



**Concours de recrutement du second degré**

**Rapport de jury**

---

**Concours : Agrégation externe**

**Section : Physique-chimie**

**Option : Physique**

**Session 2019**

Rapport de jury présenté par :  
Jean-Marc Berroir,  
Président du jury

## Table des matières

|   |    |
|---|----|
| Avant-propos .....                                  | 3  |
| Réglementation de la session 2020 .....             | 6  |
| Informations statistiques .....                     | 7  |
| Épreuves d'admissibilité .....                      | 9  |
| Rapport sur la composition de physique 2019 .....   | 10 |
| Rapport sur la composition de chimie 2019 .....     | 15 |
| Rapport sur le problème de physique 2019 .....      | 18 |
| Épreuves d'admission.....                           | 22 |
| Rapport sur la leçon de physique .....              | 23 |
| Rapport sur le montage de physique .....            | 31 |
| Sujets des épreuves orales de la session 2019 ..... | 43 |
| Leçons de physique 2019.....                        | 44 |
| Leçons de chimie 2019.....                          | 46 |
| Montages 2019.....                                  | 47 |
| Sujets des épreuves orales de la session 2020 ..... | 48 |
| Leçons de physique 2020.....                        | 49 |
| Leçons de chimie 2020.....                          | 50 |
| Montages 2020 .....                                 | 51 |

## Avant-propos

Le nombre de postes ouverts au concours 2019 de l'agrégation externe de physique-chimie option physique est en hausse par rapport à celui ouvert en 2018 (78 contre 72). Le jury, après en avoir mûrement délibéré, a décidé de pourvoir ces 78 postes. Le nombre de candidats ayant composé aux trois épreuves écrites s'établit en 2019 à 515, valeur très voisine de celle de l'année précédente. Les 155 candidats admissibles se partagent entre étudiants (57,4% des admissibles) et professeurs stagiaires, certifiés ou professeurs de lycée professionnel (34,2%), moins de 6% des admissibles étant sans emploi ou hors de la fonction publique. 73% des étudiants admissibles ont été admis alors que c'est le cas de seulement 13,7% des professeurs déjà en activité et admissibles. L'agrégation externe de physique-chimie, option physique, est donc un concours qui distingue les plus jeunes des candidats. La proportion de femmes parmi les admis est particulièrement faible cette année (20,6% des admissibles et 20,5% des admis). Elle reflète cependant assez bien la proportion de femmes parmi les candidats présents aux épreuves écrites (23,3%).

Le jury a eu le plaisir d'évaluer, durant les épreuves écrites et orales, des prestations d'excellente qualité. Les deux premiers candidats ont obtenu la note maximum à l'ensemble de leurs épreuves et une vingtaine de candidats ont obtenu une moyenne générale supérieure à 15/20. Le jury constate cependant que la très grande majorité de ces jeunes et brillants étudiants n'ont pas encore choisi entre recherche et enseignement et qu'ils souhaitent effectuer quelques années de recherche dans la cadre d'un travail de doctorat, avant d'éventuellement rejoindre le métier d'enseignant. Le jury rappelle que l'agrégation est un concours de recrutement de professeurs. Il rappelle également l'existence d'un concours spécial réservé aux docteurs, sans doute plus adapté au profil des candidats qui n'ont pas encore fait leur choix entre recherche et enseignement. De manière générale, pour augmenter l'efficacité du processus de recrutement, il incite les étudiants souhaitant se lancer dans un travail de thèse à considérer la possibilité de reporter à «l'après-thèse» voire à «l'après-post-doc» la décision de se présenter au concours de l'agrégation.

Une modification importante des épreuves orales est intervenue à la session 2019 : lors de la préparation des trois épreuves, les candidats ont eu la possibilité de consulter, en plus des ouvrages de la bibliothèque, toute ressource disponible sur internet en accès libre. Sont restées interdites les consultations de forums de discussion, messageries, sites avec accès restreint (login et/ou mot de passe).

Pour laisser plus de place à l'entretien avec le jury, qui doit en particulier permettre au candidat de défendre ses choix, l'ouverture à internet s'est accompagnée d'une réduction du temps de présentation pour les trois épreuves orales.

Le jury déplore que l'utilisation d'internet se soit dans la plupart des cas limitée à la recherche de documents personnels enregistrés avant le concours, au mieux préparés par le candidat pendant l'année, dans le pire des cas simplement collectés en amont des épreuves.

Le jury regrette en particulier que l'ouverture à internet n'ait pas d'avantage conduit les candidats à s'emparer des opportunités offertes par une offre numérique déjà très riche et diverse.

Le jury espère que les travers constatés en cette année de mise en place seront corrigés dans les années à venir. Pour encourager cette évolution, **il n'y aura pas en 2020 de liste de sujets de leçon physique connue au préalable**. Les candidats auront à construire pendant les quatre heures de préparation un exposé original sur un sujet non connu à l'avance, qui restera bien sûr inscrit dans le cadre du programme de la session 2020, publié sur le site du ministère<sup>1</sup>.

Les attentes du jury, pour la présentation et l'entretien, sont précisées dans les rapports des épreuves orales figurant dans ce document. Les conseils généraux délivrés dans les rapports des années antérieures restent

---

<sup>1</sup>

[http://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/agreg\\_extern/69/2/p2020\\_agreg\\_ext\\_physchim\\_physique\\_1107692.pdf](http://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/agreg_extern/69/2/p2020_agreg_ext_physchim_physique_1107692.pdf)

bien entendus valables. 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. Le poids important des épreuves orales dans l'évaluation finale témoigne bien de l'importance donnée à ces compétences professionnelles, 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 sur la science. La clarté alliée à la rigueur du discours, l'utilisation à bon escient des outils numériques en leçon comme durant l'épreuve de montage, facilitée par l'ouverture à internet, sont bien sûr également évaluées par le jury.

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.

Pour approfondir l'évaluation de ces capacités expérimentales, le jury de montage a, en 2019, demandé au candidat pendant l'entretien, la réalisation d'une expérience simple dans un domaine différent de celui traité lors de la présentation. Cette démarche, qui sera reconduite en 2020, a permis à de nombreux candidats de démontrer leur aptitude à mettre en œuvre des expériences proches de celles qu'ils auront éventuellement à réaliser comme professeur.

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* ». Depuis la session 2016, 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 et il continuera à le faire lors de la session 2020. 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 des conseils permettant aux futurs candidats de préparer sans appréhension cette partie de l'entretien. Pour aider les candidats, 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, leur est remis au début du temps de préparation de toutes les épreuves orales. 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, depuis 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 plusieurs dizaines de programmes aisément modifiables et susceptibles d'être utilisés pour illustrer certaines des leçons de physique ou des montages. Des liens vers les sites des préparations où ces programmes peuvent être

---

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

consultés ou téléchargés seront rapidement mis en place 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. 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 et qui seront valorisées par le jury.

Le programme de la session 2020, que l'on trouvera sur le site SIAC2 du ministère<sup>1</sup>, s'inscrit dans la continuité de celui de la session 2019. En complément de ce programme, les candidats trouveront dans les dernières pages de ce rapport les listes des leçons de chimie et des montages pour la session à venir. 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.

Jean-Marc Berroir  
Professeur à l'École normale supérieure, Président du jury

## **Réglementation de la session 2020**

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 2020 de l'agrégation externe de physique-chimie option physique sont consultables sur ce même site.

## Informations statistiques

### COMPOSITION DU JURY

Le jury compte vingt-quatre membres (dix femmes et quatorze hommes) et rassemble un inspecteur général de l'éducation nationale, trois professeurs des universités, une directrice de recherche CNRS, cinq maîtres de conférences, deux inspecteurs territoriaux (IA-IPR), neuf professeurs de chaire supérieure et trois professeurs agrégés.

### POSTES ET CANDIDATS

78 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.

|   | 2019       | 2018       | 2017       | 2016       |
|---|------------|------------|------------|------------|
| Inscrits                                    | 1129       | 1352       | 1515       | 1510       |
| Présents aux trois épreuves                 | 515        | 507        | 529        | 598        |
| <b>Admissibles</b>                          | <b>155</b> | <b>155</b> | <b>162</b> | <b>199</b> |
| Barre d'admissibilité                       | 40,1/120   | 46,4/120   | 50,0/120   | 45,0/120   |
| Moyenne générale du candidat classé premier | 20/20      | 19,3/20    | 19,9/20    | 16,8/20    |
| Moyenne générale du dernier candidat reçu   | 8,7/20     | 9,5/20     | 9,1/20     | 9,0/20     |
| <b>Admis</b>                                | <b>78</b>  | <b>72</b>  | <b>87</b>  | <b>92</b>  |

### EPREUVES ECRITES

Moyenne sur 20 du premier candidat admissible : ..... 20,0 /20

Moyenne sur 20 du dernier candidat admissible : ..... 6,7 /20

| Nature de l'épreuve écrite | Moyenne des candidats ayant composé | Moyenne des candidats admissibles |
|----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Composition de physique    | 6,7/20                              | 11,3/20                           |
| Composition de chimie      | 6,8/20                              | 11,2/20                           |
| Problème de physique       | 5,0/20                              | 9,4/20                            |

### EPREUVES ORALES

| Nature de l'épreuve orale | Moyenne des candidats présents aux épreuves orales | Écart-type |
|---------------------------|--|------------|
| Leçon de physique         | 10,5/20  | 4,7        |
| Leçon de chimie           | 8,8/20   | 5,1        |
| Montage de physique       | 9,3/20   | 4,4        |

| Nature de l'épreuve orale | Moyenne des candidats admis | Écart-type |
|---------------------------|-----------------------------|------------|
| Leçon de physique         | 13,6/20                     | 3,7        |
| Leçon de chimie           | 11,5/20                     | 4,8        |
| Montage de physique       | 11,6/20                     | 4,0        |

**Répartition par date de naissance des candidats**

| Année de naissance | Nombre d'admissibles | Nombre d'admis |
|--------------------|----------------------|----------------|
| 1998               | 1                    | 1              |
| 1997               | 8                    | 6              |
| 1996               | 30                   | 24             |
| 1995               | 16                   | 12             |
| 1994               | 12                   | 9              |
| 1993               | 11                   | 4              |
| 1992               | 7                    | 3              |
| 1991               | 8                    | 6              |
| 1990               | 2                    | 1              |
| 1989               | 3                    | 0              |
| 1988               | 2                    | 1              |
| 1987               | 2                    | 1              |
| 1986               | 5                    | 2              |
| 1985               | 1                    | 1              |
| 1984               | 2                    | 0              |
| 1983               | 1                    | 1              |
| 1982               | 3                    | 0              |
| 1981               | 2                    | 0              |
| 1980               | 6                    | 3              |
| 1966 à 1979        | 33                   | 3              |

