



**MINISTÈRE  
DE L'ÉDUCATION  
NATIONALE,  
DE LA JEUNESSE  
ET DES SPORTS**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

## **Rapport du jury**

**Concours : Agrégation Externe**

**Section : Physique Chimie option physique**

**Session 2020**

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

## Table des matières

|   |    |
|---|----|
| Avant-propos .....                                  | 3  |
| Réglementation de la session 2021 .....             | 5  |
| Informations statistiques .....                     | 6  |
| Épreuves d'admissibilité .....                      | 8  |
| Rapport sur la composition de physique 2020 .....   | 9  |
| Rapport sur la composition de chimie 2020 .....     | 13 |
| Rapport sur le problème de physique 2020 .....      | 16 |
| Épreuves d'admission.....                           | 20 |
| Rapport sur la leçon de physique.....               | 21 |
| Rapport sur la leçon de chimie.....                 | 25 |
| Rapport sur le montage de physique .....            | 28 |
| Sujets des épreuves orales de la session 2020 ..... | 29 |
| Leçons de physique 2020 .....                       | 30 |
| Leçons de chimie 2020.....                          | 30 |
| Montages 2020.....                                  | 31 |
| Sujets des épreuves orales de la session 2021 ..... | 32 |
| Leçons de physique 2021 .....                       | 33 |
| Leçons de chimie 2021.....                          | 34 |
| Montages 2021 .....                                 | 35 |

## Avant-propos

La session 2020 du concours de l'agrégation externe de physique-chimie option physique a été fortement impactée par l'épidémie du Corona virus. Néanmoins, des épreuves écrites et orales ont pu être organisées et les 78 postes ouverts au concours ont été pourvus.

Les épreuves écrites se sont déroulées normalement, du 11 au 13 mars, c'est à dire quelques jours seulement avant le début de la période de confinement. Nous avons donc pu organiser sans encombre la correction dématérialisée des épreuves écrites en respectant le calendrier prévu, y compris pour la délibération d'admissibilité qui s'est tenue en visio-conférence.

Concernant les épreuves orales, il est apparu très rapidement que les contraintes sanitaires ne permettraient pas d'organiser la partie expérimentale du concours. La possibilité que les oraux soient entièrement réalisés en visio-conférence a par ailleurs longtemps été envisagée. Pour faire face à cette situation, nous avons travaillé avec les directrices des autres agrégations externes de physique-chimie pour proposer des modifications exceptionnelles des épreuves orales pour la session 2020 qui ont été retenues et promulguées par le ministère :

- suppression de l'épreuve de montage
- changement des coefficients des leçons de physique et de chimie : pour la session 2020 uniquement, le coefficient de la leçon de physique a été porté 4, celui de la leçon de chimie à 2. En 2020, le poids de l'oral a donc été ramené à celui de l'écrit alors qu'il est 1,67 fois plus grand habituellement.
- réduction de la durée des épreuves : pour les 2 leçons, la durée de préparation est restée de 4 heures ; la durée de présence devant le jury a été réduite à 1 heure (contre 1 heure et 20 minutes habituellement) dont 30 minutes de présentation et 30 minutes d'entretien.

Les épreuves orales ont finalement été organisées au Lycée Marcellin Berthelot de Saint-Maur du lundi 22 juin au samedi 4 juillet. Seuls 2 candidats ultra-marins ont passé leurs épreuves en visio-conférence.

Il est également apparu rapidement que pour assurer le traitement équitable de tous les candidats et répondre aux contraintes sanitaires, nous devons renoncer à mettre une bibliothèque d'ouvrages papier à disposition des candidats pour la préparation de leurs épreuves. Les candidats ont cependant pu bénéficier d'un certain nombre de ressources numériques qui leur ont permis de préparer et de passer leurs épreuves dans des conditions certes exceptionnelles mais nous semble-t-il tout de même satisfaisantes :

- comme lors de sessions précédentes, les candidats ont eu accès à Internet pendant toute la préparation et le passage de leurs épreuves. Sont restés interdits les sites de messagerie, les forums de discussion, les messageries, les sites avec identifiant et/ou mot de passe ainsi que l'accès à des ressources illégales.
- nous avons bénéficié de l'aide extrêmement précieuse de la bibliothèque d'Universcience et de l'association des éditeurs d'éducation, qui nous ont permis un accès gratuit à un grand nombre d'ouvrages numériques. Le directeur remercie tout spécialement la Directrice de la bibliothèque et des ressources documentaires d'Universcience, et la chargée de mission au sein de l'association des éditeurs d'éducation, pour tous les efforts qu'elles ont déployés pour nous venir en aide.

Les candidats admissibles ont été informés le plus rapidement possible de toutes les modifications décrites ci-dessus, des courriers électroniques leur ont été adressés. Le jury tient à remercier et à féliciter l'ensemble des candidats admis. Leur capacité d'adaptation à ces modalités exceptionnelles de préparation et de passage des épreuves, pour lesquelles ils ne s'étaient pas préparés, démontre s'il en était besoin la qualité des candidats qui se présentent au concours de l'agrégation.

Dans ces conditions si difficiles, le jury a eu comme chaque année le plaisir d'évaluer des prestations d'excellente qualité.

La présidence du jury souhaite également adresser des remerciements chaleureux à l'ensemble des personnels de la DGRH, du SIEC et du Lycée Marcellin Berthelot qui se sont mobilisés pour que notre concours se déroule de la meilleure façon possible. Parmi eux, le gestionnaire de notre concours, que nous avons énormément sollicité, mérite des remerciements tout particuliers.

Ce rapport dresse un bilan de la session 2020. Nous espérons tous que la session 2021 se déroulera dans des conditions normales. Nous espérons également qu'elle permettra de mettre réellement en oeuvre les modifications importantes apportées aux épreuves orales ces dernières années et qui resteront toutes d'actualité en 2021. La lecture du rapport du jury 2019 sera de ce fait certainement plus utile pour s'y préparer que celle de ce présent document.

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

## **Réglementation de la session 2021**

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 2021 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, deux professeurs des universités, une directrice de recherche CNRS, sept maîtres de conférences, un inspecteur territorial (IA-IPR), sept professeurs de chaire supérieure et cinq 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.

|   | 2020       | 2019       | 2018       | 2017       |
|---|------------|------------|------------|------------|
| Inscrits                                    | 1069       | 1129       | 1352       | 1515       |
| Présents aux trois épreuves                 | 478        | 515        | 507        | 529        |
| <b>Admissibles</b>                          | <b>151</b> | <b>155</b> | <b>155</b> | <b>162</b> |
| Barre d'admissibilité                       | 44,2/20    | 40,1/120   | 46,4/120   | 50,0/120   |
| Moyenne générale du candidat classé premier | 19,8/20    | 20/20      | 19,3/20    | 19,9/20    |
| Moyenne générale du dernier candidat reçu   | 9,4/20     | 8,7/20     | 9,5/20     | 9,1/20     |
| <b>Admis</b>                                | <b>78</b>  | <b>78</b>  | <b>72</b>  | <b>87</b>  |

