

**Concours : Agrégation externe**

**Section : Physique-chimie**

**Option : Physique**

**Session 2022**

**Rapport de jury présenté par :  
Laurence Rezeau,  
Présidente du jury**

## Table des matières

Avant-propos .....	3
Réglementation de la session 2023 .....	5
Informations statistiques .....	6
Épreuves d'admissibilité .....	8
Rapport sur la composition de physique 2022 .....	9
Rapport sur la composition de chimie 2022 .....	15
Rapport sur le problème de physique 2022 .....	19
Épreuves d'admission.....	21
Rapport sur la leçon de physique 2022.....	22
Rapport sur la leçon de chimie 2022.....	27
Rapport sur le montage de physique 2022 .....	30
Sujets des épreuves orales de la session 2022 .....	34
Leçons de physique 2022 .....	34
Leçons de chimie 2022 .....	41
Montages 2022.....	45
Épreuves orales de la session 2023 .....	47
Leçons de physique et de chimie.....	47
Montages.....	47

## Avant-propos

Le concours de l'agrégation a pour objectif de recruter des enseignants possédant une excellente maîtrise à la fois disciplinaire, didactique et pédagogique, ainsi que de très bonnes aptitudes à communiquer.

Le nombre de postes ouverts à la session 2022 du concours de l'agrégation externe de physique-chimie option physique, 78, est stable depuis plusieurs années. Après délibération le jury a estimé que le niveau des candidats était suffisant pour pourvoir l'ensemble des postes et ajouter 5 noms en liste complémentaire.

Le nombre de candidats ayant composé aux trois épreuves écrites s'établit en 2022 à 459, valeur presque identique à celle de l'année précédente (463). Les 152 candidats admissibles se partagent entre étudiants (57% des admissibles) et professeurs stagiaires, certifiés ou professeurs de lycée professionnel (39%), environ 3% des admissibles étant sans emploi ou hors de la fonction publique. 78% des étudiants admissibles ont été admis alors que c'est le cas de seulement 12 % environ des professeurs déjà en activité et admissibles. A cette session encore, les candidats étudiants réussissent beaucoup mieux que ceux qui sont déjà enseignants. Le concours permet donc bien de recruter de nouveaux enseignants et ne joue un rôle de promotion professionnelle d'enseignants en poste que pour une minorité d'admis (9 %).

La proportion de femmes parmi les admis est de 14 %, semblable à la proportion de femmes admissibles (13 %). La proportion de femmes chez les candidats ayant présenté les 3 épreuves d'écrit est de 17%, chiffre très inférieur à ceux des années précédentes (environ 25%). La proportion de candidates a fortement diminué pour une raison qui nous est inconnue.

Le jury a eu le plaisir d'évaluer, durant les épreuves écrites et orales, des prestations d'excellente qualité. 14 candidats ont obtenu une moyenne générale supérieure à 15/20.

Une modification importante des épreuves orales est intervenue à cette session notamment en ce qui concerne les règles d'accès à internet. Pour l'épreuve de montage, l'accès à internet a été limité à une liste fermée (<https://agregation-physique.org/sites-internet-accessibles-en-montage/>), incluant une banque de documents déposés par les préparations. Cette banque de documents a été modérée par le jury et mise à disposition des candidats à partir du 10 mai. En parallèle l'augmentation de la liste des montages a permis d'améliorer significativement la variété des présentations auxquelles le jury a assisté à sa grande satisfaction.

En ce qui concerne les leçons, l'accès à internet est resté ouvert à tous les sites ne nécessitant pas d'identification personnelle, conduisant certains candidats à l'utiliser à nouveau pour préparer des bases de documents personnels plus ou moins encyclopédiques. Pour mémoire (voir le rapport de l'an dernier recopié ici), le concours de l'agrégation a pour objectif de recruter les futurs enseignants les meilleurs possibles, mais il n'est pas une fin en soi. Donc bien « préparer » ne signifie pas bien préparer le concours, mais bien se préparer à son futur métier d'enseignant, lequel nécessite toujours d'adapter son cours aux changements de programmes, aux variations du public et aux circonstances du moment tout en ayant une vision claire des objectifs pédagogiques visés et des priorités du message à faire passer aux élèves. La conséquence de ce constat est qu'il ne suffit pas d'avoir accès à un réservoir encyclopédique de documents prêts à servir en épreuve pour faire une bonne présentation : le jury a pu assister à des prestations catastrophiques préparées de cette façon, comme à des présentations satisfaisantes. La clef du succès est donc de présenter des contenus que l'on maîtrise et que l'on a pu s'approprier pendant la période de préparation au concours. L'utilisation, durant le temps de préparation de l'épreuve, de documents personnels préparés à cette unique fin pose un évident problème éthique mais questionne également la nature de la préparation au concours qui ne saurait mettre les outils du XXI<sup>ème</sup> siècle au service d'un bachotage modernisé. Les compétences « faire partager les valeurs de la République » ou « agir selon des principes éthiques » sont plus que des objets formels d'interrogation posés en fin de leçon de chimie, elles doivent guider le comportement des futurs professeurs que sont les candidats au concours de l'agrégation. Le jury ne peut que les inviter à se poser les bonnes questions pendant leur(s) année(s) de préparation au concours.

En conséquence des observations qui viennent d'être faites, le jury a décidé de modifier à nouveau les modalités d'accès à internet durant la préparation des épreuves de leçon. Cet accès sera limité pour

les deux épreuves de leçons. La liste des sites autorisés sera publiée sur le site <https://agregation-physique.org/> début 2023, sur le même principe que pour le montage. Le jury n'autorisera plus les candidats à apporter de documents personnels. Comme en 2022, les titres de leçons de physique et de chimie ne seront pas diffusés à l'avance, ils pourront comme cette année comporter un « passage obligé ». Enfin, la physique et la chimie étant des sciences expérimentales, les candidats sont incités très fortement à présenter au moins une expérience en leçon de physique et plusieurs expériences en leçon de chimie.

Le programme de la session 2023, que l'on trouvera sur le site [devenirenseignant.gouv.fr](https://devenirenseignant.gouv.fr), s'inscrit dans la continuité de celui de la session 2022. En complément de ce programme, les candidats trouveront dans ce rapport les évolutions prévues pour les différentes épreuves ainsi que la liste 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 montage comme en leçon, 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 et les précédents : ils rassemblent de précieux conseils donnés par le jury et constituent ainsi des instruments pouvant contribuer à leur réussite. La plupart sont repris sur le site internet <https://agregation-physique.org/> qui doit constituer un outil de travail pendant l'année de préparation.

Laurence Rezeau  
Professeure à Sorbonne Université, Présidente du jury

## **Réglementation de la session 2023**

Les textes officiels régissant les concours du second degré sont consultables sur le site internet du ministère de l'éducation nationale, <https://www.devenirenseignant.gouv.fr>.

Les programmes et les modalités de la session 2023 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 (douze femmes et douze hommes) et rassemble un inspecteur général de l'éducation du sport et de la recherche, deux professeures des universités, un directeur de recherche CNRS, six maîtres de conférences des universités ou équivalent, un chargé de recherche CNRS, un inspecteur territorial (IA-IPR), six professeurs de chaires supérieures et six 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.

Cette année le jury a eu la possibilité d'établir une liste complémentaire comportant 5 candidats.

	2022	2021	2020	2019
Inscrits	1073	1073	1069	1129
Présents aux 3 épreuves (compris étrangers <sup>1</sup> )	456	463	478	515
<b>Admissibles</b>	<b>152</b>	<b>150</b>	<b>151</b>	<b>155</b>
Barre d'admissibilité	42/120	42,95/120	44,2/120	40,1/120
Moyenne générale du candidat classé premier	18,9/20	19,8/20	19,8/20	20/20
Moyenne générale du dernier candidat reçu	8,9/20	8,5/20	9,4/20	8,7/20
<b>Admis</b>	<b>78</b>	<b>78</b>	<b>78</b>	<b>78</b>

### EPREUVES ECRITES

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

Moyenne sur 20 du dernier candidat admissible : 7/20

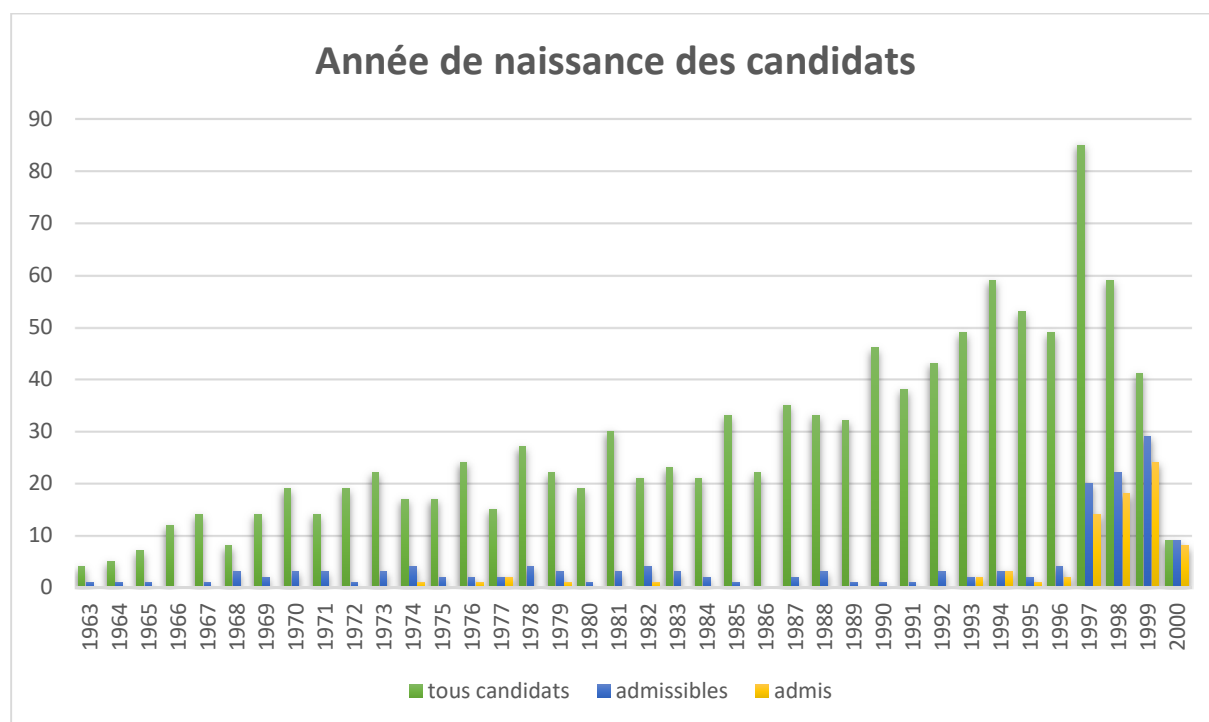
Nature de l'épreuve écrite	Moyenne des candidats ayant composé	Moyenne des candidats français admissibles
Composition de physique	6,6/20	10,7/20
Composition de chimie	7,6/20	12,4/20
Problème de physique	5,5/20	9,7/20

### EPREUVES ORALES

Nature de l'épreuve orale	Moyenne des candidats présents	Ecart-type	Moyenne des candidats admissibles	Ecart-type
Leçon de physique	9,3/20	4,6	12,0/20	3,9
Leçon de chimie	10,5/20	4,7	13,0/20	4,1
Montage de physique	9,5/20	4,6	11,8/20	3,9

<sup>1</sup> Les candidats à l'agrégation tunisiens et marocains composent le même écrit, ils ont un oral distinct.

### Répartition par date de naissance des candidats



### Répartition par profession

Profession	Nombre d'admissibles	Nombre d'admis
Étudiant hors ENS	30	18
Élève d'une ENS*	57	50
Enseignants titulaires MEN	55	7
Enseignants stagiaires MEN	3	0
Enseignants non titulaires MEN	2	0
Hors fonct. Publique/sans emploi	5	3

\* Elève d'une ENS doit être compris au sens « inscrit dans une préparation à l'agrégation d'une ENS », et ne se limite pas aux élèves fonctionnaires stagiaires d'une ENS.

### Répartition par sexe des candidats français

	Nombre de présents aux trois épreuves	Nombre d'admissibles	Nombre d'admis
Hommes	274 (83%)	133 (87 %)	67 (86 %)
Femmes	55 (17%)	19 (13 %)	11 (14 %)

## **Épreuves d'admissibilité**

Les épreuves se sont déroulées du 7 au 9 mars 2022.

L'intégralité des sujets des épreuves écrites d'admissibilité sont consultables sur le site internet du ministère de l'éducation nationale, « [devenirenseignant](#) ».



## Rapport sur la composition de physique 2022

### Présentation du sujet

La composition de 2022 porte sur les vitrages d'habitation. Cette thématique permet d'aborder des domaines de la physique très variés :

- l'électromagnétisme : la première partie (questions de 1 à 10) porte sur la propagation de la lumière dans le verre, l'obtention d'un indice complexe pour cette propagation, le caractère transparent du vitrage selon la longueur d'onde, pour aboutir à la loi de Cauchy dans le visible ;
- l'optique géométrique, (questions 11 à 18) en revenant sur la mesure de cet indice grâce à un goniomètre ;
- les lois locales et macroscopiques de la conduction électrique (questions 19 à 21) ;
- les ondes sonores (questions 22 à 28, 31 à 35) ;
- la mécanique (questions 4, 34, 39 et 40, 43) ;
- la thermodynamique (questions 29 et 30 sur le caractère isentropique d'une onde acoustique dans l'air, partie III questions 45 à 47 pour un modèle d'évolution d'une fissure dans un vitrage).

### Outils mathématiques utilisés

L'étude quantitative de ces phénomènes physiques nécessite la maîtrise des outils mathématiques usuels du physicien (l'énoncé rappelait les relations nécessaires), notamment :

- opérateurs différentiels ;
- calculs sur les nombres complexes ;
- développements limités ;
- applications numériques et représentations graphiques ;
- et, dans une moindre mesure : géométrie des rayons lumineux, équations différentielles d'ordre un et deux (linéaire, à coefficients constants).

Notons tout de même que les questions nécessitant d'engager des calculs n'étaient pas nombreuses et espacées dans l'énoncé. Les calculs attendus n'étaient pas très compliqués (avec en plusieurs endroits des relations intermédiaires en appui).

### Typologie des questions

L'énoncé permet d'évaluer la maîtrise par les candidats de compétences variées.

Les questions sont parfois posées de façon traditionnelle, le candidat étant alors guidé dans une réflexion au long cours (l'interrogation des hypothèses d'un modèle, l'établissement des résultats de ce modèle, sa validation expérimentale : questions 1 à 18 par exemple).

Mais d'autres interrogations sont plus ouvertes (ces questions sont repérées dans le texte de la composition), demandent de la prise d'initiative ou mettent le candidat en situation de futur enseignant. Ce dernier doit alors mener une réflexion en autonomie, depuis l'analyse du problème jusqu'à la discussion de sa résolution, comme à la question 19 ; ou bien établir les éléments structurants d'un exposé (questions 29, 31).

