le domaine théorique que dans le

domaine expérimental. Les questions doivent amener la plupart du temps des réponses assez courtes : se lancer dans un développement de plusieurs minutes n'est pas une bonne stratégie. L'étendue des connaissances des candidats est parfois mise en évidence lors de cet entretien, mais le jury tient à faire savoir qu'il est sensible à la pertinence de la réflexion mise en jeu et à la capacité du candidat à proposer des hypothèses raisonnables face à une situation parfois inattendue. L'honnêteté intellectuelle est là aussi de rigueur. Le jury attend également de la part des candidats une maîtrise des concepts théoriques énoncés. Il n'est pas concevable pour un futur agrégé d'exposer des notions qu'il ne domine pas.

### **Autour des valeurs de la République et des thématiques relevant de la laïcité et de la citoyenneté**

À la suite de l'entretien portant sur la leçon de chimie à l'agrégation externe de physique chimie option chimie ou sur la leçon de chimie à l'agrégation externe de physique chimie option physique, une question relative aux valeurs qui portent le métier d'enseignant, dont celles de la République, a été posée aux candidats, en conformité avec l'arrêté du 25 juillet 2014 modifiant l'arrêté du 28 décembre 2009 fixant les sections et les modalités d'organisation des concours de l'agrégation précise que :

*« Lors des épreuves d'admission du concours externe, outre les interrogations relatives aux sujets et à la discipline, le jury pose les questions qu'il juge utiles lui permettant d'apprécier la capacité du candidat, en qualité de futur agent du service public d'éducation, à prendre en compte dans le cadre de son enseignement la construction des apprentissages des élèves et leurs besoins, à se représenter la diversité des conditions d'exercice du métier, à en connaître de façon réfléchie le contexte, les différentes dimensions (classe, équipe éducative, établissement, institution scolaire, société) et les valeurs qui le portent, dont celles de la République. Le jury peut, à cet effet, prendre appui sur le référentiel des compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation ».*

D'autre part, le courrier de madame la ministre de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche en date du 28 janvier 2015, qui d'adresse aux présidents des concours de recrutement des métiers du professorat et de l'éducation, demande que dans le cadre précisé ci-dessus, *« les thématiques de la laïcité et de la citoyenneté y trouvent toute leur place ».*

Les candidats disposent de cinq minutes pour répondre à une question portant sur une situation concrète qu'ils peuvent rencontrer dans l'exercice du métier d'enseignant. Ils ont à leur disposition le « référentiel des compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation » et la « charte de la laïcité à l'École ». Il n'y a pas de temps spécifique pour préparer la réponse.

Exemples de questions posées :

- Quelle attitude adoptez-vous si un élève refuse de travailler avec un groupe désigné ou avec un autre élève ?
- Comment faire des débats scientifiques un outil d'apprentissage de la citoyenneté ?
- En quoi l'histoire des sciences contribue-t-elle au débat « savoir-croyance » ? Vous pouvez vous appuyer sur un exemple.
- Pensez-vous que dans une classe, le principe d'égalité impose de proposer de façon systématique la même évaluation à tous les élèves ?

Pendant ce court entretien, le jury reformule la question si besoin. Éventuellement il relance les échanges par d'autres questions pour faire préciser les propos du candidat.

Le jury attend du candidat qu'il montre que sa réflexion s'inscrit dans les valeurs qui portent le métier d'enseignant, et en particulier dans le cadre des valeurs de la République, de la laïcité et du refus de toutes les discriminations. Le jury attend également que le candidat ait connaissance des compétences professionnelles du métier d'enseignant.

Le jury recommande aux candidats de prendre le temps de la réflexion avant de répondre à la question. Il apprécie que la réponse s'appuie sur des exemples afin de préciser ou d'illustrer les propos.

Le jury a eu la satisfaction de voir un certain nombre de candidats faire preuve d'une bonne qualité de réflexion et montrer comment ils envisagent de faire partager les valeurs de la République à leurs futurs élèves à travers leurs pratiques pédagogiques.

## **Conclusion**

Le jury félicite les candidats qui ont fait preuve d'une bonne maîtrise des fondamentaux de la chimie. Il espère que les commentaires de ce rapport aideront les futurs candidats à réussir cette épreuve. La liste des

leçons donnée à la fin de ce rapport s'appuie sur les programmes de physique-chimie en application à la rentrée 2016 au lycée général et technologique et en CPGE.

## Rapport sur le montage de physique

### Introduction

Cette année, le jury a pu assister à d'excellents montages combinant des expériences choisies avec pertinence, des manipulations soignées et des analyses correctes des résultats. En revanche, de nombreuses prestations étaient facilement perfectibles. L'objectif de ce rapport qui reprend de nombreuses remarques des rapports précédents est d'aider les candidats à se préparer à cette épreuve. Il donne des indications générales ainsi que des remarques spécifiques sur différents sujets de montage.

### Déroulement de l'épreuve

Le montage de physique est la seule épreuve pour laquelle le candidat a le choix entre deux sujets. Une fois ce choix effectué, il n'est pas possible de revenir en *arrière*. Le candidat dispose de quatre heures pour monter des dispositifs expérimentaux et *réaliser des mesures* illustrant le thème choisi.

À l'issue de cette préparation, la présentation devant le jury dure quarante minutes. Ce temps doit être utilisé à *réaliser des mesures quantitatives* et à *analyser la pertinence des résultats obtenus* dans le cadre du thème choisi. Durant la présentation, le jury n'intervient pas (sauf en cas de mise en danger du candidat ou du jury), mais peuvent être amenés à se déplacer à communiquer entre eux.

Au terme de l'exposé, le jury interroge le candidat au sujet :

1. de ses choix concernant les protocoles expérimentaux et le matériel utilisé ;
2. de ses mesures et des analyses effectuées ;
3. de ses interprétations en lien avec le thème du montage.

Cette séance de questions dure au plus vingt minutes.

### Principe de l'épreuve et principaux critères d'évaluation

Cette épreuve nécessite une **approche expérimentale** des phénomènes étudiés. En conséquence, les lois physiques n'ont pas à être démontrées, même si bien sûr les principes physiques sur lesquels reposent les expériences proposées doivent être clairement connus des candidats.