### EPREUVES ECRITES

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

Moyenne sur 20 du dernier candidat admissible .....7,4 /20

| Nature de l'épreuve écrite | Moyenne des candidats ayant composé | Moyenne des candidats admissibles |
|----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Composition de physique    | 6,6/20                              | 10,9/20                           |
| Composition de chimie      | 7,6/20                              | 12,3/20                           |
| Problème de physique       | 5,5/20                              | 10,1/20                           |

### EPREUVES ORALES

| Nature de l'épreuve orale | Moyenne des candidats présents aux épreuves orales | Écart-type |
|---------------------------|--|------------|
| Leçon de physique         | 9,7/20   | 4,7        |
| Leçon de chimie           | 10,2/20  | 5,0        |
| Montage de physique       |  |            |

| Nature de l'épreuve orale | Moyenne des candidats admis | Écart-type |
|---------------------------|-----------------------------|------------|
| Leçon de physique         | 12,6/20                     | 3,8        |
| Leçon de chimie           | 13,1/20                     | 4,2        |
| Montage de physique       |                             |            |

**Répartition par date de naissance des candidats**

| Année de naissance | Nombre d'admissibles | Nombre d'admis |
|--------------------|----------------------|----------------|
| 1998               | 7                    | 5              |
| 1997               | 41                   | 37             |
| 1996               | 22                   | 14             |
| 1995               | 7                    | 5              |
| 1994               | 2                    | 1              |
| 1993               | 2                    | 2              |
| 1992               | 5                    | 2              |
| 1991               | 3                    | 1              |
| 1990               | 0                    | 0              |
| 1989               | 2                    | 1              |
| 1988               | 3                    | 1              |
| 1987               | 0                    | 0              |
| 1986               | 2                    | 0              |
| 1985               | 1                    | 1              |
| 1984               | 4                    | 1              |
| 1983               | 1                    | 1              |
| 1982               | 0                    | 0              |
| 1981               | 1                    | 0              |
| 1980               | 6                    | 1              |
| 1960 à 1979        | 42                   | 5              |

**Répartition par profession**

| Profession                       | Nombre d'admissibles | Nombre d'admis |
|----------------------------------|----------------------|----------------|
| Étudiant                         | 38                   | 27             |
| Élève d'une ENS                  | 45                   | 40             |
| Enseignants titulaires MEN       | 61                   | 8              |
| Enseignants stagiaires           | 2                    | 0              |
| Agents non titulaires MEN        | 3                    | 2              |
| Hors fonct. Publique/sans emploi | 2                    | 1              |

**Répartition par sexe**

|        | Nombre de présents<br>aux trois épreuves | Nombre d'admissibles | Nombre d'admis |
|--------|--|----------------------|----------------|
| Hommes | 350                                      | 116                  | 61             |
| Femmes | 128                                      | 35                   | 17             |

## **Épreuves d'admissibilité**

Les épreuves se sont déroulées du 11 au 13 mars 2020.  
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 2020

### I. Généralités

La composition de 2020 porte sur l'étude d'une lame piézoélectrique (polarisation, modélisation électrique) et deux de ses applications : l'oscillateur électronique pour l'obtention d'un temps horloger, et l'optique adaptative.

Dans une première partie, les équations couplant la charge du quartz à ses variations d'épaisseur et à la tension à ses bornes sont fournies, et le problème propose une étude électrique du quartz. On aborde le régime libre d'oscillation, puis le régime forcé : calcul de l'impédance, résonance, facteur de qualité.

La deuxième partie permet d'établir les équations constitutives fournies dans la première partie. Il s'agit d'abord de faire l'étude capacitive d'une lame diélectrique. Dans un second temps, on prend en compte la charge de polarisation due à l'étirement du cristal.

L'objectif de la troisième partie est de montrer que le quartz permet d'obtenir un oscillateur électronique de fréquence choisie. Pour cela, on étudie plus simplement un oscillateur à résistance négative, que l'on modifie pour exploiter l'important facteur de qualité de la résonance du quartz.

La quatrième partie aborde la formation des images par un télescope et leur perturbation par la turbulence atmosphérique. Cette étude est centrée sur la diffraction de la lumière par le télescope, que l'on peut caractériser par la réponse impulsionnelle de ce dernier. La turbulence atmosphérique, en modifiant la phase de l'onde, dégrade l'image ; la correction nécessaire est étudiée. On étudie enfin le principe de la correction par optique adaptative : principe de l'analyseur de surface d'onde, récupération d'un signal pilotant la déformation d'un miroir. Ce dernier point était largement laissé à l'initiative du candidat.

Les domaines de la physique abordés couvrent ainsi un large pan de connaissances attendues d'un candidat à l'agrégation :

- électricité, circuits électriques : modélisation du quartz et son insertion dans un circuit électronique oscillant à ALI (amplificateur linéaire intégré),
- électrostatique dans le vide et les diélectriques : condensateur dans le vide, charges de polarisation, condensateur avec diélectrique,
- optique géométrique et diffraction : diffraction par un instrument d'optique, par l'atmosphère, correction des fronts d'onde.

L'étude quantitative de ces phénomènes physiques nécessite la maîtrise des outils mathématiques habituels du physicien, notamment :

- équation différentielle d'ordre deux (linéaire, à coefficients constants) et les différents régimes associés : oscillant ou non, amorti ou amplifié,
- transformées de Fourier (un formulaire était fourni en fin d'énoncé),
- géométrie des rayons lumineux,

et, dans une moindre mesure :

- intégration, opérateurs différentiels,
- calculs sur les nombres complexes,
- application numérique et représentation graphique.

Notons tout de même que si quelques questions nécessitaient d'engager des calculs, elles n'étaient au final pas trop nombreuses, et les calculs attendus pas très compliqués.

### Qualités et défauts des copies

Le jury a eu le plaisir de lire un certain nombre de copies montrant une bonne maîtrise de physique et des qualités pédagogique : ce sont des copies bien présentées, bien argumentées, rigoureuses dans les calculs autant que dans la conduite de raisonnements.

Mais le jury a également lu des copies vraiment faibles, qui ne paraissaient pas correspondre à un candidat ayant préparé l'agrégation plusieurs mois. On a pu noter des déficiences surprenantes dans la connaissance du cours, ainsi que dans la maîtrise de l'expression, certaines phrases étant incompréhensibles ; à titre d'exemple : « Vue de l'infini le détecteur sensible d'une intensité uniforme d'où le considérer localement (section de détecteur) est plane. ».

Pour prétendre à une bonne copie, le jury conseille aux candidats de :

- bien lire l'énoncé avant de répondre à une question. Il est inutile de développer une longue démonstration si elle n'est pas demandée (par exemple établir des équations admises). À l'inverse, lorsque l'énoncé demande de « justifier » un fait, une simple paraphrase ou reformulation n'est pas une réponse acceptable.
- éviter les incohérences dans leurs réponses d'une question à l'autre.
- vérifier systématiquement l'homogénéité des expressions écrites.
- ne pas picorer dans l'épreuve quelques questions sans approfondir l'étude.
- soigner les applications numériques (nombre de chiffres, unités) et les graphes.
- s'exprimer dans un français clair et correct.
- écrire lisiblement et présenter clairement les réponses.

## II. Commentaires détaillés

**Q1.** Malgré l'affirmation claire de l'énoncé (« On admet pour l'instant les équations ») certains candidats ont cru bon de tenter de les démontrer. Cela n'a conduit qu'à des démonstrations superficielles doublées d'une perte de temps.