Enfin, les questions 15 à 18 s'appuient sur un code Python fourni pour interroger la méthode mise en œuvre et les résultats fournis par ce code. Ces compétences font pleinement partie des qualités attendues d'un candidat à l'agrégation de Physique ; le jury a d'ailleurs constaté avec plaisir qu'un nombre significatif de candidats s'est approprié ces nouvelles méthodes. Cette dynamique doit être maintenue.

### Qualités et défauts des copies

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

Mais il a également lu des copies vraiment faibles, qui ne paraissaient pas correspondre au niveau d'un candidat ayant sérieusement préparé l'agrégation. On a pu noter des déficiences surprenantes dans la connaissance élémentaire du cours, ainsi que dans la maîtrise de l'expression, qualité essentielle attendue d'un futur enseignant.

Il est regrettable d'autre part que les compétences d'analyse de problème et surtout de validation des résultats soient si mal maîtrisées ou mobilisées par les candidats. C'est le cas de la compétence de validation que l'on doit souvent mettre en œuvre, lors de la discussion critique du résultat d'une application numérique par exemple par exemple.

Certaines méthodes de base utilisées en physique sont particulièrement mal maîtrisées. C'est le cas des points suivants, qui figurent dans les rapports antérieurs, mais qui restent d'actualité :

- avant de se lancer dans un bilan (force ou énergie), il est attendu que les candidats précisent, en plus du système étudié, le référentiel d'étude et sa nature galiléenne ou pas ;
- les angles d'une figure doivent être orientés ;
- la manipulation des opérateurs d'analyse vectorielle, qui reste élémentaire, demande de la rigueur (des vecteurs ne doivent être égalés à des scalaires) ;
- des expressions non homogènes ne peuvent être tolérées ;
- les applications numériques doivent être fournies avec un nombre raisonné de chiffres significatifs (ce que beaucoup de copies semblent totalement ignorer malheureusement), et les unités doivent être explicitées (la mention « USI » à chaque obstacle ne convient pas).

Une présentation soignée et claire est une condition nécessaire de réussite d'une épreuve. Une expression correcte et précise en français est également nécessaire (les candidats ne devraient pas utiliser la formulation « on a que » qui est incorrecte ou « on voit que » en commentaire d'une figure). Enfin, il faut rappeler que si un candidat ne répond pas explicitement à la question posée, le correcteur ne le fera pas pour lui, même si tous les éléments de la réponse sont présents sur la copie.

### **Éléments statistiques détaillés de la session 2022**

- la partie I représente 44 % du barème total, mais en moyenne 34% des points obtenus dans les copies. La partie II représente 46% du barème, 16 % des points obtenus ; enfin la partie III 10 % du barème, mais 23% des points dans les copies.
  - les strictes applications numériques correspondent à environ 6 % du total des points possibles.
  - les questions portant sur les incertitudes et leur discussion (Q14 et questions « Python Q15 à Q18) comptent pour environ 8 % du barème mais 13% des points en moyenne dans les copies qui les abordent.
  - enfin, les questions ouvertes (Q1, 28, 29 & 31), représentent 15 % du barème, et environ 18 % en moyenne dans les copies qui les abordent (relativement peu nombreuses).
- Enfin ; la réalisation correcte de 72 % de la composition a permis d'avoir la note 20.

### **Conseils aux candidats**

Pour réussir l'épreuve de composition de physique, 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, comme dans la question 22 de ce sujet). À l'inverse, lorsque l'énoncé demande de « justifier » un fait, une simple paraphrase ou reformulation n'est pas une réponse acceptable ;
- vérifier systématiquement l'homogénéité des expressions écrites et la cohérence mathématique (en distinguant en particulier vecteur et scalaire, norme et projection). Notons que seules les calculatrices « collègue » ou les calculatrice placées en mode examen sont autorisées pendant l'épreuve ;
- soigner les applications numériques (nombre de chiffres significatifs adapté, unités, commentaire) et les graphes (titre, tracés des axes à la règle, grandeurs et unités portées, points caractéristiques) ;
- s'exprimer dans un français clair et précis ; écrire lisiblement et présenter clairement les réponses. Le jury a systématiquement sanctionné les copies qui n'avaient pas suivi ces conseils déjà donnés précédemment ;
- ne pas délaissé les questions à prise d'initiative : elles activent des compétences variées, nécessitent un effort d'organisation de sa pensée et de la réponse fournie et ce faisant, témoignent des qualités attendues d'un professeur de physique. Le barème valorise significativement les réponses, qui sont davantage jugées sur la qualité de la démarche que sur l'exactitude du résultat. Dans une question de cette nature, il est judicieux d'explicitement le paramétrage choisi pour mener le raisonnement (système de coordonnées, noms donnés aux variables) afin de rendre le développement plus facilement compréhensible. Il est indispensable de commenter le(s) résultat(s) du modèle choisi.
- dans le cas où la discussion scientifique s'appuie sur des documents (graphe, texte), il faut donner du sens à l'étude de ces derniers et revenir sur eux dans le cadre de la validation (ou non) d'un résultat trouvé. Lorsque on en extrait une information, par exemple une valeur numérique d'un graphe, il est important d'explicitement, le cas échéant, la manière dont on procède.

### Commentaires détaillés :

*Première partie :* C'est en toute logique celle qui a été la plus traitée, la fréquence de réponse diminuant au fur et à mesure de l'avancée dans le sujet, avec de bons résultats sur les strictes questions de restitution de connaissances, et au contraire une baisse significative des réponses exactes aux quelques questions plus analytiques. Les candidats ont su tirer parti de blocs de questions cohérentes entre elles (Q15 à 18 par exemple)

**Q1.** La connaissance des équations de Maxwell est incontournable, le jury a été surpris du nombre de mauvaises réponses. La manipulation des opérateurs vectoriels nécessite de la rigueur dans l'écriture (flèches sur les vecteurs, égalité de deux vecteurs ou de deux scalaires, mais pas d'un vecteur avec un scalaire...).

**Q2.** Le nombre de copies définissant correctement les 4 termes est très décevant (15 % environ). Une phrase précise et rigoureuse est attendue pour chaque mot utilisé dans une définition. Rappelons que la définition d'un diélectrique ne se résume pas à celle d'un isolant.

**Q3.** Les ordres de grandeur sont d'une grande importance en physique. Cette question a été plutôt bien menée dans l'ensemble.

**Q4.** Comme rappelé dans les commentaires généraux, l'écriture d'une équation du mouvement commence par une définition précise du système, du référentiel d'étude et d'un bilan d'actions (40 % des copies seulement). Trop peu de copies (19%) prennent la peine (même par une phrase) de considérer le poids de l'électron, puis son caractère négligeable devant les autres forces. Si  $\omega_0$  et  $Q$  ont des expressions souvent correctes, leur signification clairement énoncée est plus rare.

**Q5.** Globalement le passage en complexe n'a pas posé problème (plus de la moitié des 465 copies satisfaisantes).

**Q6.** Le rappel dans l'énoncé de  $\rho_{pol}$  et  $\vec{J}_{pol}$  a permis à de nombreux candidats d'avancer de manière satisfaisante.

**Q7.** L'énoncé demandait d'établir la relation de dispersion, pas de la donner sans démonstration.

**Q8.** Mathématiquement, il faut éviter de définir  $n$  comme la racine carrée d'un nombre complexe... Une réponse quantitative était attendue : à partir d'une expression littérale du champ électrique  $\vec{E}$ , il faut dégager en peu de phrases claires la signification physique de  $n_1$  et  $n_2$ .

**Q9.** Une argumentation précise (qui s'appuie sur la réponse à Q8) était attendue en interprétation de cette figure. On doit éviter les formulations du type « on a... », « on voit que... », qui masquent trop souvent un manque de rigueur et de clarté dans la formulation de la réponse.

**Q10.** Très peu de réponses (5%) complètement satisfaisantes à cette question. Le point de départ s'appuie sur un indice  $n$  réel dans le visible (Conclusion de Q9 présente dans l'énoncé), puis le constat  $\omega \ll \omega_0$  dans cette gamme de longueurs d'ondes, et enfin un calcul par développement limité bien mené.

**Q11.** La méconnaissance généralisée du goniomètre est des plus surprenantes ! Il ne fait aucun doute pourtant que les candidats ont rencontré ce dispositif dans leurs études de physique, dans l'année de préparation à l'agrégation a fortiori. La surprise éventuellement provoquée par la question ne doit pas pour autant donner lieu à des réponses extravagantes (« I est un pied à coulisse ») : il importe de fournir une réponse intelligible (sur le réglage des éléments concernés par exemple).

**Q12.** Le schéma attendu nécessite des angles orientés, qui permettent des relations rigoureuses (algébrées).

**Q13.** Peu de copies fournissent au moins un argument satisfaisant ! (précision de la mesure par exemple) Au-delà, il importe de formuler une réponse claire et concise.

**Q14.** Là encore, le nombre de copies (10%) fournissant une réponse correcte à cette question simple

est surprenant ; il s'agit de l'application numérique d'une relation fournie ! On regrettera donc les angles mal convertis en radians, le nombre de chiffres significatifs aberrant, voire la présence d'une unité d'angle au résultat de  $\frac{\Delta n}{n}$ . Un tel calcul numérique est parfaitement faisable avec une calculatrice « collègue ».

**Q15.** Si le nombre global de réponses est très encourageant pour les compétences numériques, une bonne part des copies n'a pas su formuler clairement l'action de la ligne 17.

**Q16.** Trop peu de réponses satisfaisantes (les écarts sont de signe variable, les ordres de grandeurs des écarts à la courbe interpolée sont ceux de Q14).

**Q17.** De la même façon, beaucoup de réponses convenables, ce qui montre que les candidats se sont appropriés ces capacités numériques. Cependant, comme pour les autres questions, il faut veiller à répondre précisément à la question.

**Q18.** Idem. Gare à l'oubli ou l'inadaptation des unités pour B et son incertitude (en  $\mu\text{m}^2$  donc), et les chiffres significatifs doivent être cohérents avec ceux de la figure 4. Il est important de stipuler comment les valeurs de B et  $n_0$  ont été lues sur les graphes fournis. Si l'identification de la ligne de code définissant le nombre d'itérations employées est très souvent correcte, l'effet d'une multiplication par 10 l'est beaucoup moins.

**Q19.** Malheureusement abordée par peu de copies (10 %), ce qui est regrettable sur une question très ouverte comme celle-ci, et que le barème valorise. Le jury tient à signaler à ce propos qu'une réponse complètement satisfaisante (rencontrée dans 2% des copies...) rapportait plus d'un point sur 20 ! On attend du candidat qu'il organise sa réponse en combinant un (des) schéma(s), des notations explicitées, des connaissances amenées à bon escient, un modèle avec des hypothèses, un développement, des commentaires critiques du résultat...

**Q21.** Peu de copies ont abordé cette question, mais avec celles qui l'ont fait ont rencontré un certain succès. La donnée d'une constante de temps grâce à la figure 9 doit être éclairée par une méthode de détermination de cette constante de temps.

*Partie 2 :* comme attendu, le changement de thématique a permis à des nombreux candidats de se relancer (90% l'ont abordée), les premières questions standards (de connaissance au sens large) sont suivies du développement analytique d'un modèle d'atténuation dans un vitrage, peu abordé dans l'ensemble.

**Q22.** Abordée par une grande majorité des copies du fait du changement de partie et de thématique, cette question a rarement été intégralement bien traitée ; il s'agit pourtant là d'un point standard de l'acoustique. Trop de copies ne respectent pas les notations imposées par l'énoncé, et plusieurs se lancent dans l'établissement de l'équation de propagation, explicitement non demandé.

**Q23.** Trop de copies développent un modèle isotherme de la célérité du son dans les gaz parfaits. L'application numérique, souvent associée, devrait alors déclencher un commentaire critique d'écart à la valeur usuellement connue de  $340 \text{ m.s}^{-1}$ , valeur qu'on peut considérer comme faisant partie de la culture de base d'un professeur de physique.

**Q24.** Le jury a été surpris du grand nombre de réponses inexactes, voire fantaisistes (1/4 de réponses correctes seulement); il était attendu une référence à la linéarité des équations de l'acoustique et à la théorie de Fourier.

**Q25.** La valeur numérique de l'impédance acoustique doit bien sûr être accompagnée de son unité.

**Q26.** La réponse doit être complète et précise. « Le vecteur de Poynting caractérise le transport de

Agrégation externe de physique-chimie option physique, session 2022  
l'énergie acoustique » ne suffit pas.

**Q27.** Souvent réussie par les candidats ayant une définition correcte de l'impédance acoustique.

**Q28.** C'est là une question de validation, par 3 applications numériques : on attend alors une expression littérale de la grandeur calculée, son application numérique avec un nombre de chiffres significatifs adapté et son unité, le commentaire final de validation de l'approximation acoustique. On regrette le manque de cohérence trop souvent observé : des copies après une célérité obtenue avec une hypothèse isentropique, calculent l'ordre de grandeur de l'amplitude de l'onde en température avec une hypothèse isotherme...

**Q29.** Il faut faire preuve de pédagogie, avec un fondement scientifique explicite. Il faut énoncer les hypothèses, la loi de Fourier, donner les grandes lignes qui mènent à l'équation « de la chaleur » (en évitant un vocabulaire tel que « bilan de chaleur », ...)

**Q30.** Si le passage à une équation en constantes caractéristiques est commun, le choix de la longueur d'onde comme longueur caractéristique est lui souvent problématique : c'est pourtant sur la longueur  $\lambda$  qu'il faut comparer constante de temps de l'onde acoustique (sa période donc) et constante de temps de conduction thermique.

**Q31.** Schéma et hypothèses sont attendus ici. Peu traitée, la question, restitution classique de connaissance, était valorisée par le barème.

**Q32.** La comparaison de  $\lambda$  et  $e$  l'épaisseur de la lame de verre impose de choisir la célérité de l'onde acoustique dans le verre.

**Q33.** Peu de réponses valables : l'identité de pulsation et de direction de propagation ont trop souvent donné lieu à des réponses sans contenu, et l'écriture des couples (pression, vitesse) est souvent incomplète (erreurs de signe notamment, absence des impédances acoustiques).

**Q34.35** Questions analytiques très peu traitées.

**Q36.** Le tracé d'un graphe nécessite de la rigueur, et un maximum d'informations doit être porté (directement sur le graphe ou en commentaire).

**Q37.** Trop de réponse se bornent à énoncer que « la pression est constante car il s'agit d'un gaz ». Les candidats oublient alors qu'on étudie la propagation d'ondes sonores, et confondent avec un gaz au repos dans un récipient.

**Q38.** Peu abordée malheureusement, aucune copie n'obtient les deux équations du mouvement des vitres.

**Q39.** Abordée par quelques dizaines de copies, cette question donne lieu à des réponses fort variables. L'écriture rigoureuse de l'allongement d'un ressort, et de la loi du mouvement sont trop souvent déficientes.