Le jury évalue le candidat sur différents points :

#### **Sa capacité à se fixer un objectif expérimental pertinent par rapport au sujet.**

La première question à se poser concerne l'intitulé du montage : que signifie cet intitulé et quel(s) objectif(s) peut-on raisonnablement se fixer ? Le jury n'attend pas un objectif particulier ; en revanche, une absence d'objectif pertinent ou une erreur grossière de compréhension de l'intitulé sont pénalisantes pour les candidats. Donnons deux exemples :

1. S'agit-il d'un enjeu métrologique (mesure de longueurs, spectrométrie, mesure de fréquences temporelles...) ? Dans ce cas, plutôt que d'effectuer des mesures redondantes, toutes basées sur le même principe, il est souhaitable de présenter et d'analyser différentes techniques de mesures ; en outre, la précision de ces mesures doit être particulièrement soignée et discutée.
2. S'agit-il de la mise en évidence de phénomènes physiques spécifiques (induction, systèmes bouclés, instabilités et phénomènes non linéaires...) ? Dans ce cas, la présentation de quelques résultats

anecdотiques est insuffisante ; il faut au contraire chercher à cerner les propriétés caractéristiques du phénomène et, autant que possible, diversifier les angles d'approche.

Par ailleurs, chaque mesure proposée doit avoir un sens : on peut s'interroger sur la pertinence d'une mesure de la longueur d'un tuyau qui s'appuie sur l'étude d'un écoulement de Poiseuille dans celui-ci, ou de la mesure d'une longueur d'onde d'un laser qui s'appuie sur l'analyse de la figure de diffraction par une fente dont la largeur est connue à 10 %.

### **Sa capacité à mettre en œuvre un protocole expérimental adapté.**

À ce titre, des expériences susceptibles d'être proposées dans différents montages doivent être exploitées de manière spécifique pour répondre aux enjeux du montage choisi.

Par ailleurs, il est indispensable de connaître le domaine de validité des lois de la physique utilisées et de s'assurer que les conditions de leur application sont assurées ; par exemple, on ne teste pas la loi de Poiseuille à l'entrée d'un tuyau, puisque le profil des vitesses n'y est certainement pas parabolique ; de même, on ne confronte pas la figure de diffraction d'une pupille à la théorie de Fraunhofer lorsque les conditions d'éclairage et d'observation ne le permettent pas avec certitude.

### **Son savoir-faire expérimental et sa connaissance du matériel.**

Il faut éviter l'utilisation d'appareils ou de logiciels dont le principe de fonctionnement est inconnu, ainsi que de « boîtes noires » dont on ne connaît pas la constitution. Il est par ailleurs *impératif de réaliser des mesures devant le jury* et, le cas échéant, de les confronter à des mesures effectuées en préparation.

Il faut enfin manipuler soigneusement, ce qui permet d'éviter les erreurs systématiques grossières et d'aboutir à des résultats affectés d'une incertitude contrôlée et raisonnable.

Le candidat doit comprendre que l'évaluation des incertitudes n'est pas uniquement un passage obligé pour l'épreuve de montage, mais que cette évaluation doit être abordée avec discernement : par exemple, il n'est pas raisonnable de passer du temps à évaluer l'incertitude sur une première mesure presque qualitative, pour traiter cet aspect de manière incomplète dans les expériences suivantes où les enjeux de précision sont plus cruciaux ; de même, certaines grandeurs n'ont pas vocation à être mesurées avec une précision métrologique (taux de modulation, facteur de qualité...) et il n'est donc pas nécessaire de passer trop de temps à l'évaluation des incertitudes dans ce cas.

### **Sa capacité à exploiter des mesures, à interpréter des résultats et à faire preuve d'esprit critique.**

Le candidat doit être capable de vérifier l'homogénéité des relations utilisées, de contrôler les ordres de grandeur obtenus (en contrôlant rapidement les puissances de 10) et, bien entendu, de confronter ses mesures à des valeurs tabulées dès que cela est possible. En outre, ces valeurs tabulées doivent être choisies en cohérence avec les conditions de l'expérience réalisée : par exemple, certaines grandeurs physiques dépendent de la température et la température de la salle n'est pas nécessairement de 20 °C. *Nous rappelons aux candidats qu'il est important de penser le jour du montage à prendre des livres contenant des valeurs de référence. Trop de candidats affirment à l'issue d'une mesure qu'ils n'ont pas avec eux les valeurs tabulées dans les conditions de l'expérience.*

En cas d'erreur manifeste, le candidat ne doit pas se contenter d'une remarque lapidaire et poursuivre le montage, mais chercher avec discernement où se trouve le biais ; à ce titre, parler d'incertitudes pour justifier un écart d'un facteur 100 entre valeurs mesurée et tabulée n'est pas scientifiquement acceptable. Concrètement, une telle attitude conduit à l'attribution de très peu de points sur l'expérience proposée, alors qu'une discussion approfondie permet, si elle explique de manière raisonnable les erreurs commises,

d'obtenir le maximum des points accordés à cette expérience.

Enfin, il est *impératif que figure au tableau la totalité des points clés du montage*, du schéma de principe de l'expérience effectuée, aux éléments importants du protocole expérimental, aux valeurs numériques des composants ou paramètres de contrôle, jusqu'au résultat final de l'expérience. Au-delà de l'aspect pédagogique, cette exigence est fondamentale car une expérience scientifique a vocation à être discutée de façon contradictoire, et il faut pour cela en communiquer clairement les tenants et aboutissants.

## **Remarques générales**

### **Comment choisir les expériences ?**

Les candidats sont libres de choisir les expériences en relation avec le sujet choisi : il n'existe pas d'expérience « incontournable ». Il est en particulier peu raisonnable d'envisager d'apprendre le jour de l'épreuve à régler un dispositif interférentiel que l'on n'a jamais vu, ou à utiliser certains appareils numériques complexes que l'on ne connaît pas. Par ailleurs, la multiplication des dispositifs expérimentaux peut s'avérer dangereuse ; deux expériences pertinentes, bien réalisées et bien exploitées, peuvent conduire à la note maximale et valent mieux que quatre expériences inabouties et mal comprises.

Afin qu'une expérience soit réussie, il est souhaitable, dans la mesure du possible, de faire varier un paramètre expérimental plutôt que de réaliser une mesure unique : selon le cas, cela permet en effet d'obtenir une exploitation quantitative de bonne qualité ou d'illustrer la loi physique correspondant à l'expérience proposée. Le jury est très sensible à la production de courbes de bonne qualité, avec des barres d'erreurs judicieusement estimées, des axes bien indiqués, et un modèle bien compris confronté aux données expérimentales.

### **Peut-on introduire une expérience qualitative ?**

Des expériences qualitatives permettant de mettre en évidence les phénomènes étudiés et de préciser les ordres de grandeurs peuvent servir d'introduction, ou éventuellement de conclusion. Il ne faut cependant pas les multiplier sous peine de se ramener à une succession « d'expériences de cours ». Il est contre-productif de conserver du temps pour réaliser une expérience qualitative en fin de montage, lorsque l'exploitation quantitative des expériences précédentes n'a pas pleinement abouti et que des résultats inattendus restent à expliquer.