Le système (EC) est un ensemble de deux équations couplées sur les variables  $x$  et  $q$ . La tension  $u$  est imposée, pas nécessairement constante. Lorsqu'une équation reliant  $x$  à  $u$  est demandée, celle-ci ne doit plus contenir la variable  $q$ , à laquelle elle est couplée.

Lorsque le candidat dérive l'équation en  $x$  pour obtenir une équation en  $v$ , il est nécessaire de dériver également la grandeur  $u(t)$ .

**Q2.** La notion de stabilité est très fréquemment confondue avec celle d'équilibre.

Nous rappelons qu'un état d'équilibre (pour lequel le système est immobile,  $\dot{x} = 0$ ,  $\dot{x} = 0$ ) peut être stable ou instable.

Peu de candidats connaissent la règle concernant un système linéaire d'ordre deux : la stabilité est assurée si tous les coefficients de l'équation différentielle sont de même signe.

Si de nombreux candidats se souviennent qu'une équation différentielle linéaire d'ordre deux peut avoir des solutions amorties oscillantes ou non, peu ont conscience que ces solutions peuvent également être amplifiées.

**Q3.** Peu de bonnes réponses, en conséquence logique de Q2. Il n'était pas demandé ici de supposer  $u=0$ .

**Q4.** La plupart des candidats savent trouver les racines d'un polynôme du second degré (le discriminant est souvent calculé, son signe déterminé). Trop peu en revanche ont conscience que la solution en  $\sin(\omega_f t)$  est imposée par la condition  $v(0)=0$ .

Quelques copies sont parties de la solution de l'énoncé pour retrouver  $\tau$  et  $\omega_0$ .

Certains candidats parlent de résonance lorsque  $\omega_f = \omega_0$ . Cette notion est inappropriée en régime libre (et non forcé).

**Q5.** Nous conseillons aux candidats de bien lire la condition quantitative, et de ne pas confondre 5% et 95%. L'interprétation qualitative de  $Q$  en termes de nombre d'oscillations avant « extinction » est très peu connue des candidats, malgré son importance expérimentale.

**Q6.** Question bien traitée, aux erreurs de calcul près. C'est un exemple de calcul où la vérification de l'homogénéité de la formule finale est impérative.

**Q7.** Beaucoup de candidats pensent à identifier  $\underline{Z}$  et  $\underline{Z}_e$ , c'est la bonne méthode. Toutefois, cela conduit à identifier deux fractions rationnelles en  $\omega$ , et peu de candidats sont conscients que cela n'implique pas l'identité des coefficients, sauf si l'on impose l'un d'entre eux (valeur 1 par exemple).

Seules quelques copies présentent des résultats corrects pour les grandeurs  $C_p$ ,  $C_s$ ,  $L_s$  et  $R_s$ .

**Q9.** Question très peu abordée. Pourtant, le tracé qualitatif de  $Z$  était réalisable à partir de la question 8 uniquement.

L'écart entre  $\omega_s$  et  $\omega_p$  a souvent été confondu avec la largeur de la résonance.

**Q10.** Les candidats sont invités à bien lire l'énoncé : il est ici demandé de calculer le champ créé par un *plan* chargé, et non par un condensateur (abordé à la question suivante).

Dans les copies, l'analyse et l'obtention de  $E$  pour le plan infini est des plus variables, rarement complète et rigoureuse. Peu de candidats fournissent les expressions du champ de part et d'autre du plan (elles diffèrent par le signe). Enfin, lorsqu'il est demandé l'expression d'un champ électrique, c'est l'expression d'un *vecteur* qui est attendue, pas seulement sa norme. Cette question et les deux suivantes demandent d'établir des résultats très classiques (et pour ce qui est de Q12, donnés dans l'énoncé), il faut qu'ils soient démontrés avec toute la rigueur possible. Ce fut trop rarement le cas.

**Q12.** Quelques ambiguïtés relevées dans la définition du moment dipolaire, concernant le sens de  $p$ . Il est rappelé que  $+q$  peut être positif ou négatif.

**Q13.** Quelques démonstrations soigneuses et rigoureuses relevées. Mais dans l'ensemble, dans les copies traitant la question, peu de réponses valables sur l'apparition de  $\sigma_p$  et de  $\rho_p$ .

**Q14.** Le changement de signe imposé par le fait que le gradient est calculé par rapport au point du diélectrique et non par rapport au point extérieur n'a que trop rarement été justifié correctement. Soit il y a un changement de signe magique, soit le candidat trouve un signe opposé à ce qu'on propose et ne réagit pas.

**Q16.** Les sous-multiples sont parfois étonnamment mal connus. On rappelle que 1 picofarad = 1 pF =  $10^{-12}$  F.

**Q17.** Les réponses sont variables : généralement lorsque le mot barycentre est présent la réponse est complète et rigoureuse, lorsqu'il est absent la réponse est « vaseuse ».

**Q19.** Il est bon de savoir que l'équation de Maxwell-Gauss conduit à démontrer la discontinuité normale de  $\vec{D}$  et non de  $E$ . La justification du résultat par la nullité du vecteur déplacement dans le métal est souvent manquante.

**Q21.** Si la notion d'élasticité ou de raideur d'un ressort est relevée par de nombreux candidats, peu semblent connaître le module d'Young, utilisé pour un milieu continu.

**Q23.** La distinction entre énergie et puissance est parfois mal comprise.

**Q24.** Très faible proportion de copies avec une bonne réponse. La propriété  $\varepsilon = 0$  n'est vérifiée que pour un ALI idéal *en fonctionnement linéaire*. Le jury a noté de nombreuses confusions sur ce point.

**Q25.** L'utilisation du théorème de Millmann doit être assortie de précautions (on ne l'applique pas à la sortie de l'ALI, par exemple).

**Q27.** Quelques erreurs de calcul de module (qui ne relèvent pas de l'étourderie alors). Montrer que  $|Z|$  est minimal n'est pas équivalent à montrer que sa dérivée est nulle.

**Q29.** Dans cette application numérique, le nombre de chiffres significatifs est limité par la précision de  $Q$  et de  $R_3$ .

**Q30-31.** Questions peu abordées, bien qu'elles puissent être traitées indépendamment du reste du problème. Si une majorité de copies qui ont traité cette question l'ont bien fait, certaines montrent une incompréhension de l'énoncé, qui dit clairement que la bascule se fait « à chaque front montant ».

**Q32.** Question maltraitée et mal traitée. Les montages proposés ne sont pas précis sur la position des lentilles relativement à la source et à l'écran. Le jury tient à rappeler qu'un schéma optique avec des systèmes optiques doit comporter des rayons ; cela permet notamment de préciser les conjugaisons entre éléments du dispositif.

**Q33.** Le jury relève peu de soin dans les schémas réalisés. Pour le rayon de la tache centrale, trop de réponses en angle ou inhomogènes et/ou avec d'autres notations que celles de l'énoncé.

**Q35.** Pas assez de réponses correctes pour la différence télescope / lunette. Le fait que certains candidats pensent que l'on a intérêt à construire des petits télescopes plutôt que des grands laisse songeur quant à leur culture générale : n'ont-ils jamais vu une photo d'observatoire astronomique ?