**Q40.41.42** Peu abordées, ce qui est assez logique dès lors que ces questions concluent l'étude acoustique et s'appuient sur les précédentes, analytiques.

*Partie 3 :* Elle concluait l'étude en s'intéressant aux propriétés mécaniques du verre. Ici encore, elle a permis à de nombreux candidats de s'exprimer du fait de son changement de thématique.

**Q43.** Souvent traitée, mais presque toujours incomplètement : le coefficient de Poisson doit servir à négliger la non prise en compte d'une variation de section lors de la traction.

**Q44.** Correctement traitée à quelques exceptions près.

**Q45.** La réponse demande rigueur et organisation des arguments (deux principes de la thermodynamique rigoureusement écrits, etc). La paraphrase du résultat «  $G$  ne peut que diminuer »

ne constitue pas un argument convaincant.

**Q46.** Réponses contrastées... Des candidats ont compris les termes proposés et savent les commenter.

**Q47.** La stabilité d'un équilibre n'est pas  $G = 0$ , trop souvent lu. Toutefois de nombreuses copies répondent correctement à cette question finale.

## Rapport sur la composition de chimie 2022

Le sujet de la composition de chimie est consacré à l'élément europium. La première partie aborde les propriétés des lanthanides, utilisant notamment leur configuration électronique et étudiant leur position dans le tableau périodique. La deuxième partie traite des propriétés oxydo-réductrices de l'euporium (+II) : elle aborde la structure de l'état solide, la thermodynamique et la cinétique. Enfin, la troisième partie étudie les complexes de l'euporium (+III), par la synthèse de ligands organiques et la séparation de l'euporium lors de processus d'extraction liquide-liquide.

Les trois parties et de nombreuses questions sont indépendantes, permettant aux candidates et candidats de reprendre le cours du sujet. La répartition des points par le barème utilisé pour l'évaluation des copies est la suivante :

- Environ 40 % des points sur des questions de cours ou d'application immédiate (questions **1, 2, 3, 10, 11, 12...**) ;
- Environ 10 % des points sur des calculs (questions **16, 29...**)
- Environ 50 % des points sur l'exploitation, l'interprétation et l'analyse de modèles (questions **5 à 9, 24 à 26, 28, 30 à 32...**)

Les connaissances sont donc indispensables pour bien réussir la composition de chimie car aucun raisonnement ne peut se développer sans les notions de base des niveaux de l'enseignement secondaire et des deux premières années post-bac. Par exemple, il est impossible de conduire un raisonnement en chimie moléculaire sans maîtriser le modèle de Lewis (question **34**). Mais il est par ailleurs indispensable d'aller au-delà de ces connaissances en ne considérant pas la chimie et son enseignement comme un ensemble d'application de recettes et de « règles ». Cette discipline nécessite de permanents allers-retours entre niveaux microscopique et macroscopique de description de la matière, mais aussi entre le monde des objets, des faits et des expériences, et le monde des concepts, des modèles et des théories. Les candidats ne peuvent donc pas se contenter de plaquer des réponses automatiques s'appuyant sur des « règles » (« stabilité des couches demi-remplies » par exemple) pour répondre à des questions qualitatives, qui nécessitent des argumentations précises fondées sur des résultats expérimentaux ou des modèles.

Ainsi, le sujet comporte une « question ouverte » (question **9**) sur la façon de découper le tableau périodique pour y intégrer les lanthanides dans le cadre d'un hypothétique tableau à 32 colonnes. Le poids donné à cette question dans le barème (9 % du total) correspond à une durée de réflexion et de rédaction d'environ une demi-heure. Cette question nécessite une bonne maîtrise des concepts de configuration électronique et de construction du tableau périodique mais aussi la capacité d'exploiter des faits expérimentaux et d'établir un lien entre ces concepts et ces faits.

De façon générale, le jury note les difficultés des candidats à se défaire d'habitudes de « réponses automatiques », échouant à résoudre des questions nécessitant une compréhension plus profonde. C'est notamment visible aux questions **7** (idée trompeuse de « stabilité » d'un ion par rapport à un autre), **26** (conditions pour définir une vitesse de réaction) et **28** (fausse « rapidité » d'une étape d'un mécanisme par rapport à une autre). Les candidats ne doivent pas se sentir forcés de répondre ce qu'ils croient être attendu d'eux et ils doivent réaliser que parfois, la réponse-sacrilège « je n'ai pas les éléments pour répondre » est possible, comme aux questions **5** (impossibilité de prévision de l'état d'oxydation +III pour l'ensemble des lanthanides) et **26** (impossibilité de définition d'une vitesse de réaction).

### Remarques spécifiques aux questions

#### *Partie 1 – Les lanthanides et leur place dans le tableau périodique*

Question **1** : le xénon n'a été identifié comme atome dont la configuration constitue la configuration de cœur des lanthanides que dans la moitié des copies. Pourtant, des candidats qui ont commis des erreurs à cette question ont répondu correctement à la question **6**, où cette notion de configuration de cœur revenait.

Question **2** : si la plupart des candidats ont bien identifié les trois atomes dont les configurations sont « irrégulières au sens de la méthode de Klechkowski » (La, Ce, Gd), les explications n'ont pas toujours été très claires. Il fallait brièvement expliciter l'irrégularité : cette méthode prévoit que la sous-couche 4f est intégralement remplie avant la sous-couche 5d.

Question **3** : question de connaissance pure bien traitée dans 89 % des copies.

Question 4 : premier exemple de question qualitative nécessitant une argumentation simple mais rigoureuse, cette question n'a été bien traitée que dans 23 % des copies. De nombreux candidats affirment de façon péremptoire une inégalité entre  $E^\circ(\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+})$  et  $E^\circ(\text{Ln}^{4+}/\text{Ln}^{3+})$ , le jury soupçonnant qu'ils s'en remettent au hasard sur son sens, d'autres se lancent dans des explications alambiquées sur le remplissage des niveaux électroniques ne répondant pas à la question. La justification à partir « des seules informations » précédant l'énoncé de la question (donc sans faire appel à des notions de couches vides ou pleines) fait appel à la facilité de formation de  $\text{Ce}^{4+}$  à partir de  $\text{Ce}^{3+}$ , donc au plus faible pouvoir oxydant du premier et/ou au plus fort pouvoir réducteur du second.

Question 5 : devant l'absence de particularité commune de l'état d'oxydation +III pour tous les lanthanides, quelques candidats ont « nié » l'information fournie par l'énoncé (« non, l'état d'oxydation +III n'est pas courant ») et seulement 27 % ont osé la réponse « non, cette prévision est impossible ».

Question 6 : paradoxalement, cette question a été mieux traitée que la question 1, la plupart des candidats identifiant l'état +IV comme correspondant à la perte des électrons de valence du cérium et la difficulté à arracher un électron de cœur.

Question 7 : cette question a montré l'attachement des candidats à des « règles » sans réfléchir à leur signification et à leurs hypothèses, travail de réflexion essentiel pour de futurs enseignants. Les stabilités de deux entités ne peuvent être comparées que si elles contiennent les mêmes particules, ce qui est impossible avec  $\text{Eu}^{2+}$  et  $\text{Eu}^{3+}$  qui ne comptent pas autant d'électrons. De même, si la « règle de Hund » stipule la stabilité d'une configuration où tous les spins sont parallèles, elle ne le fait que par rapport à une configuration où autant d'électrons n'ont pas tous le même spin : une couche à moitié remplie ne peut donc pas être « plus stable » qu'une couche avec un nombre d'électrons différent. L'affirmation de l'étudiant fictif cité par l'énoncé est un exemple d'application erronée de ce faux critère de stabilité des couches à moitié remplies : l'enthalpie de formation de l'atome d'azote (à sous-couche 2p à moitié remplie) est supérieure à celle de l'atome d'oxygène, l'atome N « paraît » donc paradoxalement moins stable que l'atome O. Cette comparaison n'a en fait pas de sens puisque la référence d'énergie ( $\frac{1}{2} \text{N}_2(\text{g})$  et  $\frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g})$ , états standard de référence des deux éléments) de ces deux enthalpies n'est pas la même : ces données (exactes) ne traduisent que les différences d'enthalpies de dissociation entre  $\text{N}_2$  et  $\text{O}_2$ .

Question 8 : seulement 12 % des candidats ont détecté le problème de placer **quinze** éléments sur la même ligne alors que le bloc f ne devrait en compter que **quatorze**.

Question 9 : cette question était affichée comme nécessitant des argumentations précises et approfondies, le barème lui attribuait 9 % de la totalité des points de l'épreuve ; elle a été abordée par 60 % des candidats. L'énoncé guidait les candidats dans leurs argumentations en distinguant les configurations électroniques et les propriétés expérimentales. Le jury a été bienveillant en récompensant les candidats ayant au moins entrevu les éléments de discussion opportuns : ceux ayant abordé la question ont obtenu en moyenne 40 % des points qui lui étaient attribués ; le rapport de son écart-type à sa moyenne valant 0,64, elle a été discriminante. Les deux propositions de tableau périodique à 32 colonnes permettent de constituer un bloc f à quatorze colonnes, mais borné différemment : de Ce à Lu pour la proposition A, considérant La comme un élément du bloc d, en vertu de sa configuration électronique, mais coupant alors le bloc d en deux ; de La à Yb pour la proposition B, appliquant la méthode de Klechkowski et considérant donc la configuration d<sup>1</sup> du lanthane comme une irrégularité. Peu de candidats ont su exploiter les informations du tableau 2, qui donnait les évolutions classiques de propriétés expérimentales au sein de colonnes du bloc d, ce qui permettait de constater qu'une colonne Sc-Y-Lu (proposition B) était beaucoup plus cohérente avec les évolutions dans le bloc d qu'une colonne Sc-Y-La (proposition A). Certains candidats ont vu les évolutions des propriétés expérimentales mais n'ont pas su en tirer les conclusions pour choisir entre les propositions A et B.

## Partie 2 – Propriétés oxydo-réductrices du couple $\text{Eu}(\text{III}) / \text{Eu}(\text{II})$

### 2.A. Oxydes d'euprium

Question 10 : cette question a été globalement bien traitée ; le jury a pu observer quelques faces de cubes rectangulaires plutôt que carrées, l'erreur la plus fréquente étant l'oubli de l'ion europium au centre de la maille.



Agrégation externe de physique-chimie option physique, session 2022

Question **11** : il s'agissait ici d'utiliser la masse volumique fournie pour déterminer le paramètre de maille. Des candidats ont exploité les rayons ioniques, qui étaient indiqués ensuite, leurs raisonnements ont été comptabilisés dans la question **13**.

Question **12** : cette question de cours a donné lieu à beaucoup de discussions assez vagues qui ne décrivaient pas toujours la **liaison** à l'état solide.

Question **13** : le parfait accord entre les rayons ioniques et le paramètre de maille expérimental ainsi que la grande différence d'électronégativité entre Eu et O permet de conclure sur l'adéquation de la description par le modèle ionique.

Questions **15** à **17** : la distinction entre constante d'équilibre et quotient de réaction n'est pas toujours claire. Ces calculs classiques de thermodynamique ont en général été bien conduits, aux quelques étourderies habituelles près (unités et signes). Certains candidats, surpris par les valeurs pourtant justes des pressions d'équilibre qu'ils ont obtenues, ont rayé leurs résultats, signalant une probable faute de calcul... Cette discussion sur la valeur des pressions correspondantes était l'objet de la question **17**.

### 2.B. Cinétique de la réduction de l'acide pyruvique par l'ion $\text{Eu}^{2+}$

Question **19** : cette détermination très classique de constante d'équilibre d'équation d'oxydo-réduction a été réussie par 60 % des candidats.

Question **20** : peut-être emportés par la question précédente, beaucoup de candidats ont invoqué un argument thermodynamique pour un phénomène purement cinétique, lié à la molécularité trop élevée de l'équation (E3).

Question **21** : à la surprise du jury, cette question d'application immédiate d'une définition n'a été bien traitée que par 45 % des candidats, un facteur  $\frac{1}{2}$  inopportun étant introduit dans l'expression de la vitesse de consommation de  $\text{Eu}^{2+}$ .

Question **24** : les réponses ont parfois été confuses, il fallait simplement signaler le large excès des réactifs autres que  $\text{Eu}^{2+}$ , permettant de considérer leurs concentrations comme constantes au cours de la transformation.

Question **25** : un facteur  $\frac{1}{2}$  faux a pu apparaître à cause de l'erreur à la question **21**, le jury a compté comme justes les réponses cohérentes. À cette question, une fois la relation affine entre  $1/[\text{Eu}^{2+}]$  et  $t$  établie, il est possible d'effectuer une régression linéaire de  $1/[\text{Eu}^{2+}]$  en fonction du temps dont le coefficient directeur donne  $k_{app}$  ou de montrer que la valeur de  $k_{app}$  à chaque date du Tableau 5 est constante. Il faut de plus veiller à la cohérence de l'unité de  $k_{app}$ , qui a provoqué quelques erreurs.

Question **26** : très peu de candidats ont vu que définir une vitesse pour la réaction (E3) suppose qu'aucun intermédiaire ne s'accumule, hypothèse pas encore effectuée à ce stade.

Question **27** : peu de candidats ont réalisé que l'entité  $\text{pyrH}$  est forcément radicalaire, d'où un schéma de Lewis pratiquement toujours faux. C'est d'ailleurs parce que  $\text{pyrH}$  est un radical que cette espèce est très réactive et donc consommée dès qu'elle est formée.

Question **28** : malgré la formulation de l'énoncé qui incitait les candidats à être critiques sur cette expression « l'étape 3 est rapide », peu de candidats ont réalisé qu'elle ne pouvait pas l'être davantage que l'étape 2, dont elle consomme un produit. Une formulation possible est que cette étape est « facile » ou qu'elle se produit à la même vitesse que l'étape 2.

Question **29** : cette application de l'approximation des états quasi-stationnaires a en général été convenablement traitée, même si certains candidats ont dû utiliser des moyens illicites pour retrouver le facteur 2 de (R1).

## Partie 3 – Complexes de l'euporium (III)

### 3.A. Synthèse de complexes de l'euporium (III) à ligands organiques

Question **34** : placée en début de troisième partie, cette question très simple sur les schémas de Lewis a été abordée par 87 % des candidats. Dans ces copies, c'est la structure du peroxyde d'hydrogène qui a été le plus fréquemment exacte (94 %), devant l'ion peroxy-nitrite (67 %), l'ion nitrate (56 %) et enfin l'ion superoxyde (28 %), dont la nature radicalaire a posé problème. La bonne maîtrise de formalisme de Lewis est indispensable à tout enseignant et c'est la base des raisonnements de chimie organique.

Question **35** : le rôle basique du carbonate de potassium a souvent été identifié, mais celui de solvant de l'acétonitrile et d'électrophile de **2** beaucoup moins.

Question **36** : les signaux *a* et *d* du groupe éthyle ont été les plus souvent identifiés. Une étrange erreur a été récurrente dans la répartition des signaux *b* et *c* des groupes méthoxyle (les trois  $H^b$  correspondent au groupe  $OCH_3$  « central ») : l'interprétation d'un spectre de RMN doit toujours débiter par l'identification des protons « équivalents ».