### **Deux écueils à éviter.**

Bien que certaines expériences préparées lors d'une éventuelle année de préparation dans un centre puissent illustrer des sujets différents, la reproduction intégrale d'un protocole standard n'est, a priori, pas pertinente pour traiter le sujet imposé le jour de l'épreuve ; ainsi, si le candidat réalise une telle expérience, il doit prendre soin de choisir avec discernement les grandeurs physiques mesurées et les interprétations à effectuer en fonction du sujet du montage.

Par ailleurs, il apparaît souvent des « montages types », parfaitement adaptés au sujet posé mais identiques d'un candidat à l'autre, quant à leur déroulement et au choix des expériences. Le jury est alors particulièrement attentif aux capacités propres du candidat lors de l'évaluation car il attend légitimement d'un



futur agrégé que celui-ci sache donner une coloration personnelle à son enseignement. En outre, le jury constate que le choix d'un « montage type » trop ambitieux peut s'avérer difficile à assumer pour certains candidats, ce qui conduit à des résultats très faibles.

### **Visiter les collections avant le jour de l'épreuve**

Les collections de matériel ne se visitent qu'à l'issue du tirage au sort. Il est vivement conseillé aux candidats d'effectuer cette visite.

## **Conduire les quatre heures de préparation**

### **Préparer les expériences.**

La préparation s'effectue avec l'assistance de l'équipe technique. C'est au candidat, et non aux techniciens, de choisir les composants et d'utiliser les logiciels de traitement de données. Les techniciens peuvent, si nécessaire, réaliser des mesures répétitives pour le candidat, en suivant strictement le protocole expérimental (même erroné) établi par celui-ci, et éventuellement saisir les valeurs mesurées. Le candidat réalise lui-même le réglage des différents matériels demandés. De nombreuses notices sont disponibles.

Dans la mesure du possible, les candidats doivent organiser leurs dispositifs sur les paillasses disponibles de façon que les expériences soient visibles par les membres du jury depuis leur table de travail, même si ceux-ci seront amenés à se déplacer au cours de la présentation. En outre, les salles sont équipées d'ordinateurs reliés à des vidéoprojecteurs qu'il est souhaitable d'utiliser afin de faciliter la présentation des résultats devant le jury.

### **Valider les résultats.**

Il convient de vérifier la pertinence des résultats (Handbook, estimations...) et de préparer les évaluations d'incertitudes. Les candidats devraient plus souvent consulter les notices ou les spécifications des appareils et des composants utilisés.

### **Préparer le tableau.**

Afin d'éviter de perdre du temps durant la présentation, une partie de la préparation doit être consacrée à l'organisation du tableau. Il est absolument nécessaire qu'à son arrivée, le jury puisse y lire le titre du montage, les schémas des expériences choisies, les principaux éléments des protocoles expérimentaux proposés, les modélisations utilisées lors de l'exploitation des mesures, les valeurs numériques obtenues en préparation ainsi que les valeurs tabulées utiles. Le tableau devra ensuite être complété lors de la présentation, suite aux mesures et exploitations effectuées directement devant le jury.

## **Présenter le montage devant le jury**

Il est conseillé aux candidats de réserver quelques minutes avant l'arrivée du jury pour reprendre en main le début de la présentation, de manière à débiter celle-ci dans de bonnes conditions.

Bien qu'une courte introduction soit appréciable, les considérations théoriques générales et les trop longues introductions sont à proscrire car, si elles permettent au candidat de prendre confiance au début de l'exposé, elles n'entrent pas en considération dans la note finale et constituent, de ce fait, une perte de temps.

Le candidat doit ensuite expliquer clairement, mais sans digression, le but et le protocole de chaque expérience, puis effectuer des mesures. Lors d'une mesure, il explique au jury comment il procède et indique la valeur obtenue. Le tableau doit alors être complété, en mettant bien en valeur ces résultats de mesures accompagnés de leurs incertitudes, le tout présenté avec un nombre cohérent de chiffres significatifs. Le tableau ne doit pas être effacé par la suite, ni en cours de présentation, ni au moment des questions.

Rappelons que *la prise de mesure en cours de présentation est impérative* : elle permet au jury de vérifier que le candidat maîtrise la technique de mesure, que les résultats obtenus en préparation ne sont pas simulés, mais aussi d'observer le futur enseignant dans la transmission d'un savoir-faire expérimental : c'est une difficulté mais aussi une des singularités de la physique ! L'absence de mesure devant le jury serait clairement sanctionnée lors de l'évaluation du montage.

Enfin, il va de soi que le montage est une épreuve orale et que, par conséquent, rester de longues minutes dans le silence n'est pas conseillé ; toutefois, lorsque certains imprévus expérimentaux se présentent, le jury conçoit que le candidat puisse devoir se concentrer et rester silencieux quelques minutes. Par ailleurs, lors de ses explications, le candidat veillera à éviter l'emploi excessif d'anglicismes lorsque des mots français consacrés existent (*voltage* se dit tension, *pulse* se dit impulsion, *fit* se dit ajustement etc.).

### **Remarques complémentaires**

#### **Questions de base : comment et pourquoi ?**

Quel que soit le montage, le candidat doit pouvoir justifier ses divers choix, tant du point de vue du matériel que du modèle, et des conditions expérimentales : quels composants, quels appareils de mesures, quels détecteurs, quelles approximations, quelles relations, quelles lois, quelles relations affines, quelles relations linéaires, pourquoi avoir tracé telle variable en fonction de telle combinaison d'autres variables... ?

#### **Manipulations et mesures.**

Une connaissance des principes de fonctionnement des appareils utilisés est attendue dans l'épreuve de montage. Par exemple l'utilisation d'un capteur plutôt qu'un autre, pour une mesure donnée, ne peut se faire qu'en connaissant leurs caractéristiques : linéarité, temps de réponse, bande passante, saturation éventuelle... De même, les candidats doivent connaître les unités utilisées et leur conversion dans le système international. L'utilisation de « boîtes noires », telles que diverses plaquettes de montages électroniques, ou encore un spectrophotomètre interfacé sur ordinateur, n'est pas à recommander aux candidats qui les découvrent lors de l'épreuve. En effet, on attend que soient connus les principes physiques de fonctionnement de ces outils, ainsi que l'incidence sur les mesures des divers paramètres, réglables ou non, qui interviennent. D'autre part, il ne faut pas perdre de vue que les expériences « presse-bouton » ne sont pas toujours faciles à exploiter.

#### **À propos des traitements informatiques.**

L'acquisition de données sur ordinateur est un outil extrêmement utile, à condition que le signal existe et ait été identifié à l'aide d'appareils traditionnels (oscilloscope ou autre) ; on risque sinon de faire de nombreux essais « à l'aveugle » avant d'obtenir un résultat satisfaisant.