**Q39.** Le changement de variable dans l'intégrale, lorsqu'il est réalisé par les candidats, ne rend pas compte de la dépendance  $\tau(-\lambda f_u, -\lambda f_v)$ . Trop souvent, les candidats mélangent fréquences spatiales et fréquences temporelles

**Q40-42.** Questions très peu abordées. L'axe des abscisses, gradué sur  $[-1,5;1,5]$  (donc avec des valeurs de  $u$  négatives) a induit en erreur certains candidats, qui ont considéré le filtre comme un passe-bande.

**Q43.** Il y a souvent confusion entre chemin optique et différence de marche.

**Q46-51.** Malgré leur extrême simplicité, ces questions n'ont été que très, très rarement traitées.

**Q47.** Peu de candidats répondent correctement à cette question de culture générale. Mieux vaut ne rien répondre, que des affirmations fantaisistes, comme les aurores boréales ou les étoiles filantes.

**Q52-55.** Cette partie d'optique géométrique aurait gagné à être plus abordée, car elle est moins calculatoire que d'autres.

**Q52.** Quelques candidats ont confondu le théorème de Malus relatif aux fronts d'onde et la loi de Malus relative à la polarisation.

**Q54.** Les constructions d'images, pourtant de base, sont trop rarement maîtrisées. Les surfaces d'onde sont absentes ou trop souvent fantaisistes. Certains candidats ne semblent pas oser dessiner des fronts d'onde circulaires sur les rayons lumineux d'un faisceau convergent.

**Q58.** Le jury n'a lu que très peu de propositions concrètes.

## Rapport sur la composition de chimie 2020

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 doit leur permettre d'adapter leur travail de préparation au concours. Le jury recommande aux candidats de consulter les rapports des années précédentes à l'adresse suivante : <http://agregation-physique.org>.

Le sujet est centré sur l'hydrazine et est divisé en cinq parties. La première partie (introduction) traite des aspects conformationnels et de la projection de Newman pour représenter les différents conformères de l'hydrazine obtenus par rotation autour de la liaison N-N. Dans une seconde partie, la synthèse de l'hydrazine selon le procédé de Raschig est abordée. Cette partie est l'occasion de traiter de l'efficacité massique de réaction (aspects environnementaux) et des diagrammes de phases. La troisième partie traite des aspects thermodynamiques de la décomposition de l'hydrazine. Elle interroge sur les notions fondamentales de thermodynamique chimique et permet de rationaliser, sur la base thermodynamique, l'utilisation de l'hydrazine comme ergol dans l'aérospatial. Cette partie aborde ensuite des aspects cinétiques de l'oxydation de la méthylhydrazine. La quatrième partie traite des propriétés réductrices de l'hydrazine et est l'occasion d'aborder les diagrammes potentiel-pH, la notion de solubilité d'un gaz ( $O_2$ ), la notion de passivation et des notions de cristallographie. Enfin, la cinquième partie est centrée sur l'utilisation de l'hydrazine ou ses dérivés en synthèse organique.

Les cinq parties sont indépendantes et ne sont pas à traiter obligatoirement dans l'ordre de l'énoncé. Elles permettent d'aborder des domaines variés de la chimie (représentation de Lewis, thermodynamique, cinétique, oxydoréduction, chimie organique etc.). Au sein de chacune des parties, les sous-parties et certaines questions sont également indépendantes les unes des autres. Le sujet renferme un certain nombre de questions classiques (énoncé de définitions, raisonnements classiques etc.), s'appuyant sur les connaissances exigibles des programmes de lycée et de classes préparatoires aux grandes écoles. D'autres questions plus ouvertes demandent la mobilisation des connaissances pour l'interprétation de documents ou de données expérimentales.

### Remarques générales

Le jury a observé de très bonnes copies de candidats qui maîtrisent aussi bien les concepts que les calculs accompagnant la résolution de certaines questions; le jury note également la présence de copies de niveau très inférieur aux exigences du concours.

Le jury note la présence de fautes de syntaxe et/ou de grammaire dans de trop nombreuses copies et rappelle que les candidats, futurs enseignants, doivent bien maîtriser la langue française. Ainsi les réponses aux questions doivent être rédigées, non seulement avec rigueur, mais également avec soin et clarté. Le jury a sanctionné certaines copies trop peu soignées ou mal rédigées.

### Introduction : la molécule d'hydrazine

**Question 1** : L'ordre de grandeur d'une liaison covalente n'est pas connu par une majorité de candidats.

**Question 2** : La justification de la valeur de l'angle HNH doit se rédiger sur la base d'un raisonnement qui établit, dans un premier temps, la figure de répulsion dans laquelle s'inscrit l'atome d'azote puis identifie le facteur qui modifie la régularité de ce polyèdre.

**Question 3** : La notion de minimum d'énergie peu profond pour la conformation décalée (information fournie dans l'énoncé) est rarement apparente dans les courbes représentées.

## A/ Synthèse et purification de l'hydrazine

**Questions 7 et 8 :** Si un tiers des candidats représente correctement l'allure du diagramme L/V demandé, l'application de cet outil à la compréhension du procédé de distillation est très rarement maîtrisée.

**Question 11 :** La détermination et l'utilisation de la variance et du nombre de degrés de liberté sont assez mal maîtrisées. Le jury rappelle que le calcul de variance doit s'appuyer sur le dénombrement des paramètres intensifs et des relations entre eux.

## B/ Décomposition de l'hydrazine

### L'hydrazine comme monergol dans l'aérospatial

Cette partie a été traitée très majoritairement par les candidats. Le jury déplore un nombre important de définitions approximatives ou fausses en réponse à la **question 12**. Dans la **question 13**, l'impression qui domine dans de nombreuses copies est celle d'une manipulation des données numériques de l'énoncé jusqu'à obtenir la valeur de l'enthalpie standard de réaction attendue. Ces copies souffrent d'un manque de rigueur dans l'écriture de l'équation associée à une enthalpie standard de liaison.

La discussion sur la stabilité de l'hydrazine (**question 16**) requiert un raisonnement basé sur la valeur de l'enthalpie libre de réaction ( $\Delta_r G = \Delta_r G^\circ + RT \cdot \ln Q_R$ ). Le jury précise à nouveau qu'une transformation peut être quantitative quelle que soit la valeur de sa constante d'équilibre (donc de la valeur de  $\Delta_r G^\circ$ ) et, inversement, ce n'est pas parce que la constante d'équilibre est « plus grande que  $10^4$  » que la transformation associée sera quantitative. Dans l'exemple de l'hydrazine, la valeur de  $\Delta_r G^\circ$  étant fortement négative à 298 K, on peut affirmer que le composé est thermodynamiquement instable dans les conditions usuelles (il faudrait que l'hydrazine soit stockée sous une pression de diazote ou/et de dihydrogène extrêmement élevée pour que le signe de  $\Delta_r G$  soit positif). L'instabilité énoncée par les candidats n'a été que trop rarement interrogée au regard de son utilisation comme monergol.