Question **37** : alors que l'énoncé commençait par « en expliquant le but des deux opérations », des candidats ont indiqué leurs propositions sans aucun commentaire, ce qui ne leur a valu aucun point, qu'elles soient justes ou pas.

Question **38** : la protonation de l'ion carboxylate se produit à un pH inférieur au  $pK_a$  du couple correspondant mais un milieu trop acide peut provoquer une ouverture de la lactone ou une activation électrophile d'un des groupes  $C=O$ .

Question **40** : à part pour quelques candidats qui ont effectué directement le rapport des masses, le calcul du rendement était juste, mais le fait que **3** était limitant par rapport à la soude a été rarement vérifié.

Questions **41** et **43** : les mécanismes de chimie organique ont en général été écrits convenablement dans le tiers de copies ayant abordé ces questions, à condition de respecter le formalisme (doublets en nombre nécessaire et suffisant, flèches partant de doublets...).

Question **42** : peu de candidats ont signalé l'absence d'information sur les concentrations et compris que ce réactif n'était pas spécifique de l'ion superoxyde.

Question **44** : peu traitée. La synthèse de Williamson et l'amidification ont souvent été vues, mais la saponification des groupes  $CO_2Et$  issus de **10** a été fréquemment omise.

### *3.B. Séparation des terres rares par extraction liquide-liquide à l'aide de complexes*

Question **49** : très peu de candidats ont proposé la dimérisation de l'acide par liaison hydrogène.

Question **50** : l'expression de  $C_{aq}$  a en général été correcte, il a souvent manqué le facteur 2 devant  $[(RH)_2]$ , que certains candidats semblent avoir opportunément ajouté après avoir lu la relation (R3) fournie en question **53**.

Le jury souhaite que ce rapport soit utile aux futurs candidats pour les guider dans leur préparation : c'est un travail de longue durée dont il connaît l'ampleur et la difficulté. Il n'exige pas d'eux des connaissances exhaustives sur tous les domaines de la chimie, qui ne constitue pas leur discipline de spécialité. En revanche, il attend d'eux la maîtrise solide des concepts de base et la capacité à les utiliser dans des contextes divers. Divers à la fois par les domaines de la chimie abordés et par la typologie des questions posées, plus ou moins guidées, plus ou moins ouvertes.

Le jury félicite enfin les candidats ayant atteint ces objectifs, auteurs d'excellentes copies, alliant la maîtrise profonde des concepts et la grande qualité de la réflexion personnelle, ce qui leur assure dans un premier temps une très bonne note à cette épreuve puis leur garantit le recul nécessaire pour enseigner la chimie avec plaisir et transmettre à leurs futurs élèves le goût, les modes de réflexion et de raisonnement.

## Rapport sur le problème de physique 2022

Présentation du problème Le problème de physique avait pour thème les champs magnétiques en astrophysique. Il était composé de trois parties complètement indépendantes et d'une annexe comportant valeurs numériques, rappels et formules utiles.

La première partie abordait la propagation d'une onde électromagnétique dans le milieu interstellaire, modélisé comme un plasma de densité uniforme. Dans une première section (I.A), ce plasma était supposé sans champ magnétique, ce qui permettait de traiter le problème classique de la dispersion en introduisant la pulsation plasma. Une application était proposée au cas de la dispersion d'un pulse électromagnétique issu d'un pulsar, en exploitant un diagramme temps-fréquence. Cette étude de document a été plutôt bien réussie par les candidats qui l'ont abordée. Elle permettait d'obtenir une estimation de la "densité de colonne" des électrons et de la distance du pulsar (Q11). Au passage, il était demandé aux candidats d'expliquer pourquoi ces objets en rotation rapide devaient nécessairement être très denses, en invoquant l'équilibre entre gravitation et force centrifuge, et de proposer une comparaison à même de faire saisir à des élèves à quel point ces objets sont denses (Q7). Ces deux questions, testant l'aptitude des candidats à la modélisation, à l'exploitation des documents, et à l'aspect pédagogique de leur futur métier, étaient valorisées en conséquence. Dans la seconde section de cette partie (I.B), le plasma était supposé magnétisé, et les relations de dispersion pour les ondes électromagnétiques polarisées circulairement droite et gauche étaient fournies. Il s'agissait pour les candidats de réaliser que la polarisation linéaire de l'émission du pulsar pouvait s'écrire comme superposition de ces deux types de polarisation, et d'en déduire le phénomène de rotation Faraday dû à la composante du champ magnétique interstellaire sur la ligne de visée. Une application était proposée permettant d'estimer l'intensité de ce champ magnétique et d'en discuter la géométrie à grande échelle. Peu de candidats ont traité cette application.

La deuxième partie abordait le phénomène de polarisation linéaire de la lumière des étoiles (initialement non polarisée) induite par l'extinction différentielle subie au travers d'un nuage de poussières non-sphériques, statistiquement alignées dans le champ magnétique. Dans une première section (II.A), un traitement très simplifié du problème du transfert de rayonnement était proposé. Cela se ramenait pour l'essentiel à la loi de Beer-Lambert mais en traitant séparément les composantes du champ électrique parallèle et perpendiculaire à l'axe des grains, pour lesquelles les sections efficaces d'absorption sont différentes. Les candidats devaient notamment étudier différents modèles de complexité croissante (grains immobiles perpendiculaires à la ligne de visée, grains immobiles inclinés par rapport à la ligne de visée, grains en rotation dans le plan du ciel ou dans un plan perpendiculaire) pour estimer la "fraction de polarisation" induite en sortie du nuage de poussières. Il fallait en conclure que les grains tournant dans le plan du ciel ne provoquent pas de polarisation nette (Q24), au contraire des grains tournant dans un plan perpendiculaire (Q25). Il était également proposé d'exploiter plusieurs courbes données dans l'énoncé pour aboutir à une estimation de la taille des grains de poussière. Dans la seconde section (II.B), on abordait la question de l'alignement statistique des grains dans le champ magnétique, indispensable à l'apparition d'une polarisation. On commençait par justifier, via un argument énergétique, que le vecteur rotation des grains s'aligne perpendiculairement à l'axe des grains, puis on justifiait que le vecteur rotation s'aligne avec le champ magnétique. On aboutissait, en combinant les résultats de ces deux sections, au fait que la polarisation n'apparaît que dans le cas où le champ magnétique présente une composante dans le plan du ciel, et qu'alors la direction de polarisation donne la direction de cette composante, ce qui devait permettre de discuter du document présenté en Q32.

La troisième et dernière partie abordait le rôle du champ magnétique dans la formation des étoiles. La première section (III.A) permettait de montrer que la force de Lorentz magnétique par unité de volume, apparaissant dans l'équation d'Euler, comporte une composante dite de "pression magnétique" et une autre dite de "tension magnétique", dont on faisait comprendre la signification physique au travers de deux situations simples. Dans la seconde section (III.B), on appliquait le théorème du viriel pour comprendre le double rôle du champ magnétique dans la formation stellaire. D'abord comme support contre l'effondrement gravitationnel, puisque la pression magnétique vient s'ajouter à la pression du fluide et que l'hypothèse du "flux gelé" impose l'augmentation de cette pression magnétique lors de la contraction d'un nuage préstellaire. On devait ainsi mettre en évidence un rapport critique entre masse du nuage et flux magnétique, au-delà duquel ce nuage devait s'effondrer. Il était alors demandé aux candidats de justifier pourquoi ce rapport pouvait augmenter au cours du temps, du fait de la diffusion ambipolaire. Le second rôle du champ magnétique était ensuite abordé, en faisant réaliser aux candidats que l'effondrement gravitationnel devait nécessairement se heurter à une barrière centrifuge,

que la tension magnétique se charge de surmonter en évacuant le moment cinétique vers l'enveloppe du nuage.

### Remarques sur le traitement du problème

La première partie est celle qui a été le plus traitée par les candidats, puisque seules 13 copies ne l'ont pas abordée, alors que les parties suivantes ont été négligées par près de 80 copies chacune (sur 458). Les paragraphes suivants détaillent le traitement de ces parties et rappellent, lorsque c'est apparu de manière criante, les défauts les plus souvent rencontrés. Plus globalement, le jury rappelle que les applications numériques sont valorisées, et qu'il est dommageable aux candidats de ne pas les traiter. Ils et elles pouvaient s'appuyer sur les approximations numériques données dans l'énoncé.

La section I.A a été relativement bien traitée, y compris, comme mentionné plus haut, dans l'analyse de document (Q11) et la question de modélisation (Q7). Il faut cependant noter qu'un trop grand nombre de candidats se sont noyés dans les deux premières questions, qui demandaient simplement d'écrire la relation fondamentale de la dynamique pour un électron et pour un proton dans un champ électrique et d'en déduire une relation entre leurs vitesses. Il n'est pas admissible à ce niveau de voir des intégrations fantaisistes ou encore des divisions par des vecteurs.

La section I.B a parfois fait ressortir de sérieuses lacunes quant à la compréhension de ce que signifie une polarisation (linéaire ou circulaire), certains candidats confondant angle de polarisation et phase de l'onde. Il est d'ailleurs rappelé que les candidats doivent maîtriser la signification de la représentation en complexes des grandeurs harmoniques, leurs règles de manipulation, et se souvenir que la notation "partie réelle" n'est pas facultative. On constate également, à l'occasion de la question Q14, que de trop nombreux candidats ne maîtrisent pas suffisamment les développements limités.

La section II.A est, au moins pour son début, sans doute la moins maltraitée, car les premières questions (Q17 à Q21) étaient extrêmement simples et ne demandaient que de bien lire l'énoncé et les documents fournis. Il est regrettable que de trop nombreux candidats aient cependant eu tant de difficultés à résoudre une équation différentielle ordinaire linéaire, du premier ordre, à coefficients constants, et homogène. La résolution des questions Q24 et Q25, cœur de cette section, n'a malheureusement été traitée que trop peu souvent, alors qu'elle ne présentait pas de difficulté calculatoire.

La section II.B a été moins bien traitée, sans doute du fait de la difficulté qu'ont eue beaucoup de candidats à se représenter mentalement le système et son évolution sous l'effet de la dissipation interne, car les calculs en eux-mêmes ne présentaient pas de difficulté. Il est d'ailleurs dommage que la résolution d'un système couplé aussi simple que celui de la question Q28 ait posé tant de problèmes à beaucoup de candidats. Il est également regrettable que, même dans les meilleures copies, l'objectif final de cette deuxième partie, représenté par la question Q32, ait été si mal compris.

La section III.A a été globalement traitée de manière peu satisfaisante, parfois très brouillonne alors qu'elle était assez simple et faisait surtout appel au sens physique des candidats, afin de les préparer à utiliser les notions de pression et de tension magnétique dans la dernière section. Il est regrettable en particulier que de trop nombreux candidats n'aient pas compris le sens de la question Q36, pour laquelle il s'agissait simplement d'insérer l'expression de la force par unité de volume trouvée à la question précédente (et donnée dans l'énoncé) dans l'équation d'Euler, pour constater que la pression magnétique venait s'ajouter naturellement à la pression du fluide.

La section III.B, si elle a été plutôt bien traitée par les candidats qui l'ont abordée, a néanmoins fait apparaître de très graves lacunes quant au calcul de l'énergie gravitationnelle d'une masse à symétrie sphérique. Les candidats qui ont donné, avec ou sans justification, des expressions affreusement hétérogènes ont été sanctionnés, ce genre d'erreur étant inadmissible à ce niveau. Il est également fort dommageable d'invoquer la conservation du moment cinétique et de ne pas en saisir les conséquences sur la rotation d'un cœur préstellaire en effondrement, car cela traduit un manque de sens physique certain.

## **Épreuves d'admission**

Les épreuves se sont déroulées du 13 juin au 2 juillet 2022 au lycée Marcelin Berthelot (Saint-Maur-des-Fossés).

## Rapport sur la leçon de physique 2022

### Présentation de l'épreuve

#### Déroulement

Le candidat découvre le titre de la leçon le jour de l'épreuve orale. Cette leçon entre dans le cadre du programme de l'agrégation de physique-chimie, option physique. La leçon comporte un titre, généralement bref, et un « passage obligé » assorti d'une précision indicative sur le temps qu'il est recommandé d'y consacrer au maximum pendant la présentation.

Les sujets donnés lors de la session 2022 sont publiés ci-après. Cette dernière liste ne présume en rien des titres de leçons de physique de la session 2023.

Le candidat prépare sa leçon pendant 4 heures. À la suite de cette préparation, il dispose de 40 minutes pour exposer sa leçon au jury. Cet exposé est suivi d'un entretien avec les trois membres du jury pour une durée qui n'excède pas 40 minutes.

#### Évaluation

La leçon est une épreuve permettant au jury d'évaluer les capacités des candidats à transmettre un message scientifique clair, cohérent et adapté 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 et honnêteté scientifique, cohérence des raisonnements, maîtrise des outils mathématiques, illustration des concepts en prise avec le réel et clarté du propos.

Le candidat doit faire la preuve de ses qualités pédagogiques. En aucun cas la leçon ne peut se réduire à des déclarations d'intention ni à une « leçon de choses » floue et qualitative.

L'entretien permet au jury de lever des ambiguïtés, d'obtenir des précisions et, dans le même temps, donne l'occasion au candidat de se corriger, le cas échéant, ou d'approfondir un aspect qu'il n'a pas été possible de traiter dans le détail lors de l'exposé. L'entretien donne aussi la possibilité au jury de s'assurer, en partant du thème abordé dans la leçon, de la profondeur des connaissances scientifiques du candidat et de ses capacités pédagogiques et didactiques.

### Préparation

#### Déroulement

Le candidat effectue sa préparation dans la salle où il fera son exposé. Il dispose de l'ensemble des documents de la bibliothèque qui contient de très nombreux ouvrages, de tous niveaux, dont la liste est disponible en ligne sur le site <http://www.agregation-physique.org>.

Le candidat bénéficie également durant cette préparation du soutien du personnel technique pour la mise en place du matériel expérimental souhaité dans le cadre de la leçon. Les expériences sont préparées et réalisées conformément aux instructions du candidat.

Un ordinateur, une flexcam et un vidéoprojecteur sont disponibles dans la salle d'exposé.

Le candidat peut ainsi projeter des documents divers issus d'une base de données ou d'internet (schémas descriptifs, vidéos, animations, photographies, simulations, ...). Les logiciels usuels (OpenOffice, Word, Excel, Python, Scilab...) sont installés sur l'ordinateur dont dispose le candidat dans sa salle d'exposé. Le candidat a également accès à un rétroprojecteur. Pour utiliser ce dernier, il convient d'apporter ses transparents et feutres.

#### Conseils pour la préparation

- Le titre de la leçon en impose bien évidemment le sujet, même si c'est de façon assez large. Le candidat doit lire l'intitulé avec soin : ainsi, si le terme « applications » apparaît au pluriel, le jury

en attend plusieurs. 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.