Le jury a constaté des progrès dans l'utilisation des logiciels de traitement des données. Cependant, certaines lacunes subsistent : si une FFT est obtenue d'un simple clic, la résolution spectrale est bien souvent confondue avec le déplacement des curseurs « de part et d'autre du pic » et les paramètres d'obtention sont ignorés. Les candidats doivent, en outre, connaître les propriétés élémentaires de la transformée de Fourier discrète pour pouvoir interpréter correctement leurs résultats. Il faut par ailleurs être conscient que, même si le critère de Shannon est respecté, la représentation du signal peut paraître singulièrement déformée si la période d'échantillonnage est mal choisie. Enfin, il faut penser à choisir convenablement la durée d'acquisition et la période d'échantillonnage.

Lors de l'exposition des résultats obtenus et de leur traitement, l'utilisation de logiciels est souhaitable, à condition qu'elle ne se substitue pas – en termes d'effort et de temps passé – à la physique ; toutefois, elle devient contre-productive quand le candidat connaît mal les logiciels qu'il utilise. Le candidat doit veiller à préparer le fichier contenant les grandeurs numériques de l'expérience et leur exploitation de manière à ne pas y passer trop de temps lors de la présentation. La plupart des candidats savent désormais faire apparaître, sur les graphes obtenus en préparation, les points de mesure réalisés devant le jury avec, si possible, une couleur différente. Enfin Excel n'est pas un logiciel scientifique.

Il faut rappeler aux candidats qu'il convient de se méfier des dérivées numériques qui introduisent du bruit, alors que dans de nombreux cas, un ajustement global de la fonction non dérivée est plus précis. C'est en particulier le cas des expériences de mécanique dans lesquelles on cherche à mesurer une vitesse comme par exemple la chute d'une bille dans l'huile ou la glycérine. Il faut aussi se méfier des dérivées toutes faites dans certains logiciels qui font un lissage sans le dire.

Signalons enfin qu'il est impératif d'enregistrer les fichiers de résultats obtenus afin de pouvoir les rouvrir lors de la discussion avec le jury.

### **À propos des expériences d'optique.**

Le jury voit encore souvent des dispositifs mal alignés, avec des images présentant des aberrations, ainsi que des éléments optiques prétendument éclairés en incidence normale mais qui ne le sont pas en réalité ; rappelons que de nombreux bancs d'optique peuvent être trouvés dans la collection et que l'éclairage d'un réseau en incidence normale ne s'effectue pas « à l'œil »... Ces remarques s'appliquent à tous les montages dans lesquels l'optique est utilisée et pas seulement à ceux qui ont spécifiquement trait à l'optique.

D'autre part, il convient de savoir tirer parti des propriétés spécifiques des diodes laser : longueur de cohérence plus petite que celle des lasers He-Ne, accordabilité, ouverture numérique, effet de seuil (fonctionnement en LED, fonctionnement en laser). Il faut enfin faire attention aux lasers dits « non polarisés », dont la polarisation est en fait partielle et fluctuante, ce qui peut conduire à des signaux très fluctuants en particulier pour des expériences quantitatives.

### **À propos des expériences en électricité.**

Il est important que le schéma du montage étudié figure au tableau, que la valeur des composants utilisés soit indiquée et que le branchement des voies des oscilloscopes et la position de la masse soient bien visualisées.

### **À propos de la présentation graphique des mesures.**

Le tracé d'un graphique est récurrent en physique, que ce soit pour illustrer une loi ou pour déterminer une grandeur à partir d'une série de mesures. Rappelons que la proportionnalité entre deux grandeurs physiques doit être validée en traçant un graphe et non en calculant une succession de rapports.

Lors de la réalisation d'un tel graphe, le jury attend :

- que les points de mesure soient bien visibles et qu'on ne voie pas seulement les lignes qui les joignent. Penser à représenter les barres d'erreurs dans les deux directions si cela est pertinent.
- que les points résultant des mesures réalisées devant le jury et ceux obtenus en préparation soient clairement identifiables.
- que les grandeurs associées aux axes soient clairement indiquées, avec leurs unités.
- que les pentes dans les modélisations affines ou linéaires soient données avec leurs unités. Bien souvent une loi linéaire peut être ajustée par une loi affine pour prendre en compte certaines erreurs systématiques. Il est alors indispensable de discuter la valeur de l'ordonnée à l'origine.
- que des lois manifestement non linéaires ne soient pas modélisées par une droite en attribuant les écarts entre les points expérimentaux et la droite modèle à du bruit ; il faut donc contrôler la façon dont ces points sont dispersés autour de la courbe modèle.

### **Validation des mesures.**

Cette validation suppose quatre étapes :

- Vérifier rapidement, avant de se lancer dans un calcul d'incertitude, la pertinence des résultats en contrôlant les ordres de grandeur trouvés et en comparant aux valeurs attendues ; les candidats disposent pour cela, en bibliothèque, d'ouvrages de référence de type Handbook qu'ils doivent utiliser, comme dit plus haut, pour obtenir les valeurs tabulées des grandeurs qu'ils mesurent.
- Rechercher les éventuelles sources de biais systématiques et les discuter.
- Relever toutes les sources d'incertitude, évaluer les plus importantes, de façon à ne pas s'encombrer des parties négligeables.
- Une fois la pertinence de la mesure vérifiée, et les incertitudes significatives identifiées, terminer par l'encadrement quantitatif du résultat.

Nous rappelons que calculer l'écart en pourcentage entre la valeur mesurée et la valeur attendue et le comparer à 10 % ne constitue pas une validation d'une mesure. La physique est une science expérimentale qui donne lieu à des prédictions quantitative qui peuvent conduire à des mesures de grande précision. La comparaison doit se faire avec des valeurs tabulées ou des valeurs théoriques, c'est-à-dire issues d'un calcul. De telles valeurs peuvent donc elles-mêmes présenter des incertitudes.

### **Discussion des incertitudes.**

Concernant la discussion des erreurs, le jury rappelle que :

- Les notions de barres d'erreurs, d'incertitudes, d'intervalle de confiance et les hypothèses (indépendance des variables, nature statistique des erreurs, absence de biais) qui permettent d'établir les formules utilisées dans l'évaluation de ces quantités, doivent être maîtrisées, au risque de conduire à des évaluations d'incertitudes non pertinentes.
- De même, les discussions sur les intervalles de confiance obtenus par régression à l'aide de calculs sur ordinateur sont les bienvenues ; en revanche, l'interprétation des grandeurs statistiques issues

des logiciels utilisés doit alors être correctement effectuée.