**Répartition par profession**

| Profession                       | Nombre d'admissibles | Nombre d'admis |
|----------------------------------|----------------------|----------------|
| Étudiant                         | 45                   | 27             |
| Élève d'une ENS                  | 44                   | 38             |
| Enseignants titulaires MEN       | 51                   | 7              |
| Enseignants stagiaires           | 2                    | 0              |
| Agents non titulaires MEN        | 4                    | 1              |
| Hors fonct. Publique/sans emploi | 9                    | 5              |

**Répartition par sexe**

|        | Nombre de présents<br>aux trois épreuves | Nombre d'admissibles | Nombre d'admis |
|--------|--|----------------------|----------------|
| Hommes | 395                                      | 123                  | 62             |
| Femmes | 120                                      | 32                   | 16             |

## **Épreuves d'admissibilité**

Les épreuves se sont déroulées du 11 au 13 mars 2019.  
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 2019

### I - Généralités

#### 1 - Cadre de l'épreuve

L'épreuve aborde différentes situations physiques où les concepts de stabilité ou d'instabilité peuvent être discutés. Elle est constituée de six parties indépendantes entre elles. Les deux premières sont des parties traitant de la mécanique du point, la troisième traite de thermodynamique, la quatrième s'articule autour d'un article scientifique de vulgarisation qui permet de faire une étude assez complète d'un oscillateur paramétrique, la cinquième partie traite de bistabilité optique et la dernière s'intéresse à l'instabilité de Rayleigh-Bénard. Aucune question n'a été abordée par aucun candidat mais certaines parties ont été plus particulièrement traitées par les candidats (parties A, B, C et F). Les parties D et E sont celles qui ont le moins inspiré les candidats.

#### 2 - Quelques remarques sur ce qui est attendu dans une copie d'agrégation

Le jury a pu observer de très bonnes copies de candidats qui maîtrisent les concepts utilisés et les calculs qui accompagnent la résolution de certaines questions ; le jury note aussi la présence de nombreuses copies de niveau très inférieur aux exigences du concours. Des questions aussi élémentaires que celles qui portaient sur l'oscillateur harmonique ont déstabilisé des candidats. De même les développements calculatoires posent des problèmes à certains candidats ; la maîtrise des calculs n'est pas une fin en soi mais fait partie des outils que doit maîtriser un futur agrégé.

De plus pour un nombre de copies, même si les concepts sont maîtrisés, la rédaction est très loin de celle attendue ; l'agrégation est un concours de recrutement d'enseignants et le jury attend que les copies soient rédigées en fournissant des explications claires avec une démarche scientifique, rigoureuse et facile à suivre ; les schémas doivent être clairs et explicites comme seront en droit de l'attendre les futurs élèves des candidats. Dans le même ordre d'idée, confondre des noms de théorèmes (ou ne pas les nommer), faire de trop nombreuses fautes d'orthographe sur des termes usuels en physique (combien de fois a-t-on vu écrites les formulations « énergie potentiel », « le poids », « la force travail »...) montre des lacunes dans la communication scientifique de base pourtant essentielle au futur enseignant.

Enfin, certaines questions ne demandent pas de développements calculatoires mais seulement de commenter ou d'analyser des résultats ou des observations. Ces questions sont celles qui sont le moins abordées par les candidats, elles sont pourtant essentielles pour la construction d'un raisonnement scientifique et ne peuvent être négligées par un futur enseignant. Le jury invite donc les futurs candidats à porter un intérêt tout particulier à ces questions.

#### 3 - Conseils pour bien aborder l'épreuve de composition

L'épreuve de composition ne nécessite pas d'avoir des connaissances pointues dans un domaine de la physique mais plutôt de maîtriser les bases des différents domaines de la physique. Pour l'épreuve de du concours de 2019 les domaines abordés sont la mécanique, la thermodynamique, l'optique physique, la mécanique des fluides et un peu d'électricité. Pour bien réussir cette épreuve, il faut donc bien maîtriser l'ensemble de ces fondamentaux que les sujets ne manqueront pas d'explorer.

Il est important aussi de présenter un travail soigné, facilement lisible et agrémenté de schémas. Certaines copies sont assez difficiles à lire ou à suivre dans leur progression ; c'est difficilement envisageable pour un futur enseignant.

Les applications numériques n'étaient pas très nombreuses dans cette composition 2019, cependant elles doivent être accompagnées de l'expression littérale associée et les valeurs numériques doivent être données avec un nombre de chiffres significatifs en accord avec l'énoncé. À ce niveau de concours, il est attendu des unités précises, il n'est pas acceptable de se contenter de « Unité du Système International ».

## II - Commentaires au fil du sujet

### *Partie A-Oscillateur harmonique*

Cette partie ne présentait pas de difficultés particulières, elle a été abordée par la quasi-totalité des candidats et dans l'ensemble assez correctement traitée. On peut cependant regretter que le bilan des forces s'exerçant sur le point M n'est pas toujours effectué et que, lorsqu'il l'est, très souvent la réaction du support est oubliée. Cet oubli était sans conséquence pour la suite mais il est regrettable sur une situation aussi élémentaire.

**Question 1.** Le jury attend que les candidats fassent une distinction claire entre norme de la tension du ressort et sa projection sur l'axe Ox.

**Question 2.** La seconde partie de la question a parfois été source de difficultés, notamment en ce qui concerne les propriétés d'une énergie potentielle qui ne dépend que des variables de position comme le texte le suggérait !

**Question 3.** L'allure de  $E_p(x)$  est en général correcte. Le jury attend que les candidats invoquent la conservation de l'énergie mécanique de l'oscillateur pour déterminer le domaine des valeurs de  $x$  accessibles.

**Question 4.** Concernant la résolution d'une équation différentielle du deuxième ordre avec second membre constant, le jury rappelle que les constantes se déterminent en considérant la solution générale de l'équation.

**Question 5.** La propriété d'énergie potentielle extrême à l'équilibre est en générale bien connue même si quelques candidats la confondent avec la condition d'équilibre stable. À ce sujet, l'étude des petits mouvements autour de la position d'équilibre à l'aide de la notion d'énergie potentielle est très rarement bien menée. Dans un certain nombre de copies, trop de résultats sont donnés sans justification et parfois sans aucun sens physique.

### *Partie B-Oscillateur anharmonique : stabilité, instabilité, métastabilité*

**Question 7.** Cette question nécessite de faire un bilan de forces. La réaction du support est souvent oubliée. Le calcul du travail élémentaire d'une force dont la direction n'est pas celle du déplacement pose aussi trop souvent problème. Attention aussi à l'écriture « automatique » de la tension du ressort comme  $-\text{grad } E'_p(x)$ , fautive ici puisque cette tension n'est pas dirigée selon Ox. Sur ce type de question, le candidat doit faire un effort de rédaction pour expliquer sa démarche. La réponse à ce type de question ne peut se limiter à une suite de calculs.

**Questions 10 et 11.** Ces deux questions n'ont été correctement traitées que par les meilleures copies. Certains candidats voient pourtant l'étude à effectuer mais sont bloqués par les quelques lignes de calcul. L'agrégation de physique n'est pas une épreuve de calcul mais le jury rappelle que réaliser des calculs de base (dérivées, développements limités..) fait partie de la « caisse à outils » que doit posséder un physicien.

**Question 12.** Quand cette question a été abordée, elle l'a été correctement pour le cas  $\alpha = 0$ . Pour le cas  $\alpha = 1$ , l'analyse de la forme du potentiel au voisinage de la position d'équilibre  $x_e = 0$  n'a été que très rarement faite, elle permettait pourtant de conclure rapidement.

### *Partie C-Un exemple d'équilibre métastable : liquide surfondu*

Cette partie s'appuie sur une étude thermodynamique partie qui semble toujours délicate pour les candidats.

**Question 13.** Cette question assez classique fait appel aux deux premiers principes de la thermodynamique et au calcul des forces pressantes pour une transformation monobare. Sur ces fondamentaux, le jury attend des explications claires et argumentées pour accompagner les calculs effectués. De même le rôle du potentiel thermodynamique joué par  $G^*$  souvent bien mentionné n'est pas toujours clairement justifié.

**Question 14.** Une première erreur s'était glissée dans l'énoncé où  $v_s$  était indiqué comme le « volumique massique ». C'était bien sûr « volume massique » qu'il fallait lire. Dans l'ensemble cette question a été bien traitée même si parfois certains candidats veulent distinguer  $G$  et  $G^*$  malgré le caractère isotherme et isobare de la transformation.

**Question 18.** Une deuxième erreur d'énoncé où la valeur numérique et l'unité de  $v_s$  étaient celles

de son inverse : la masse volumique de la glace. Certains candidats se sont rendu compte de l'erreur et n'ont pas hésité à la signaler sur leur copie. Quand le calcul était correctement effectué (avec la valeur numérique fautive de l'énoncé) et le commentaire sur la valeur trouvée sensé, le jury n'a, bien évidemment, pas pénalisé le candidat.

#### *Partie D-Instabilité paramétrique*

Cette partie avait la particularité de commencer par la lecture d'un texte de vulgarisation scientifique. Les six premières questions étaient en lien avec le texte, les suivantes s'attachaient à construire deux modèles de l'encensoir dont le dernier débouchait sur la possibilité d'une instabilité paramétrique. Beaucoup de questions étaient ouvertes et demandaient un peu de réflexion et de prise d'initiative du candidat. C'est sans doute la raison pour laquelle cette partie n'a pas rencontré un grand succès chez les candidats : beaucoup l'ont soit ignorée, soit tout juste abordée. Cet exercice d'analyse d'un texte scientifique fait pourtant partie du travail d'un enseignant qui est amené dans sa pratique à réaliser ce genre d'exercice avec les élèves dont il a la charge. Les compétences que le candidat peut montrer sur cet exercice sont différentes des exercices plus classiques. On pouvait bien réussir des questions de cette partie en privilégiant l'analyse d'une situation physique. Le jury regrette donc que les candidats au métier d'enseignant ne se soient pas plus emparés de cet exercice.