- D'autre part, le jury souhaite fait remarquer aux futurs candidats que les titres de leçon évoluent chaque année. Si un candidat traite, par mégarde, le sujet d'une leçon de l'année précédente sans repérer une évolution de l'intitulé du sujet, il court le risque de développer des parties hors sujet.
- Il n'y a pas de leçon-type attendue par le jury. Celui-ci apprécie que l'introduction repose sur une contextualisation, qui n'est pas nécessairement une introduction historique : la mise en place de la problématique peut également s'appuyer sur une expérience, un exemple issu de la vie courante, une application technologique. Il est essentiel dans tous les cas que le candidat adopte un plan précis dans lequel il est facile de se repérer à chaque étape de la présentation.
- En cours de présentation, le candidat doit, chaque fois que cela est possible, souligner le lien entre les concepts exposés et le réel, en contextualisant son propos par des illustrations, des expériences, des animations, des ordres de grandeur. Lorsque le thème de la leçon s'y prête, la présentation et l'analyse détaillée d'expériences de pensée bien choisies sont également possibles. Dans la plupart des leçons, des illustrations expérimentales sont possibles et sont vivement encouragées. Lorsque c'est le cas, ne présenter aucune expérience entraîne une minoration significative de la note.
- L'épreuve de la leçon ne doit cependant pas être confondue avec celle du montage : l'intégration de l'expérience dans la logique de la leçon est essentielle. Il est notamment recommandé de présenter un schéma clair et annoté de son expérience, soit au tableau, soit au vidéoprojecteur. Toute expérience présentée doit être interprétée avec soin. Le jury conseille au candidat de prendre en main la manipulation avant de la présenter en leçon. Il doit également être en mesure de répondre aux questions relatives au montage expérimental et au choix du matériel utilisé. Par exemple, si le candidat présente une expérience en interférométrie, il doit pouvoir justifier le choix et la position des lentilles utilisées pour projeter la figure d'interférences. Lorsqu'une mesure, en électronique, est obtenue après des opérations de filtrage, le candidat doit pouvoir décrire les filtres mis en œuvre, etc.
- Lorsque le candidat présente une expérience, il doit connaître les éventuelles règles de sécurité qu'il faudrait mettre en place dans le contexte d'une séance devant des élèves et s'assurer qu'elles sont bien respectées. Il est anormal par exemple qu'un candidat ne vérifie pas les points d'impact et les éventuelles réflexions subies par des faisceaux laser.
- Les programmes en Python peuvent être présentés s'ils apportent une plus-value. Le candidat devra savoir adapter le code en particulier en changeant les valeurs des paramètres physiques pertinents.
- On peut regretter de la part de certains candidats un décalage entre le choix d'exposer des contenus de haut niveau technique et la difficulté à maîtriser de manière solide les concepts physiques de base. Pour obtenir une bonne note, les candidats doivent traiter le sujet au plus haut niveau qu'ils maîtrisent, mais pas au-delà.
- Il n'est donc pas nécessaire de chercher à éblouir le jury pour avoir la note maximale. Les efforts de pédagogie et le sens physique des phénomènes sont privilégiés par rapport à la technicité mathématique.
- Certains candidats s'obligent, dans la présentation de la leçon, à exposer un très grand nombre de notions, ce qui n'est pas toujours raisonnable et conduit parfois à dégrader la qualité pédagogique de la leçon. On ne peut pas traiter en 40 minutes un sujet de manière exhaustive : le candidat doit donc faire des choix et être en mesure de les justifier.
- Il est impératif que les candidats pensent et construisent leur séance. Les articulations entre les différentes parties doivent être justifiées et le message de la leçon doit être clairement explicite.

## Exposé

### Déroulement

Le candidat dispose de 40 minutes de présentation qui débutent à l'entrée du jury dans la salle. Le candidat gère son temps comme il l'entend. Un membre du jury le prévient lorsqu'il lui reste 5 minutes et précise qu'il est temps de conclure. Le jury n'intervient pas pendant l'exposé (et ne répond donc pas aux questions comme le feraient des étudiants interrogés). Le candidat peut cependant, lorsque cela est indispensable, faire appel à l'aide d'un ou plusieurs membres du jury pour la réalisation d'une expérience.

Le candidat doit s'assurer que le jury visualise clairement ce qui est montré (tableau, projection, objet scientifique, expérience). Lorsqu'une expérience est présentée, le jury se déplace pour venir la voir de plus près.

### Conseils aux candidats

- Nous rappelons, comme cela a déjà été écrit dans les rapports précédents, qu'il est permis, une fois que l'on n'a plus de place, d'effacer le tableau pendant sa présentation. Il faut éviter cependant d'effacer ce que l'on vient tout juste d'exposer.
- Il n'est pas souhaitable que le tableau soit déjà rempli à l'avance lorsque le jury rentre dans la salle et de dérouler une leçon à trous.
- La leçon de physique de l'agrégation externe de physique doit se positionner à un niveau post baccalauréat. Le niveau choisi par le candidat doit être précisé en début de leçon et le développement présenté doit être cohérent avec ce choix.
- 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. Le registre de langage, écrit et oral, d'un futur enseignant se doit d'être soigné. Aussi le candidat prendra soin de la qualité de son expression, aussi bien écrite qu'orale.
- Le candidat doit se soucier de la lisibilité de l'exposé : clarté de l'écriture (au tableau ou sur les transparents), gestion rationnelle du tableau. Une diapositive fugitivement exposée est mal perçue. Les notations doivent être toujours précisées, et les conventions d'algèbrisation introduites.
- 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'autonomie.
- Les prérequis à la leçon doivent être justifiés et maîtrisés par le candidat. De la même façon, si certains calculs sont projetés à l'écran dans un souci d'efficacité et de gain de temps, le candidat doit néanmoins en avoir une parfaite maîtrise et comprendre toutes les hypothèses faites : des questions pourront lui être posées en entretien.
- Le candidat doit prendre le temps nécessaire pour présenter le passage obligé. S'il vient à manquer de temps, ce n'est pas celui-ci qu'il faut choisir de ne pas présenter.
- Il ne faut pas négliger la conclusion. Y consacrer deux ou trois minutes en fin de leçon semble raisonnable. Il ne s'agit pas uniquement de résumer de la leçon : les points importants peuvent certes être soulignés mais une mise en perspective est nécessaire, avec des ouvertures, éventuellement sur des développements récents (à condition de les maîtriser).
- Un commentaire de la part du candidat sur le côté éventuellement malheureux du tirage du sujet de la leçon n'est pas le bienvenu. Un enseignant doit être disposé à exposer les notions au programme, qu'il les apprécie ou non.



## Passage obligé

### Déroulement

Dans le contexte de la leçon de physique, on appelle « passage obligé » un aspect de la leçon devant être présenté par le candidat, sous une forme qui lui est précisée et qui est variable. Il peut s'agir d'une démonstration particulière, d'une expérience à réaliser, d'un programme de simulation, d'un exercice à présenter, d'un élément historique à développer...

L'énoncé du passage obligé en précise les attendus ; il est à lire avec soin. Il comporte explicitement une **majoration indicative** du temps à consacrer au passage obligé durant la présentation (en général dix ou quinze minutes). Il ne s'agit pas d'une durée imposée ; elle est donnée pour permettre au candidat d'ajuster son temps de présentation. Certains passages obligés peuvent d'ailleurs être développés de manière perlée tout au long de la leçon.

### Conseils aux candidats

- Certains candidats n'abordent le passage obligé qu'à la toute fin de la leçon, parfois en seulement une ou deux minutes. Le passage obligé doit être davantage développé et le moment de son insertion dans le reste de l'exposé doit se justifier d'un point de vue pédagogique.
- Le passage obligé n'est qu'**une partie** de la leçon. En particulier, même si une illustration expérimentale est mentionnée dans le sujet, il est possible de présenter d'autres expériences.
- Plusieurs recommandations portent sur des cas typiques de passages obligés :
  - **Lorsqu'un passage obligé invite à utiliser un programme informatique fourni**, il n'est pas utile de décrire le fonctionnement du code. Ce dernier doit être utilisé pour illustrer et exploiter le passage obligé. Le code peut éventuellement être modifié et adapté si le candidat considère que cela améliore la présentation de sa leçon. Le programme est prêt à être exécuté sur la machine située dans la salle du candidat. Les professeurs préparateurs fournissent toute l'aide nécessaire pour son exécution mais n'en expliquent pas les étapes.
  - **Lorsque le passage obligé concerne une expérience**, le jury attend une analyse pertinente de celle-ci, pas juste une simple démonstration expérimentale. Sans aller jusqu'au niveau de développement de l'épreuve de montage, il est vivement recommandé de procéder à l'exploitation quantitative d'un résultat si l'expérience s'y prête.
  - Lorsque le passage obligé demande **la présentation de l'énoncé d'un exercice et de sa résolution**, il est attendu du candidat une mise en perspective didactique de l'exercice présenté : on peut préciser en quoi l'exercice permet de surmonter une difficulté ou lever une ambiguïté en lien avec la leçon. Sa résolution doit clairement mettre en évidence les points-clés du raisonnement et les étapes de la démarche suivie. Une formulation explicite et adaptée de l'énoncé est également attendue.

## Entretien avec le jury

### Déroulement

À l'issue de la présentation, le jury s'entretient avec le candidat afin d'évaluer ses capacités disciplinaires, pédagogiques et didactiques.

Le candidat peut alors être appelé à revenir sur des calculs, revoir ses notes, exposer oralement ou au tableau des compléments demandés. Il peut également être interrogé sur les expériences, simulations, transparents ou programmes informatiques présentés lors de l'exposé. Des questions peuvent porter sur les prérequis annoncés par le candidat en début de leçon ou sur tout sujet connexe abordé lors de l'exposé. Des précisions sur les ordres de grandeurs et les applications concrètes peuvent être

demandées.

### Conseils aux candidats

- Certaines questions posées par le jury peuvent être d'un niveau de difficulté très élevé. Le jury apprécie les candidats qui font preuve d'honnêteté : sur une question fermée, on peut répondre qu'on ne connaît pas la réponse, sur une question ouverte, le jury apprécie que le candidat essaie d'ébaucher une réponse en proposant des hypothèses et une démarche conformes à la pratique scientifique. Le candidat se trouve dans une situation dans laquelle il aurait à répondre comme s'il se trouvait devant des étudiants : la réponse peut alors demander au candidat de faire au tableau un schéma, un calcul...
- Cet entretien ne doit pas être perçu comme une remise en cause de ce qui a été présenté par le candidat mais comme un moment pendant lequel le candidat peut expliquer ses choix et ouvrir sa leçon pour la placer dans un contexte plus large.
- L'entretien peut également être l'occasion de vérifier que les prérequis annoncés sont maîtrisés par le candidat (par exemple, si dans la leçon « Effet Doppler » un candidat choisit de mettre la relativité restreinte en prérequis, alors l'entretien pourra porter en partie sur cet aspect).
- Lors de l'entretien, il est attendu de la part du candidat qu'il réponde de façon précise aux questions, en utilisant au besoin le tableau. C'est l'occasion encore pour lui de mobiliser sa réflexion et ses connaissances. Lors de l'entretien aussi, il est attendu précision dans le vocabulaire et clarté pédagogique.
- Afin de laisser au jury la possibilité de jauger différentes connaissances, il est recommandé au candidat de répondre de façon assez concise et efficace, sans chercher à gagner du temps.
- Le candidat doit s'efforcer de bien écouter jusqu'au bout les questions posées par le jury, pour en comprendre la substance.

### Conclusion

Le jury a eu le plaisir d'assister à des leçons de physique tout à fait remarquables, mêlant une excellente maîtrise disciplinaire à des qualités didactiques certaines. Il félicite ces candidats et adresse un message d'encouragement à tous ceux qui prépareront l'agrégation externe de physique en 2023. Il espère qu'une lecture attentive de tous les points soulevés dans les paragraphes qui précèdent aidera les futurs candidats à préparer au mieux cette épreuve exigeante.

## Rapport sur la leçon de chimie 2022

*Les énoncés des leçons de chimie se rapportent aux classes du lycée général et technologique (BO spécial n°1 du 22 janvier 2019 et BO spécial n°8 du 25 juillet 2019) et les classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE) : classes de première année MPSI, PTSI, TSI1 (BO spécial n°1 du 11 février 2021) et classes de seconde année MP, PSI, PT et TSI2 (BO spécial n°1 du 23 janvier 2014 pour la session 2022). A noter que **pour la session 2023 les programmes en vigueur pour les classes de première et seconde année TSI seront ceux du BO n°30 du 29 juillet 2021 et pour les classes de seconde année MP, PSI, PT et MPI ceux du BO n°31 du 26 août 2021.***

Ce rapport complète les remarques déjà indiquées dans les rapports des années précédentes.

Le format de la leçon de chimie est le suivant : une préparation de 4 heures, un exposé d'une durée de 40 minutes et un entretien avec les membres du jury d'une durée maximale de 40 minutes, comprenant 5 minutes pour aborder une question relative aux valeurs qui portent le métier d'enseignant, dont celles de la République.

Cette épreuve vise à évaluer les compétences du candidat sur différents points :

- ses capacités à **maîtriser les savoirs disciplinaires en chimie** : maîtrise scientifique du sujet, mise en œuvre d'une démarche scientifique, rigueur scientifique, utilisation du vocabulaire adapté, domaine de validité des modèles utilisés, capacité à corriger ses erreurs, capacité à réinvestir ses connaissances dans d'autres champs disciplinaires ;
- ses capacités à effectuer une **transposition didactique** : contextualisation, structuration et cohérence de l'exposé, rigueur du formalisme, pertinence des exemples choisis, place de l'expérience dans la construction des savoirs, capacité à réutiliser les concepts abordés à d'autres niveaux d'enseignement, début de réflexion sur les difficultés de compréhension que peut rencontrer un élève ou un étudiant ;
- ses capacités à mettre en œuvre une **démarche expérimentale** : appropriation du titre, choix des expériences, réalisation des expériences en prenant en compte la sécurité, maîtrise des gestes techniques, exploitation et interprétation des résultats ;
- ses capacités à **communiquer** : clarté du discours, posture, capacité à gérer son temps, utilisation soignée de différents supports (tableau, diaporama, vidéos...), écoute et réactivité, capacité à présenter un raisonnement logique, honnêteté intellectuelle.

À compter de cette session 2022, les intitulés des leçons de chimie **ne sont plus communiqués à l'avance aux candidats**. Les titres des leçons sont choisis pour illustrer un point de programme en vigueur dans les classes concernées et sont communiqués au candidat en début de l'épreuve, avec le niveau concerné.

**Un élément imposé** est communiqué au candidat en même temps que le titre de la leçon en début d'épreuve. Il s'agit d'une **capacité expérimentale** (au sens large, dont numérique) identifiée par le jury au regard des notions ou compétences exigibles du programme ou pouvant illustrer une leçon en classe. Il est à intégrer **impérativement à la leçon et à réaliser devant le jury** par le candidat. L'illustration expérimentale de la leçon ne doit pas être restreinte à l'élément imposé.

