



**MINISTÈRE  
DE L'ÉDUCATION  
NATIONALE  
ET DE LA JEUNESSE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

## Rapport de jury

Concours : Agrégation externe

Section : Physique-chimie

Option : Physique

Session 2023

Rapport de jury présenté par :  
Laurence Rezeau, professeure des universités  
Présidente du jury

## Table des matières

Avant-propos .....	3
Réglementation de la session 2024 .....	5
Informations statistiques.....	6
Épreuves d'admissibilité .....	8
Rapport sur la composition de physique 2023 .....	9
Rapport sur la composition de chimie 2023 .....	15
Rapport sur le problème de physique 2023 .....	20
Épreuves d'admission.....	22
Rapport sur la leçon de physique 2023.....	23
Présentation de l'épreuve.....	23
Préparation .....	23
Exposé.....	25
Entretien avec le jury.....	27
Conclusion.....	28
Rapport sur la leçon de chimie 2023.....	29
Rapport sur le montage de physique 2023 .....	29
Sujets des épreuves orales de la session 2023 .....	38
Leçons de physique 2023 .....	38
Leçons de chimie 2023 .....	43
Montages 2023.....	48
Épreuves orales de la session 2024 .....	50
Leçons de physique et de chimie.....	50
Montages.....	50

## 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 2023 du concours de l'agrégation externe de physique-chimie option physique, 90, était significativement supérieur à celui des années précédentes. Alors que le nombre de candidats est resté stable par rapport aux années précédentes. Après délibération, le jury a décidé de retenir 20 admissibles de plus et de pourvoir finalement 88 postes. C'est un peu plus qu'en 2022 (78 postes en liste principale + 5 en liste complémentaire).

Le nombre de candidats ayant composé aux trois épreuves écrites s'établit en 2023 à 462, valeur presque identique à celle de l'année précédente (459). Les 172 candidats admissibles se partagent entre étudiants (50% des admissibles) et professeurs stagiaires, certifiés ou professeurs de lycée professionnel (44%), les autres étant sans emploi ou hors de la fonction publique ou agents de la fonction publique non enseignants. 74% des étudiants admissibles, et 25 % des professeurs déjà en activité admissibles ont été admis. Même si cette dernière fraction a beaucoup augmenté, les candidats étudiants réussissent toujours 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 (22 %).

La proportion de femmes parmi les admis est de 25 %, semblable à la proportion de femmes admissibles (23 %) et à la proportion de femmes candidates ayant présenté les 3 épreuves d'écrit (23%). La baisse du nombre de candidates observée en 2022 semble accidentelle.

Le jury a eu le plaisir d'évaluer, durant les épreuves écrites et orales, des prestations d'excellente qualité. 11 candidats ont obtenu une moyenne générale supérieure à 15/20, un peu moins qu'en 2022, où ils étaient 14.

Une modification importante des épreuves orales est intervenue à cette session en ce qui concerne les règles d'accès à internet. Pour toutes les épreuves, l'accès à internet a été limité à une liste fermée de sites et documents comme c'était déjà le cas pour l'épreuve de montage en 2022. Cette liste inclut une banque de documents déposés par les préparations, modérée par le jury et mise à disposition des candidats avant le début de l'oral. Le jury considère que cette modification est un vrai succès. L'évaluation des candidats a été plus simple et plus authentique. Elle a permis de déterminer ce que les candidats savaient vraiment et d'évaluer leurs compétences didactiques personnelles. Cette modalité d'accès restreint à internet sera conservée en 2024, avec éventuellement une modification à la marge de la liste des sites et documents accessibles.

Le programme de la session 2024, que l'on trouvera sur le site [devenirenseignant.gouv.fr](https://devenirenseignant.gouv.fr), s'inscrit dans la continuité de celui de la session 2023. En complément de ce programme, les candidats trouveront dans ce document les évolutions prévues pour les différentes épreuves ainsi que la liste des montages pour la session à venir. Les sujets proposés aux différentes épreuves sont souvent courts et ouverts, afin d'inciter les candidats à faire des choix raisonnés. Le jury insiste sur le fait qu'en montage comme en leçon, il n'existe pas de modèle attendu pour les sujets proposés. L'originalité est appréciée lorsqu'elle est pertinente et maîtrisée.

Il reste à recommander aux futurs candidats la lecture attentive de ce rapport et des précédents qui constituent des éléments précieux pour réussir le concours. La plupart des éléments mentionnés ici sont repris sur le site internet <https://agregation-physique.org/> qui doit représenter un outil de travail pendant l'année de préparation.

Le jury rappelle que l'agrégation est un concours de la fonction publique : les épreuves orales sont donc publiques (après quelques années de restriction à cause de la pandémie). Les auditeurs sont admis en nombre limité pour ne pas pénaliser le fonctionnement du concours et il leur est demandé de respecter certaines règles (voir <https://agregation-physique.org/assister-aux-epreuves-orales-2/>). On rappelle qu'ils ne sont pas autorisés à interroger l'équipe technique qui les accueille sur l'origine des candidats ou leur identité et qu'ils ne doivent pas échanger avec eux sur le lieu du concours à l'issue d'une

Agrégation externe de physique-chimie option physique, session 2023  
épreuve.

Laurence Rezeau  
Professeure à Sorbonne Université, Présidente du jury

## Réglementation de la session 2024

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 2024 de l'agrégation externe de physique-chimie option physique sont consultables sur ce même site.

## Informations statistiques

### COMPOSITION DU JURY

Le jury compte vingt-huit membres (quatorze femmes et quatorze hommes) et rassemble un inspecteur général de l'éducation du sport et de la recherche, quatre professeurs des universités, cinq maîtres de conférences des universités ou équivalent, deux chargés de recherche CNRS, deux inspecteurs territoriaux (IA-IPR), six professeurs de chaires supérieures et huit professeurs agrégés.

### POSTES ET CANDIDATS

90 places ont été ouvertes au concours. Le tableau ci-dessous donne des informations générales relatives à la sélection progressive des candidats au cours des épreuves, les valeurs des années précédentes étant rappelées à titre de comparaison.

	2023	2022	2021	2020	2019
Inscrits	1001	1073	1073	1069	1129
Présents aux 3 épreuves (compris étrangers <sup>1</sup> )	455	456	463	478	515
<b>Admissibles</b>	<b>172</b>	<b>152</b>	<b>150</b>	<b>151</b>	<b>155</b>
Barre d'admissibilité sur 120	40,82	42	42,95	44,2	40,1
Moyenne générale du candidat classé premier	18,34/20	18,9/20	19,8/20	19,8/20	20/20
Moyenne générale du dernier candidat reçu	8,00/20	8,9/20	8,5/20	9,4/20	8,7/20
<b>Admis</b>	<b>88</b>	<b>78</b>	<b>78</b>	<b>78</b>	<b>78</b>

### EPREUVES ECRITES

Moyenne sur 20 du premier candidat admissible : 19,7/20

Moyenne sur 20 du dernier candidat admissible : 6,8/20

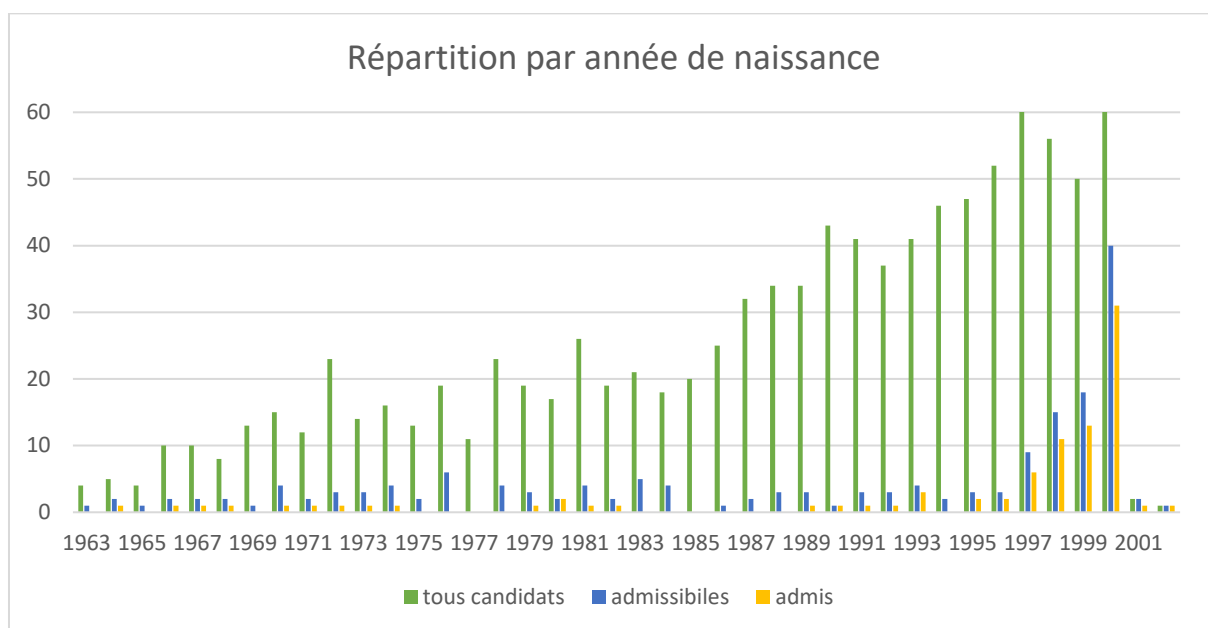
Nature de l'épreuve écrite	Moyenne des candidats ayant composé	Moyenne des candidats français admissibles
Composition de physique	6,2/20	9,3/20
Composition de chimie	8,1/20	11,9/20
Problème de physique	5,8/20	8,6/20

### EPREUVES ORALES

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

<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



L'âge moyen des admissibles est de 33 ans et celui des admis de 29 ans.