**Question 20.** Sur ce type de question, il est important que les candidats prennent le temps d'analyser la situation proposée de manière à réaliser un schéma correct du dispositif. L'erreur la plus fréquente a été de ne pas placer les deux tambours sur un même axe comme l'indiquait pourtant le texte. Souvent aussi les rôles du petit et du grand tambour ont été échangés rendant le dispositif peu intéressant pour un tirage optimal... Quand le dessin était bien fait, la relation entre  $\Delta l$  et  $\Delta l'$  était facilement obtenue. Souvent aussi les candidats ont alors donné la relation entre  $T$  et  $T'$  mais la justification par un théorème du moment cinétique bien appliqué (et en y incluant l'importance de négliger le moment d'inertie des deux tambours) est rarement fournie.

**Question 21.** Pour une question qui ressemble beaucoup à celle que peut poser un élève à son professeur, les réponses sont très décevantes. Pour de trop nombreux candidats, il ne semble pas y avoir de différence entre une force centrale et cette force centrifuge. Le lien avec une force d'inertie dans un référentiel non galiléen n'est que trop rarement fait. De même que cette force dépend du référentiel d'étude n'est que rarement évoqué.

**Question 22.** Cette question qui nécessite de définir soigneusement le système et le référentiel d'étude pour ensuite y effectuer une projection radiale de la loi de quantité de mouvement. Les candidats oublient souvent de préciser le référentiel d'étude.

**Question 24.** Cette question assez peu traitée exige un peu d'autonomie mais sans difficulté technique puisqu'il suffisait de comparer une énergie cinétique (position basse) avec une énergie potentielle de pesanteur (position haute).

**Question 25.** La réponse à la seconde partie passe par l'utilisation de la décomposition en série de Fourier de la fonction « créneau ».

**Question 26.** Le jury rappelle qu'il est en droit d'attendre de futurs enseignants une utilisation clairement identifiée des théorèmes généraux, pour cette question, il est attendu de faire explicitement appel au théorème du moment cinétique.

**Question 27.** Cette question a été en général assez mal traitée. Elle ne présentait pourtant pas de difficulté autre qu'un simple bilan d'énergie entre deux positions successives. Dans cette question, une vérification du signe des expressions permettait de détecter ses erreurs.

**Question 28.** Une question demande une petite maîtrise des développements limités, elle n'a pas été très bien traitée mais essentiellement par manque de méthode. Pour éviter de se lancer dans des calculs inextricables, le jury conseille aux candidats d'établir une stratégie en se demandant à quel type de résultat ils veulent arriver.

**Question 29.** Une question qui n'a été traitée que par quelques très bonnes copies, elle demande un peu de méthode et d'organisation pour arriver rapidement à la relation attendue.

**Question 32.** Des candidats ont vu qu'il s'agissait d'obtenir une racine réelle positive à l'équation proposée. La condition proposée s'obtenait en étudiant le signe des racines sans chercher à

résoudre cette équation. Beaucoup de candidats ont perdu du temps en cherchant l'expression des racines sans d'ailleurs toujours obtenir des expressions justes.

**Question 34.** L'interprétation des courbes fait aussi partie des compétences du physicien. De bonnes copies mentionnent le fait que pour  $U$  proche de 1, l'instabilité peut apparaître même pour de faibles valeurs de l'excitation. De nombreux candidats se sont perdus dans les calculs et à prendre le recul nécessaire pour analyser ces courbes.

#### *Partie E-Bistabilité optique*

Cette partie a été moins traitée. Elle présente pourtant des questions relativement abordables. Le jury encourage les candidats à ne faire aucune impasse sur le programme de l'agrégation.

**Question 36.** Le jury attend une justification rigoureuse du fonctionnement de ce circuit classique.

**Question 37.** Si la notion de bistabilité est correctement évoquée celle d'hystérésis semble beaucoup moins bien maîtrisée. C'est un concept qu'on rencontre dans de nombreux domaines de la physique et que les candidats doivent être capables d'expliquer.

**Question 38.** C'est une question pour laquelle un déficit de rédaction a été souvent préjudiciable. En se forçant à rédiger sa réponse, le candidat est naturellement amené à bien préciser les différents termes de l'amplitude (coefficients de réflexion et de transmission, atténuation, déphasage). Au lieu de cela la majorité des candidats s'est contenté d'une formule non justifiée et souvent inexacte.

**Question 42.** Cette question sans difficulté théorique n'a été que très rarement menée à son terme comme si l'étude d'une fonction simple semblait poser problème.

**Question 43 et 44.** Ces questions difficiles nécessitaient d'avoir bien compris le fonctionnement de la cavité optique, elles n'ont pratiquement pas été traitées.

**Questions 45 et 46.** Deux questions assez ouvertes qui n'ont pas souvent été bien traitées. Pourtant la lecture des quelques lignes d'énoncé et le schéma de l'interféromètre permettait d'y répondre. Le jury incite les candidats à ne pas négliger ces questions qui testent la capacité d'analyse d'une situation ou d'un instrument.

**Question 49.** Il fallait avoir réussi les questions 45 et 46 pour répondre à cette question. Mais là encore le calcul en complexes est source de difficulté pour certains candidats.

**Question 50.** Il fallait juste exprimer  $\Delta n$  en fonction de l'intensité  $I$  et utiliser le résultat de la question 48. Cela a été fait par certains candidats qui n'ont pourtant traité qu'un nombre très réduit de questions de cette partie.

**Question 51.** Le tracé des courbes correctes avec notamment un déphasage de  $\pi$  n'a pratiquement pas été vu, conséquence de la difficulté à obtenir les bonnes expressions à la question 49.

**Question 52.** Cette question qui venait clôturer cette partie n'a presque pas été traitée montrant que finalement très peu de candidats ont compris le fonctionnement du trieur d'impulsions.

#### *Partie F-Instabilité de Rayleigh-Bénard*

Cette partie propose de trouver un modèle de développement de l'instabilité de Rayleigh-Bénard tout d'abord de manière assez simple puis en prenant appui sur les équations de la mécanique des fluides. Cette partie a souvent été l'occasion de chercher à récupérer des points en sautant d'une question accessible à une autre. Le jury tient à rappeler que cette stratégie n'est pas efficace pour le candidat. Le jury apprécie au contraire des copies, qui peut être avancent moins loin dans l'énoncé mais de manière construite et raisonnée tout en fournissant des explications claires.

**Question 53.** Cette question en apparence simple a dérouté bon nombre de candidats. La diffusion thermique ne peut pas être considérée comme un moteur, de même la notion d'agitation thermique ne permet pas d'expliquer le développement de l'instabilité. Trop de candidats considèrent comme phénomène moteur un phénomène qui est dissipatif.

**Question 54.** La loi de Fourier est en général connue mais pas toujours les unités des grandeurs qu'elle relie. L'obtention de l'équation dite « de la chaleur » est réalisée sans trop de difficulté. On note cependant que cette question se réduit souvent à une suite de calculs alors qu'une rédaction

en justifiant par exemple le signe des flux aurait été bienvenue.

**Question 56.** Une question assez basique mais certains candidats oublient que les termes proposés sont tous volumiques. La dénomination d'« accélération convective » ne semble pas connue de certains candidats.

**Question 57.** Les ordres de grandeurs posent problème à certains candidats. Les grandeurs proposées ici sont des grandeurs abondamment utilisées en physique, on est en droit d'atteindre des candidats à l'agrégation qu'ils connaissent leur valeur (au moins en puissance de 10) et aussi leur unité. Le jury sanctionne toute valeur numérique correcte donnée avec une unité fautive.

**Question 60.** Une question relativement bien traitée quand les expressions demandées aux questions précédentes avaient été trouvées. Attention cependant, la grandeur  $F_B$  était une grandeur algébrique dont il fallait montrer qu'elle était positive. La confusion avec la norme de la force rendait toute discussion sur le mouvement ascendant sans intérêt.

**Question 61.** La seule difficulté posée par cette question réside dans le fait de travailler avec des grandeurs algébriques ce qui parfois déstabilise encore des candidats.

**Question 62.** Une question qui demandait un peu plus de sens physique mais quand elle a été abordée, l'inégalité liant  $\tau_d$  et  $\tau_{th}$  est en général la bonne.

**Question 63.** Le jury insiste sur le fait que même quand une question est simple les calculs doivent être proprement et clairement présentés, il en va de l'intérêt du candidat. Certains d'entre eux présentant mal leurs calculs finissent par se tromper sur la valeur numérique finale de  $Ra_c$ .

**Question 68.** Une question très souvent mal réalisée, soit parce que le plus souvent la condition  $p(a) = p_0$  n'a pas été vue ou bien, lorsqu'elle l'a été, parce que la réalisation des calculs est entachée d'erreurs.

**Question 69.** Pas de difficulté particulière sur cette question qui demandait seulement un peu de soin dans les calculs. Le jury est toujours contrarié quand des candidats font une erreur dans leurs calculs et finissent miraculeusement par trouver les expressions demandées.

**Question 72.** Les conditions aux limites pour la vitesse sur les plaques ont été bien explicitées par les candidats qui ont abordé cette question. Par contre les conditions sur les contraintes tangentielles sont beaucoup moins bien maîtrisées par les candidats.

**Questions 74, 75, 76 et 77.** Questions un peu calculatoires pratiquement jamais traitées sans doute faute de temps. Elles contenaient aussi des raisonnements physiques qui pouvaient expliquer la taille et le nombre des rouleaux.

## Rapport sur la composition de chimie 2019

Le rapport de jury est rédigé dans l'objectif d'aider les candidats à mieux s'approprier les exigences de l'épreuve de composition de chimie. Sa lecture attentive doit leur permettre d'adapter leur travail de préparation à ce concours difficile.

Le jury recommande vivement aux candidats de consulter les rapports des années précédentes à l'adresse suivante : <http://agregation-physique.org>.

Le sujet aborde différents aspects des complexes du fer. Dans une première partie, la couleur de complexes en solution aqueuse est exploitée afin de déterminer des constantes d'équilibre par spectroscopie visible. La seconde partie traite de complexes du fer avec les ions cyanure : après l'étude des orbitales moléculaires de l'ion cyanure et des conséquences sur ses propriétés en tant que ligand, la formule d'un solide inorganique contenant un cyanocomplexe du fer est déterminée grâce à un titrage par précipitation suivi par potentiométrie. La troisième partie propose une étude thermodynamique du phénomène de transition de spin sur l'exemple d'un complexe octaédrique du fer(II). Enfin la dernière partie concerne l'utilisation des complexes du fer en chimie organique : l'étude de la synthèse d'un sidérophore, ligand formant des complexes très stables avec le fer(III) intervenant dans des processus biologiques, précède l'utilisation de complexes organométalliques en tant que catalyseurs en synthèse organique.