### Étude cinétique de l'oxydation de la méthylhydrazine

Dans cette partie, les tâches complexes nécessitent l'exploitation de données expérimentales. Les valeurs des concentrations et vitesses apparaissant dans les tableaux sont multipliées par une puissance de 10, facteur multiplicatif mal pris en compte par un certain nombre de candidats. Le jury attend dans les **questions 21, 24 et 26** une exploitation de l'ensemble des mesures expérimentales et, lorsqu'une modélisation est proposée, l'indication de la valeur du coefficient de corrélation pour conclure sur la validité du modèle. Le jury précise que la détermination de la valeur de l'ordre initial à la **question 24** ne peut se faire par une analyse des valeurs des temps de demi-réaction mais requiert l'exploitation des vitesses initiales. Pour la **question 25**, l'expression du temps de demi-réaction a été souvent établie en ne prenant pas en compte le nombre stœchiométrique égal à 2 pour le dioxygène. Ceci a conduit à un certain nombre d'erreurs dans le calcul de la constante de vitesse **question 26**.

## C/ Propriété réductrice de l'hydrazine

**Questions 30 et 31 :** Rares sont les candidats à établir un nombre d'oxydation en se référant au nombre d'électrons de valence de l'atome isolé. Le jury déplore que le lien entre structure électronique d'un atome et nombres d'oxydation extrêmes envisageables ne soit maîtrisé que par une minorité de candidats. Seul un exemple pour chacune des situations extrêmes (un composé présentant un atome d'azote dans son état d'oxydation le plus élevé et un composé présentant un atome d'azote dans son état d'oxydation le plus bas) était demandé **question 31**. Dans de nombreuses copies, une liste de composés azotés de divers nombres d'oxydation a été donnée en réponse à cette question.

**Question 34, 36 et 37 :** Le jury rappelle que les activités des espèces chimiques sont des grandeurs sans unité.

**Question 36** : La solubilité est souvent définie de façon incomplète (sans référence à un volume donné). Le jury a été surpris de lire de nombreuses équations de réaction erronées concernant la dissolution du dioxygène gazeux dans l'eau.

**Question 40** : Peu de candidats associent la passivation à un courant anodique nul.

**Question 41 et 42**: Dans de nombreuses copies, la réponse à la question 41 met en évidence les connaissances des candidats en cristallographie. Celles-ci sont cependant très rarement ou mal investies dans la résolution de la question 42.

#### **D/ Utilisation de l'hydrazine en synthèse organique**

**Question 47** : La détermination de la formule brute du composé B à partir de la représentation topologique a été source de nombreuses erreurs.

**Question 50** : Le rendement doit être calculé après identification de façon explicite du réactif limitant.

**Question 52** : Le jury rappelle que le thermomètre n'est pas d'usage dans un montage à reflux.

**Question 59** : Le classement des halogènes doit se justifier.

**Question 64** : La représentation de Cram est une représentation dans l'espace de la molécule. La mise en perspective des liaisons se fait en accord avec l'ordre de grandeur des angles de liaison.

**Question 68** : Il est précisé dans l'énoncé que la figure 6 donne le signal obtenu pour l'hydrogène lié au platine. Les hydrogènes aromatiques des groupements phényles donnent des signaux pour des valeurs de déplacements chimiques plus élevés et ne sont pas impliqués directement (ni indirectement) dans les signaux de la figure 6.

#### **Conclusion**

Comme pour les précédentes années, l'objectif de ce rapport est d'aider les futurs candidats, professeurs de demain, dans leur préparation au concours. Il souligne les erreurs communes à de nombreuses copies. Le jury tient aussi à féliciter les candidats qui ont su, dans leurs copies, faire état de connaissances solides dans les différentes parties de l'épreuve et mettre en œuvre leurs compétences en chimie. Un grand nombre de candidats ont vu leur investissement dans la discipline être ainsi récompensé.

## Rapport sur le problème de physique 2020

### Introduction

Ce problème avait pour objet l'étude de la physique des moteurs moléculaires biologiques, suivie d'un exemple de particule synthétique autopropulsée. Il était constitué de quatre parties, largement indépendantes.

### Structure et contenu du sujet

La première partie était consacrée à l'étude de la dynamique d'une particule dans un fluide visqueux. Dans un premier temps, le mouvement de chute libre en régime laminaire était abordé, avec une résolution analytique des équations du mouvement. Ensuite, le modèle était amélioré pour décrire le mouvement à nombre de Reynolds ( $Re$ ) quelconque, via une modélisation du coefficient de traînée  $C_x$  en fonction de  $Re$  dans le cas d'une sphère lisse. Une méthode graphique était introduite pour estimer la vitesse limite, suivie de l'analyse d'un protocole expérimental permettant la mesure d'un coefficient de viscosité à partir de la mesure d'une vitesse limite (contexte d'une expérience de TP). Un code Python était proposé afin d'analyser la pertinence des hypothèses émises dans le protocole expérimental utilisé. Enfin, des mesures expérimentales étaient données afin de discuter la possibilité ou non de conclure et valider la série de mesures, avec notamment la discussion des incertitudes et des paramètres expérimentaux optimaux pour une mesure précise. L'effet d'un biais expérimental, l'absorption d'eau atmosphérique par le glycérol, était discuté à partir des mesures expérimentales réalisées.

La seconde partie portait sur l'étude théorique et numérique du mouvement brownien. L'équation de Langevin était introduite et quelques résultats analytiques étaient présentés dans une première sous-partie. Ensuite, une étude numérique de cette équation était développée, avec notamment la problématique de la transposition numérique d'une force de Langevin, afin de proposer un algorithme permettant la simulation de trajectoires de particules browniennes en présence d'une force arbitraire dépendante du temps.

La troisième partie était consacrée à l'étude des mécanismes microscopiques permettant aux moteurs moléculaires de se déplacer dans le cytoplasme de cellules vivantes, plus spécifiquement dans le cas de la kinésine. Cette partie était en partie fondée sur l'étude d'un dossier scientifique, regroupant six documents de plusieurs natures, y compris des extraits d'articles de recherche scientifique. Les questions associées à l'étude de ce dossier scientifique nécessitant d'y consacrer un temps important ont été valorisées en conséquence. Des questions de modélisation, demandant une prise d'initiative de la part des candidats, étaient également présentes et ont été évaluées en prenant en compte le temps nécessaire pour les traiter correctement. Une discussion des résultats obtenus dans des articles de recherche mettait en œuvre une analyse des données issues de mesures de trajectoires stochastiques ne permettant pas d'analyse par ajustement selon une loi modèle déterministe. L'apport scientifique comparatif des différents travaux issus du document scientifique était également discuté, suivi d'une modélisation microscopique simple permettant de reproduire les observations expérimentales avec des paramètres obtenus par des mesures indépendantes.

Dans la quatrième et dernière partie, un exemple de micronageur artificiel, les particules de Janus, était développé et modélisé, après une brève section sur la pression osmotique comme préalable à l'étude, phénomène physique à l'origine de la propulsion pour de telles particules.