## Répartition par profession

Profession	Nombre d'admissibles	Nombre d'admis
Étudiant hors ENS	30	16
Élève d'une ENS*	56	48
Enseignants titulaires MEN	68	16
Enseignants stagiaires MEN	1	0
Enseignant Enseignement Privé	1	0
Agents non titulaires MEN	5	3
Agent Fonction Publique Etat Autres Ministères	2	0
Hors fonct. Publique/sans emploi	9	5

\* 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	254	132	66
Femmes	70 (23%)	40 (23 %)	22 (25 %)

## **Épreuves d'admissibilité**

Les épreuves se sont déroulées les 6, 7 et 8 mars 2023.

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



## Rapport sur la composition de physique 2023

### Présentation du sujet

La composition de physique de 2023 traite de phénomènes de déviation de rayons (lumineux ou acoustiques) dans un milieu inhomogène. Différentes thématiques, relevant de différents domaines de la physique, sont abordées dans ce sujet :

- Optique géométrique (partie I.A) : les questions Q1 à Q4 sont des rappels sur les lois de Snell-Descartes et le phénomène de réflexion totale.
- Onde acoustique (partie I.B) : les questions Q5 à Q9 proposent une analogie entre la déviation d'un rayon lumineux et celle d'un rayon acoustique.
- Électromagnétisme (partie I.C) : les questions Q10 à Q20 portent sur la démonstration de l'équation eikonale dans un milieu à gradient d'indice.
- Thermodynamique (partie II.A) : les questions Q20 à Q22 permettent de calculer le gradient de température au-dessus d'une plaque chauffée.
- Optique ondulatoire (partie II.B) : les questions Q23 à Q28 traitent d'une mesure interférométrique du gradient d'indice, et donc du gradient de température, à l'aide d'un interféromètre de Mach-Zehnder.
- Traitement numérique et analyse d'incertitudes de mesure (partie II.C) : les questions Q29 à Q31 proposent une analyse statistique des résultats expérimentaux, à l'aide d'un script Python.
- Mécanique (partie III) : les questions Q32 à Q41 (partie III.A) s'intéressent à l'analyse relativiste de la déviation de la lumière par une masse tandis que les questions Q42 à Q52 (partie III.B) étudient une application de cette déviation à la détection d'objets compacts non visible directement (MACHO).

La calculatrice est autorisée selon les modalités de la circulaire du 17 juin 2021 publiée au BOEN du 29 juillet 2021.

### Outils mathématiques utilisés

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

- opérateurs vectoriels ;
- nombres complexes ;
- équation différentielle (d'ordre un) ;
- développements limités ;
- applications numériques (en ordre de grandeur) ;
- représentations graphique ;
- géométrie dans le plan ;
- coniques.

### Typologie des questions

L'énoncé a pour objectif d'évaluer la maîtrise de compétences variées par les candidats. Un grand nombre de questions sont posées de façon guidée et proposent parfois un raisonnement pas à pas. Les questions nécessitant d'important calculs (par exemple Q17 et Q41) sont rares et le résultat est systématiquement fourni. D'autres questions présentent des spécificités particulières :

- Questions ouvertes mettant en œuvre une modélisation (par exemple Q7 ou Q40) : elles demandent aux candidats beaucoup d'autonomie, dans la mise en place de la modélisation, des approximations et d'une résolution.

- Questions ouvertes mettant en œuvre une analyse de texte ou d'image (par exemple Q9, Q19 ou Q39) : elles nécessitent la mise en relation d'un résultat démontré dans le sujet avec un texte scientifique ou une citation d'un(e) chercheur(se).
- Questions d'analyse de données (par exemple Q27-Q28) : elles ont pour objectif de tester la maîtrise des outils statistiques pour confronter un résultat expérimental à une modélisation, avec une prise en compte des incertitudes de mesure.
- Questions didactiques (par exemple Q20) : elles incitent à se placer dans la posture de l'enseignant en proposant une explication ou un protocole expérimental tel qu'il pourrait être mis en œuvre en classe avec des élèves.
- Questions à capacité numérique (par exemple Q29) : elles testent la compréhension d'un code Python pour analyser des données. Ces compétences prennent une part de plus en plus importante et continueront à être évaluées dans le futur.

### **Analyse des résultats**

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

Certaines copies, en revanche, révèlent un niveau scientifique insuffisant en regard des exigences de l'agrégation. En particulier le jury a pu noter des déficiences inacceptables dans la connaissance élémentaire du cours (par exemple les équations de Maxwell), ainsi que dans la maîtrise de l'expression, qualité pourtant essentielle attendue d'un futur enseignant.

Il est regrettable d'autre part que les compétences d'analyse et surtout de validation des résultats soient si peu mobilisées par les candidats. C'est le cas en particulier lors de la discussion critique du résultat d'une application numérique par exemple.

Enfin, le jury regrette que les copies ne contiennent pas assez de schémas, car c'est souvent par le biais d'un schéma bien réalisé, représentant de façon synthétique et claire la situation étudiée, que débute une analyse correcte de la situation physique étudiée. Ainsi, même si un schéma n'est pas explicitement demandé, il est souvent un appui pertinent pour le correcteur.

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.

Certaines procédures de base utilisées en physique sont assez souvent 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 non (exemple Q32-Q34) ;
- 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 pas être identifiés à des scalaires) ;
- des expressions non homogènes ne peuvent être tolérées, elles sont malheureusement encore trop fréquentes ;
- les applications numériques doivent être écrites avec un nombre raisonné de chiffres significatifs, et les unités doivent être explicitées (la mention « USI » à chaque obstacle n'est pas suffisant).

### **Éléments statistiques détaillés de la session 2023**

La partie I a été abordé par tous les candidats. Elle représente 42% du barème total, mais en moyenne

57% des points obtenus dans les copies. La partie II, qui a été abordée par 84% des candidats, représente 20% du barème et 20% des points obtenus ; enfin, la partie III, abordée par 90% des candidats, pèse pour 38 % du barème, mais seulement 23% des points obtenus. Ainsi, les candidats ont globalement mieux traité la partie I que la partie III.

La typologie des questions se répartit comme suit :

- Questions à caractère calculatoire : 5% du barème.
- Questions ouvertes mettant en œuvre une modélisation : 4% du barème.
- Questions ouvertes mettant en œuvre une analyse de texte ou d'image : 13% du barème.
- Questions d'analyse de données : 6% du barème.
- Questions didactiques : 5% du barème.
- Questions à capacité numérique : 3% du barème.

Les applications numériques et estimations d'ordre de grandeur correspondent à environ 10% du total du barème.

### **Conseils aux candidats**

Le premier conseil que le jury peut donner aux candidats est de penser au correcteur : il est important que celui-ci ou celle-ci puisse comprendre instantanément ce que le candidat est en train de faire. Cela passe en particulier par l'utilisation d'un langage clair et précis, d'une écriture lisible et d'une explicitation argumentée de la démarche suivie. Cela est particulièrement important lorsque le résultat est donné dans le sujet ou lors des questions ouvertes.

Le jury conseille aux candidats de lire l'énoncé avec soin avant de répondre à une question, afin d'être sûr de répondre précisément et complètement (surtout à toutes les questions quand il y en a plusieurs dans une même question, comme en Q35 ou Q40).

Lorsque l'énoncé demande de « justifier » un résultat ou une assertion, une simple paraphrase ou reformulation n'est pas une réponse acceptable.

Il est bien sûr nécessaire de vérifier systématiquement l'homogénéité des expressions écrites (par exemple le jury a constaté beaucoup d'erreurs d'homogénéité en Q21) ainsi que la cohérence mathématique (en distinguant en particulier vecteur et scalaire, norme et projection etc.). Les applications numériques doivent être soignées (nombre de chiffres significatifs adapté, unités, et surtout commentaire), de même que les représentations graphiques (titre, tracés des axes à la règle, légende, grandeurs et unités portées, points caractéristiques clairement représentés, couleur pour aider à la lecture etc.).