Les différentes parties et sous-parties de cette épreuve sont indépendantes et s'appuient sur des domaines variés de la chimie : architecture de la matière (atomistique, modèle de Lewis, mésomérie, orbitales moléculaires, bloc d d'un complexe octaédrique, cristallographie), spectroscopie (UV-visible, RMN), chimie des solutions (complexation, précipitation, oxydo-réduction), thermodynamique (potentiel chimique, enthalpie libre, condition d'équilibre), chimie organique (réactivité des dérivés d'acides, acidité des hydrogènes en alpha d'un groupe carbonyle, protection, déprotection, activation, étude d'un cycle catalytique).

Le sujet comporte un grand nombre de questions de type « tâches simples » s'appuyant sur les contenus et compétences exigibles décrits dans les programmes de lycée et de classe préparatoire aux grandes écoles : énoncé de définitions, raisonnement et/ou calculs classiques, mais aussi plusieurs questions ouvertes nécessitant une prise d'initiative des candidats.

### Remarques générales

Certains candidats ont produit de très bonnes copies aussi bien sur le fond que sur la forme. Le jury rappelle que les candidats, futurs enseignants, en plus de leurs connaissances et compétences scientifiques, doivent en effet bien maîtriser la langue française. Le jury a sanctionné quelques copies trop peu soignées ou mal rédigées.

La réponse à une question se doit d'être rédigée avec rigueur. Les raisonnements doivent être clairement explicités et justifiés. Les justifications apportées par les candidats ne sont pas toujours satisfaisantes. Même si les termes scientifiques attendus sont présents dans la réponse, ils sont souvent noyés au milieu de phrases dont le contenu est très approximatif, voire faux. Des réponses concises et rigoureuses font souvent défaut dans un nombre important de copies.

### Commentaires spécifiques au sujet

#### Introduction

**Question 1.** Pour obtenir des points, la configuration électronique de l'atome de fer devait être

expliquée en exploitant le numéro de ligne et de colonne dans la classification périodique.

**Question 2.** Il est à noter beaucoup de confusion sur le vocabulaire (distinction entre couche et sous-couche notamment) : le nombre d'électrons de valence retenu est alors incohérent avec la formulation de la définition.

**Question 3.** La règle des 18 électrons est peu connue.

## **A – Étude de complexes colorés en solution aqueuse par spectroscopie visible**

### **A.1. Détermination de la constante de formation de l'ion $[\text{Fe}(\text{SCN})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$**

**Question 5.** Le terme ambidente est parfois confondu avec bidente.

**Question 7.** La définition de la grandeur absorbance est souvent fautive et incohérente.

**Question 11.** L'intérêt de faire le blanc sur la solution ne contenant pas d'ions thiocyanate est rarement bien justifié : en effet, le très grand excès d'ions fer(III) par rapport aux ions thiocyanate n'est que très peu évoqué.

**Question 12.** Pour les mêmes raisons, la réponse à cette question n'est pas correctement expliquée.

**Question 13.** Cette question ouverte a été abordée par 44 % des candidats et parmi eux 10 % ont correctement répondu.

### **A.2. Détermination d'un coefficient de partage**

**Question 14.** Les justifications de la légère solubilité sont souvent trop partielles. Il était attendu une évocation du caractère polaire et protique des molécules et du solvant ainsi que la présence d'un cycle benzénique apolaire.

**Question 16.** Cette question ouverte a été abordée par 57 % des candidats et parmi eux 8 % ont obtenu la bonne réponse. Mais la première partie du protocole a rarement été correctement analysée.

**Question 20.** La comparaison des rendements dans le cas de l'extraction simple et de l'extraction multiple est rarement correcte.

## **B – Étude de complexes du fer avec les ions cyanure**

### **B.1. Structure électronique du complexe $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$**

**Question 22.** La représentation des OA d et particulièrement les phases ont posé de gros problèmes à de nombreux candidats.

**Question 26.** Un raisonnement explicite sur les propriétés de symétrie était attendu.

**Questions 29 et 30.** La définition des termes  $\sigma$  ou  $\pi$ -donneur est trop approximative, voire fautive.

### **B.2. Potentiométrie**

**Question 32.** L'électrode indicatrice est parfois confondue avec l'électrode de référence.

**Question 33.** L'état standard d'un soluté est trop peu connu.

**Question 35.** L'allure correcte de la courbe courant-potential n'est que rarement représentée. Une analyse des oxydants et des réducteurs présents en solution, donc des oxydations et réductions possibles, permettait de répondre correctement à la question, l'existence de paliers de diffusion ainsi que les « hauteurs » relatives de ces paliers devant être justifiées.

**Question 37.** La réaction support du titrage est une réaction de précipitation et non une réaction d'oxydo-réduction. Un seul des deux complexes réagissant avec les ions zinc, sa quantité de matière diminue, alors que celle de l'autre complexe reste constante. La formule de Nernst du couple  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}/\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$  permet alors de conclure.

## C – Transition de spin

**Question 57.** Cette question ouverte a été abordée par 5 % des candidats et parmi eux 25 % ont tracé des courbes correctes.

## D – Les complexes du fer en chimie organique

### D.1. Synthèse d'un sidérophore

**Question 58.** L'interprétation de l'effet chélate n'a été que très rarement correcte. Il fallait comparer qualitativement l'enthalpie et l'entropie standard de réaction des deux réactions de complexation.

**Question 59.** Il fallait indiquer si le but des étapes était de protéger, activer ou déprotéger une fonction.

**Question 60.** L'écriture d'un mécanisme avec le formalisme des flèches courbes pose toujours problème à un grand nombre de candidats.

**Question 61.** Le site le plus nucléophile de la DMAP est l'atome d'azote dont le doublet non liant n'est pas délocalisé.

**Question 64.** Le raisonnement permettant une comparaison qualitative de la force des deux acides est souvent faux.

### D.2. Catalyse de réactions organiques par les complexes du fer

**Question 69.** Cette question ouverte a été abordée par 34 % des candidats et parmi eux 2 % ont obtenu la bonne réponse. L'exploitation d'un spectre RMN ne se limite pas à l'analyse des valeurs des déplacements chimiques : les intégrations relatives donnent des informations précieuses, données trop souvent ignorées.

**Question 76.** Les degrés d'oxydation doivent être justifiés.

## Conclusion

Comme pour les précédentes années, ce rapport s'attache à permettre aux futurs candidats, professeurs de demain, de progresser et de mieux s'approprier l'épreuve. Il souligne donc les principales faiblesses relevées dans les copies. Le jury a pu apprécier aussi une très grande maîtrise par certains candidats de tous les aspects de la chimie abordés dans cette épreuve. Il tient donc à féliciter les candidats dont les notes honorables, voire brillantes, révèlent de solides connaissances et compétences en chimie. Le jury encourage les candidats à poursuivre leur investissement dans cette discipline.

## Rapport sur le problème de physique 2019

### Introduction

Le problème est conçu comme une introduction aux mécanismes qui contrôlent le retournement d'aimantation, les structures magnétiques et la dynamique des parois de domaines dans les matériaux ferromagnétiques. Il propose une description micromagnétique du magnétisme, c'est-à-dire à une échelle suffisamment large pour pouvoir ignorer les structures atomiques et suffisamment fine pour résoudre les structures magnétiques. Des thématiques comme les effets de l'interaction d'échange antisymétrique (dite interaction Dzyaloshinskii–Moriya) qui est à l'origine des structures magnétiques chirales comme les skyrmions, ou comme les interactions entre les structures magnétiques et les courants électriques polarisés en spin ou les courants de spin font l'objet de nombreuses recherches actuellement mais n'ont pas été abordées en raison de leur complexité.

### Aspects pédagogiques

Le problème propose une analyse de systèmes magnétiques de complexité croissante. L'introduction à l'approche Coulombienne et aux différentes contributions énergétiques du magnétisme est suivie par une discussion sur le retournement de l'aimantation dans les systèmes à aimantation homogène puis par une analyse de la statique et de la dynamique des parois de domaines magnétiques. Pour simplifier, nous avons essentiellement considéré des systèmes à forte anisotropie uniaxiale et privilégié l'approche Coulombienne du magnétisme qui est particulièrement pratique pour l'analyse de la structure et de la dynamique des parois magnétiques. D'autre part, les différentes parties sont indépendantes les unes des autres mais il est important d'avoir lu l'introduction (partie I) et la partie II, qui présentent les différentes contributions énergétiques qui contrôlent les structures magnétiques. Enfin, le problème teste différentes compétences scientifiques des candidats : analyses qualitatives (contribution énergétiques et direction d'aimantation), analyses dimensionnelles (épaisseur de paroi et longueur d'échange) et analyse de lois d'échelle (calcul d'exposants critiques), commentaire de documents techniques (tête de lecture d'un disque dur magnétique), analyse de résultats expérimentaux (période de structure en domaines, analyse de courbes de vitesse, détermination d'exposant critique).

### Structure du problème

La première partie aborde la magnétostatique des milieux aimantés. Elle débute par une introduction sur la description de l'aimantation par des charges fictives équivalentes (description Coulombienne) et se termine par une étude de l'aimantation uniforme dans une plaque mince qui est l'analogue d'un condensateur plan en électrostatique.

La deuxième partie présente les aspects énergétiques de la description micromagnétique. Elle débute par une exploration des différentes contributions (échange, anisotropie, effet Zeeman et effets dipolaires) qui contrôlent les structures magnétiques dans les aimants (parois de domaine, domaines magnétiques). Elle conduit à l'introduction par des arguments d'analyse dimensionnelle des longueurs qui caractérisent les structures magnétiques (épaisseur de paroi de domaines et longueur d'échange). La deuxième partie se termine par une analyse du fonctionnement des disques durs magnétiques au travers du modèle de Stoner-Wohlfarth qui décrit le retournement d'aimantation d'un milieu uniformément aimanté.

La troisième partie porte sur la statique des textures magnétiques. Un premier volet propose d'établir la structure magnétique d'une paroi (dite de Bloch), de calculer son énergie puis d'inclure les contributions de champ démagnétisant de la paroi et les effets dipolaires. Les domaines magnétiques sont ensuite abordés à travers une approche essentiellement qualitative qui se termine par l'analyse d'une image de domaines permettant d'estimer l'énergie d'une paroi. Le dernier volet présente le modèle dit de goutte (ou bulle) pour la nucléation du retournement d'aimantation.

La quatrième partie porte sur la dynamique de l'aimantation. Elle débute par une analyse

de l'équation phénoménologique de Landau-Lifshitz-Gilbert utilisée pour décrire la dynamique des textures magnétiques. Sont ensuite abordés les aspects dynamiques du déplacement de parois pour les régimes indépendants puis dépendants de l'ancrage.