### **La préparation**

Pendant la préparation de la leçon, le candidat a accès à une bibliothèque contenant un vaste ensemble d'ouvrages de tous niveaux, 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/>. Le candidat peut également consulter en ligne les programmes publiés dans le Bulletin Officiel de l'éducation nationale (BO).

**L'accès à internet** est possible pendant la préparation et pendant l'exposé mais l'accès à des sites de messagerie ou des sites protégés par un mot de passe demeure interdit. Cet accès est autorisé pendant

la préparation et la présentation. **Le jury est globalement déçu** de l'utilisation d'internet, souvent limité à la consultation de sites contenant des plans clés en main, des listes d'expériences voire des leçons toutes faites et annotées parfois utilisées à l'identique par plusieurs candidats. Le jury a été confronté à des leçons de l'année précédente sans lien avec le sujet. Cette stratégie a fortement desservi les candidats.

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 peut 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**

La salle de présentation est équipée d'un ordinateur, d'une flexcam et d'un vidéoprojecteur. 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 de RMN ou nécessitant une visualisation tridimensionnelle des molécules ou des mailles cristallines, ainsi que des programmes informatiques comme Python et Scilab (voir la liste de ces ressources à l'adresse <http://agregation-physique.org>).

La leçon doit commencer par une courte **introduction didactique** (3 minutes maximum) destinée à des professionnels de l'éducation qui comprend *a minima*, les prérequis, les objectifs disciplinaires et la place dans la progression. Le reste du temps est dévolu à la présentation et l'illustration expérimentale de la leçon. Celle-ci doit être destinée à des élèves ou étudiants et il est attendu du candidat qu'il s'adresse à ce public. Néanmoins, cette épreuve ne consiste pas en la présentation d'une construction de séquence ou d'activités possibles en classe.

Le jury attend un **exposé continu, contextualisé et inclus dans une démarche scientifique**. **Les candidats doivent se détacher au maximum de leurs notes** pour une présentation plus fluide, en maintenant une posture correspondant à celle d'un futur enseignant. Le jury est attentif à l'utilisation d'un **vocabulaire scientifique rigoureux**. Le candidat a la possibilité d'appuyer son exposé sur un diaporama support. Le jury apprécie que les ressources utilisées soient sourcées lors de leur utilisation pendant la leçon. Les candidats ont utilisé de façon inégale les possibilités de documents supports. Si dans l'ensemble un usage raisonné a permis au candidat de valoriser sa leçon, une dérive poussant à avoir des présentations très complètes, trop rédigées, vraisemblablement téléchargées, contenant parfois plusieurs dizaines de transparents a également été constaté. Le jury regrette de n'avoir parfois pas vu un candidat écrire une seule formule au tableau car cela pénalise le candidat.

La **gestion du temps** est importante : il convient de ne pas déséquilibrer la leçon en traitant à la hâte, en fin de présentation, et souvent de manière confuse, une partie importante du sujet proposé. Les candidats dépassant les 40 minutes réglementaires sont interrompus, et au contraire, les leçons écourtées significativement sont sanctionnées. Il convient de développer au maximum les notions abordées dans le thème principal de la leçon et de ne pas se contenter de survoler un grand nombre de concepts sans en détailler aucun : il est donc attendu que le candidat procède parfois à des choix qu'il explicitera dans l'introduction didactique. Ces choix concernent aussi les expériences qui doivent être pertinentes, illustratives de leur propos, et s'intégrant dans le fil conducteur de leur exposé.

**L'élément imposé** doit être intégré de façon cohérente au déroulé de la leçon, **réalisé et exploité** devant le jury. Il doit être totalement exploité. **Inscrire** les expériences choisies dans une **démarche didactique** pour valider ou construire un modèle permet de leur donner tout leur sens. Elles doivent conduire, au cours de l'exposé, à des conclusions lorsqu'elles sont qualitatives, et à des exploitations rigoureuses lorsqu'elles sont quantitatives. L'analyse des sources de dispersion des mesures et une évaluation de l'incertitude sur le résultat sont également attendues lorsque c'est pertinent.

Le jury salue une bonne connaissance globale des règles de sécurité et la volonté pédagogique des candidats de les transmettre. Néanmoins un usage parfois abusif des gants a pu être constaté. Il n'est, par exemple, pas nécessaire d'utiliser des gants pour une solution de vinaigre.

Une proportion significative de candidats a utilisé des outils d'analyses numériques et même parfois

Agrégation externe de physique-chimie option physique, session 2022

des petites simulations à l'aide d'un langage de programmation. Le jury salue cette volonté d'utiliser cet outil au même titre que d'autres ressources. Cependant, le jury a pu regretter trop régulièrement que les codes programmés n'apportent aucune plus-value aux outils habituels (analyse plus poussée des courbes de titrage par exemple).

### **L'entretien**

L'entretien permet au jury de vérifier la maîtrise des savoirs disciplinaires et d'échanger avec le candidat sur la pertinence de ses choix didactiques, de structuration, de présentation et d'illustrations de la leçon (expériences, vidéos, simulations, utilisation de modèles, etc.). Pendant l'entretien, le jury peut également s'assurer de la maîtrise des gestes techniques.

Les questions du jury ont plusieurs objectifs : le premier est d'amener les candidats à corriger d'éventuelles erreurs, le second est de vérifier la capacité des candidats à faire preuve de réflexion dans les domaines théorique, expérimental et pédagogique. Le jury 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. Ainsi, le jury peut interroger le candidat sur le choix de ses manipulations et leur apport à son exposé, ainsi que sur l'intégration de la leçon dans une progression plus vaste : la cohérence du choix du public visé et des prérequis au contenu de la présentation est un critère d'évaluation important. Il est également attendu que les candidats puissent justifier de la construction et du déroulé de la leçon.

Le jury peut être amené à couper le candidat lorsque la fin de la réponse n'a plus d'enjeu sur l'évaluation. Ceci peut déstabiliser mais le jury sensibilise sur le fait que c'est toujours dans l'intérêt du candidat, et afin de pouvoir élargir le champ de l'interrogation à d'autres thèmes.

### **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, est 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 qui 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 échange (qui se veut dynamique), le jury peut éventuellement reformuler parfois la question ou relancer la discussion 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. Le jury regrette parfois un manque de proposition concrètes quand les réponses ne dépassaient pas le niveau des grands principes.

### **Conclusion**

Cette année encore le jury a eu l'occasion d'observer des candidats maîtrisant 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.

## Rapport sur le montage de physique 2022

### Déroulement de l'épreuve

Au début de l'épreuve, le candidat choisit entre deux sujets<sup>2</sup>, issus de la liste des montages en annexe de ce rapport, et dispose de quatre heures de préparation, au cours de laquelle il est assisté d'une équipe technique, pour monter des dispositifs expérimentaux et réaliser des mesures illustrant le thème choisi.

À l'issue de cette préparation, l'échange avec le jury, d'une durée maximale d'une heure et vingt minutes, se déroule en **deux parties** :

- une **présentation des expériences** retenues pour illustrer le montage choisi, d'une durée de trente minutes, au cours de laquelle 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 et attendent des mesures réalisées en leur présence ainsi que l'exploitation de mesures éventuellement déjà réalisées durant la préparation ;
- un **entretien** au cours duquel le jury *questionne le candidat sur l'exposé* pendant une quinzaine de minutes, en particulier afin de justifier ou discuter :
  - la cohérence des expériences proposées avec le titre du montage ;
  - les protocoles expérimentaux et le matériel utilisés ;
  - les mesures et leurs exploitations ;
  - la confrontation des résultats obtenus avec un modèle ou une valeur attendue, leur validation éventuelle et leur interprétation physique ;

Pendant la phase de l'entretien, le jury se réserve le droit de demander au candidat une *nouvelle activité expérimentale*, qui consiste à reprendre des points de mesures sur les expériences présentées, modifier le réglage de certains instruments ou de proposer et surtout réaliser un protocole expérimental dans un tout autre domaine de celui ou ceux déjà présentés dans la première partie de l'épreuve. Cette activité n'est pas destinée à évaluer le candidat sur des développements théoriques, il s'agit encore une fois de tester les capacités expérimentales du candidat.

### Les attendus du jury

#### 1. Choix des expériences

La multiplication des titres de montage ne doit pas nécessairement entraîner la multiplication des expériences possibles. Ainsi une même expérience (au sens du savoir-faire ou de la maîtrise de certains matériels) peut être avantageusement utilisée dans plusieurs montages, à condition de modifier l'approche envisagée (confirmation d'un modèle par exemple) ou la grandeur physique à mesurer (application illustrée), en fonction de l'intitulé du montage.

Le jury attend davantage de réflexion dans le choix des expériences à développer et des éléments de contextualisation pour répondre au titre du montage. Lorsque cette réflexion n'est pas efficacement énoncée, cela peut être pénalisant. Cependant, le jury rappelle avec force qu'il n'a aucune idée préconçue sur le plan des montages.

#### 2. Manipulations et mesures

Une connaissance des principes de fonctionnement des appareils utilisés est attendue dans l'épreuve de montage. Le jury pourra interroger le candidat à ce sujet, ainsi que sur les réglages des divers paramètres et leur incidence sur les mesures.

Par exemple, l'utilisation d'une caméra, lors de l'enregistrement d'une vidéo puis d'un logiciel de traitement d'images ne peut se faire sans contrôler les paramètres d'acquisition et leur vérification avant une exploitation correcte et maîtrisée des images. Dans certains cas, les smartphones des collections pourraient se substituer avantageusement aux caméras.

#### 3. À propos des applications numériques et traitements informatiques

Une calculatrice simple est mise à disposition du candidat. Le jury regrette la perte de longues minutes

---

<sup>2</sup> Une fois ce choix effectué, il n'est pas possible de revenir en arrière.

Agrégation externe de physique-chimie option physique, session 2022

pour effectuer des applications numériques, alors que des outils numériques pourraient avantageusement être configurés pendant la préparation. Le candidat est invité à utiliser l'outil qu'il maîtrise le mieux.

L'acquisition de données sur ordinateur est un outil extrêmement utile, il est souvent judicieux d'identifier préalablement le signal à l'aide d'appareils traditionnels (oscilloscope ou autre).

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. 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.

Certains candidats utilisent des tableurs bureautiques pour présenter leurs mesures. Le plus souvent, ces tableurs ne permettent pas un traitement aisé des incertitudes et encore moins la mise en place d'une modélisation.

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

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

Le jury voit trop souvent des dispositifs mal alignés dans les trois directions de l'espace et respectant rarement les conditions de Gauss. Le candidat peut s'aider d'un banc d'optique.

Le choix des lentilles de projection doit pouvoir être justifié et une bonne qualité des images projetées est attendue.

Les schémas au tableau doivent comporter le tracé des rayons.

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.

Concernant les montages d'interférences, le candidat doit pouvoir justifier non seulement des dispositifs interférentiels choisis, mais aussi du fonctionnement des appareils choisis ainsi que des distances caractéristiques choisis.

Enfin, concernant l'interféromètre de Michelson, le candidat doit savoir expliquer les étapes qui ont mené à son réglage et doit pouvoir modifier ce réglage à la demande du jury.

#### **5. À propos des expériences d'électronique**

Il est important que le schéma du montage étudié figure au tableau, que la valeur des composants utilisés soit indiquée, que les tensions et courants utilisés soient représentés dans les bonnes conventions et que le branchement des voies des oscilloscopes et la position de la masse soient bien visualisés.

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

Enfin, le candidat doit pouvoir justifier du choix des valeurs des composants utilisés dans ses montages ainsi que des fréquences de travail.

Lors de l'activité expérimentale réalisée à la demande du jury, celui-ci a pu noter une amélioration notable dans la prise en main d'un oscilloscope, même si ses réglages de base comme le déclenchement, restent mystérieux pour certains candidats. L'utilisation du bouton « auto-set » est à

proscrire tandis que le mode « single » est à privilégier par rapport au simple « run/stop ».

## 6. À propos des expériences de mécanique

Les expériences de mécanique sont souvent bien menées par les candidats.

Concernant les expériences de mécanique des fluides, le jury rappelle que l'estimation des nombres de Reynolds ou autres nombres sans dimension afférents pour les différentes expériences présentées est attendue.

## 7. 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.

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

- que les grandeurs associées aux axes soient clairement indiquées, avec leurs unités ;
- que les points de mesure soient bien visibles et qu'on ne voit 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 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 ; le jury rappelle cependant que pour valider un modèle considéré comme linéaire, un ajustement linéaire est attendu et non un ajustement affine.

L'exploitation des mesures n'a pas de raison de se faire systématiquement par régression linéaire. Le jury signale qu'une modélisation peut, en général, être réalisée avec de nombreuses fonctions, ce qui facilite ensuite l'exploitation des paramètres ajustables.

## 8. Validation et incertitudes

La validation d'une expérience ou d'une série de mesures ne se fait pas de la même manière selon qu'on cherchait à vérifier une loi physique ou mesurer une grandeur tabulée.

Dans le premier cas, on calculera le **chi<sup>2</sup> réduit** pour discuter le résultat obtenu ; tandis que dans la seconde approche, on s'appuiera sur la notion d'**écart normalisé** pour comparer la valeur d'une mesure à une valeur de référence.

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

Dans tous les cas, ces calculs nécessitent la discussion préalable de l'origine des incertitudes, afin d'en identifier les sources dominantes et d'éliminer les contributions négligeables, et ainsi d'éviter d'y passer un temps disproportionné. Certaines mesures ou calculs ne méritent pas un traitement systématique des incertitudes.

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 ;



Agrégation externe de physique-chimie option physique, session 2022

- 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.

### Conseils généraux

Les expériences qualitatives sont appréciées pour introduire le montage, faire découvrir un phénomène, illustrer une application ou effectuer une transition lors de l'exposé, mais elles doivent être limitées afin de se laisser le temps d'exploiter et faire des mesures quantitatives fiables et reproductibles devant le jury.

Bien qu'une courte introduction soit appréciable, les considérations théoriques générales et de trop longues introductions sont à proscrire car 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, sans digression et en proscrivant les expressions familières, comme « *L'oscilloscope, c'est le pare-brise* », 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.**

En guise de conclusion, il peut être judicieux de discuter l'adéquation entre la mesure obtenue, la grandeur évaluée ou la loi vérifiée et les choix effectués (type de mesure, appareil utilisé, manipulation réalisée), dans le cadre du montage ou de l'expérience présentés.