Il est préconisé de ne pas délaissier les questions ouvertes qui nécessitent une prise d'initiative. En effet, ces questions 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. Les réponses (voir ci-dessus) sont davantage jugées sur la qualité de la démarche que sur l'exactitude du résultat et sont valorisées dans le barème (voir ci-dessus). Dans une question de cette nature, il est judicieux d'explicitier clairement 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 (graphique, texte), il est nécessaire de donner du sens à l'étude de ces derniers et d'y faire référence dans le cadre de la validation (ou non) d'un résultat trouvé (par exemple en Q24). Lorsque l'on extrait une information d'un document, par exemple une valeur numérique d'un graphique, il est important d'explicitier, le cas échéant, la manière dont on procède (par exemple en Q28)

### **Commentaires détaillés :**

**Q1.** À la grande surprise du jury, cette question n'est pas bien traitée par la plupart des candidats. Les  
Rapport 2023, page 11 / 51

définitions d'un milieu transparent et isotrope sont souvent vagues et imprécises. Les candidats confondent par ailleurs atténuation et absorption (l'indice d'un milieu peut être complexe et pour autant non absorbant si la permittivité relative est réelle et négative, comme dans un métal à basse fréquence). Par exemple, pour discuter de la propriété d'isotropie, les phrases comme "les propriétés du milieu ne dépendent pas de la direction" sont incomplètes si l'on ne précise pas de quelle direction il s'agit (ici la direction de propagation d'une OEM, ou encore la direction de polarisation). Enfin, pour la définition de l'indice de réfraction, il faut invoquer la vitesse de phase de la lumière.

Première partie : C'est, en toute logique, celle qui a été la plus abordée, la fréquence de réponses correctes 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.

**Q2.** Il n'est pas acceptable de ne pas simplifier  $\sin(\pi/2-x)$  dans les expressions, comme cela a été vu parfois. Il est par ailleurs essentiel de respecter les notations de l'énoncé.

**Q3.** Des confusions entre réfraction limite et réflexion totale qui conduisent à lire des relations du type : « angle de réfraction plus grand que  $\pi/2$  », ou pire : «  $\sin(\dots) > 1$  » ! Donner l'expression de l'angle d'incidence limite ne suffit pas, il faut préciser si le phénomène apparaît au-dessus ou en-dessous de cet angle limite.

**Q4.** Il est attendu de faire figurer sur la figure la réflexion totale sur une strate donnée, et un retour du rayon lumineux vers le bas. La grande majorité des copies se contente de représenter la première partie de la propagation du rayon lumineux, avant la réflexion totale.

**Q5.** Cette question a engendré beaucoup de difficultés chez les candidats qui n'ont pas fait le lien entre indice et vitesse de propagation.

**Q6.** Question bien réussie dans l'ensemble.

**Q7.** La démonstration conduisant à l'expression de la célérité des ondes sonores dans un fluide est rarement menée de bout en bout. Les hypothèses sur la transformation subie par le gaz au passage de l'onde sonore doivent être explicitées (il est attendu une transformation isentropique, mais des points ont été attribués pour une transformation isotherme). Le jury rappelle que la fonction racine carrée n'est pas une fonction linéaire.

**Q8.** Au-delà de la qualité du schéma demandé, il est attendu la mise en évidence d'un effet de concentration des rayons acoustiques. Le jury tient à faire remarquer que puisque les rayons se propagent dans un gradient d'indice, tous les rayons sont déviés, même un rayon se propageant horizontalement depuis la voiture.

**Q9.** Une simple paraphrase des données de l'énoncé ne constitue pas une argumentation acceptable.

**Q10.** La signification physique du vecteur de Poynting est souvent décrite de manière très approximative, les candidats confondent souvent puissance, puissance surfacique et énergie.

**Q11.** Certains candidats ne définissent pas physiquement le vecteur polarisation mais donnent son expression dans le cas d'un milieu linéaire. Si les candidats utilisent une définition mathématique, toutes les grandeurs nécessaires doivent être définies.

**Q12.** L'absence de propriétés magnétiques d'un milieu ne doit pas être associée à un champ magnétique nul. La dimension du vecteur déplacement a souvent été oublié.

**Q13.** Cette question analytique a été plutôt bien traitée par ceux qui l'ont abordée.

**Q14.** L'ordre de grandeur du terme en gradient n'est pas bien évalué, une majorité de candidat

proposant  $\frac{E}{\ell^{*2}}$  au lieu de  $\frac{E}{\lambda \ell^{*}}$ .

**Q15.** Question plutôt bien traitée bien que rares sont ceux qui précisent que l'amplitude  $\vec{E}_0$  doit être uniforme.

**Q16.** Question mal traitée dans l'ensemble, car très peu de candidats ont réalisé qu'il fallait utiliser l'hypothèse  $\ell^* \gg \lambda$  pour justifier que le champ électrique est transverse.

**Q17.** Question d'apparence simple mais très peu réussie de façon rigoureuse.

**Q19.** Le raisonnement géométrique doit être explicité et justifié. Le gradient d'indice n'est pas une grandeur sans dimension. Plusieurs raisonnements pouvaient aboutir à l'estimation de ce gradient.

**Q20.** Il est attendu de futurs enseignants que les dessins soient clairs et qu'une légende ainsi qu'un protocole soient présents.

Deuxième partie : cette partie, relativement peu calculatoire, a été, globalement, correctement traitée.

**Q21.** Avant une application numérique, une expression littérale est attendue pour le temps caractéristique demandé. Il convient de vérifier l'homogénéité de cette expression avant d'en proposer une application numérique, laquelle mérite par ailleurs un commentaire.

**Q23.** Question simple bien réussie.

**Q24.** Trop de candidats confondent franges rectilignes et interfrange constant. Trop de réponses sont affirmées sans aucune justification. Trop peu de candidats ont vu le lien entre interfrange et gradient d'indice.

**Q25.** Question bien réussie.

**Q26.** La justification physique du choix de  $p_0$  n'est souvent pas suffisamment argumentée.

**Q27.** Question plus difficile qu'il n'y paraît. Seule l'adéquation qualitative a été plutôt bien menée, mais l'argumentation quantitative attendue (calcul d'un z-score) a très rarement été menée correctement.

**Q28.** Le calcul de l'incertitude-type n'est bien traité que par moins d'un tiers des candidats.

**Q29.** Il est demandé d'écrire sur la copie très précisément ce qui serait écrit dans le code (et donc en utilisant les notations des variables introduites dans le code Python).

**Q30.** Question bien traitée lorsqu'elle est abordée.

**Q31.** Des résultats encore trop souvent sans unité.

Troisième partie : la partie III.A a été traitée par la majorité des candidats, mais la partie III.B n'a presque pas été abordée, alors qu'elle contenait des questions simples malgré une situation géométrique qu'il fallait s'approprier (en particulier des estimations d'ordre de grandeur relativement abordables).

**Q32.** Le jury rappelle que le calcul du champ de gravitation à l'extérieur de la distribution est simple si la répartition de masse est à symétrie sphérique, même si elle n'est pas uniforme. Les schémas doivent ici être réalisés plus soigneusement et les grandeurs pertinentes doivent y figurer. On voit trop souvent sur les copies qu'il faut que la masse  $M$  soit très grande devant la masse  $m$ .

**Q33.** Sur cette question simple, il est nécessaire de prendre le temps de s'appliquer : définir le système étudié, le référentiel, préciser la loi utilisée (théorème du moment cinétique), écrire le calcul et interpréter le résultat vis-à-vis de la planéité du mouvement. Simplement évoquer quelques mots clés en espérant que le correcteur refasse le raisonnement n'est pas suffisant pour déclencher les points.

**Q34.** Question assez bien traitée, mais le nom du processus (état de diffusion, ou état libre) n'est pas

souvent mentionné par les candidats.

**Q35.** La déviation de la lumière étudiée ici n'a pas de rapport avec les phénomènes d'aberration.

**Q36.** À l'époque de Soldner, la relativité restreinte, et donc la constance de la vitesse de la lumière, n'était pas connue. Il est donc inutile et anachronique de l'invoquer ici.

**Q37.** Les applications numériques de cette question sont trop peu effectuées.

**Q38.** Une question difficile en ce qui concerne la détermination des constantes d'intégration. Les représentations des trajectoires sont le plus souvent données en fonction du signe de l'énergie mécanique et non pas de la valeur de l'excentricité.

**Q39.** Question peu traitée par manque d'évaluation des ordres de grandeur de la Q37.

**Q40.** La vitesse de libération est trop souvent donnée avec une erreur de facteur  $\sqrt{2}$ . Il faut s'assurer de savoir redémontrer ce résultat rapidement à l'aide de la conservation de l'énergie. Par ailleurs, le jury déplore un manque de culture générale sur les preuves expérimentales de l'existence des trous noirs, alors que ces objets font souvent la Une des magazines scientifiques.