### Commentaires question par question

#### Partie I. Magnétostatique dans la matière aimantée

I.1. Question très souvent bien traitée.

I.2. Certains candidats ont pris en compte des aspects dynamiques, ce qui n'est pas demandé. Le sujet se place clairement dans le cadre de l'électrostatique/magnétostatique.

I.4. Très peu de démonstrations rigoureuses qui font le bilan des charges de volume et de surface.

$\iiint_V \rho_d dV + \iint_S \sigma_d dS = 0$ . Dans l'expression  $\sigma_d = +\vec{M} \cdot \vec{n}$ , le signe positif est souvent ajouté de manière ad hoc.

I.5. La répartition des charges est très souvent correcte, mais l'expression de l'énergie par unité de volume n'a pas toujours la bonne dimension.

I.6. Peu de réponses qualitatives satisfaisantes.

#### Partie II. Aspects énergétiques et systèmes à aimantation uniforme

II.1. Un certain nombre de candidats expliquent que les interactions dipolaires sont à l'origine de l'interaction d'échange et ignorent sa nature quantique.

II.3. et II.4. Ces deux questions introductives apparemment simples ont donné lieu à de nombreuses réponses fausses. Un grand nombre de candidat écrit que  $e_{ani} = -Km_z^2$  est minimum lorsque l'aimantation pointe dans la direction  $+\vec{e}_z$  et  $-\vec{e}_z$ , pour  $K > 0$  et  $K < 0$ , respectivement et que  $e_z = -\mu_0 \vec{M} \cdot \vec{H}_a$  est minimum lorsque  $\vec{M}$  est orthogonal à  $\vec{H}_a$ . De manière plus générale, le jury regrette que des aspects mathématiques simples pénalisent de trop nombreux candidats.

II.6. Très peu de réponses convaincantes sur l'effet Kerr.

II.7. et II.9. Des réponses très souvent justes pour  $\Delta$  et moins pour  $L_e$ . Il convient d'avoir du recul sur les valeurs numériques obtenues, des résultats en kilomètres, voir de l'ordre de  $10^{18}$  m pour  $L_e$  devrait interroger les candidats.

II.10. Beaucoup de réponses justes même en cas d'erreur à la question II.3.

II.11. L'expression trouvée pour  $C_1$  est très souvent correcte mais pas celle de  $K_1$ . Les expressions proposées n'ont pas toujours les bonnes dimensions.

II.12. Lorsque les conditions de minimisation de l'énergie sont données, les solutions possibles pour  $\theta$  se sont pas toujours toutes explicitées. En particulier, la solution  $\theta = \cos^{-1}[C_1/(2K_1)]$  est nécessaire pour répondre complètement à cette question et à la question II.13. Quelque fois les solutions  $\theta = 0$  et  $\theta = \pi$  sont également oubliées.

II.14. De nombreux candidats ont tracé la courbe d'hystérésis d'un matériau ferromagnétique doux, habituellement rencontrée dans la littérature, qui ne correspond pas au cas d'un système à aimantation homogène étudié ici. Le mot hystérésis est très souvent cité.

II.16. Des réponses souvent peu exhaustives.

II.17. Très peu de réponses justes.

II.18. Le capteur à magnétorésistance géante est un grand inconnu.

II.19. L'ordre de grandeur de l'énergie d'activation thermique à température ambiante est bien connu.

II.20. Très peu de réponses complètes sur le sens de l'équation d'Arrhenius, la notion de fréquence d'essai est peu connue. La valeur du rayon critique de stabilité est souvent bien déterminée.

### Partie III. Statique des textures magnétiques

- III.1. Les réponses sont souvent correctes mais peu justifiées.
- III. 2 L'expression finale, donnée dans l'énoncé, est souvent retrouvée mais il convient de bien poser le calcul en utilisant les propriétés d'invariances obtenues à la question précédente. Des calculs faux menant à l'expression finale indiquée produisent une impression très négative sur les correcteurs.
- III.3. Peu de candidats expliquent que l'équilibre est atteint lorsque l'énergie *totale* de la paroi est minimum.
- III.4. Les équations d'Euler-Lagrange sont souvent citées.
- III.5. Mais elles sont souvent mal utilisées.
- III.6. La solution  $\frac{d\theta(y)}{dy} = \pm \frac{\sin\theta}{\Delta}$  est rarement retrouvée.
- III.8. La courbe  $\theta(y)$  est souvent bien tracée mais la longueur caractéristique sur laquelle  $\theta$  varie significativement n'est pas explicitée.
- III.9. Applications numériques souvent réussies.
- III.10. Bonnes réponses dans l'ensemble même si la limite de diffraction n'est pas toujours évoquée.
- III.11. Il s'agissait de reprendre les résultats de la partie I, en considérant l'analogie avec le condensateur plan.
- III.12.
- III.13. et III.14. Réponses qualitatives souvent justes.
- III.15. Les candidats qui ont déterminé la période parviennent la plupart du temps à estimer correctement l'énergie de paroi. L'incertitude sur la valeur obtenue n'est presque jamais calculée.
- III.16. Très peu de réponses satisfaisantes sur les transitions de phase du premier ordre.
- III.17. Calcul souvent correct des facteurs  $A_1$  et  $A_2$  mais peu de discussions sur les contributions des différents termes de l'énergie à la nucléation.
- III.18. L'estimation du rayon critique et la hauteur de la barrière d'énergie est peu suivie d'une discussion de la métastabilité et du processus de nucléation.
- III.20. La probabilité de nucléation est souvent écrite correctement.
- III.21. et III.22. Le champ de nucléation est rarement calculé.

### Partie IV. Dynamique de l'aimantation

- IV.1., IV.2. et IV.3. Questions classiques souvent bien traitées.
- IV.4. L'aimantation est souvent confondue avec le moment magnétique, notamment dans l'écriture du couple qui s'exerce sur un dipôle magnétique.
- IV.5. Le mouvement de précession bien décrit mais la conservation de l'énergie n'est pas souvent évoquée.
- IV.6. Peu de réponses justes à cette question. Dans l'expression de  $\mu_0 \vec{H}_{dis} = \frac{-\alpha}{\gamma}$  le signe est souvent positif.
- IV.7. Les directions des couples sont très rarement bien représentées.
- IV.8. Bonnes représentations du vecteur aimantation  $\vec{M}$  et de l'angle  $\psi$ , mais le couple exercé par le champ magnétique appliqué sur l'aimantation est rarement dans la bonne direction.
- IV.9. Même difficulté pour le couple exercé par le champ  $\vec{H}_d$ .
- IV.11., IV.12. et IV.14. Il s'agissait essentiellement de commenter les différentes contributions à des équations du mouvement. Peu de commentaires satisfaisants ont été fournis.
- IV.13. et IV.15. Calculs souvent justes.
- IV.16. et IV.17. La comparaison entre les résultats expérimentaux et les prédictions théoriques sont rarement de qualité suffisante. La valeur du paramètre d'amortissement  $\alpha$  est très rarement estimée.
- IV.18. Interprétations souvent trop succinctes.

IV.19.

IV.20. et IV.21. Les significations du champ critique  $H_c$  et de la longueur critique  $L_c$  sont rarement discutées.

IV.22. Estimation souvent correcte de l'exposant de rugosité.

IV.23., IV.24. et IV.25. Calculs souvent justes des exposants.

### **Remarques et conseils généraux**

De nombreuses copies soignées et bien présentées ont été appréciées par le jury, plutôt qu'un enchaînement d'éléments de réponse (non rédigés) avec des questions traitées dans un ordre complétement erratique.

Le jury regrette que des aspects mathématiques simples pénalisent de trop nombreux candidats.

## **Épreuves d'admission**

Les épreuves se sont déroulées du 12 juin au 3 juillet 2019  
au lycée Marcelin Berthelot (Saint-Maur-des-Fossés).

## Rapport sur la leçon de physique

*Il est conseillé aux candidats de lire attentivement ce rapport. Les rapports des années précédentes contiennent par ailleurs des remarques thématiques.*

### **Evolution de l'épreuve en 2020 : La liste des titres de leçon n'est plus publiée à partir de la session 2020.**

**Le candidat découvrira le titre de la leçon à traiter le jour de l'épreuve orale. Le sujet à traiter sera conforme au programme de l'agrégation de physique-chimie, option physique.**

#### **Ouverture à internet :**

**Les candidats ont accès à un ordinateur connecté à internet pour l'ensemble des épreuves orales. Cet accès est autorisé pendant la préparation et la présentation. Attention, seuls les sites sans limitation d'accès par mot de passe sont autorisés (ainsi les sites de communication type forum ou messagerie ne sont pas autorisés). L'ensemble du personnel de l'agrégation (techniciens, professeurs préparateurs et membres du jury) se réserve le droit de vérifier les sites consultés ainsi que l'historique de navigation.**

#### **Remarques suite à l'ouverture à internet :**

**Tous les documents en accès libre sur internet peuvent être utilisés et présentés par le candidat, mais celui-ci doit veiller à bien s'appropriier les documents en sélectionnant parmi le grand nombre de ressources accessibles. En revanche, le jury a valorisé les exposés s'étant appuyés à bon escient sur les ressources qu'offre internet pour mieux illustrer la leçon (par exemple photos, schémas annotés, animations ou vidéo d'expériences difficilement réalisables dans le temps imparti).**

### **Déroulement de l'épreuve**

Cette épreuve consiste en la présentation d'une leçon de 40 minutes, dont le sujet a été tiré au sort. À l'issue de la présentation et pendant une durée maximale de 40 minutes, le jury s'entretient avec le candidat afin d'évaluer ses capacités pédagogiques et didactiques en sondant les connaissances disciplinaires sur lesquelles le discours s'appuie.

Les candidats disposent de 4 heures pour préparer leur leçon. Au cours de cette préparation, l'accès à l'ensemble des documents de la bibliothèque du concours est permis, ainsi que l'accès à internet (cf. ci-dessus). Cette bibliothèque possède de très nombreux ouvrages, de tous niveaux. 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 leur seule responsabilité et en l'absence de technicien.

Un ordinateur relié à internet et un vidéoprojecteur sont disponibles dans chaque salle. Les logiciels usuels, dont LibreOffice, Regressi, Latis Pro, Word, Excel, Python, Scilab, sont installés sur les ordinateurs. Les candidats disposent également d'un rétroprojecteur (ils doivent apporter leurs transparents et feutres).

### **Conseils aux candidats**

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 attend du candidat rigueur scientifique et cohérence des raisonnements.