- Enfin, en cas de traitement statistique d'une série de mesures, l'écart type d'une mesure doit être bien distingué de l'écart type de la moyenne des mesures.

Concernant l'évaluation des incertitudes, le jury aimerait attirer l'attention sur les points suivants :

- Les candidats associent trop souvent incertitude et limite de précision de l'appareil de mesure. Pourtant, dans de nombreuses situations, l'erreur lors du mesurage provient davantage de l'appréciation du phénomène par l'expérimentateur que des limites de l'appareil de mesure, et l'incertitude est largement sous-évaluée par le candidat (résonance de la corde de Melde, brouillage des franges d'une figure d'interférence, position d'une image en optique géométrique...). Il faut alors ajuster le protocole afin de diminuer cette source d'erreur puis effectuer, avec réalisme, l'évaluation de l'intervalle de confiance de la mesure.

- A contrario, les candidats ne doivent pas surestimer leurs erreurs pour tenter de retrouver une valeur tabulée dans l'intervalle de confiance. Cette stratégie, mal appréciée du jury, ne correspond pas à la démarche scientifique attendue.

- Un autre point important concerne le traitement statistique des mesures. Il faut bien distinguer les situations où une telle étude permet de diminuer significativement l'incertitude sur la mesure, des situations où le traitement statistique ne présente pas d'intérêt ; ainsi, lors d'une mesure à la règle graduée, on n'obtiendra pas la longueur d'une table avec une précision bien inférieure au millimètre, même en effectuant de nombreuses fois la mesure.

- Enfin, il ne faut pas confondre incertitudes et erreurs systématiques : on ne peut espérer diminuer ces dernières en faisant une statistique sur plusieurs mesures ou en améliorant la précision de l'instrument de mesure et il faut plutôt, dans ce cas, chercher à réviser le protocole expérimental.

### **À propos de la gestion du temps.**

Si la présentation dure moins longtemps que les quarante minutes imposées, il est souhaitable de revenir sur les difficultés rencontrées au cours du montage, et ne pas hésiter à reprendre des mesures et à refaire des applications numériques, plutôt que d'énoncer des généralités en guise de conclusion. Il est également possible de revenir sur une explication qui aurait été effectuée trop rapidement lors de la présentation.

### **Remarques particulières sur certains montages**

Les remarques qui suivent font référence à la liste des questions de la session 2015.

#### **Montage 1 : Dynamique newtonienne.**

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

#### **Montage 2 : Surfaces et interfaces.**

Le principe de certaines mesures est mal maîtrisé. Par exemple, la mesure de la tension de surface par la

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

**Montage 3 : Dynamique des fluides.**

Comme recommandé par les précédents rapports, les candidats pensent à évaluer le nombre de Reynolds mais les conclusions qu'ils en tirent sont souvent incomplètes ou erronées. D'autres limitations des modèles (Stokes et Poiseuille en particulier) sont ignorées. Les viscosités mesurées doivent être comparées aux valeurs tabulées aux températures des expériences réalisées.

**Montage 4 : Capteurs de grandeurs mécaniques.**

Les candidats peuvent choisir d'étudier tous types de capteurs qui mesurent des grandeurs mécaniques : accéléromètres, jauges de contrainte, capteurs de position, de vitesse... Lors de l'étude d'un capteur, le candidat doit s'intéresser aux qualités de fidélité, de sensibilité et de justesse qui permettent d'utiliser ce capteur comme un instrument de mesure. Par ailleurs, certaines grandeurs mécaniques varient dans le temps et il n'est pas obligatoire de se limiter aux grandeurs stationnaires.

**Montage 5 : Mesure de température.**

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

**Montage 6 : Transitions de phase.**

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

**Montage 7 : Instruments d'optique.**

Les candidats doivent connaître et comprendre les conditions d'obtention d'images de bonne qualité. L'étude des limitations et de défauts des instruments présentés est attendue. Les candidats doivent comprendre quelles sont les conditions pour que la mesure du grossissement puisse se ramener à la mesure d'un grandissement lorsqu'ils présentent des dispositifs afocaux. Enfin, les candidats peuvent envisager l'utilisation de lunettes de visée afin d'améliorer leurs mesures de distances.

**Montage 8 : Interférences lumineuses.**

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

**Montage 9 : Diffraction des ondes lumineuses.**

La différence entre diffraction de Fraunhofer et diffraction de Fresnel doit être connue, et on doit s'assurer que les conditions de Fraunhofer sont remplies si l'on utilise les formules associées. Attention aux expériences de filtrage spatial qui sont souvent mal comprises. La détermination de la taille d'un fil ou d'un cheveu est d'autant plus intéressante que la valeur mesurée peut être comparée à une valeur tabulée ou mesurée par une technique complémentaire. Le jury voit trop souvent des expériences de diffraction par des fentes, généralement mal calibrées, servir à mesurer des longueurs d'ondes de lasers!

**Montage 10 : Spectrométrie optique.**

Quel que soit l'appareil de mesure utilisé, notamment le spectromètre à entrée fibrée interfacé avec l'ordinateur, son principe de fonctionnement et ses caractéristiques d'utilisation, en particulier son pouvoir de résolution, doivent être connus. S'il souhaite utiliser un réseau en incidence normale, le candidat doit s'assurer de la réalisation expérimentale correcte de cette incidence particulière.

**Montage 11 : Émission et absorption de la lumière.**

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

**Montage 12 : Photorécepteurs.**

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

**Montage 13 : Biréfringence, pouvoir rotatoire.**

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

**Montage 14 : Polarisation des ondes électromagnétiques.**

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

**Montage 15 : Production et mesure de champs magnétiques.**

La sonde à effet Hall est souvent le seul instrument de mesure présenté dans ce montage. D'autre part, les mesures de champs magnétiques ne sont pas limitées à ceux qui règnent dans l'entrefer d'un électro-aimant.

**Montage 16 : Milieux magnétiques.**

Il n'est pas souhaitable de se limiter aux milieux ferromagnétiques. L'étude du transformateur est marginale dans ce montage.

**Montage 17 : Métaux.**

Ce montage doit mettre en évidence différentes caractéristiques propres aux métaux. L'étude de caractéristiques mécaniques, par exemple, nécessite une mise en perspective par rapport aux propriétés

équivalentes d'autres matériaux. Notons que pour les mesures de résistance, le principe et l'intérêt d'un montage quatre fils doivent être connus.

**Montage 18 : Matériaux semi-conducteurs.**

La variété des matériaux semi-conducteurs fait qu'il est parfois difficile de savoir quel est le matériau utilisé dans un composant commercial, ou quel est le dopage dans certaines plaquettes. Les candidats mesurent alors des propriétés sans pouvoir les comparer à quoi que ce soit. Il vaut donc mieux utiliser des composants de caractéristiques connues. Par ailleurs, il est essentiel de connaître quelques ordres de grandeur, en particulier celui de l'énergie de gap et de la densité de porteurs.