**Q41.** Question difficile et très peu abordée.

**Q42.** Question bien réussie dans l'ensemble, sauf la description du cas limite  $\theta_S = 0$ .

**Q43.** Pour l'estimation de l'ordre de grandeur de la taille de l'univers, il est attendu un ordre de grandeur par analyse dimensionnelle à l'aide de  $H_0$  et de la vitesse de la lumière, mais une estimation basée sur la connaissance de l'âge de l'univers est également admis.

Les questions Q44 à Q52 ont été très peu traitées.

## Rapport sur la composition de chimie 2023

Le sujet de la composition de chimie traite de divers aspects sur la confection des sucreries et des aspects nutritionnels qui leurs sont liés. Cette thématique a permis d'aborder un large spectre de notions du programme du concours. La première partie est une étude classique de la cinétique de l'hydrolyse du saccharose dans l'eau. La deuxième partie aborde les synthèses organiques de deux composés présents dans l'arôme de fraise. La troisième partie est consacrée à l'analyse et la synthèse de colorants sous l'angle de la réactivité en solution et des diagrammes potentiels pH. La quatrième partie consiste en une étude de l'équilibre d'ébullition d'un sirop ainsi que la solubilité maximale du saccharose dans l'eau à l'aide de modèles thermodynamiques de mélanges de difficultés croissantes à s'approprier et à confronter à diverses mesures expérimentales. Enfin la dernière partie a pour objets les aspects nutritionnels au travers d'une question ouverte (le calcul d'un nutriscore). Elle se termine par une mise en situation dans le cadre d'un enseignement dans la série ST2S de la voie technologique.

Les parties sont indépendantes et de nombreuses questions peuvent être traitées de façon distincte au sein de chacune d'entre elles.

Le sujet intègre de nombreuses données et figures, souvent bien exploitées par les candidats. Il est cependant indispensable de bien lire le texte et les questions posées pour répondre à la question, seulement à la question et à la totalité de la question. Le sujet couvre un large spectre de la chimie, permettant aux candidats de valoriser de nombreuses connaissances et compétences.

Chaque partie comporte des questions de cours ou d'applications directes des compétences disciplinaires indispensables à l'enseignement de la chimie. Certaines parties permettent également au candidat de mettre en évidence son recul sur la discipline. Elles nécessitent plus d'appropriation, analyse pour être correctement traitées. Des réponses automatiques à ces situations, correspondant à des applications directes et rapides, ont souvent pénalisé les candidats même lorsque tous les éléments étaient présents dans les démarches. Par exemple, la figure 3.1 présentait une structure chaise qui permettait de répondre à la question 3, ou encore, lorsque les données précisent les valeurs des pKa de l'acide acétique et de l'acide benzoïque, invoquer la délocalisation sur le cycle benzénique pour justifier la valeur de la première acidité de l'acide carminique est une grossière erreur. Peu de candidats ont pensé à utiliser la présence (ou non) de liaisons hydrogènes intramoléculaires pouvant stabiliser les bases des couples considérés.

Le sujet comporte également des questions liées à la dimension expérimentale. Elles sont traitées de façon hétérogène. La réalisation d'une solution tampon à partir de la base faible n'est jamais correctement traitée intégralement. C'est aussi le cas pour la nature des électrodes à utiliser dans le cadre d'un suivi par pH-métrie. Les réponses sont rarement explicites, exhaustives et précises. Cependant le montage à reflux ou les expériences de spectrophotométrie sont décrits de manières satisfaisantes dans de nombreuses copies.

Enfin, la chimie fait partie des sciences de l'observation, le sujet présente de nombreuses données sous formes de courbes dont l'analyse permet de répondre et d'éclairer de nombreuses questions. A la question 30, il était d'ailleurs très simple d'utiliser « j'observe », « j'en déduis » puis « j'interprète » au lieu des réponses assez obscures sur les hypothétiques changements du nombre de liaisons conjuguées.

La question ouverte ne présente aucune difficulté du point de vue chimique. Il s'agit pour le candidat de construire une démarche avec prise d'initiative. Le jury salue les candidats ayant réussi à présenter des réponses bien construites et cohérentes.

Le jury attire l'attention sur le fait que négliger la chimie organique est pénalisant non seulement pour la partie 2 mais également pour de nombreuses autres questions du sujet. Les mécanismes de base tels que l'estérification de Fischer où toutes les étapes sont renversables doivent être maîtrisés et écrits en respectant le formalisme attendu : flèches courbes, doublets électroniques. De ce point de vue, il est conseillé de représenter les environnements électroniques de tous les sites réactionnels pour une clarté optimale des actes élémentaires décrits. Par ailleurs, des consignes claires sont formulées dans le sujet. En ne les respectant que partiellement, les candidats s'exposent à des pénalités. Cela a été le cas dans

les situations suivantes : par exemple, prendre volontairement 0,06 à la place de 0,059 clairement demandé dans le sujet ou exprimer une énergie d'activation en eV alors que les unités SI étaient demandées.

Enfin, nous souhaitons que les candidats prennent conscience que la chimie est un ensemble de corpus cohérents, et qu'il est indispensable d'en maîtriser les connaissances et compétences de bases nécessitant en particulier identifier la réactivité d'une espèce chimique, qu'elle soit de type acide / base, oxydant / réducteur et nucléophile / électrophile.

Le jury tient à féliciter les candidats ayant su démontrer une réelle maîtrise des connaissances en chimie et des méthodes pratiques associées dans un contexte applicatif et varié.

Commentaires spécifiques à chaque partie et chaque question (le taux de réussite à chaque question, qui inclut l'absence de traitement, est indiqué entre parenthèses)

#### Partie 1 (40 %) :

Q1. 28 %. La définition d'une solution tampon est souvent bien maîtrisée. La réalisation n'est jamais correctement traitée. Il suffit d'écrire un tableau d'avancement en ajoutant le composé ionique dans la solution d'acide chlorhydrique jusqu'à obtention d'un mélange avec des concentrations quasi identiques des deux formes. Certaines réalisations proposent exactement cette démarche mais sur des volumes inadaptés (on trouve très souvent 200 mL) puis suggèrent une dilution jusqu'à 1L. C'est d'autant plus étonnant que la dilution « modérée » est bien précisée par les candidats quelques lignes plus haut.

Q2. 33 %. L'hémiacétal n'a été identifié que dans de très rares copies. De nombreux candidats confondent les groupes caractéristiques (par exemple hydroxyle) et les fonctions (alcool). Il convient de répondre à la question posée.

Q3. 33 %. La représentation des conformations chaise en perspective pose des difficultés à une majorité de candidats. Des éléments de réponse assez précis sont pourtant donnés dans la structure de l'acide carminique.

Q4. 63 %. Il suffit de bien répondre à la question posée. Une vitesse de réaction est positive.

Q5. 78 %. Pas de difficultés. La réaction ayant lieu dans l'eau, l'écriture de la loi de vitesse a fait apparaître occasionnellement la concentration en eau, ce qui n'a pas de sens lorsqu'il s'agit du solvant.

Q6. 49 %. Le but de la question est de guider les candidats. La réponse de circonstance « régression linéaire » a été le plus souvent donnée mais sans justification (le  $R^2$  n'est que rarement donné ou relié à la qualité de l'analyse)

Q7. 68 %. Peu de difficultés. Si les candidats identifient que  $t_{1/2}$  est indépendant de la concentration pour un ordre 1, la réponse pour  $t_{1/1024}$  est immédiate.

Q8. 34 %. La question est construite en étapes successives. Il faut préciser que l'énergie d'activation et le facteur pré-exponentiel sont indépendants de T avec la même remarque sur l'analyse statistique des données qu'à la question 6. A partir de ce premier résultat, il est possible d'en déduire la température de l'expérience. Le jury salue les candidats qui ont commenté la valeur obtenue par rapport à celles données.

Q9. 43 %. Question bien réussie lorsqu'elle est traitée.

Q10. 5%. Il s'agit de réfléchir aux limites de la loi d'Arrhenius qui se veut une approche moléculaire mais dans un cas de mécanisme moléculaire complexe. Le jury salue les candidats ayant identifié qu'il s'agissait vraisemblablement d'un mécanisme comportant une ECD.

#### Partie 2 (32 %) :

Q11. 33 %. Les candidats se limitent souvent à donner les définitions, parfois approximatives ou fausses. Une molécule chirale ne possède pas forcément un carbone asymétrique.

Q12. 33 %. Le mécanisme de l'estérification est rarement correctement écrit. Il s'agit d'un cas très classique qui doit être connu. Les productions sont, à ce titre, décevantes. Les copies ayant correctement réalisé le mécanisme ont été fortement valorisées.