Il va sans dire que le jury est sensible au dynamisme et à l'enthousiasme avec lesquels un candidat délivre son message, ce qui traduit son goût pour la physique et pour l'enseignement. Un futur enseignant doit

soigner le niveau de langage, écrit et oral. Les prestations dans lesquelles le candidat, 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 candidat doit se soucier de la lisibilité de son exposé : clarté de l'écriture (au tableau ou sur les transparents), gestion rationnelle du tableau (*il n'est pas interdit d'effacer son tableau lors de la présentation*). Un transparent furtivement exposé est mal perçu.

- **La préparation de l'exposé :**

L'intitulé des leçons en impose bien évidemment le sujet, même si c'est de façon assez large. Si l'intitulé mentionne plusieurs notions, celles-ci doivent toutes être abordées en cours de présentation. En revanche, tout développement hors sujet est à proscrire.

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.

L'épreuve doit rester une leçon de physique : il n'est pas souhaité que le candidat commente son approche pédagogique ou évalue lui-même sa leçon pendant l'exposé ou l'entretien.

- **L'exposé :**

*Début de l'exposé :*

L'introduction doit reposer sur une contextualisation, qui n'est pas nécessairement une introduction historique : la déclaration de la problématique peut se faire par exemple suite à une illustration ou à une expérience. Les candidats doivent préciser dès le début les prérequis nécessaires et les objectifs de la leçon. Les prérequis doivent évidemment être maîtrisés. Il est essentiel que le plan apparaisse clairement au cours de la présentation.

*Développement :*

Il est préférable d'exposer des concepts simples, bien maîtrisés et bien illustrés, plutôt que de se lancer dans des développements trop complexes ou trop calculatoires. La limitation de l'exposé à une durée de 40 minutes pourra amener les candidats à ne pas développer l'intégralité des calculs envisageables, sur lesquels le jury reviendra au besoin en phase d'entretien.

Toute formule (issue ou non d'un calcul) doit s'accompagner de commentaires qui permettent d'en dégager le sens physique. Le choix des notations fait partie de l'appropriation du sujet de la leçon, ainsi que la cohérence des notations entre les différentes parties et les différentes ressources utilisées.

Les leçons trop formelles, manquant d'exemples et applications numériques judicieuses, sont à proscrire.

*Illustrations expérimentales :*

Les illustrations expérimentales sont vivement encouragées. Il est recommandé de présenter un schéma clair et annoté de son expérience soit au tableau, soit sur transparent. L'expérience doit être interprétée avec soin.

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.

*Fin de l'exposé :*

Le jury prévient le candidat lorsqu'il ne reste plus que 5 minutes d'exposé environ. La conclusion n'est pas uniquement 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).

- **L'entretien :**

Outre les aspects strictement disciplinaires, sur lesquels portent la plupart des questions, l'entretien doit permettre au jury de confirmer la maîtrise des compétences attendues d'un futur enseignant :

- aisance dans la communication, langage rigoureux et adapté, honnêteté intellectuelle ;
- recul par rapport aux ressources disponibles, pertinence des choix didactiques et documentaires dans le contexte de l'utilisation d'internet.

Ces questions ne doivent pas être perçues par le candidat comme une remise en cause de ce qui a été présenté.

## Rapport sur la leçon de chimie

*Le présent rapport concerne les épreuves de la session 2019. Le jury recommande chaque année aux candidats la lecture des rapports des années précédentes (disponibles à l'adresse suivante : <http://agregation-physique.org>).*

*Les énoncés des leçons de chimie se rapportent à des niveaux lycée (filière générale et séries technologiques STI2D, STL et ST2S) ou classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE) [classes de première année : MPSI, PTSI, TSI1 ; classes de deuxième année : MP, PSI, PT et TSI2].*

### **Déroulement de l'épreuve :**

Après une **préparation de 4 h**, le candidat dispose de **40 min au plus pour exposer sa leçon**. L'épreuve se poursuit par un **entretien et un échange** sur une question portant sur la compétence « Faire partager les valeurs de la République », le tout sur une durée maximale de 40 min.

L'entretien porte sur les connaissances scientifiques ainsi que sur les choix de structuration, de présentation et d'illustrations de la leçon (expériences, vidéos, simulations, utilisation de modèles etc.) faits par le candidat. Pendant l'entretien, le jury peut également s'assurer de la maîtrise des gestes techniques.

Les candidats ont accès à un ordinateur connecté à internet pour l'ensemble des épreuves orales. Cet accès est autorisé pendant la préparation **et** la présentation.

### **La préparation**

Avant toute chose, le candidat doit **analyser attentivement le titre de la leçon**. Les intitulés des leçons de chimie sont volontairement ouverts, ce qui oblige les candidats à construire leur exposé en faisant des choix personnels et pertinents. Ces choix lui permettent d'équilibrer les contenus de la leçon en se conformant aux programmes en cours et d'organiser de manière pertinente et pédagogique les points à développer. Le jury précise également que certaines leçons peuvent être reliées au contenu de plusieurs programmes en vigueur.

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.

On rappelle que des ressources pour la filière STL-SPCL sont disponibles en ligne à l'adresse <http://sciences-physiques-et-chimiques-de-laboratoire.org/>.

L'accès à Internet est à utiliser avec discernement. Le jury est déçu de son utilisation, souvent limitée à la consultation de sites contenant des plans clés en main et des listes d'expériences pas toujours judicieux. Certains plans de leçon ou listes d'expériences proposés en ligne ne sont pas réellement adaptés et récupérer des images ou des vidéos pour illustrer l'exposé ou introduire une problématique n'est utile que si la ressource présente un intérêt que le candidat est à même de justifier lors de l'entretien. Le jury peut ainsi questionner chaque choix d'exploitation de ressource en ligne effectué par le candidat. Le jury a apprécié que les ressources en ligne utilisées soient sourcées lors de leur utilisation pendant la leçon.

Une leçon ne peut pas être exhaustive dans le domaine proposé : **il est donc conseillé de faire des choix et de les annoncer, plutôt que de tout traiter superficiellement**. Le jury précise qu'il n'a pas d'idée préconçue sur le contenu d'une leçon, et que celle-ci ne doit jamais être une simple reproduction d'un chapitre d'un ouvrage. Certaines notions et définitions peuvent être utilisées directement si elles sont considérées comme prérequis. **Le candidat doit absolument éviter de présenter une leçon se limitant à une suite de définitions, sans contextualisation et sans aucune illustration expérimentale.**

Le jury attire l'attention des candidats sur la place et le rôle des expériences au sein d'une leçon. La leçon de chimie doit contenir **la réalisation et l'exploitation d'expériences**. Les expériences doivent **présenter un intérêt didactique pour la leçon** et être présentées à l'oral de manière précise et argumentée. **Le positionnement d'une expérience avant ou après l'introduction d'une notion doit être mûrement réfléchi**. Les expériences choisies doivent s'inscrire dans une **démarche pédagogique** pour valider ou construire un modèle. L'analyse des sources d'erreurs potentielles et une évaluation de l'incertitude sur le résultat doivent être plus souvent présentées. **Les expériences** doivent également permettre aux candidats de mettre en valeur leurs compétences expérimentales.

Le jury attire également l'attention des candidats sur le fait que les protocoles de certaines sources sont parfois imprécis, **voire faux**, et doivent de toute façon être adaptés aux choix pédagogiques du candidat.

#### *Le rôle de l'équipe technique :*

Pendant la préparation, les candidats bénéficient 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. Pour les solutions, les valeurs des concentrations doivent être données avec une indication claire de la précision souhaitée. 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. Le candidat doit maîtriser la conduite des expériences demandées en préparation. La mise en œuvre effective des expériences devant le jury et leur exploitation sont attendues et sont naturellement sous la responsabilité du candidat.

#### **La présentation**

**L'exposé est limité à 40 min.** Les leçons écourtées significativement sont sanctionnées et les candidats dépassant les 40 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, une partie importante 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.

**Les candidats doivent se détacher au maximum de leurs notes** pour une présentation plus fluide.

Quel que soit le titre de la leçon, **l'exposé doit être contextualisé et inclus dans une démarche scientifique**. Le jury est attentif à la qualité pédagogique des présentations, à la rigueur scientifique, à la pertinence des expériences réalisées ainsi qu'à leur compréhension et leur exploitation.

L'utilisation d'un **vocabulaire scientifique rigoureux** et utilisé à bon escient améliore grandement la qualité d'une leçon. **La qualité du lexique scientifique est étroitement associée à la maîtrise des notions et des concepts** mis en œuvre dans les programmes de lycée et d'un niveau supérieur.

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

Le jury voit encore nombre de candidats décrire ce qui a été fait ou pourrait être fait expérimentalement. **Il rappelle ici qu'il est essentiel que le candidat réalise tout ou partie des expériences, exploite et valide les résultats durant la présentation devant le jury.** Une description claire, à l'oral, du montage utilisé est souvent bien plus efficace et pertinente qu'un schéma peu soigné ou incomplet réalisé hâtivement au tableau. Lors de la présentation d'une expérience, **le candidat peut formuler des hypothèses mais ne doit pas anticiper les observations expérimentales et la conclusion attendue avant de réaliser l'expérience.**

Le jury attend que les expériences soient menées à leur terme, avec soin et en respectant les règles de sécurité au laboratoire de chimie 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.

**Les modèles moléculaires, les outils de simulation et les ressources en ligne (image, vidéos, simulation, ...) sont trop peu utilisés** par les candidats alors qu'ils peuvent permettre d'illustrer certaines notions théoriques, de justifier certains choix de protocoles expérimentaux ou encore d'expliquer plus clairement certains phénomènes microscopiques. Quelques candidats ont su s'appuyer sur une ressource en ligne pertinente pendant leur exposé ; cela a été valorisé par le jury.

La salle de présentation est équipée d'un ordinateur, d'une flexcam et d'un vidéoprojecteur. Le transparent est à utiliser avec parcimonie. Par ailleurs, les ordinateurs contiennent des logiciels de présentation et 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 (voir la liste de ces ressources à l'adresse <http://agregation-physique.org>).

Le jury note par ailleurs que le principe de fonctionnement du montage Dean-Stark est rarement maîtrisé par les candidats et souhaite également attirer l'attention des prochains candidats sur certaines leçons :

- La leçon concernant l'optimisation de procédés chimiques est souvent confondue avec une ancienne leçon qui correspondait aux précédents programmes de CPGE sur les lois de déplacement des équilibres.
- La leçon concernant la chimie durable est souvent traitée de manière superficielle alors que des attentes précises tant en termes de contenu que d'activités expérimentales sont explicitement décrites dans les programmes.
- La thermodynamique est souvent présentée sans aucune rigueur, ce qui rend l'exposé incompréhensible, voire faux.