**Montage 19 : Effets capacitifs.**

Le montage ne se résume pas à l'étude du circuit RC. Les modèles de condensateurs et les effets capacitifs sont nombreux et aisément accessibles à l'expérimentation. Le jury constate que l'étude de la propagation d'une impulsion dans un câble coaxial est, à juste titre, souvent proposée dans ce montage, mais que les propriétés physiques de ce phénomène sont souvent mal maîtrisées.

**Montage 20 : Induction, auto-induction.**

Lors de ce montage, trop de candidats abusent des expériences qualitatives et transforment la séance en une série d'expériences de cours sur l'induction et obtiennent de ce fait une note médiocre. Les mesures ne doivent pas se résumer à l'étude d'un circuit RL. Par ailleurs, la notion d'inductance mutuelle est souvent mal dégagée, en particulier à cause de mauvais choix dans les composants utilisés et dans la fréquence d'excitation. Le transformateur aurait sa place dans ce montage.

**Montage 21 : Production et conversion d'énergie électrique.**

Le principe de fonctionnement des dispositifs utilisés (moteurs, tachymètres, variateurs...) doit être connu afin que la présentation illustre pleinement le sujet et ne se limite pas à des mesures de rendement. D'autre part, lors de l'étude de dispositifs de production et de conversion d'énergie électrique, la notion de point de fonctionnement nominal est importante ; en particulier, des mesures de puissance de l'ordre du mW ne sont pas réalistes. Enfin, les modèles utilisés pour décrire ces dispositifs ne doivent pas être trop simplifiés, au risque d'obtenir des écarts excessifs entre les modèles et les systèmes réels.

**Montage 22 : Amplification de signaux.**

L'amplificateur opérationnel, comportant de nombreux circuits internes de compensation, n'est pas l'objet idéal pour aborder ce montage. On peut, au contraire, envisager des circuits simples à base de transistor(s). D'autre part, de nombreux aspects des amplificateurs sont éludés, comme la distorsion, les impédances caractéristiques et le rendement.

**Montage 23 : Mise en forme, transport et détection de l'information.**

Ce montage ne se restreint pas à la modulation d'amplitude. Il semble en particulier important d'aborder le cas des signaux numériques modernes. Dans le cas de la démodulation synchrone, le problème de la récupération de la porteuse est systématiquement passé sous silence.

**Montage 24 : Acquisition, analyse et traitement des signaux.**

Les notions d'erreur de quantification et de rapport signal sur bruit ne sont pas bien dégagées. Pour la numérisation d'un signal, il faut mettre en évidence le rôle de l'échantillonnage et ses conséquences.

**Montage 25 : Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu).**

Le principe de ce montage est de présenter les techniques de mesure de fréquences dans une large gamme. Il ne s'agit pas de réaliser différentes expériences faisant intervenir des phénomènes périodiques et de parvenir à une détermination de fréquence moins précise que celle obtenue avec le fréquencemètre présent sur la paillasse. Ainsi le jury souhaiterait que le stroboscope ne soit plus utilisé comme



fréquence-mètre pour l'étude des résonances de la corde de Melde.

**Montage 26 : Mesure de longueurs.**

Des mesures de longueurs dans une large gamme sont appréciées et là encore les candidats ne doivent pas se contenter du régllet comme outil de mesure. Par ailleurs, la mesure d'une longueur de cohérence n'a pas en soi sa place dans ce montage.

**Montage 27 : Systèmes bouclés.**

Ce montage concerne la physique des asservissements et / ou celle des oscillateurs auto-entretenus. Une maîtrise minimale des montages élémentaires est requise. Un oscillateur à quartz serait le bienvenu, compte tenu de son fort facteur de qualité.

**Montage 28 : Instabilités et phénomènes non linéaires.**

Il s'agit de bien illustrer quelques caractéristiques des systèmes non linéaires, de préférence dans différents domaines de la physique. Selon le (ou les) système(s) choisi(s) pour illustrer ce montage, on peut penser à la pluralité des positions d'équilibre, au phénomène de bifurcation, à l'enrichissement spectral, au ralentissement critique...

**Montage 29 : Ondes : propagation et conditions aux limites.**

Ce montage est riche, car l'existence de conditions aux limites permet l'apparition de phénomènes aussi variés que la réflexion, la réfraction, la diffraction, les interférences... Dans ce contexte, on veillera à bien distinguer ondes stationnaires et ondes stationnaires résonantes. Notons enfin que la notion d'impédance caractéristique n'est pas limitée au câble coaxial. Enfin, la détermination de la fréquence de résonance de la corde de Melde à l'aide d'un stroboscope n'a pas de sens quand la corde est utilisée avec un générateur basse fréquence muni d'un fréquence-mètre avec cinq digits.

**Montage 30 : Acoustique.**

Les phénomènes d'interférences, de réflexion / transmission et d'impédance ont aussi leur place dans ce montage. En outre, le jury apprécie qu'on ne se limite pas à la propagation dans l'air ni à une gamme de fréquences restreinte aux fréquences audibles. En tout état de cause, le montage ne doit pas se limiter à des mesures de la célérité du son.

**Montage 31 : Résonance.**

Le lien qui existe entre la largeur de la résonance d'un oscillateur et la durée du régime transitoire est souvent ignoré par les candidats. Des phénomènes non linéaires ou paramétriques pourraient également être abordés.

**Montage 32 : Couplage des oscillateurs.**

Les pendules utilisés dans le cadre de ce montage sont souvent loin d'être des pendules simples, et les candidats doivent en tirer les conclusions qui s'imposent. Les expériences de couplage inductif sont souvent difficiles à exploiter, car les candidats ne maîtrisent pas la valeur de la constante de couplage. Enfin, il n'est pas interdit d'utiliser plus de deux oscillateurs dans ce montage, ou d'envisager des couplages non linéaires, qui conduisent à des phénomènes nouveaux comme l'accrochage de fréquence, et ont de nombreuses applications.

**Montage 33 : Régimes transitoires.**

Il existe des régimes transitoires dans plusieurs domaines de la physique et pas uniquement en électricité ; de même, l'établissement de régimes forcés peut conduire à une physique bien plus variée que le retour à une situation d'équilibre. Par ailleurs, bien que le régime transitoire des systèmes linéaires, évoluant en régime de réponse indicielle, puisse parfois se ramener à l'étude d'un circuit RC, la simple mesure du temps de réponse d'un tel circuit ne caractérise pas l'ensemble des propriétés des régimes transitoires. Enfin, varier les échelles de temps dans la présentation serait appréciable.