## Sujets des épreuves orales de la session 2022

### Leçons de physique 2022

*Cette liste est donnée à titre indicatif*

Titre	"Passage Obligé"
<b>Approches perturbatives</b>	Le candidat ou la candidate établira la formule de Borda et mettra en évidence expérimentalement le non isochronisme des oscillations d'un pendule. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Approches perturbatives</b>	Le candidat ou la candidate mènera le calcul de la déviation vers l'Est en utilisant un développement limité. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Aspects macroscopiques et microscopiques de la conduction électrique</b>	Le candidat ou la candidate mettra en évidence expérimentalement la dépendance en température de la conductivité électrique d'un matériau. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour présenter cette expérience.
<b>Aspects macroscopiques et microscopiques de la conduction électrique</b>	Le candidat ou la candidate présentera l'effet Hall. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Atmosphère terrestre</b>	Le candidat ou la candidate comparera le modèle de l'atmosphère isotherme au modèle d'atmosphère à gradient de température à l'aide d'une simulation numérique, en s'appuyant sur le code fourni. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Capacité thermique des solides</b>	Le candidat ou la candidate développera un modèle microscopique. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Collisionneurs de particules</b>	Le candidat ou la candidate mènera un calcul d'énergie de seuil. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Constante de Planck</b>	Le candidat ou la candidate présentera et discutera le modèle de Bohr. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Constante de Planck</b>	Le candidat ou la candidate présentera le principe d'incertitude d'Heisenberg. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Constantes fondamentales et système d'unités</b>	Le candidat ou la candidate décrira et analysera une méthode de mesure historique d'une constante fondamentale. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Convertisseurs électro-mécaniques en rotation</b>	Le candidat ou la candidate mettra en œuvre expérimentalement un champ magnétique tournant afin de mettre en rotation une aiguille aimantée. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour présenter cette expérience.
<b>Systèmes planétaires</b>	Le candidat ou la candidate présentera une méthode de détection d'exoplanètes. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Dispersion et absorption</b>	Le candidat ou la candidate illustrera expérimentalement le phénomène de dispersion. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour présenter cette expérience.

Titre	<b>"Passage Obligé"</b>
<b>Dynamique en référentiel terrestre</b>	Le candidat ou la candidate abordera l'expérience du pendule de Foucault. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Effet de peau</b>	Le candidat ou la candidate traitera un analogue thermique à l'effet de peau dans un conducteur. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Effet Doppler. Exemple d'application</b>	Le candidat ou la candidate établira les caractéristiques de l'effet Doppler relativiste. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Effet Doppler. Exemple d'application</b>	Le candidat ou la candidate exposera l'application de l'effet Doppler à la mesure de la vitesse d'un écoulement sanguin. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Effet tunnel</b>	Le candidat ou la candidate exposera une interprétation de la désintégration alpha s'appuyant sur l'effet tunnel. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Effet tunnel</b>	Le candidat ou la candidate exposera une application de l'effet tunnel à la microscopie. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Effets gyroscopiques</b>	Le candidat ou la candidate présentera le phénomène de la précession des équinoxes. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Équilibre et mouvement dans un champ de force centrale conservative</b>	Le candidat ou la candidate décrira et analysera le mouvement des particules alpha dans l'expérience historique de Rutherford. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Équilibre et mouvement dans un champ de force centrale conservative</b>	Le candidat ou la candidate exposera le cas de l'oscillateur harmonique spatial (force de rappel proportionnelle à la distance au centre de force). Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Filtrage linéaire en électronique analogique et numérique</b>	Le candidat ou la candidate illustrera expérimentalement le principe de superposition à l'aide d'un filtre de son choix. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour présenter cette expérience.
<b>Filtrage spatial dans le domaine optique</b>	Le candidat ou la candidate exposera le principe de la strioscopie et l'illustrera expérimentalement. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour présenter cette expérience.
<b>Forces intérieures à un système</b>	Le candidat ou la candidate proposera et exploitera une expérience mettant en évidence le travail des forces intérieures à un système. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Induction électromagnétique</b>	Le candidat ou la candidate développera une application de l'induction électromagnétique de son choix dans la vie quotidienne. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Induction électromagnétique</b>	Le candidat ou la candidate présentera l'énoncé et la solution d'un exercice analysant sur un cas particulier la puissance transmise à un matériau dans un système de chauffage par induction. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Dipôle électrostatique et applications</b>	Le candidat ou la candidate présentera le principe du chauffage des aliments dans un four micro-ondes. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour cette partie de la leçon.

Titre	"Passage Obligé"
<b>Actions sur un dipôle magnétique</b>	Le candidat ou la candidate présentera et commentera l'expérience de Stern et Gerlach et ses résultats essentiels. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Interféromètre de Michelson</b>	Le candidat ou la candidate présentera l'expérience historique de Michelson et Morley. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Interféromètre de Michelson</b>	Le candidat ou la candidate présentera une application métrologique de l'interféromètre de Michelson. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Isolations des bâtiments</b>	Le candidat ou la candidate proposera une description physique d'un procédé permettant d'améliorer l'isolation phonique d'un bâtiment. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Lasers</b>	Le candidat ou la candidate illustrera le principe de l'émission laser en s'appuyant sur une animation interactive (un exemple est proposé au laboratoire). Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Lasers</b>	Le candidat ou la candidate présentera une application des effets thermiques ou mécaniques induits par un laser. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Lois de conservation en mécanique Applications</b>	Le candidat ou la candidate abordera le cas des collisions et l'illustrera expérimentalement. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Lois de conservation en mécanique Applications</b>	Le candidat ou la candidate mettra en œuvre et analysera une expérience utilisant un tabouret d'inertie. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Machines thermiques réelles et modélisées</b>	Le candidat ou la candidate devra traiter et analyser un dispositif de cogénération. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Machines thermiques réelles et modélisées</b>	Le candidat ou la candidate mettra en œuvre expérimentalement un moteur de Stirling et en analyser le fonctionnement. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Machines thermiques réelles et modélisées</b>	Le candidat ou la candidate devra exploiter un diagramme enthalpique pour analyser le cycle d'une machine thermique. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Mesures de masse à toutes les échelles</b>	Le candidat ou la candidate présentera le principe de la mesure d'une masse avec une balance du quotidien. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes d'exposé à cette partie de la leçon.
<b>Mesures de vitesse d'écoulement</b>	Le candidat ou la candidate présentera le principe d'un anémomètre à fil chaud. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour présenter cette expérience.
<b>Mesures de vitesse d'écoulement</b>	Le candidat ou la candidate présentera une application biologique ou médicale des mesures de vitesse d'écoulement. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes d'exposé à cette partie de la leçon.
<b>Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique et dans un champ magnétique</b>	Le candidat ou la candidate illustrera sa leçon en traitant notamment l'exemple du cyclotron. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.

Titre	"Passage Obligé"
<b>Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique et dans un champ magnétique</b>	Le candidat ou la candidate présentera l'expérience de Bertozzi. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Ondes acoustiques dans les fluides</b>	Le candidat ou la candidate illustrera expérimentalement une mesure de distance par ultrasons. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Ondes acoustiques dans les fluides</b>	Le candidat ou la candidate présentera et illustrera expérimentalement une application du phénomène de battements en acoustique. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Ondes de surface</b>	Le candidat ou la candidate illustrera le phénomène de diffraction des ondes à la surface d'un fluide. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Phénomènes de diffusion</b>	Le candidat ou la candidate illustrera le principe d'un viscosimètre de Couette. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Photographie Capteurs numériques</b>	Le candidat ou la candidate devra illustrer expérimentalement la notion de profondeur de champ. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Polarisation des ondes électromagnétiques</b>	Le candidat ou la candidate illustrera le principe d'une utilisation d'onde polarisée dans la vie quotidienne. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Polarisation des ondes électromagnétiques</b>	Le candidat ou la candidate présentera expérimentalement une production d'onde polarisée dans le domaine des ondes centimétriques. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Production d'énergie électrique décarbonée</b>	Le candidat ou la candidate abordera le principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Propagation guidée</b>	Le candidat ou la candidate présentera les phénomènes de dispersion liés à la propagation dans un guide d'ondes et leurs conséquences. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Régimes transitoires</b>	Le candidat ou la candidate présentera expérimentalement le portrait de phase d'un phénomène transitoire. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Satellites. Applications</b>	Le candidat ou la candidate traitera le cas particulier des satellites artificiels géostationnaires. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Deuxième principe de la thermodynamique</b>	Le candidat ou la candidate discutera l'expression de l'entropie statistique. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Semi-conducteurs</b>	Le candidat ou la candidate présentera l'effet Hall. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Système Terre-Lune</b>	Le candidat ou la candidate présentera le phénomène des marées et ses conséquences sur le système Terre-Lune. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Forces de traînée et de portance</b>	Le candidat ou la candidate illustrera expérimentalement un exemple de force de portance. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour présenter cette expérience.
<b>Transport de l'énergie électrique</b>	Le candidat ou la candidate présentera l'utilisation des transformateurs dans le transport de l'énergie électrique. Il n'est pas opportun

Titre	<b>"Passage Obligé"</b>
	de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Utilisation des diagrammes enthalpiques</b>	Le candidat ou la candidate traitera le cas du cycle de Rankine d'une centrale nucléaire. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Utilisation des propriétés de symétrie en physique</b>	Le candidat ou la candidate illustrera la leçon par la présentation d'un exercice de magnétostatique, dont il ou elle précisera l'énoncé et la solution. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Adaptation d'impédances</b>	Le candidat ou la candidate présentera une application en échographie médicale. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Propriétés magnétiques de la matière</b>	Le candidat ou la candidate présentera une application de la loi de Curie du paramagnétisme. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Bilan radiatif de la Terre</b>	Le candidat et la candidate présentera un phénomène de rétroaction en jeu dans le réchauffement climatique global. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Bilans de grandeurs physiques dans les fluides en écoulement</b>	Le candidat ou la candidate mettra en œuvre une expérience dont il ou elle interprètera les résultats par un bilan de quantité de mouvement. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour présenter cette expérience.
<b>Champ magnétique terrestre. Caractérisation et conséquences</b>	Le candidat ou la candidate mettra en œuvre une expérience permettant la mesure du champ magnétique terrestre. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour présenter cette expérience.
<b>Dipôles magnétiques</b>	Le candidat ou la candidate présentera l'expérience de Stern et Gerlach et ses conclusions principales. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Système à deux niveaux</b>	Le candidat ou la candidate étudiera le cas du spin $\frac{1}{2}$ dans un champ magnétique. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Exemples d'effets relativistes. Applications</b>	Le candidat ou la candidate présentera et analysera l'expérience historique de Fizeau. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Exemples d'effets relativistes. Applications</b>	Le candidat ou la candidate présentera et interprètera l'effet Compton. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Exemples de principes variationnels. Applications</b>	Le candidat ou la candidate démontrera les lois de Snell-Descartes à partir d'un principe variationnel. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Expérience des fentes de Young</b>	Le candidat ou la candidate présentera un exemple d'interférences mettant en jeu des particules. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Expérience des fentes de Young</b>	Le candidat ou la candidate présentera une application en astronomie. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Facteur de Boltzmann. Exemples</b>	Le candidat ou la candidate illustrera la leçon par la présentation d'un exercice dont il ou elle précisera l'énoncé et la solution. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.

Titre	"Passage Obligé"
<b>Frottements</b>	Le candidat ou la candidate présentera une expérience permettant de déterminer le coefficient de frottement fluide auquel est soumis un oscillateur mécanique amorti. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Hystérésis et bistabilité</b>	Le candidat ou la candidate présentera une expérience permettant de relever le cycle d'hystérésis d'un matériau ferromagnétique. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour présenter cette expérience.
<b>Hystérésis et bistabilité</b>	Le candidat ou la candidate présentera expérimentalement le fonctionnement d'un comparateur à hystérésis basé sur un amplificateur linéaire (ALI). Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour présenter cette expérience.
<b>Mesure du temps</b>	Le candidat ou la candidate présentera le principe d'une mesure du temps basée sur des oscillateurs à portes logiques. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Modèle du fluide parfait. Applications</b>	Le candidat ou la candidate établira deux démonstrations de la relation de Bernoulli en mécanique des fluides. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Modèle du fluide parfait Applications</b>	Le candidat ou la candidate proposera l'énoncé et la solution d'un exercice sur le calcul du temps de vidange d'un récipient initialement rempli d'un fluide parfait. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Diffusion des ondes électromagnétiques</b>	Le candidat ou la candidate présentera expérimentalement le phénomène de polarisation par diffusion. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Diffusion des ondes électromagnétiques</b>	Le candidat ou la candidate présentera une expérience illustrant la couleur bleue du ciel et l'analysera. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Modèles de l'atome</b>	Le candidat ou la candidate présentera le modèle de Thomson. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Notion de cohérence en optique</b>	Le candidat ou la candidate mettra en œuvre la détermination de la longueur de cohérence d'une source de lumière blanche grâce à un interféromètre de Michelson. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Notion de cohérence en optique</b>	Le candidat ou la candidate illustrera expérimentalement l'influence de la largeur de la fente source dans une expérience de fentes d'Young. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Obtention de basses températures</b>	Le candidat ou la candidate présentera notamment le principe du refroidissement laser. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Ondes évanescentes Réflexion totale</b>	Le candidat ou la candidate présentera un analogue quantique du phénomène de réflexion totale frustrée. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Ondes stationnaires</b>	Le candidat ou la candidate illustrera sa leçon en exploitant expérimentalement le phénomène dans un câble coaxial. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Ondes stationnaires</b>	Le candidat ou la candidate illustrera sa leçon en exploitant expérimentalement le dispositif du trombone de Koenig. Il n'est pas opportun de consacrer plus de quinze minutes pour exposer cette partie de la leçon.

Titre	"Passage Obligé"
<b>Oscillateurs</b>	Le candidat ou la candidate réalisera et analysera une expérience mettant en œuvre un oscillateur électrique à résistance négative. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Phénomènes interfaciaux</b>	Le candidat ou la candidate démontrera et illustrera expérimentalement la loi de Jurin de l'ascension capillaire. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Spectroscopies</b>	Le candidat ou la candidate présentera le principe du spectroscope à réseau. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Transitions de phase. Applications</b>	Le candidat ou la candidate présentera la détermination expérimentale d'une enthalpie de changement d'état. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.
<b>Viscosité</b>	Le candidat ou la candidate illustrera la leçon par la présentation d'un exercice sur l'écoulement de Poiseuille dont il ou elle précisera l'énoncé et la solution. Il n'est pas opportun de consacrer plus de dix minutes pour exposer cette partie de la leçon.



**Leçons de chimie 2022**

La liste des leçons de la session 2022 est publiée à titre indicatif.