### **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 dans les domaines théorique, expérimental et pédagogique. 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 de rigueur

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

À la suite de l'entretien, 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 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 ».*

Les candidats disposent de cinq minutes au plus pour répondre à une question portant sur une situation concrète qu'ils peuvent rencontrer dans l'exercice du métier d'enseignant de physique-chimie. 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 durée spécifique de préparation de la réponse.**

Pendant ce court entretien, le jury peut éventuellement reformuler parfois la question ou relancer l'échange 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, la liberté, l'égalité, la fraternité, mais également la laïcité et le refus de toutes les discriminations.

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**

Cette année encore le jury a eu l'occasion d'observer des candidats **maitrisant les fondamentaux de la chimie, à l'aise à l'oral et capables de mener une démarche scientifique pertinente et convaincante, il les en félicite** et espère que les commentaires de ce rapport aideront les futurs candidats à acquérir ces compétences essentielles pour entrer dans le métier d'enseignant

La liste des leçons donnée à la fin de ce rapport s'appuie sur les programmes de physique-chimie en application à la rentrée 2019 au lycée général et technologique et en CPGE, **de nouveaux programmes entrant en vigueur pour les classes de seconde et de première générales et technologiques à cette rentrée.**

## Rapport sur le montage de physique

### Introduction

La session 2019 a introduit deux évolutions importantes du format de l'épreuve de montage. La première a consisté en l'ouverture à Internet pendant la préparation et la présentation devant le jury. La seconde a introduit la possibilité pour le jury, lors de l'entretien, de proposer une activité d'ordre expérimental, non préparée, au candidat.

Le jury a pu assister à des montages de bonne tenue mettant en avant les qualités d'expérimentateurs des physiciens candidats au concours, tant dans la première que dans la seconde phase de l'épreuve (notamment, lors de l'entretien, dans l'appropriation d'une problématique scientifique et la définition d'un protocole expérimental visant à répondre à cette dernière).

### Déroulement de l'épreuve

Pour l'épreuve de montage, le candidat choisit entre deux sujets. Assisté d'une équipe technique, il dispose de quatre heures de préparation pour monter des dispositifs expérimentaux et réaliser des mesures illustrant le thème choisi. La durée maximale de l'épreuve est d'une heure et vingt minutes, elle consiste en une présentation des expériences préparée et un échange avec le jury :

- une première partie de trente minutes maximum consiste en une présentation expérimentale à l'initiative du candidat sur un sujet de la liste des montages en annexe du rapport.
- une seconde partie consiste en un entretien pendant lequel le jury peut revenir sur la présentation du candidat mais peut également proposer au candidat une activité d'ordre expérimental **simple, non préparée et découverte par le candidat lors de cette seconde partie.**

#### A – Présentation devant le jury de la partie réalisée en préparation.

Le montage de physique est la seule épreuve pour laquelle le candidat a le choix entre deux sujets au début du temps de préparation. 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. Durant sa préparation, le candidat a la possibilité de consulter, en plus des ouvrages de la bibliothèque, **toute ressource disponible sur internet en accès libre**, hormis les forums de discussion, messageries, sites avec accès restreint (login et/ou mot de passe).

À l'issue de cette préparation, la présentation devant le jury dure **trente 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, les membres du jury n'interviennent pas (sauf en cas de mise en danger du candidat ou du jury), mais peuvent être amenés à se déplacer et à communiquer entre eux.

## **B – Entretien avec le jury avec une activité expérimentale sans préparation.**

Lors de l'entretien, le jury revient avec le candidat sur les manipulations exposées lors de la première partie (motivation du montage, choix du protocole, exploitation des résultats,...)

L'entretien porte principalement sur les points suivants :

- les protocoles expérimentaux et le matériel utilisé ;
- les mesures et leurs exploitations ;
- la confrontation des résultats obtenus avec un modèle ou une valeur attendue, leur interprétation physique et le lien avec le thème du montage.

Le jury peut également demander au candidat de reprendre des points de mesures sur les expériences présentées.

Une activité expérimentale supplémentaire peut également être proposée par le jury, afin de valider en direct les compétences expérimentales du candidat. Cette activité peut être corrélée au thème de la première partie ou porter sur une thématique totalement différente ; elle est réalisée **en interaction avec le jury**. Le jury peut proposer du matériel nouveau, fourni lors de l'entretien : ce matériel n'a pas vocation à être utilisé en intégralité et le candidat ne doit utiliser que ce qui lui est nécessaire sans préjuger de l'utilisation ou non de l'ensemble du matériel disponible. Le candidat peut utiliser du matériel déjà présent dans la pièce, notamment du matériel utilisé en première partie. En fonction du matériel fourni, les mesures pourront ne pas avoir la précision de celles effectuées en première partie.

### **Principaux critères d'évaluation**

Un futur enseignant de physique-chimie se doit de maîtriser les compétences expérimentales fondamentales inhérentes à sa discipline, mais également être en capacité de les transmettre à ses futurs élèves. L'épreuve de montage 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 maîtrisés par les candidats.

Une expérience de physique n'est ni un acte technique isolé, ni une fin en soi. Elle doit être l'aboutissement d'une démarche expérimentale : définir un objectif expérimental, mettre en œuvre un protocole expérimental permettant d'atteindre ce dernier et exploiter les résultats obtenus.

Au-delà du triptyque connaissances, capacités et compétences expérimentales évaluées par le jury, ce dernier est particulièrement attentif à l'attitude du candidat, notamment l'honnêteté et l'intégrité scientifique, ainsi qu'à sa capacité à se remettre en cause et à échanger avec le jury. Les candidats qui ont fait preuve de malhonnêteté scientifique afin d'obtenir des résultats fictifs ont été lourdement sanctionnés par le jury.

Le jury a évalué le candidat sur les capacités suivantes :

- **La capacité à communiquer**

Le jury est particulièrement sensible à la clarté de la présentation orale et écrite, qualité fondamentale pour un futur enseignant. L'utilisation d'un vocabulaire précis et adapté, la présentation du tableau avec des schémas adaptés, de graphiques avec des axes et unités précisés sont des critères d'évaluation. **Le jury exige également qu'une ou plusieurs mesures en direct soit reportées au tableau, de façon à faciliter la vérification et la discussion des mesures indirectes qui en découlent.** Lorsque le candidat intègre sa ou ses mesures dans un tableau réalisé en préparation, il doit indiquer oralement où se situent les nouveaux points sur le graphique qu'il réalise ensuite. Le candidat doit garder à l'esprit qu'il est évalué sur la base de sa présentation et non de sa préparation. L'activité expérimentale proposée lors de l'entretien est également l'occasion pour le candidat de mettre en valeur ses talents de pédagogue.

- **La capacité à réaliser des expériences**

Le jury apprécie la réalisation d'expériences quantitatives et la capacité des candidats à les mener à terme. Ces expériences doivent être en adéquation avec le sujet et réalisées avec soin. Le candidat doit pouvoir justifier son protocole, notamment au niveau du choix du matériel. Il est important, à chaque fois que cela est possible, de réaliser plusieurs points de mesure et de présenter sur un graphique les résultats en utilisant l'outil informatique.

- **La capacité à exploiter les mesures effectuées**

**La réalisation de mesures n'est jamais un but en soi pour un physicien et un futur enseignant ;** les mesures sans incertitudes sont souvent peu intéressantes. **Le jury apprécie que le candidat définisse clairement les objectifs expérimentaux des expériences proposées.** Il est attendu du candidat de confronter les résultats expérimentaux obtenus à une valeur attendue et/ou une modélisation. Dans cette démarche, l'évaluation des incertitudes est un point central, ainsi que les différents outils numériques pour la validation d'un modèle théorique tenant compte des incertitudes expérimentales (ajustement, test du moindre carré (« chi 2 »), résidus, etc...). Dans le cas de l'utilisation d'un outil numérique pour ajuster les données expérimentales, le jury évalue la capacité du candidat à discuter de la qualité de son ajustement. Le cas échéant, il est attendu du candidat un regard critique en particulier si le modèle n'est pas vérifié ou si la valeur obtenue est incohérente avec celle qui est attendue, notamment en discutant les sources d'erreurs potentielles à l'origine de cet écart.

Le candidat doit saisir cependant l'enjeu de l'expérience proposée afin de mener correctement cette discussion :

- s'agit-il de vérifier une loi physique et les dépendances entre grandeurs qu'elle implique afin de mettre en évidence un phénomène physique spécifique ? Dans ce cas, la validation du modèle est alors un point essentiel ;

- s'agit-il d'un enjeu métrologique (mesure d'un paramètre physique caractéristique par exemple) ? Dans ce cas, la comparaison entre grandeur mesurée et grandeur tabulée/théorique est impérative.

- **La capacité à échanger**

L'évaluation des capacités précédentes est affinée lors de l'entretien. Celui-ci n'a pas pour but de piéger le candidat, mais bien de lui permettre de valoriser sa compréhension des expériences, de préciser la limite des modèles utilisés, de justifier son choix de matériel et le cas échéant d'expliquer un éventuel désaccord dans la validation ou un éventuel échec dans la réalisation. Cet entretien est un échange au cours duquel le candidat peut démontrer sa capacité à écouter, à faire évoluer sa pensée et son **honnêteté intellectuelle, qualité à laquelle le jury est particulièrement sensible.**

### **À propos de l'utilisation d'Internet à l'épreuve de montage**

Avec l'émergence de la science ouverte, soutenue en France depuis juillet 2018 avec le plan national pour la Science Ouverte<sup>3</sup>, il devient aisé de trouver sur Internet des fichiers de données expérimentales ou autres ressources numériques expérimentales (data papers, etc...). Les récentes innovations pédagogiques numériques ont également permis l'émergence de nouveaux formats d'enseignements expérimentaux, tels que les TP virtuels<sup>4</sup>, accessibles en ligne.

Si ces ressources sont intéressantes pour un enseignant dans la construction de ses séances de cours, le candidat ne doit pas perdre de vue que l'objectif de l'épreuve de montage est d'évaluer ses compétences expérimentales. Ainsi, ce dernier ne peut se contenter d'exploiter des données qu'il aurait trouvées sur Internet. **Lorsqu'un candidat présente une expérience, le jury attend de lui qu'il exploite des données qu'il a obtenues en préparation et/ou devant le jury, avec les dispositifs expérimentaux qu'il a construits, et non des données disponibles sur Internet quand bien même elles auraient été obtenues avec des dispositifs similaires.** Ainsi le jury est attentif aux mesures effectuées durant la présentation, notamment qu'elles soient correctement reportées dans un tableau de valeur et qu'elles soient utilisées dans l'exploitation des résultats. Le jury est sensible à l'honnêteté scientifique des candidats, et sanctionne lourdement ceux qui utilisent des valeurs différentes de celles mesurées en présentation dans leur analyse de données, ou ceux qui utilisent des données téléchargées qui ne sont pas reproduites par le dispositif expérimental proposé. **Si un candidat utilise des données téléchargées sur Internet, il se doit de citer les sources de ces dernières (et auteur(s) éventuel(s))**, tout comme il cite ses sources s'il utilise une figure issue d'un livre en épreuve de leçon.