Q13. 25 %. Les candidats oublient souvent de préciser que le catalyseur doit être sec.

Q14. 42 %. De nombreuses bonnes réponses.

Q15. 45 %. L'estérification se déroule en phase condensée et est athermique (la pression et la température n'ont donc que très peu d'effet sur le rendement). Le jury rappelle que l'appareil à utiliser



n'est pas celui de Tony Stark !

Q16. 46 %. Les règles CIP sont globalement bien maîtrisées et exploitées. L'ordre de priorité s'effectue en s'appuyant sur le numéro atomique et non sur les masses molaires ou l'électronégativité.

Q17. 23 %. Dans cette question, il s'agit de justifier l'acidité des protons en alpha d'un carbonyle et donc placer le composé B en présence d'une base avant de polariser le dibrome. La formulation de la question met les candidats sur la voie du raisonnement à tenir.

Q18. 8 %. Cette question est peu traitée mais nous saluons les candidats qui réussissent à identifier des voies de synthèses.

Q19. 24 %.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  est décrit dans de très nombreuses copies comme un desséchant alors qu'il est ajouté à un milieu aqueux.

Q20. 26 %. Le principe de l'extraction est bien mal compris et très mal expliqué. Il s'agit pourtant de décrire simplement la thermodynamique de l'équilibre d'une espèce chimique entre deux phases non miscibles. Sa mise en œuvre est souvent bien décrite même si la terminologie ou les schémas sont parfois approximatifs.

Q21. 41 %. Quand la question est traitée, elle est plutôt réussie.

Partie 3-A (39 %) :

Q22. 42 %. On attend des candidats qu'ils sachent exprimer le pH à partir de l'activité et, éventuellement de la concentration. Dans ce cas, l'argument d'un logarithme devant être sans dimension, l'oubli de  $C^0$  est ici pénalisé.

Q23. 57 %. La plupart des candidats savent nommer et expliquer comment est constitué un pH-mètre. Le rôle et la nature des électrodes sont parfois oubliés ou mal maîtrisés.

Q24. 46 %. Cette question donne lieu à des erreurs nombreuses et variées. L'acide carboxylique est bien identifié, mais, dans l'eau comme précisé dans le sujet, les protons des fonctions alcool ne sont pas acides. La fonction phénol est souvent confondue avec la fonction alcool.

Q25. 21 %. L'acide carboxylique est bien identifié. En revanche l'écart de  $\text{pK}_A$  par liaison hydrogène intramoléculaire n'est pas souvent compris. Beaucoup de candidats utilisent un argument sur la délocalisation dans le cycle aromatique, argument faux, comme le montraient les données sur les  $\text{pK}_A$  des acides acétique et benzoïque.

Q26. 15 %. Les protons des fonctions phénols portées par les carbones 5 et 8 sont impliquées dans des liaisons hydrogènes intramoléculaires. Cependant le proton de la fonction phénol portée par le carbone 6 ne l'est pas. En contrepartie, le phénolate est stabilisé par liaison hydrogène intramoléculaire. De trop nombreux candidats invoquent des arguments d'encombrement stérique, donc plutôt « cinétique », ou d'activation, alors qu'il s'agit de réfléchir sur le  $\text{pK}_A$ , une donnée thermodynamique donc de stabilité des formes acides et bases.

Q27. 7 %. Les candidats ayant identifié le bon argument à la question 25 savent correctement traiter cette question.

Q28. 51 %. Question globalement bien traitée quoiqu'il y ait pu avoir quelques confusions entre absorbance et transmittance. Le jury précise qu'il est attendu des candidats que les relations formelles soit exprimées.

Q29. 77 %. Question bien traitée

Q30. 49 % Il suffit de commenter la figure 3-2 : observer le déplacement du maximum d'absorbance, en déduire un changement de couleur. Les arguments sur la modification des formes mésomères peuvent être valorisées lorsqu'ils sont correctement justifiés (nombre de doublets impliqués en fonction du taux de protonation par exemple).

Q31. 48 %. Il y a peu de questions d'atomistique dans le sujet. Celle-ci est globalement bien traitée.

Q32. 4 %. Cette question est très mal abordée : la structure octaédrique est donnée et est souvent mal reproduite. De plus, une fois traitée toute la partie sur les  $\text{pK}_A$  de l'acide carminique, il faut de comprendre que le complexe rouge force la déprotonation des fonctions phénol. En cela, la compétition entre les deux équilibres (acide-base et complexation) permet de justifier qualitativement la grande stabilité du complexe et par conséquent une probable forte constante d'équilibre.

Partie 3-B (44 %) :

Cette partie est de difficulté croissante. La construction du diagramme de l'eau est bien réussie, celle du diagramme du titane pose des difficultés. Enfin, l'utilisation des trois diagrammes (eau, titane, fer) n'est correctement traitée.

Q33. 83 %. Question déjà posée dans le sujet de chimie de la session précédente. Cette question reste

toujours, un peu, filtrante.

Q34. 69 %. Question plutôt bien traitée bien qu'elle donne lieu à des expressions parfois totalement fausses. Le jury est indulgent sur l'absence de l'écriture des concentrations standards même s'il est toujours apprécié que les candidats précisent que la concentration standard est sous entendue car les concentrations sont exprimées en mol·L<sup>-1</sup>. En revanche, tous les candidats qui ont fait apparaître une concentration en eau en indiquant qu'elle était égale à 1 (alors qu'il y a 55 moles d'eau dans un litre à la température ambiante) ont été systématiquement sanctionnés. Cela traduit une confusion entre solvant et soluté et pose un réel problème de compréhension en chimie des solutions.

Q35. 44 %. La question porte sur la géométrie de la molécule. Elle est presque toujours restreinte par les candidats à la géométrie autour de l'atome de titane. La démarche est cependant globalement plutôt réussie.

Q36. 55 %. Cette question ne pose pas trop de difficulté, sauf parfois si les degrés d'oxydations sont oubliés.

Q37. 42 %. L'attribution des domaines pose des difficultés. La détermination des degrés d'oxydation, est dans globalement bien menée. Cependant, l'identification de la forme prédominante (ou existante) en fonction du pH se révèle plus délicate et a conduit à de nombreuses inversions. Les candidats ont, globalement, une manière de procéder automatique qui leur permet de placer les hydroxydes à pH élevé par rapport aux cations. Au degré d'oxydation IV, seuls les candidats qui prennent le temps d'écrire les équilibres acido-basiques entre les espèces considérées identifient les acides et bases des différents couples impliqués pour attribuer les trois derniers domaines. Les autres se trompent. Le sujet précise pourtant bien « en justifiant brièvement ».

Q38. 62 %. Question bien traitée, même si l'espèce amphotère n'est pas toujours correctement identifiée du fait de l'erreur à la question 37. Cela permet aux candidats qui se trompent de rectifier.

Q39. 38 %. L'espèce est solide, il s'agit d'un domaine d'existence. La question permet, là encore, aux candidats s'étant trompés à la question 37 de rectifier.

Q40. 41 %. Quand elle est traitée, la demi-équation électronique et la pente sont correctement écrites même si le jury relève des erreurs numériques dans le calcul de la pente. Le jury rappelle que la pente a une unité dans un diagramme E-pH. Un seul candidat, après s'être trompé à la question 37, perçoit l'incohérence entre la pente qu'il a calculée et celle identifiée à partir du diagramme.

Q41. 49 %. Question assez bien traitée.

Q42. 4 %. Cette question est traitée difficilement par les candidats qui l'ont peu fréquemment abordée. Il faut identifier le domaine de pH qui permet de solubiliser les deux espèces réactives puis ajuster le bilan.

Partie 4 (19 %) :

Q43. 62 %. Question bien traitée même si des candidats ne perçoivent pas qu'il est possible de remplacer directement la pression partielle de l'eau par la pression totale.

Q44. 37 %. Question très étonnamment mal traitée, surtout au vu du public auquel le sujet est proposé.

Q45. 56 %. Quand elle est traitée, cette question l'est correctement. L'égalité des potentiels chimiques est souvent admise (ce qui est exigible), mais le jury salue les candidats qui prennent la peine de l'établir formellement.

Q46. 15 %. De très nombreux candidats confondent « mélange idéal » et gaz parfait (cf. remarque à la question 44) ce qui entraîne des conséquences dans la suite de la partie. Par ailleurs, l'état standard d'un liquide est pur dans sa phase, et non pas infiniment dilué à une concentration C°. Cette confusion entre solvant et soluté est très fréquente.

Q47. 33 %. Cette question ne pose pas de difficultés aux candidats ayant traité la question 45.