### Remarques et commentaires généraux

Ce sujet avait pour objectif la compréhension du mécanisme microscopique des moteurs moléculaires browniens. Les deux premières parties avaient pour objet l'introduction d'éléments théoriques associés, notamment le mouvement brownien. De nombreuses questions nécessitaient de mettre en œuvre de réelles compétences expérimentales (indépendamment de la maîtrise des gestes techniques), tant en ce qui concerne la démarche expérimentale même que pour l'exploitation de mesures. Il s'agissait notamment de :

- proposer une démarche expérimentale et discerner les hypothèses de validité du modèle associé (partie I.B.) ;
- définir des paramètres expérimentaux optimaux pour minimiser les incertitudes de mesures, et satisfaire les hypothèses sous-jacentes au modèle utilisé (partie I.B.) ;
- utiliser un code Python pour anticiper et illustrer numériquement les limites du modèle (partie I.B.) ;
- discuter de la validité d'un modèle à partir des résultats expérimentaux, en cohérence avec les incertitudes de mesures (partie I.B.) ;
- discuter la pertinence d'un modèle microscopique à partir d'estimations d'ordre de grandeurs (partie III.A.) ;
- extraire de l'information d'un dossier scientifique, contenant des résultats expérimentaux, pour proposer un modèle pertinent (partie III.A.) ;
- confronter cette modélisation aux mesures expérimentales pour le valider (partie III.B.).

D'importantes lacunes en terme de compétences expérimentales ont été constatées. Notamment, de nombreuses copies ont mis à jour une confusion entre la validité d'un modèle et l'importance des barres d'erreurs associées aux mesures. La plupart des candidats ont abordé correctement les huit premières questions.

L'analyse d'un dossier scientifique était proposée pour discuter le principe microscopique de fonctionnement d'un moteur moléculaire comme la kinésine. A partir de résultats expérimentaux, l'objet de cette partie consistait à la fois en la critique d'une première modélisation (moteur ditherme), la proposition d'un modèle à partir du dossier scientifique et sa confrontation aux résultats expérimentaux. Compte-tenu du temps nécessaire pour analyser le dossier, les questions correspondantes ont été valorisées en conséquence, comme cela était indiqué dans l'énoncé. Peu de candidats ont conduit une analyse satisfaisante de ce dossier. Il ne s'agissait pas simplement d'une lecture et de recherche d'information. Pour traiter correctement la partie III.A., le candidat devait également s'appropriier la problématique et les résultats obtenus dans les documents proposés, avec une réelle réflexion nécessaire pour aboutir à la compréhension du mécanisme de motricité. Les copies développant une telle réflexion de qualité ont été valorisées en conséquence. Peu de candidats ont fait preuve d'initiative concernant la question **Q38**, qui nécessitait de réaliser une critique du modèle et non de justifier sa validité (ce qui n'était pas le cas en l'occurrence). Cela nécessitait une démarche autonome du candidat, et une réelle capacité de modélisation, qui a été prise en compte en conséquence lors de l'évaluation.

Enfin, les mesures expérimentales proposées consistaient en des mesures de trajectoires stochastiques, ne pouvant pas être modélisées par une courbe théorique lors d'une réalisation unique. Il n'était pas possible de réaliser un ajustement pour analyser les mesures expérimentales. Une analyse statistique couplée à un traitement par FFT devait permettre d'extraire l'information utile.

### Commentaires question par question

#### Partie I : Frottements fluides et régime de Stokes

##### *A. Dynamique d'une particule dans un fluide visqueux*

**Q1** : Le nombre de Reynolds n'a été que trop rarement bien défini physiquement. Il ne faut pas confondre « utilité » d'une grandeur et son interprétation physique.

**Q2** : Trop souvent l'énoncé du théorème d'Archimède et l'expression de la poussée d'Archimède n'ont pas été maîtrisés.

**Q3** : Quelques candidats ont utilisé l'équation de Navier-Stokes alors qu'il s'agissait d'étudier la dynamique d'un point matériel.

**Q4** : Il convenait de vérifier l'homogénéité des grandeurs obtenues ; cela aurait permis à certains candidats de se rendre compte de leur erreur de calcul en **Q3**.

**Q5** : Certains candidats n'ont pas bien pris en compte les conditions initiales en  $t=t_0$  (et non  $t=0$ ).

**Q6** : Rappelons qu'une fonction d'un nombre sans dimension (mais pas seulement) n'est pas forcément elle-même sans dimension.

**Q7** : Il faut savoir que la surface apparente d'une sphère de rayon  $R$  est  $\pi R^2$  et non  $4\pi R^2$ .

**Q9** : Il convient d'utiliser un vocabulaire précis. Un régime turbulent n'est pas un régime « turbinare » par exemple.

**Q10** : Cette question n'a été que très rarement correctement discutée.

**Q11** : Cette question n'a été que rarement correctement abordée. Il ne fallait pas se placer dans la limite des régimes laminaires mais dans le cas général. Obtenir des vitesses de chutes de billes de plusieurs km/s devrait interroger les candidats.

#### *B. Détermination expérimentale d'un coefficient de viscosité dynamique*

**Q12** : Les conditions de cette expérience classique de lycée ne sont pas forcément bien connues d'un nombre conséquent de candidats, qui parlent d'effets de recirculation alors qu'ils omettent les hypothèses de stationnarité ou de vitesse limite atteinte et ne sont ensuite pas gênés de calculer des vitesses de plusieurs centaines de mètres par seconde en régime laminaire.

**Q13** : Il convenait de discuter l'importance de l'erreur commise en regard des incertitudes de mesures expérimentales.

**Q17** : Ce n'est pas parce que la bille est de rayon plus important que son repérage est plus difficile. L'incertitude est liée aussi à la durée totale mesurée (d'autant plus faible que la vitesse limite est importante). De trop nombreux candidats ont fait la confusion entre la validité des hypothèses d'un modèle et l'augmentation d'une incertitude de mesure. Les incertitudes n'augmentent pas parce qu'un modèle n'est plus valable (et vice versa).

**Q18** : La validation d'un modèle n'est pas liée à l'importance des incertitudes.

**Q19** : La viscosité d'un mélange glycérol-eau n'est absolument pas en relation affine avec la concentration en eau.

**Q20** : Cette question n'a été que très rarement bien abordée, mais a été valorisée en conséquence comme le précisait l'énoncé.

#### *C. Régime de Stokes*

**Q21** : Il n'est pas pertinent d'évaluer seulement le nombre de Reynolds pour justifier que l'on est dans le régime de Stokes.

### Partie II : Dynamique brownienne

#### *A. Equation de Langevin*

**Q25** : La notion de bruit blanc n'a été que rarement bien expliquée. Lors des tentatives d'explications, on peut noter une confusion entre constante et uniforme.

**Q26** : Dans le cas général, le gradient d'un potentiel n'est pas nécessairement dirigé selon le vecteur unitaire radial  $\vec{u}_r$ .

**Q27** : Cette question n'a été que rarement correctement abordée.

**Q28** : Une confusion entre la définition de  $D$  et la variance de la vitesse ( $\langle v^2 \rangle \neq 3D$ ) est apparue dans certaines copies.

**Q29** : Cette question n'a été que rarement abordée de manière rigoureuse.

**Q30.** : Peu de candidats ont commenté le résultat obtenu.

*B. Etude numérique de l'équation de Langevin*

**Q32.** : Cette question n'a été que rarement correctement abordée.

**Q34.** : Peu de candidats ont mis en avant un argument physique pour le choix de  $\Delta t$ , en lien avec le régime de Stokes abordé auparavant.

Partie III : Moteur brownien

*A. Etude expérimentale d'un moteur moléculaire intracellulaire : la kinésine*

**Q38.** : Il convenait de faire une discussion critique du modèle proposé et non de démontrer que ce dernier était adapté. Bien au contraire, il fallait montrer que le modèle n'était pas pertinent, à l'aide d'une modélisation simple de la situation physique proposée.