### **Remarques spécifiques à l'expérience proposée lors de l'entretien**

Lors de l'entretien, l'expérience proposée lors de l'entretien permet d'évaluer la capacité du candidat s'approprier une problématique scientifique expérimentale, à définir un objectif expérimental, à proposer un protocole expérimental adapté pour répondre à cette dernière et à choisir le matériel adapté ainsi que les valeurs pertinentes de composants pour réaliser l'objectif qu'il s'est fixé. **Le candidat réalise son activité expérimentale en interaction avec le jury** : il ne doit pas hésiter à échanger avec le jury, expliquer oralement ses choix et/ou ses questionnements.

---

<sup>3</sup> <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid132529/le-plan-national-pour-la-science-ouverte-les-resultats-de-la-recherche-scientifique-ouverts-a-tous-sans-entrave-sans-delai-sans-paiement.html>

<sup>4</sup> <http://semmlabs.univ-lille1.fr/co/semmlabs.html>

**Le jury interroge le candidat tout au long de cette partie, ce dernier doit être en capacité de répondre tout en continuant à manipuler.**

Le jury a été amené à voir des présentations en première partie d'épreuve avec des expériences élaborées, de niveau élevé, mais pour autant a eu le regret de constater que ces mêmes candidats ne sont parfois pas en mesure de régler correctement un instrument de base comme l'oscilloscope lors de l'entretien. Le jury apprécie certes ces expériences élaborées, mais **privilégie la maîtrise des compétences expérimentales de base**, indispensables à tout futur enseignant de physique-chimie. L'expérience présentée lors de l'entretien permet également au jury d'évaluer les qualités du candidat pour cerner une problématique scientifique, définir un objectif expérimental et établir un protocole permettant d'atteindre ce dernier.

### **Les attendus du jury**

- **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, appareils de mesure, détecteurs ? Quelles approximations, relations, lois ? Quelles relations affines, 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.

- **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.

Lors de l'utilisation de logiciels de traitement des données, 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 graphiques obtenus en préparation, les points de mesure réalisés devant le jury avec, si possible, une couleur différente.

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. Il faut aussi se méfier des dérivées toutes faites dans certains logiciels qui font un lissage sans le dire.

Certains candidats utilisent des tableurs bureautiques pour effectuer les différents calculs d'incertitudes de l'expérience proposé. Dans ce cas, le candidat doit pouvoir expliquer le principe du calcul, et justifier l'expression de la formule utilisée.

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 également 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.

Lors de la réalisation des expériences pendant l'entretien, le jury a constaté les difficultés rencontrées par un nombre significatif de candidats pour former une image correctement en optique.

- **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. Si des plaquettes électroniques précâblées sont utilisées, les différents étages de la plaquette doivent être décrits.

Lors de la réalisation des expériences pendant l'entretien, le jury a regretté les grandes difficultés que rencontraient de nombreux candidats dans la prise en main d'un l'oscilloscope, notamment ses réglages de base comme le déclenchement.

- **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 graphique et non en calculant une succession de rapports.

Lors de la réalisation d'un tel graphique, 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 identifiés oralement par le candidat ;

- 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 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 ;

- rechercher les éventuelles sources de biais systématiques et les discuter ;

- relever toutes les sources d'incertitudes, 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 ;

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 quantitatives 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.

Le jury rappelle que des données tabulées ou constructeurs sont généralement données avec des incertitudes également.

- **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 (test du moindre carré « chi 2 » par exemple).

- 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.

Le jury encourage les candidats à discuter les sources d'erreurs dans les expériences présentées pour en identifier les sources dominantes avant de se lancer dans leurs calculs, en éliminant les contributions négligeables, et ainsi d'éviter d'y passer un temps disproportionné.

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 d'une mesure 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 ;

- concernant 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 ;

- il ne faut pas confondre incertitudes et erreurs systématiques : on ne peut espérer diminuer ces dernières en faisant une statistique sur plusieurs mesures.

### **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.

Le candidat disposant de seulement trente minutes de présentation, il doit prendre garde à éviter la multiplication des dispositifs expérimentaux. Il n'est pas attendu du candidat d'être exhaustif sur

le sujet choisi : privilégier un nombre raisonnable d'expériences, correctement présentées et exploitées, peut conduire à la note maximale. De nombreux candidats se pénalisent à vouloir présenter beaucoup d'expériences, qui au final ne sont pas ou peu exploitées : présenter des exposés constitués de quatre à cinq expériences est-il réaliste pour une présentation de 30 minutes seulement, sans nuire à la qualité de leur exploitation ?

Le candidat doit en outre s'attacher à ne pas faire de « hors-sujet » et à s'assurer que les expériences proposées répondent bien à la question posée par le titre du montage. Le fait de réaliser plusieurs expériences permet d'apporter des réponses variées à cette question, d'en aborder plusieurs aspects, en impliquant si possible plusieurs domaines de la physique.

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

Une expérience qualitative permettant de mettre en évidence les phénomènes étudiés et de préciser les ordres de grandeurs peut servir d'introduction, ou éventuellement de conclusion. Il ne faut cependant pas les multiplier. 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.

- **Quels sont les écueils à éviter ?**

Il apparaît souvent des « montages types », notamment depuis l'ouverture à Internet en préparation, 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.

- **Comment montrer son savoir-faire expérimental et sa connaissance du matériel ?**

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.** Il appartient au candidat de permettre au jury de s'assurer que le point de mesure réalisé devant lui a correctement été intégré dans les données de préparation et comment il s'insère (notamment dans les représentation graphique). Lors de la présentation, le jury est attentif aux valeurs relevées par le candidat, et a eu le regret d'assister à des présentations où la valeur reportée dans le logiciel de traitement était différente de celle relevée devant le jury mais pour autant s'intégrait parfaitement aux mesures de préparation. **Le jury a lourdement sanctionné ces pratiques.**

Si le jury demande au candidat de réaliser une mesure devant lui pendant la présentation, il peut également être amené à lui demander de reprendre des mesures durant l'entretien, afin d'affiner son jugement quant aux capacités expérimentales évaluées. Dans ce cas, il est regrettable que le candidat "dérègle" des dispositifs expérimentaux de sa présentation, sans que la suite de l'exposé le nécessite, ne permettant pas au jury de revenir sur certaines mesures. Cependant, il est légitime

de modifier un dispositif si cela est nécessaire dans le protocole proposé, afin de satisfaire des objectifs expérimentaux évidents.

Il faut de plus 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. Le jury regrette également un certain abus de plaquettes électroniques précâblées, dont les différents éléments ne sont parfois pas spécifiés au jury.

- **Comment montrer 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. Nous rappelons aux candidats qu'il est possible le jour du montage de prendre des livres contenant des valeurs de référence, mais qu'ils peuvent désormais les retrouver sur Internet, **à condition d'utiliser des sites appropriés**. 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.

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. 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 ; une discussion approfondie et argumentée raisonnablement sera valorisée par le jury.

- **De l'utilisation raisonnée des incertitudes**

L'épreuve de montage vise à évaluer les compétences expérimentales des candidats. Si l'évaluation des incertitudes est un aspect important de cette épreuve, ce n'est pour autant pas le centre du sujet. L'évaluation des incertitudes est un outil au service d'une démarche expérimentale. Une expérience présentée en montage doit avoir pour but de présenter un phénomène physique ou une loi physique avant tout ; ainsi l'évaluation des incertitudes permet d'en avoir un regard critique dans une démarche de validation des résultats obtenus (comparaison à une valeur tabulée, validation d'un modèle théorique, ...). Les candidats ne doivent pas perdre de vue que l'objectif principal d'une expérience n'est pas le calcul d'une incertitude (sauf cas particulier).

- **Pourquoi 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 afin de prendre connaissance du matériel qui leur sera mis à leur disposition le jour de l'épreuve.

## 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. Les candidats devraient plus souvent consulter ces notices ou les spécifications des appareils et des composants utilisés.

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.

Il convient de vérifier la pertinence des résultats (Handbook, estimations...) et de préparer les évaluations d'incertitudes.

- **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 de la totalité des expériences choisies, les principaux éléments des protocoles expérimentaux proposés, les valeurs numériques des composants ou paramètres de contrôle, les modélisations utilisées lors de l'exploitation des mesures, les valeurs numériques obtenues en préparation ainsi que les valeurs tabulées utiles. Le tableau sera 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 de 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 devant le jury. 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.

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.).

Si la présentation de la partie des expériences dure moins longtemps que les trente 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.

## **Sujets des épreuves orales de la session 2019**

## Leçons de physique 2019

*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. Aspects analogique et numérique du 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 2019

*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. Liaisons chimiques (Lycée)
16. Solvants (CPGE)
17. Classification périodique (CPGE)
18. Solides cristallins (CPGE)
19. Corps purs et mélanges binaires (CPGE)
20. Application du premier principe de la thermodynamique à la réaction chimique (CPGE)
21. Détermination de constantes d'équilibre (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 2019

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.

## **Sujets des épreuves orales de la session 2020**

## **Leçons de physique 2020**

Pour la session 2020, le jury ne publie plus de liste de leçons. Le titre de la leçon sera communiqué au candidat au moment de l'épreuve. La leçon de physique porte sur le programme défini pour les première et troisième épreuves écrites d'admissibilité. Elle est à traiter au niveau des classes préparatoires scientifiques ou au niveau de la licence de physique.

Le programme de première et troisième épreuves écrites d'admissibilité est publié sur le site du Ministère sur le site « Devenir enseignant » ou téléchargé à l'adresse suivante :

[http://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/agreg\\_externe/69/2/p2020\\_agreg\\_ext\\_physchim\\_physique\\_1107692.pdf](http://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/agreg_externe/69/2/p2020_agreg_ext_physchim_physique_1107692.pdf)

## Leçons de chimie 2020

*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.*

*Par rapport à la session 2019, la leçon « Chimie et couleur » a été supprimée.*

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

## Montages 2020

(sans changement par rapport à 2019)

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.