Q48. 23 %. Il faut montrer que  $\alpha = 0$  eu égard à sa définition (cf. remarque à la question 46 sur la définition du mélange idéal). Lorsque la notion de mélange idéal est correctement exprimée, cette question est bien traitée car les candidats identifient correctement ce que représentent les paramètres  $\varepsilon_{ij}$ .

Q49. 24 %. La démarche, la relation d'Euler et le résultat sont donnés dans le sujet. Les candidats qui répondent à la question réussissent logiquement plutôt bien à la traiter. Les contorsions calculatoires qui ne démontrent rien ne sont pas valorisées.

Q50. 7 %. Il y a deux façons d'arriver au résultat. Le sujet guide les candidats vers la méthode la plus simple d'un point de vue calculatoire. Malgré cela, écrire une différentielle logarithmique pose parfois de sérieux problèmes.

Q51. 16 %. Une question assez simple après une question difficile. Elle est bien traitée par les candidats qui l'abordent.

Q52. 6 %. L'expression analytique approximative attendue est souvent obtenue lorsque la question est

traitée.

Q53. 3 %. Peu de candidats essaient d'analyser la figure, mais la question étant simple, les réponses sont souvent bien valorisées.

Q54. 10 %. Dans cette question encore, la démarche et le résultat sont donnés. Malgré cela, très peu de candidats réussissent à mener le calcul de la grandeur de mélange. L'analyse dimensionnelle donne quant à elle lieu à des résultats souvent incohérents.

Q55. 4 %. Le signe du paramètre  $\beta$  est souvent correctement indiqué. Le sens du paramètre  $x_u(T)$ , la solubilité en fonction de la température, est quant à elle non traitée. Le code Python reproduit quelques lignes plus bas donne la réponse à cette question.

Q56. 3 %. La démixtion est correctement décrite. Le jury félicite les candidats ayant su retrouver la température à laquelle la figure est produite. C'est également le cas pour les rares candidats qui ont su formuler la difficulté didactique quant à la différence entre la solubilité, qui relève plutôt de la chimie des solutions, et la limite de mélange dans le cas présent.

Q57. 5 %. Question peu traitée mais les candidats ont bien perçu ce qui est demandé malgré quelques erreurs de signe.

Q58. 17 %. Cette question était simple, il suffit de lire le code et de bien se l'approprier. La figure 4-2 est directement obtenue par le code. Son aspect esthétique peut être amélioré mais le jury souhaite conserver le code le plus lisible possible. Les bonnes réponses sont nombreuses. La seule difficulté est autour de l'instruction « plt.legend() » qui n'est pas impliquée dans la légende des axes.

Partie 5 (11 %) :

Q59. 10 %. Le sujet a été construit volontairement en omettant la valeur énergétique pour inciter les candidats à construire, sur la base d'une indication, une démarche de résolution de problème. Si le jury constate de belles réalisations, l'indication concernant 88 g de glucides dont 74 g de sucres est souvent utilisée sans argumentation et conduit à des estimations fausses de l'énergie mais sans incidence sur le calcul du nutriscore. Par ailleurs, l'effet de la température entre 298 K et la température du corps n'est pas abordée (même si elle est négligeable).

Q60. 17 %. La question est une mise en situation pédagogique. Les réalisations sont inégales, parfois hasardeuses ou complètement fausses, Le jury note cependant de nombreuses bonnes réponses qui montrent des qualités didactiques de bon augure pour de futurs enseignants.

Q61. 14 %. La question, si elle est traitée, l'est correctement.

Enfin, des points sur la forme globale de la copie et le respect des consignes ont été attribués, en fonction du total de point de la copie. Le taux de réussite est 27 %.

## Rapport sur le problème de physique 2023

Le sujet du problème de physique est centré sur le domaine de recherche très actif de l'optomécanique où l'on étudie de manière fondamentale l'interaction entre la lumière généralement issue d'un laser et des résonateurs mécaniques de taille diverses allant des miroirs massifs de plusieurs dizaines de kg des interféromètres gravitationnels à des nanotubes de carbone.

Le problème s'intéresse à un résonateur largement utilisé dans la communauté, une membrane diélectrique en nitrure de silicium, fortement tendue. Le problème est composé de quatre parties indépendantes.

La première partie traite de l'aspect mécanique de la membrane et de son équilibre thermique. 98 % des candidats ont abordé cette partie.

Dans cette partie la membrane est assimilée à un système masse-ressort qui est traité dans les premières questions (Q1 à Q4) de manière très classique. Ces questions ont été abordées par quasiment l'intégralité des candidats et très largement bien réussies. L'étude du bruit thermique nécessite l'introduction d'un formalisme mathématique supplémentaire. Les questions Q5 et Q6 purement qualitatives, consistant à analyser les nouvelles équations et identifier les termes indépendamment de toutes compétences de calcul ont cependant posé de grosses difficultés aux candidats.

Les questions suivantes Q7 à Q12 sur l'étude d'une technique de refroidissement actif permettant de réduire la température du résonateur au détriment d'une augmentation de son amortissement, ont été beaucoup moins abordées et généralement mal réussies, la manipulation des intégrales doubles constituant une véritable barrière. Quelques bonnes copies ont mené à terme les calculs et mis en évidence l'effet croisé sur la température effective et l'amortissement du résonateur.

La seconde partie traite d'une méthode de mesure de l'amortissement de la membrane grâce à une technique d'excitation et de ring down semblable à une mesure de réponse impulsionnelle mais utilisant les quadratures du mouvement. 65 % des candidats ont abordé cette partie.

Les premières questions étaient centrées sur le filtre électronique permettant l'extraction des quadratures. Il est à noter que parmi les candidats ayant abordé la question Q13 moins de la moitié a identifié la résistance de 50 ohms comme étant liée à de l'adaptation d'impédance.

Le calcul de la fonction de transfert a donné lieu à de nombreuses erreurs de calcul et à des expressions fausses alors que le résultat était en partie donné dans le texte du document scientifique.

Les dernières questions concernant la définition des quadratures et leur dépendance temporelle ont été peu abordées et souvent mal comprises. Certains candidats ont parlé de décroissance linéaire alors que l'échelle du graphe dans le document scientifique était logarithmique.

La troisième partie étudie le profil spatial des modes de vibration mécanique ainsi que leur fréquence de résonance. Cette étude permet d'estimer différents phénomènes d'amortissement tels que le rayonnement acoustique et les pertes intrinsèques dans le matériau.

87 % des candidats ont abordé cette partie.

Les premières questions de cette partie étaient facilement abordables par analyse dimensionnelle, ou grâce à des schémas simples invoquant le théorème de Pythagore. On déplore pour la question Q20 où le résultat était donné, nombre de calculs malhonnêtes où des termes apparaissaient ou disparaissaient miraculeusement avant le résultat final.

L'expression de l'énergie cinétique de la question Q22 a généralement été bien écrite et environ 30 % des candidats a abordé les questions de mécanique analytique Q23 à Q26, avec un certain succès.

Les questions 30 à 42 s'intéressent au calcul des pertes mécaniques dû au rayonnement acoustique. Les premières questions de cette sous partie ont été dans l'ensemble correctement traitées. Dans la question Q35 on regrette qu'une partie non négligeable des candidats se soit contentée d'un traitement à une dimension de l'expression de l'onde plane en la faisant se propager selon  $x$  ou  $z$  et non selon un vecteur quelconque comme cela est demandé dans la question. Beaucoup d'expressions étaient purement sinusoïdale, alors qu'il était demandé une forme générale.

Q36 l'équation a généralement été correctement établie par les candidats qui se sont lancés dans les calculs.

Q37 la conservation de la masse et les différents termes ont généralement été bien identifiés à l'exception du vecteur  $l$ .

Q39, les indices dans le sujet et le résultat de l'application numérique permettait de vérifier l'exactitude

des expressions littérales. Les candidats qui ont abordé cette question l'ont généralement bien traitée. Les questions Q40 à Q42 qui nécessitaient une réflexion particulière pour combiner les résultats de la partie acoustique avec celle de la mécanique, ont posées plus de difficultés aux candidats.

La sous partie suivante sur les pertes intrinsèques du matériau n'a été abordée que par une dizaine de pourcent des candidats avec un succès très relatif.

Enfin, la quatrième partie s'intéresse aux aspects optiques de la membrane considérée comme une couche fine diélectrique. On y étudie la possibilité de rendre la membrane extrêmement réfléchissante grâce à la gravure d'un cristal photonique.

Cette partie a été abordée par 88 % des candidats.

Les premières questions Q49 à Q56 qui reprennent des éléments classiques d'électromagnétisme dans les matériaux ont été abordées par près de 60 % des candidats et ont dans l'ensemble été correctement traitées. Les questions suivantes ont posé plus de difficultés aux candidats y compris des questions simples sur la diffraction par le cristal photonique qui s'apparentait à de la diffraction par un réseau.