**Montage 34 : Phénomènes de transport.**

Des transports autres que diffusifs peuvent faire l'objet de ce montage. Lors de la mesure du coefficient de diffusion du glycérol, par la déviation d'une nappe laser, les candidats doivent être à même d'expliquer précisément la nature de l'image observée sur l'écran et son origine physique.

**Montage 35 : Moteurs.**

Ce montage a été présenté plusieurs fois lors de cette session et a conduit à plusieurs prestations de bonne qualité. Nous rappelons que les moteurs thermiques font partie des dispositifs qui peuvent être présentés dans ce montage.

## **Sujets des épreuves orales de la session 2016**

## Leçons de physique 2016

*Les leçons sont à traiter au niveau des classes préparatoires scientifiques ou au niveau de la licence de physique.*

1. Contact entre deux solides. Frottement.
2. Gravitation.
3. Caractère non galiléen du référentiel terrestre.
4. Précession dans les domaines macroscopique et microscopique.
5. Lois de conservation en dynamique.
6. Cinématique relativiste.
7. Dynamique relativiste.
8. Notion de viscosité d'un fluide. Écoulements visqueux.
9. Modèle de l'écoulement parfait d'un fluide.
10. Phénomènes interfaciaux impliquant des fluides.
11. Gaz réels, gaz parfait.
12. Premier principe de la thermodynamique.
13. Évolution et condition d'équilibre d'un système thermodynamique fermé.
14. Application des deux premiers principes de la thermodynamique au fonctionnement des machines thermiques.
15. Transitions de phase.
16. Étude statistique d'un système en contact avec un thermostat. Probabilité canonique.
17. Rayonnement d'équilibre thermique. Corps noir.
18. Phénomènes de transport.
19. Bilans thermiques : flux conductifs, convectifs et radiatifs.
20. Conversion de puissance électromécanique.
21. Induction électromagnétique.
22. Rétroaction et oscillations.
23. Traitement d'un signal. Étude spectrale.
24. Ondes progressives, ondes stationnaires.
25. Ondes acoustiques.
26. Propagation avec dispersion.
27. Propagation guidée des ondes.
28. Ondes électromagnétiques dans les milieux diélectriques.
29. Ondes électromagnétiques dans les milieux conducteurs.
30. Rayonnement dipolaire électrique.
31. Présentation de l'optique géométrique à l'aide du principe de Fermat.
32. Microscopies optiques.
33. Interférences à deux ondes en optique.
34. Interférométrie à division d'amplitude.
35. Diffraction de Fraunhofer.
36. Diffraction par des structures périodiques.
37. Absorption et émission de la lumière.
38. Aspects corpusculaires du rayonnement. Notion de photon.
39. Aspects ondulatoires de la matière. Notion de fonction d'onde.
40. Confinement d'une particule et quantification de l'énergie.
41. Effet tunnel.
42. Fusion, fission.
43. Évolution temporelle d'un système quantique à deux niveaux.
44. Capacités thermiques : description, interprétations microscopiques.
45. Paramagnétisme, ferromagnétisme : approximation du champ moyen.

46. Propriétés macroscopiques des corps ferromagnétiques.
47. Mécanismes de la conduction électrique dans les solides.
48. Phénomènes de résonance dans différents domaines de la physique.
49. Oscillateurs ; portraits de phase et non-linéarités.

## Leçons de chimie 2016

*Les énoncés des leçons de chimie sont suffisamment ouverts pour permettre au candidat de faire des choix argumentés et de développer une démarche scientifique autour des grands domaines de la chimie. Les candidats, lors de leur présentation, doivent s'appuyer à la fois sur les fondements théoriques, les modèles, les expériences et les applications. Le niveau L « lycée » fait référence à des notions et contenus des programmes du lycée général et technologique, sans que la leçon soit construite nécessairement sur une seule classe d'une série donnée. La construction de la leçon doit également respecter l'esprit des différents préambules des programmes du lycée général et technologique et des classes préparatoires (CP) scientifiques (MPSI, PTSI, TSI1, MP, PSI, PT et TSI2). Ainsi, la démarche scientifique doit y être privilégiée. La nature de l'épreuve doit par ailleurs amener les candidats à mettre en relation les aspects scientifiques, didactiques et pédagogiques. Ces sujets offrent une part d'initiative importante au candidat ; il ne s'agit pas d'être exhaustif mais de faire des choix argumentés et cohérents dans les concepts et expériences présentées.*

1. Chimie et couleur (L)
2. Séparations, purifications, contrôle de pureté (L)
3. Polymères (L)
4. Chimie durable (L)
5. Synthèses inorganiques (L)
6. Stratégies en synthèse organique (L)
7. Dosages (L)
8. Facteurs cinétiques (L)
9. Caractérisations par spectroscopie en synthèse organique (L)
10. Relation structure réactivité en chimie organique (L)
11. Capteurs électrochimiques (L)
12. Molécules de la santé (L)
13. Structures et propriétés de molécules du vivant (L)
14. Acides et bases (L)
15. Solvants (CP)
16. Classification périodique (CP)
17. Solides cristallins (CP)
18. Corps purs et mélanges binaires (CP)
19. Oxydoréduction (CP)
20. Détermination de constantes d'équilibre (CP)
21. Dosages potentiométriques (CP)
22. Cinétique homogène (CP)
23. Évolution et équilibre chimique (CP)
24. Optimisation de synthèses industrielles (CP)
25. Diagrammes potentiel-pH (construction exclue) (CP)
26. Corrosion humide des métaux (CP)
27. Stéréochimie (CP)
28. Conversion réciproque d'énergie électrique en énergie chimique (CP)
29. Solubilité (CP)
30. Cinétique électrochimique (CP)

## Montages 2016

1. Dynamique newtonienne.
2. Surfaces et interfaces.
3. Dynamique des fluides.
4. Capteurs de grandeurs mécaniques.
5. Mesure de température.
6. Transitions de phase.
7. Instruments d'optique.
8. Interférences lumineuses.
9. Diffraction des ondes lumineuses.
10. Spectrométrie optique.
11. Émission et absorption de la lumière.
12. Photorécepteurs.
13. Biréfringence, pouvoir rotatoire.
14. Polarisation des ondes électromagnétiques.
15. Production et mesure de champs magnétiques.
16. Milieux magnétiques.
17. Métaux.
18. Matériaux semi-conducteurs.
19. Effets capacitifs.
20. Induction, auto-induction.
21. Production et conversion d'énergie électrique.
22. Amplification de signaux.
23. Mise en forme, transport et détection de l'information.
24. Acquisition, analyse et traitement des signaux.
25. Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu).
26. Mesure de longueurs.
27. Systèmes bouclés.
28. Instabilités et phénomènes non-linéaires.
29. Ondes : propagation et conditions aux limites.
30. Acoustique.
31. Résonance.
32. Couplage des oscillateurs.
33. Régimes transitoires.
34. Phénomènes de transport.
35. Moteurs.