**Q39.** : Peu de candidats ont proposé un mécanisme correctement détaillé. La question a été valorisée de manière conséquente compte tenu de l'investissement qu'elle nécessitait pour la traiter correctement.

**Q40.** : Peu de candidats ont compris l'intérêt scientifique du Document n°5 par rapport au Document n°3.

**Q42.** : Cette question n'a été que rarement abordée.

*B. Modèle microscopique à sites discrets*

**Q47.** : Cette question n'a été que très rarement abordée.

Partie IV : Micronageurs artificiels

*A. L'osmose*

**Q48.** : La notion de potentiel chimique n'est que trop rarement maîtrisée.

**Q49.** : Beaucoup de candidats ont confondu une relation sur le potentiel chimique du solvant avec une relation sur les potentiels chimiques des solutés qui pourtant étaient absents du compartiment 1.

## **Épreuves d'admission**

Les épreuves se sont déroulées du 22 juin au 7 juillet 2020  
au lycée Marcelin Berthelot (Saint-Maur-des-Fossés).

## Rapport sur la leçon de physique

*Il est conseillé aux candidats de lire attentivement ce rapport ainsi que le rapport de la session 2019.*

Le candidat découvre le titre de la leçon à traiter le jour de l'épreuve orale. Depuis cette session 2020, ce titre ne fait plus partie d'une liste pré-établie publique. Le jury estime qu'un candidat à l'agrégation doit être capable, en 4 heures, de préparer une leçon sur un sujet de physique quelconque qui reste dans le cadre du programme de l'agrégation externe.

Cette évolution a eu un impact limité car les titres des sujets sont restés proches des attendus des sessions précédentes étant donné la situation sanitaire de cette année. La possibilité de proposer des sujets plus ouverts est à l'étude pour les sessions prochaines.

Cette évolution n'a pas semblé poser de problème particulier, la quasi totalité des candidats arrivant à présenter une leçon structurée traitant du sujet.

### Accès 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.

Tous les documents en accès libre sur internet peuvent être utilisés et présentés par le candidat, mais celui-ci doit veiller à bien s'approprier les documents en sélectionnant parmi le grand nombre de ressources accessibles. De plus il faut veiller autant que possible à ce que les documents utilisés s'insèrent correctement dans l'exposé de la leçon, cela nécessite parfois de retravailler ces documents ne serait-ce que pour garder des notations cohérentes...

Le jury tient à rappeler qu'on peut trouver en ligne des logiciels en libre accès très utiles au physicien comme par exemple pour tracer des rayons lumineux et aussi des sites qui présentent de très nombreuses simulations dans des domaines variés de la physique.

Si des simulations numériques sont utilisées, le jury attend que le candidat soit capable d'expliquer ce que réalise cette simulation, quelles sont les valeurs de paramètres utilisés, quel calcul y est effectué mais aussi que le candidat soit capable de discuter des résultats obtenus avec cette simulation, des effets des paramètres, de la précision obtenue...

### Déroulement de l'épreuve

Exceptionnellement cette année (en raison des contraintes sanitaires particulières), cette épreuve consistait en la présentation d'une leçon de 30 minutes au lieu de 40 minutes habituellement. Du fait de ces mêmes contraintes sanitaires, aucune présentation d'expérience n'était possible durant la leçon cette année alors qu'en temps normal le jury apprécie une ou des expériences de cours correctement choisies et maîtrisées quand le sujet de la leçon s'y prête. Néanmoins des questions d'ordre expérimental ont été évoquées, à bon escient, par des candidats, ou posées par le jury lors de l'entretien.

À l'issue de la présentation et pendant une durée maximale de 30 minutes (au lieu de 40 minutes habituellement), le jury s'entretient avec le candidat afin d'évaluer ses capacités pédagogiques et didactiques tout 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, les candidats ont accès à l'ensemble des documents d'une bibliothèque (uniquement sous forme numérique pour la session 2020), ainsi qu'à internet (cf. ci-dessus). Cette bibliothèque possède de très nombreux ouvrages, de tous niveaux.

En année « normale », c'est-à-dire sans les restrictions appliquées sur cette session 2020, 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'une webcam reliée au vidéoprojecteur.

#### 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.

Son format est très réduit dans la durée, il est illusoire de vouloir être exhaustif sur le format proposé de 40 minutes de présentation. Ceci était d'autant plus vrai lors de cette session 2020, au format réduit.

Le jury incite donc le candidat à réfléchir dès le début de sa préparation sur la meilleure manière de répondre au titre de la leçon. Il n'est bien entendu pas attendu par le jury une leçon « type » mais il est essentiel que ce qui est présenté corresponde au titre imposé.

Trop de candidats veulent absolument réaliser une leçon complète dans le temps imparti. Ce n'est pas ce qu'attend le jury et, dans la plupart des cas, c'est impossible à réaliser. Un plan détaillé et expliqué avec seulement quelques points développés (sans forcément effectuer tous les calculs en direct) peut constituer une bonne leçon si le candidat indique clairement ce qui est développé et ce qui ne le sera pas. Les candidats doivent pouvoir expliquer les choix qu'ils ont fait quant aux parties qui ont été développées et celle qui leur ont semblé moins pertinentes. Au cours de l'entretien, le jury se réserve le droit d'interroger le candidat sur les points non développés pendant la leçon.

D'autre part, certains candidats proposent des leçons qui ne sont pas à la hauteur des attendus de l'agrégation de physique. Même s'il est important d'introduire progressivement les notions à aborder, il est indispensable de bien cibler un niveau post-bac. Il est également souhaitable que les candidats se soient préparés à répondre à des questions qui prolongent le contenu de la leçon.

Le jury attend du candidat rigueur scientifique et cohérence des raisonnements. 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.

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 lors desquelles 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 très 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).

### Déroulé de l'exposé

- Début de l'exposé :

L'introduction doit reposer sur une contextualisation, qui n'est pas nécessairement une introduction historique : la présentation 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. Trop souvent ces objectifs n'apparaissent pas clairement au début ou au cours de la leçon.

Les prérequis doivent évidemment être maîtrisés. Il est essentiel que le plan apparaisse clairement au cours de la présentation, cela suppose d'en avoir préparé un.

Il n'est pas acceptable qu'une grande partie de la leçon soit consacrée à un point particulier faisant partie des prérequis.

- Le cœur de l'exposé :

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 souvent mal maîtrisés. La limitation de l'exposé à une durée de 30 minutes lors de la session 2020 ne semble pas avoir été correctement maîtrisée par des candidats qui au bout de 10 minutes d'exposé en sont encore à la présentation de notions préliminaires. Le retour d'une durée de leçon à 40 mn ne lève pas ce problème. Pour cette même raison de temps limité, le candidat sera amené à ne pas développer l'intégralité des calculs envisageables, pour tenir le format imposé. Comme on l'a déjà dit, des choix devront être justifiés, choix et raisons de ces choix 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. Toute grandeur présentée doit être accompagnée de son unité. De même des ordres de grandeur sont bienvenus quand ils sont contextualisés.