Le jury tient à souligner le déficit général de rédaction dans les copies. La plupart du temps, les résultats sont présentés de manière brute sans texte, les étapes de calcul se suivent sans aucune explication ni invocation des conditions permettant les simplifications (linéarité des équations ou des intégrales, terme d'ordre supérieur, relations vectorielles...). Le candidat doit justifier explicitement ces étapes de calculs et ne pas se contenter par exemple de barrer les termes nuls sans un mot d'explication.

## **Épreuves d'admission**

Les épreuves se sont déroulées du 14 juin au 4 juillet 2023 au lycée Marcelin Berthelot (Saint-Maur-des-Fossés).

## Rapport sur la leçon de physique 2023

### Présentation de l'épreuve

#### Déroulement

Les candidats découvrent 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. Le sujet de la leçon comporte un titre, généralement bref, qui situe le thème général, et l'énoncé d'un « passage obligé », qui en aborde un aspect particulier.

Les candidats préparent la leçon pendant 4 heures. À la suite de cette préparation, ils disposent de 40 minutes pour exposer la 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. Le temps consacré aux « passages obligés » n'est pas prescrit, mais ceux-ci sont conçus pour être présentés durant 10 à 15 minutes.

#### Évaluation

La leçon est une épreuve permettant au jury d'évaluer les capacités des candidats à transmettre un message scientifique clair, cohérent, adapté au niveau annoncé et qui s'appuie sur des connaissances maîtrisées. Il s'agit, pour les candidats, 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 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. Le niveau choisi pour la leçon, devant un public d'étudiants post-baccalauréat, doit être maîtrisé par le candidat.

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, ainsi que d'une base de données de documents numériques, dont la liste est disponible en ligne sur le site <http://www.agregation-physique.org> et arrêtée avant le début des oraux.

Les candidats ne disposent d'aucun document personnel.

L'accès à internet est exclusivement limité à une banque de sites dont la liste est publiée sur le site <http://www.agregation-physique.org>. Cette liste est susceptible d'évoluer, à la marge, en 2024 ; elle sera arrêtée avant le début des oraux. Les éventuels liens externes présents sur ces sites ne sont pas accessibles, sauf s'ils renvoient vers un autre site de la banque autorisée.

Durant la préparation, les candidats bénéficient du soutien du personnel technique et des professeurs préparateurs pour la mise en place et le réglage du matériel expérimental souhaité dans le cadre de la leçon. Les expériences sont préparées et réalisées par eux, conformément aux instructions du candidat,

qui est donc pleinement responsable de ses choix expérimentaux.

Un ordinateur, une flexcam et un vidéoprojecteur sont disponibles dans la salle d'exposé. Les candidats ont ainsi la possibilité de projeter des documents divers issus d'une base de données ou des sites internet autorisés (schémas descriptifs, vidéos, animations, photographies, simulations, ...). Les logiciels usuels (OpenOffice, Word, Excel, Python, Scilab...) sont installés sur l'ordinateur mis à disposition dans sa salle d'exposé.

## Conseils pour la préparation

- Le titre de la leçon 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 » (ou « propriétés », « phénomènes », « régimes » etc.) apparaît au pluriel, le jury en attend plusieurs. Si l'intitulé mentionne plusieurs notions, celles-ci doivent toutes être abordées en cours de présentation. Tout développement hors sujet est à proscrire.
- Il importe également de bien lire l'énoncé du passage obligé. Par exemple, « présenter le principe d'une expérience » ne signifie pas qu'il est nécessaire de réaliser l'expérience durant la leçon. Autre exemple : pour le passage obligé « proposer l'énoncé et la résolution d'un exercice traitant d'un oscillateur comportant un comparateur à hystérésis », la présentation du comparateur à hystérésis seule ne suffit pas : le jury évalue également la qualité du questionnement proposé dans l'exercice et la façon dont ce questionnement peut éclairer le sujet pour un étudiant.
- Le jury fait remarquer aux futurs candidats que les titres de leçon et les passages obligés évoluent chaque année. Si un candidat traite, par mégarde, le sujet d'une leçon de l'année précédente qu'il aurait mémorisé sans repérer une évolution de l'intitulé du sujet ou du passage obligé, 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'interprétation 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 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 vivement au candidat de bien s'approprier la manipulation avant de la présenter en leçon. Il doit savoir réaliser la mesure devant le jury, modifier un réglage et être en mesure de répondre aux questions relatives au dispositif expérimental ou au choix du matériel utilisé. Par exemple, lorsque le candidat propose une expérience d'optique, il faut qu'il puisse justifier le choix des instruments d'optique, le trajet des rayons lumineux et l'utilité des éventuelles lentilles de projection. 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 également connaître les règles de sécurité qu'il faudrait observer 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 (dont il faut connaître la classe).

- Des programmes écrits en langage Python peuvent être présentés s'ils apportent une plus-value à la leçon. Le candidat devra savoir adapter le code en particulier en changeant les valeurs des paramètres physiques pertinents. Le candidat doit prêter attention à la bonne lisibilité du script lors de sa projection.
- 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.
- Le jury apprécie les calculs bien menés, mais l'interprétation qualitative et concrète des résultats doit être privilégiée 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 choix 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.
- À l'inverse, le jury peut pénaliser une leçon dont le contenu n'est pas suffisamment approfondi à cause d'une lenteur excessive, qu'un souci de pédagogie ne saurait 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 clairement explicité.
- Enfin, le passage obligé est, comme son nom l'indique, une étape nécessaire de la leçon. S'il n'est pas souhaitable que son traitement prenne trop de temps (10 à 15 minutes est une durée raisonnable), son absence, ou un traitement trop expéditif, sont pénalisés. Le candidat est encouragé à en tenir compte dans son plan de leçon afin d'éviter cet écueil.

## Exposé

### Déroulement

Les candidats disposent de 40 minutes de présentation qui débutent à l'entrée du jury dans la salle. Ils gèrent leur temps comme ils l'entendent. Un membre du jury annonce lorsqu'il 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

- Le jury rappelle, 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.
- La leçon de physique de l'agrégation externe de sciences physiques option 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.
- 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 langue,

écrit et oral, d'un futur enseignant se doit d'être soigné. Aussi le candidat prêtera attention à 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 et les conventions d'algébrisation doivent être toujours précisées.
- 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.
- Certains calculs peuvent être projetés mais pas tous : le candidat doit pouvoir mener en autonomie quelques calculs, sans se référer à ses notes ou à des documents écrits à l'avance.
- 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 peuvent lui être posées en entretien.
- Le jury a apprécié que certains candidats utilisent l'environnement Python, de manière élémentaire, pour tracer un graphe illustrant un modèle, etc. En revanche, utiliser Python pour réaliser un simple calcul numérique que l'on peut effectuer à la calculatrice n'apporte pas de réelle plus-value.
- Il ne faut pas négliger la conclusion de la leçon. Y consacrer deux ou trois minutes en fin de leçon est raisonnable. Il ne s'agit pas uniquement d'un résumé : 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).

## Passage obligé

### Déroulement

L'intitulé du passage obligé est susceptible de comporter explicitement une mention pouvant indiquer qu'une expérience, un exercice ou un programme informatique doit être présenté pendant la leçon. L'ordre de grandeur du temps que l'on peut raisonnablement consacrer au passage obligé pendant la présentation est de dix à quinze minutes. Il ne s'agit pas d'une durée imposée ; il s'agit d'un temps indicatif suggéré mais certains passages obligés sont plus longs à traiter que d'autres. Enfin, le passage obligé peut être développé 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. Inversement, il ne convient pas de passer un temps déraisonnablement long sur le passage obligé.
- Le passage obligé n'est qu'**une partie** de la leçon et n'en constitue pas l'essentiel. En particulier, même si une illustration expérimentale est mentionnée dans le sujet, il est possible de présenter d'autres expériences.
- Plusieurs recommandations portent sur certains types 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 les notions physiques abordées et c'est cette exploitation qui est évaluée. Le code peut être modifié et adapté si le candidat considère que ces changements améliorent la présentation de sa leçon. Ainsi, il est apprécié, par exemple, que soit présentée l'influence d'un paramètre. Il est souhaitable de discuter le résultat de la simulation

proposée, en exposer les principales caractéristiques et ses limites éventuelles. 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. Il est conseillé au candidat de faire une copie de sauvegarde avant manipulation du code.

- Lorsque le passage obligé concerne une expérience, le jury attend une analyse pertinente de celle-ci, et pas seulement une simple démonstration expérimentale. Sans aller jusqu'au niveau de développement de l'épreuve de montage, il est 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 de lever une ambiguïté en lien avec la leçon. L'énoncé de l'exercice doit être clairement explicite : on peut par exemple le projeter sur l'écran (y compris grâce à une flexcam) et le laisser en place pendant la résolution. Cette dernière doit mettre en évidence les points-clés du raisonnement et les étapes de la démarche suivie. Il est essentiel que la présentation de la solution de l'exercice soit mise en regard de l'énoncé du sujet et du reste de la leçon.