## **Sujets des épreuves orales de la session 2017**



## Leçons de physique 2017

*Les leçons sont à traiter au niveau des classes préparatoires scientifiques ou au niveau de la licence de physique.*

1. Contact entre deux solides. Frottement.
2. Gravitation.
3. Caractère non galiléen du référentiel terrestre.
4. Précession dans les domaines macroscopique et microscopique.
5. Lois de conservation en dynamique.
6. Cinématique relativiste.
7. Dynamique relativiste.
8. Notion de viscosité d'un fluide. Écoulements visqueux.
9. Modèle de l'écoulement parfait d'un fluide.
10. Phénomènes interfaciaux impliquant des fluides.
11. Gaz réels, gaz parfait.
12. Premier principe de la thermodynamique.
13. Évolution et condition d'équilibre d'un système thermodynamique fermé.
14. Machines thermiques réelles.
15. Transitions de phase.
16. Facteur de Boltzmann.
17. Rayonnement d'équilibre thermique. Corps noir.
18. Phénomènes de transport.
19. Bilans thermiques : flux conductifs, convectifs et radiatifs.
20. Conversion de puissance électromécanique.
21. Induction électromagnétique.
22. Rétroaction et oscillations.
23. Traitement d'un signal. Étude spectrale.
24. Ondes progressives, ondes stationnaires.
25. Ondes acoustiques.
26. Propagation avec dispersion.
27. Propagation guidée des ondes.
28. Ondes électromagnétiques dans les milieux diélectriques.
29. Ondes électromagnétiques dans les milieux conducteurs.
30. Rayonnement dipolaire électrique.
31. Présentation de l'optique géométrique à l'aide du principe de Fermat.
32. Microscopies optiques.
33. Interférences à deux ondes en optique.
34. Interférométrie à division d'amplitude.
35. Diffraction de Fraunhofer.
36. Diffraction par des structures périodiques.
37. Absorption et émission de la lumière.
38. Aspects corpusculaires du rayonnement. Notion de photon.
39. Aspects ondulatoires de la matière. Notion de fonction d'onde.
40. Confinement d'une particule et quantification de l'énergie.
41. Effet tunnel.
42. Fusion, fission.
43. Évolution temporelle d'un système quantique à deux niveaux.
44. Capacités thermiques : description, interprétations microscopiques.
45. Paramagnétisme, ferromagnétisme : approximation du champ moyen.

46. Propriétés macroscopiques des corps ferromagnétiques.
47. Mécanismes de la conduction électrique dans les solides.
48. Phénomènes de résonance dans différents domaines de la physique.
49. Oscillateurs ; portraits de phase et non-linéarités.

## Leçons de chimie 2017

*Les énoncés des leçons de chimie sont suffisamment ouverts pour permettre au candidat de faire des choix argumentés et de développer une démarche scientifique autour des grands domaines de la chimie. Les candidats, lors de leur présentation, doivent s'appuyer à la fois sur les fondements théoriques, les modèles, les expériences et les applications. Le niveau Lycée fait référence à des notions et contenus des programmes du lycée général et technologique, sans que la leçon soit construite nécessairement sur une seule classe d'une série donnée. La construction de la leçon doit également respecter l'esprit des différents préambules des programmes du lycée général et technologique et des classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE : MPSI, PTSI, TSI1, MP, PSI, PT et TSI2). Ainsi, la démarche scientifique doit y être privilégiée. La nature de l'épreuve doit par ailleurs amener les candidats à mettre en relation les aspects scientifiques, didactiques et pédagogiques. Ces sujets offrent une part d'initiative importante au candidat ; il ne s'agit pas d'être exhaustif mais de faire des choix argumentés et cohérents dans les concepts et expériences présentées.*

1. Chimie et couleur (Lycée)
2. Séparations, purifications, contrôles de pureté (Lycée)
3. Polymères (Lycée)
4. Chimie durable (Lycée)
5. Synthèses inorganiques (Lycée)
6. Stratégies et sélectivités en synthèse organique (Lycée)
7. Dosages (Lycée)
8. Cinétique et catalyse (Lycée)
9. Caractérisations par spectroscopie en synthèse organique (Lycée)
10. Du macroscopique au microscopique dans les synthèses organiques (Lycée)
11. Capteurs électrochimiques (Lycée)
12. Molécules de la santé (Lycée)
13. Stéréochimie et molécules du vivant (Lycée)
14. Acides et bases (Lycée)
15. Solvants (CPGE)
16. Classification périodique (CPGE)
17. Solides cristallins (CPGE)
18. Corps purs et mélanges binaires (CPGE)
19. Oxydoréduction (CPGE)
20. Détermination de constantes d'équilibre (CPGE)
21. Analyse chimique quantitative (CPGE)
22. Cinétique homogène (CPGE)
23. Évolution et équilibre chimique (CPGE)
24. Diagrammes potentiel-pH (construction exclue) (CPGE)
25. Optimisation d'un procédé chimique (CPGE)
26. Corrosion humide des métaux (CPGE)
27. Conversion réciproque d'énergie électrique en énergie chimique (CPGE)
28. Solubilité (CPGE)
29. Cinétique électrochimique (CPGE)

## Montages 2017

1. Dynamique du point et du solide.
2. Surfaces et interfaces.
3. Dynamique des fluides.
4. Capteurs de grandeurs mécaniques.
5. Mesure de température.
6. Transitions de phase.
7. Instruments d'optique.
8. Interférences lumineuses.
9. Diffraction des ondes lumineuses.
10. Spectrométrie optique.
11. Émission et absorption de la lumière.
12. Photorécepteurs.
13. Biréfringence, pouvoir rotatoire.
14. Polarisation des ondes électromagnétiques.
15. Production et mesure de champs magnétiques.
16. Milieux magnétiques.
17. Métaux.
18. Matériaux semi-conducteurs.
19. Effets capacitifs.
20. Induction, auto-induction.
21. Production et conversion d'énergie électrique.
22. Amplification de signaux.
23. Mise en forme, transport et détection de l'information.
24. Signal et bruit.
25. Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu).
26. Mesure de longueurs.
27. Systèmes bouclés.
28. Instabilités et phénomènes non-linéaires.
29. Ondes : propagation et conditions aux limites.
30. Acoustique.
31. Résonance.
32. Couplage des oscillateurs.
33. Régimes transitoires.
34. Phénomènes de transport.
35. Moteurs.