Titre	Élément Imposé
<b>1ère générale, spécialité PC</b>	
Détermination de la composition d'un système chimique. / Suivi et modélisation de l'évolution d'un système chimique./ Détermination d'une quantité de matière grâce à une transformation chimique.	Réaliser un dosage par étalonnage. / Déterminer la composition de l'état final d'un système siège d'une transformation chimique totale à l'aide d'un langage de programmation. / Déterminer la composition de l'état final d'un système et l'avancement final d'une réaction. / Titration mettant en jeu une espèce colorée.
De la structure à la polarité d'une entité.	Visualiser la géométrie d'une entité par utilisation de modèles moléculaires ou de logiciels de représentation moléculaire.
Dissolution des solides ioniques.	Mettre en œuvre un protocole de lavage ou d'extraction liquide-liquide.
Synthèses d'espèces chimiques organiques.	Mesurer une température de fusion./ Réaliser un montage à reflux./ Isoler et purifier un produit formé./ Isoler, purifier et analyser un produit formé./ Analyser un produit formé.
Conversion de l'énergie stockée dans la matière organique.	Estimer expérimentalement le pouvoir calorifique d'un combustible.
<b>1ère ST2S, spécialité PC</b>	
Réactions acide-base.	Mettre en œuvre un protocole de classement de produits ménagers selon leur acidité.
Les produits désinfectants et antiseptiques	Mettre en œuvre un protocole de dilution d'un produit désinfectant ou antiseptique.
Description de la structure des molécules organiques	Utiliser un logiciel de visualisation de modèles moléculaires.
Des molécules d'intérêt biologique	Mettre en œuvre un protocole permettant de différencier les aldéhydes et les cétones./Mettre en évidence les propriétés chimiques de la vitamine C.
L'eau solvant	Mettre en œuvre un protocole d'extraction liquide-liquide.
<b>1ère STL, spécialité PC et M</b>	
Structure spatiale des espèces chimiques	Utiliser un modèle moléculaire et un logiciel de représentation moléculaire.
Molécules organiques : représentations, isoméries	Réaliser des tests chimiques.
Solvants et solutés	Réaliser et exploiter une gamme étalon. / Mettre en œuvre un protocole pour étudier l'influence de la température sur la solubilité d'une espèce chimique.
Réactions acide-base en solution aqueuse	Mesurer le pH d'une solution aqueuse d'un acide ou d'une base pour en apprécier le caractère fort ou faible./ Préparer et utiliser une solution tampon.
Cinétique d'une réaction chimique	Suivre et exploiter l'évolution temporelle de la concentration d'un réactif ou d'un produit.
Facteurs cinétiques. Catalyse	Enregistrer la conductivité d'une solution au cours du temps.
<b>1ère STL, spécialité SPCL</b>	
Synthèse d'une espèce chimique organique	Réaliser une recristallisation./ Réaliser une extraction par solvant.
Réactivité des alcools	Réaliser un montage à reflux. / Réaliser une recristallisation. / Effectuer et interpréter une chromatographie sur couche mince./ Réaliser une extraction par solvant.

Réactions de synthèse, sites électrophiles et nucléophiles, formalisme des flèches courbes	Réaliser un montage à reflux. / Réaliser une recristallisation. / Effectuer et interpréter une chromatographie sur couche mince. / Réaliser une extraction par solvant.
Dosages	Réaliser un dosage par étalonnage spectrophotométrique. / Réaliser un dosage pH-métrique. / Réaliser un dosage par changement de couleur.

**1ère STI2D, spécialité PC et M**

Energie chimique - exemple des combustions	Déterminer le pouvoir calorifique d'un combustible.
Oxydo-réduction, corrosion des matériaux, piles	Réaliser des expériences permettant d'identifier la réaction d'oxydo-réduction modélisant la transformation. / Réaliser et étudier le fonctionnement d'une pile.

**T générale, spécialité PC**

Suivi temporel d'une transformation chimique	Suivre l'évolution de la concentration d'un réactif ou d'un produit par spectrophotométrie. / Montrer de façon expérimentale l'effet d'un catalyseur / Tracer à l'aide d'un langage de programmation l'évolution temporelle d'une vitesse volumique de formation ou de consommation obtenue de façon expérimentale.
Equilibre chimique	Mettre en évidence expérimentalement la notion d'équilibre.
Réactions d'oxydo-réduction	Réaliser une pile. / Réaliser une électrolyse autre que celle de l'eau.
Réaction acide-base / Acides et bases	Réaliser un titrage par suivi pHmétrique. / Réaliser un titrage par suivi conductimétrique.
Optimisation d'une synthèse organique	Déterminer expérimentalement le rendement d'une synthèse.
Stratégie de synthèse multi-étapes	Réaliser une transformation chimique modifiant une chaîne carbonée. / Réaliser une transformation chimique modifiant un groupe caractéristique.

**T ST2S, spécialité de chimie, biologie et physiopathologie**

La qualité de l'eau	Mettre en oeuvre un dosage conductimétrique d'une espèce ionique.
Méthodes chimiques d'analyse médicale	Réaliser un dosage spectrophotométrique.
Structure chimique des protéines	Utiliser des modèles moléculaires ou un logiciel de simulation.
Structure chimique des lipides	Mettre en oeuvre un protocole de saponification d'un corps gras.
Vitamines et oligoéléments	Mettre en oeuvre un dosage par titrage.

**T STL, spécialité PC et M**

Structure spatiale des espèces chimiques	Utiliser des modèles moléculaires et un logiciel de représentation moléculaire.
Réactions acide-base en solution aqueuse	Mettre en oeuvre une extraction. / Déterminer expérimentalement un pKa.
Pile, quantité d'électricité	Réaliser et exploiter une pile.
Cinétique d'une réaction chimique	Réaliser le suivi cinétique d'une transformation chimique pour déterminer un ordre de réaction.
Energie chimique	Estimer expérimentalement le pouvoir calorifique d'un combustible.

**T STL, spécialité SPCL**

Quotient de réaction et constante d'équilibre acide-base	Réaliser un titrage par pH-métrie.
Titrages acide-base	Réaliser un titrage avec un indicateur coloré.
Conductivité	Déterminer la valeur d'une constante d'équilibre. / Réaliser un titrage par précipitation. / Réaliser un dosage par étalonnage.
Oxydoréduction : titrages directs et indirects	Réaliser un titrage avec changement de couleur.
Oxydoréduction : relation de Nernst	Mettre en oeuvre un titrage direct ou indirect.

Électrolyse, électrosynthèse	Réaliser l'électrolyse de l'eau./ Réaliser une électrolyse à anode soluble.
Stereochimie de configuration	Mettre en œuvre un protocole pour différencier deux diastéréoisomères.
Synthèses d'espèces chimiques organiques	Utiliser un montage de Dean-Stark.
Spectroscopies UV-visible, IR et de RMN. / Spectroscopies UV-visible.	Réaliser un dosage par étalonnage.
Diagrammes binaires liquide vapeur	Réaliser une distillation simple. / Réaliser une distillation fractionnée.
Solubilité	Extraire sélectivement des ions d'un mélange par précipitation.

**T STI2D, spécialité PC et M**

Oxydo-réduction : piles, accumulateurs	Réaliser et étudier le fonctionnement d'une pile.
--	---

**MPSI / PTSI / TSI 1**

Evolution temporelle d'un système chimique	Etablir une loi de vitesse à partir du suivi temporel de la conductivité d'une solution. / Etablir une loi de vitesse à partir du suivi temporel d'une absorbance. / Déterminer une énergie d'activation. / Déterminer un ordre partiel à partir d'un suivi spectrophotométrique. / Mettre en œuvre la méthode d'Euler à l'aide d'un langage de programmation. / Déterminer une énergie d'activation à partir d'un suivi conductimétrique.
Liaisons intramoléculaires	Utiliser un logiciel de visualisation 3D des molécules.
Facteurs influençant la solubilité d'une espèce	Réaliser un titrage.
Solvants	Déterminer une constante de partage.
Les métaux, structures et propriétés	Déterminer un paramètre de maille par mesure d'une masse volumique.
Solides covalents et moléculaires	Illustrer l'influence des conditions expérimentales sur la formation des solides.
Acides et bases	Illustrer un procédé de recyclage en solution. / Réalisation de titrages successifs et simultanés. / Illustrer un procédé de séparation en solution aqueuse. / Réaliser un titrage d'un mélange de deux acides par suivi conductimétrique.
Oxydants et réducteurs	Réaliser un titrage indirect. / Réaliser une pile.
Transformation chimique	Réaliser un titrage pour déterminer une constante d'équilibre par une méthode spectrophotométrique. / Déterminer une constante d'acidité (sans utiliser la pH-métrie).
Diagrammes potentiel-pH	Réaliser un titrage. / Mettre en œuvre une réaction de médiamutation. / Mettre en œuvre une réaction de dismutation.

**MP**

Application du premier principe à la transformation chimique / Application du premier principe de la thermodynamique à la chimie	Déterminer expérimentalement la valeur d'une enthalpie de réaction. / Mettre en œuvre une démarche expérimentale mettant en jeu des effets thermiques d'une transformation chimique.
Application du second principe à la transformation chimique	Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour déterminer la valeur d'une constante d'équilibre en solution aqueuse.
Cinétique électrochimique	Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant des courbes courant-potentiel. / Réaliser une expérience pouvant être interprétée avec des courbes courant-potentiel./ Tracer expérimentalement une courbe courant-potentiel.
Corrosion	Réaliser une expérience illustrant la protection d'un métal contre la corrosion. / Passiver un métal ou réaliser une protection cathodique par courant imposé ou protéger un métal par anode sacrificielle.
Energie chimique et énergie électrique : conversion et stockage	Mettre en œuvre une démarche expérimentale utilisant des piles.
Générateurs électrochimiques	Mettre en œuvre un accumulateur. / Réaliser une pile de concentration.
Electrolyse	Préparer de l'eau de Javel.

<b>PSI</b>	
Diagrammes d'équilibre solide-liquide	Illustrer expérimentalement la variation d'une température de fusion par mélange.
Corrosion	Réaliser une anodisation ou un électrozingage.
Générateurs électrochimiques	Montrer l'influence de différents facteurs sur la tension à vide d'une pile.
<b>PT</b>	
Effets thermiques pour une transformation chimique isobare	Déterminer expérimentalement la valeur d'une enthalpie de réaction.
Corrosion	Mettre en œuvre un protocole illustrant les phénomènes de corrosion et de protection.
Transformation forcée	Déterminer expérimentalement le rendement d'une électrolyse.
<b>TSI2</b>	
Déplacement de l'équilibre chimique	Utiliser un bain thermostaté.
Équilibre chimique	Déterminer une constante thermodynamique d'équilibre par une méthode spectrophotométrique. / Déterminer une constante thermodynamique d'équilibre à l'aide d'un titrage.
Optimisation d'un procédé chimique	Réaliser une expérience mettant en évidence un paramètre d'influence sur un procédé chimique.
Diagrammes potentiel-pH	Réaliser un procédé industriel à l'échelle du laboratoire.

## Montages 2022

1. Illustration de quelques lois de la dynamique newtonienne
2. Dynamique du solide en rotation
3. Référentiels non Galiléens
4. Mesure de longueurs
5. Mesure de vitesses
6. Mesure d'accélération
7. Frottements
8. Tension superficielle
9. Viscosité
10. Caractérisation d'un écoulement
11. Ondes dans les liquides
12. Mesure de pressions
13. Mesure de températures
14. Transitions de phase
15. Transferts thermiques
16. Phénomènes de transport
17. Rayonnement thermique
18. Instruments d'optique
19. Interférences lumineuses
20. Diffraction des ondes lumineuses – Filtrage
21. Acquisition et analyse d'image
22. Spectrométrie optique
23. Interférences à ondes multiples
24. Émission et absorption de la lumière
25. Photorécepteurs
26. Biréfringence, pouvoir rotatoire
27. Polarisation des ondes électromagnétiques
28. Production de champs magnétiques
29. Mesure de champs magnétiques
30. Milieux magnétiques
31. Métaux
32. Matériaux semi-conducteurs
33. Mesure de capacités
34. Capteurs à effets capacitifs
35. Mesure de coefficients d'induction
36. Phénomènes d'induction - applications
37. Conversion électromécanique
38. Machine à courant continu
39. Machines synchrones et asynchrones\*
40. Production et conversion d'énergie électrique
41. Transducteurs
42. Amplification de signaux
43. Mise en forme, transport et détection de l'information
44. Signal et bruit
45. Numérisation du signal
46. Mesures physiques par analyse d'image
47. Microcontrôleurs : applications et limites
48. Détection synchrone
49. Systèmes bouclés
50. Instabilités
51. Phénomènes non-linéaires
52. Ondes : propagation et conditions aux limites
53. Propagation guidée
54. Ondes acoustiques
55. Haut-parleur
56. Résonances
57. Modes propres
58. Oscillateurs couplés

- 59. Régimes transitoires
- 60. Mesures par opposition (ou mesure à l'équilibre)
- 61. Perturbation par la mesure

\* Le montage 39 a été supprimé de la liste avant le début des épreuves orales pour des raisons techniques.

## Épreuves orales de la session 2023

Seuls la liste des titres des montages est communiquée à l'avance.

### Leçons de physique et de chimie

Les modalités des leçons de physique et de chimie de la session 2023 seront inchangées par rapport à la session 2022, à l'exception des dispositions suivantes :

- Le candidat ne pourra disposer d'aucun document personnel.
- L'accès à internet sera exclusivement limité à une liste de sites qui sera publiée début 2023 sur le site <http://www.agregation-physique.org>. Les éventuels liens externes présents sur ces sites ne seront pas accessibles, sauf s'ils renvoient vers un autre site de la banque autorisée.

### Montages

- M1. Illustration de quelques lois de la dynamique newtonienne
- M2. Dynamique du solide en rotation
- M3. Référentiels non Galiléens
- M4. Mesure de longueurs
- M5. Mesure de vitesses
- M6. Mesure d'accélération
- M7. Frottements
- M8. Instabilités
- M9. Phénomènes non-linéaires
- M10. Tension superficielle
- M11. Viscosité
- M12. Caractérisation d'un écoulement
- M13. Ondes dans les liquides
- M14. Ondes acoustiques
- M15. Mesure de pressions
- M16. Mesure de températures
- M17. Transitions de phase
- M18. Transferts thermiques
- M19. Phénomènes de transport
- M20. Rayonnement thermique
- M21. Instruments d'optique
- M22. Diffraction des ondes lumineuses – Filtrage
- M23. Interférences lumineuses
- M24. Interférences à ondes multiples
- M25. Spectrométrie optique
- M26. Émission et absorption de la lumière
- M27. Photorécepteurs
- M28. Biréfringence, pouvoir rotatoire
- M29. Polarisation des ondes électromagnétiques
- M30. Ondes : propagation et conditions aux limites
- M31. Propagation guidée
- M32. Production de champs magnétiques
- M33. Mesure de champs magnétiques
- M34. Milieux magnétiques
- M35. Métaux
- M36. Matériaux semi-conducteurs

- M37. Conversion électromécanique
- M38. Machine à courant continu
- M39. Production et conversion d'énergie électrique
- M40. Transducteurs
- M41. Haut-parleur
- M42. Mise en forme, transport et détection de l'information
- M43. Amplification de signaux
- M44. Signal et bruit
- M45. Numérisation du signal
- M46. Acquisition et analyse d'image
- M47. Mesures physiques par analyse d'image
- M48. Mesure de capacités
- M49. Capteurs à effets capacitifs
- M50. Mesure de coefficients d'induction
- M51. Phénomènes d'induction - applications
- M52. Détection synchrone
- M53. Systèmes bouclés
- M54. Résonances
- M55. Modes propres
- M56. Oscillateurs couplés
- M57. Régimes transitoires
- M58. Mesures par opposition (ou mesure à l'équilibre)
- M59. Perturbation par la mesure
- M60. Mesure de rendements
- M61. Microcontrôleurs : applications et limites