Le candidat ne doit pas oublier qu'il présente une leçon de physique, cela suppose que des raisonnements physiques doivent être correctement effectués en direct. Par exemple une leçon dans laquelle un bilan (d'énergie, de matière, de masse ...) est nécessaire doit comporter ce bilan effectué proprement pendant l'exposé ou tout du moins lors de l'entretien. Le candidat ne pourra se contenter de donner l'équation finale résultant de ce bilan et/ou d'enchaîner des calculs sans faire d'analyse physique.

De même la détermination d'une grandeur caractéristique d'un phénomène, ou d'un nombre sans dimension caractéristique, doit s'accompagner d'un commentaire physique. Par exemple obtenir une longueur capillaire et ne pas dire à quoi elle correspond, à quoi on doit la comparer n'apporte pas grand-chose dans une leçon de physique.

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

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.

- 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) et/ou des applications.

Il ne s'agit pas dans ces 5 minutes d'accélérer le rythme pour absolument mettre dans la leçon ce qui était prévu. Mieux vaut s'attacher à conclure proprement. Un plan au préalable affiché permettra au jury, si besoin, de revenir sur les parties qui n'auront pas pu être abordées.

- Illustrations expérimentales :

Le jury n'a pas de commentaires à faire sur ces illustrations absentes exceptionnellement de la session 2020. Cependant certains candidats ont choisi de présenter des vidéos d'expériences disponibles sur internet. Cela était un choix pertinent à condition d'être capable de bien expliciter l'expérience projetée et que celle-ci s'insère correctement dans le déroulé de la leçon.

De manière générale, 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.

### **L'entretien avec le jury**

Outre les aspects strictement disciplinaires, sur lesquels portent la majorité 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.

C'est aussi au cours de cet entretien que le jury peut vérifier que certains calculs, non développés pendant la leçon, sont effectivement maîtrisés par le candidat.

Ces questions ne doivent pas être perçues par le candidat comme une remise en cause de ce qui a été présenté et le candidat ne doit pas s'étonner de l'absence de réaction du jury qui n'est pas là, pendant ce temps très court de l'entretien pour lui indiquer si ce qu'il dit est correct ou erroné. Une absence d'approbation du jury ne doit pas désarçonner le candidat.

De manière générale, le jury attire l'attention du candidat sur le fait que la perception globale de l'épreuve peut être grandement affectée par l'entretien, qui peut amener le jury à corriger fortement son appréciation de l'exposé.

## Rapport sur la leçon de chimie

*Le présent rapport concerne les épreuves de la session 2020.*

*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].*

Cette année, en raison des contraintes sanitaires liées au COVID-19, la partie « exposé de la leçon » a été réduite à 30 min.

Pour la session 2021, le format et le fonctionnement de la leçon de chimie sera conforme à celui de la session 2019. Le jury conseille aux candidats de consulter les rapports antérieurs à celui-ci (disponibles à l'adresse suivante : <http://agregation-physique.org>).

### **Déroulement de l'épreuve**

Après une **préparation de 4 heures**, le candidat dispose de **30 minutes 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 30 min.

L'entretien porte sur les connaissances scientifiques ainsi que sur les choix de structuration, de présentation et d'illustrations de la leçon faits par le candidat.

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 eu, cette année, accès à une bibliothèque numérique contenant des ouvrages du secondaire et du supérieur (pas de mise à disposition de livres en raison des contraintes sanitaires).

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/>.

Le jury a apprécié la bonne utilisation de l'outil internet pour la préparation et l'illustration des leçons. Le jury rappelle qu'il peut questionner chaque choix 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. Cette année, les expériences ne pouvaient pas être réalisées de manière authentique mais elles restaient nécessaires pour introduire ou illustrer les notions abordées dans la leçon. Les expériences présentées dans ce cadre doivent avoir **un intérêt didactique pour la leçon** et être exposées 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.

### ***La présentation***

**L'exposé est limité à 30 minutes.**

**Le jury conseille aux candidats de se détacher au maximum de leurs notes** pour une présentation plus fluide.

Le contenu des documents numériques doit être vérifié et adapté au niveau de la leçon. Cette réflexion montre l'aptitude du candidat à juger de la pertinence des informations accessibles sur internet.

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 exposées ainsi qu'à leur compréhension.

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.

**Pour être complète et évaluée en conséquence, une leçon doit être illustrée à l'aide de l'exposé d'expériences adaptées**. Le jury a apprécié la diversité et la qualité des supports utilisés.

Les candidats ont exposé et exploité des expériences de façon satisfaisante malgré l'impossibilité de les réaliser. Le jury souhaite souligner les efforts fournis par les candidats pour s'adapter à la situation très contrainte de cette session.

**L'utilisation d'outils numériques est appréciée mais elle ne doit pas se substituer complètement au tableau noir, qui reste un outil pédagogique**. Par conséquent, le jury déconseille fortement de se limiter à commenter un document projeté sur lequel l'intégralité de la leçon est rédigée.

**Le jury attire l'attention des futurs candidats sur la mise en place des nouveaux programmes de terminale à la rentrée 2020**. Il appartient aux candidats de se référer aux programmes officiels et d'être vigilants aux capacités exigibles décrites dans les documents. Avoir une vision globale des programmes permet d'inscrire sa leçon dans une démarche d'apprentissage progressive.

### **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 dont le niveau peut être différent de celui de la leçon. 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.

#### **Echange 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 2020 au lycée général et technologique et en CPGE, **de nouveaux programmes entrant en vigueur pour les classes de terminale générales et technologiques à la rentrée de septembre 2020.**

## Rapport sur le montage de physique

Pour des raisons sanitaires liées à l'épidémie due à la COVID-19, l'épreuve de montage de la session 2020 a été supprimée. Elle sera rétablie pour la session 2021 dans les conditions de la session 2019 avec ouverture à Internet pendant la préparation et la présentation devant le jury et la possibilité pour le jury, lors de l'entretien, de proposer une activité d'ordre expérimental, non préparée, au candidat.

Le jury invite les candidats à relire avec attention le rapport 2019.

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.**

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

## Leçons de physique 2020

Depuis la session 2020, le jury ne publie plus de liste de leçons. Le titre de la leçon est 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.

## 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.*

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**

Pour des raisons sanitaires liées à l'épidémie due à la COVID-19, l'épreuve de montage de la session 2020 a été supprimée.

## **Sujets des épreuves orales de la session 2021**

## **Leçons de physique 2021**

Depuis la session 2020, le jury ne publie plus de liste de leçons. Le titre de la leçon est 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 2021

*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. Liaisons chimiques (Lycée)
2. Énergie chimique (Lycée)
3. Structure spatiale des molécules (Lycée)
4. Acides et bases (Lycée)
5. Oxydants et réducteurs (Lycée)
6. Chimie analytique quantitative et fiabilité (Lycée)
7. Évolution spontanée d'un système chimique (Lycée)
8. Cinétique et catalyse (Lycée)
9. Synthèse chimique : aspect macroscopique et mécanisme réactionnel (Lycée)
10. Séparations, purifications, contrôles de pureté (Lycée)
11. Distillation et diagrammes binaires (Lycée)
12. Caractérisations par spectroscopie en synthèse organique (Lycée)
13. Stratégie de synthèse (Lycée)
14. Molécules d'intérêt biologique (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 2021

(sans changement par rapport à 2019)

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.**

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.