## Entretien avec le jury

### Déroulement

À l'issue de la présentation et pendant une durée maximale de 40 minutes, le jury s'entretient avec le candidat afin d'évaluer ses capacités 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 animations 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 également être demandées.

### Conseils aux candidats

- Pendant l'entretien, le candidat doit adopter une posture professionnelle et doit éviter toute familiarité avec les membres du jury ; il est également inopportun de commenter le caractère éventuellement malchanceux du tirage du sujet.
- Lorsque la leçon est présentée à un très haut niveau, le jury peut, lors de l'entretien, poser des questions correspondant à des connaissances de base autour du thème développé. Le jury regrette que certains candidats qui font le choix d'un développement très exigeant ne sachent pas, ensuite, apporter des réponses justes et précises lorsqu'on les questionne sur des notions de base ou des lois fondamentales.
- Certaines questions posées par le jury peuvent être d'un niveau de difficulté 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, ouvrir

sa leçon pour la placer dans un contexte plus large ou faire valoir des connaissances non évoquées durant la présentation.

- Si la leçon a comporté des erreurs, il est possible que le jury revienne sur les passages concernés afin de permettre au candidat d'apporter des corrections.
- 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).
- 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 la totalité des questions posées par le jury, pour en comprendre la substance et éviter de couper la parole au membre du jury qui formule sa question.

## Conclusion

Le jury a eu le plaisir d'assister à des leçons de physique tout à fait remarquables, mêlant une excellente maîtrise disciplinaire à de réelles qualités didactiques. Il félicite ces candidats et adresse un message d'encouragement à tous ceux qui prépareront l'agrégation externe de physique en 2024.

La session 2023 a été marquée par la limitation de l'accès à l'internet à une liste blanche et par l'interdiction des documents personnels. Le jury a beaucoup apprécié, par suite de ces changements, l'élaboration par les candidats de plans de leçons personnels et le développement d'exposés reflétant davantage des choix didactiques propres au candidat. L'authenticité des présentations s'en est trouvée renforcée, tout en laissant la porte ouverte à l'usage, toujours apprécié, de simulations ou de documents disponibles sur les sites accessibles.

Nous espérons qu'une lecture attentive des points soulevés dans les paragraphes qui précèdent aidera les futurs candidats à préparer au mieux cette épreuve exigeante.

## Rapport sur la leçon de chimie 2023

*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, MP2I (BO spécial n°1 du 11 février 2021), classes de seconde année MP, PSI, PT et MPI (BO n°31 du 26 août 2021), classes de première et seconde année TSI (BO n°30 du 29 juillet 2021).*

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. Cinq minutes de ces échanges sont réservées à une question relative aux valeurs, dont celles de la République, portées par les enseignants dans l'exercice de leurs missions.

Aucune liste des leçons de chimie n'est publiée à l'avance. Le sujet est constitué d'un titre, d'un enseignement d'une classe donnée et d'un « élément imposé ». Les titres des sujets de leçons sont choisis pour illustrer un point de programmes en vigueur à la rentrée 2023 des enseignements de physique-chimie des classes des niveaux première et terminale des voies générale et technologique et de premières et deuxième années des Classes Préparatoires aux Grandes Écoles. Tous ces textes sont publiés au Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale, de la jeunesse et des sports. Le titre, ainsi que l'« élément imposé » sont communiqués au candidat en début d'épreuve. Ce dernier correspond à une capacité expérimentale ou numérique essentielle pour l'enseignement de la chimie en lycée ou en CPGE, identifiée par le jury au regard des notions ou des compétences exigibles du programme. Cet « élément imposé » est à intégrer et à articuler impérativement au déroulé de la leçon. Il doit être exploité et réalisé intégralement devant le jury par le candidat. L'illustration expérimentale de la leçon ne doit pas se restreindre à l'élément imposé.

L'exposé peut commencer par une courte introduction didactique (3 minutes maximum), destinée à des professionnels de l'éducation. Elle comprend, a minima, le positionnement dans la progression du programme, les prérequis et les objectifs pédagogiques. Le reste du temps est dévolu à la présentation et l'illustration expérimentale de la leçon destinée à des élèves ou étudiants. Le jury attend un exposé continu, contextualisé et développé au sein d'une démarche scientifique.

Les candidats ont accès à une liste limitée de sites internet ainsi qu'à une banque de documents et de scripts de programmes informatiques, écrits en langage Python.

L'épreuve de leçon de chimie vise à évaluer les compétences du candidat sur différents points. Cette évaluation est organisée autour de quatre items principaux décrits ci-dessous :

- les capacités à maîtriser les savoirs disciplinaires en chimie : maîtrise scientifique du sujet, mise en œuvre d'une démarche scientifique, rigueur scientifique, utilisation d'un lexique adapté, domaine de validité des modèles utilisés, capacité à corriger ses erreurs, capacité à réinvestir ses connaissances dans d'autres domaines de la chimie voire d'autres champs disciplinaires ;
- les capacités à effectuer une transposition didactique : contextualisation, structuration, progressivité et cohérence de l'exposé, rigueur du formalisme, pertinence des exemples choisis, capacité à réutiliser les concepts abordés à d'autres niveaux d'enseignement, début de réflexion sur les obstacles à l'apprentissage que peut rencontrer un élève ou un étudiant, capacité à articuler et réinvestir les connaissances exposées dans d'autres situations ou au sein de la progression envisagée ;
- les capacités à mettre en œuvre des démarches expérimentales : identification des expériences en lien avec le titre, choix des expériences, contextualisation et réalisation des expériences en prenant en compte la sécurité et le respect de l'environnement, maîtrise des gestes techniques, précision des mesures, exploitation et interprétation des résultats ;
- les capacités à communiquer : clarté du discours, posture, capacité à gérer son temps, utilisation soignée de différents supports (tableau, diaporama, vidéos, ...), appui sur des outils spécifiques (ordinateurs, visualiseurs, ...), écoute et réactivité, capacité à présenter un raisonnement logique, honnêteté intellectuelle.

Ce qui est écrit ici complète les remarques déjà indiquées dans les rapports des années précédentes.

### **La préparation (4 heures)**

Lors de la préparation de la leçon, l'équipe technique offre son aide, notamment pour la prise en main de logiciels ou l'acquisition de mesures répétitives. Elle apporte aussi 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 solliciter l'équipe technique tout au long de son temps de 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.

Le jury note que la restriction des accès aux ressources en ligne permet aux candidats d'interpréter plus librement les sujets, conduisant ainsi à des discussions didactiques plus nourries que celles des années précédentes. Cependant, les choix des plans et des manipulations se font parfois au détriment de la progressivité et de la cohérence des apprentissages. Le temps de préparation étant appelé à davantage se focaliser sur la leçon et sa réalisation, les candidats sont invités à consolider en amont leur maîtrise du champ disciplinaire et didactique. En conséquence, la qualité de l'entretien ne peut que se trouver renforcée si les candidats sont en mesure de s'appuyer sur les savoirs fondamentaux liés à la leçon (par exemple : identification d'un oxydant d'un couple, principes de la thermodynamique, loi de Nernst, écriture d'une loi de vitesse...) ainsi que des connaissances connexes ou d'un niveau supérieur. Au bilan, l'évolution de l'accès aux ressources en ligne, cette année, permet aux candidats qui disposent d'une culture chimique solide de voir pleinement valorisé leur travail lors des différentes phases de l'oral. Ils ainsi démontrent ainsi une bonne appropriation des sujets et leur grande maîtrise des corpus.

### **La présentation (40 minutes)**

#### *Généralités*

La leçon est destinée à des élèves ou étudiants : il est attendu du candidat qu'il s'adresse à ce type de public. Le jury rappelle à tous que cette épreuve ne consiste pas en l'exposé d'une séquence ou d'activités possibles en classe.

Le jury attend une présentation structurée et, dans la mesure du possible, équilibrée. Il n'est ainsi pas souhaitable de consacrer les trois quarts du temps imparti à une partie du propos et seulement quelques minutes à la seconde.

La leçon, relative à un niveau d'enseignement donné, est appelée à se structurer autour des notions du programme requis, consultable sur les BO précisés en entête ; elle est articulée à des expériences. Le respect des notions et du niveau attendus fait partie des contraintes didactiques de l'épreuve. Il met en lumière les capacités d'appropriation et de synthèse. Compte tenu du caractère exhaustif de certains thèmes, les candidats sont invités à opérer une sélection réfléchie et raisonnable des notions à présenter afin d'adapter leur exposé au temps imparti.

La structure des programmes de classes préparatoires peut, dans certains cas, réserver des difficultés d'identification des notions que le public de la leçon est censé avoir déjà travaillées. En effet, certains programmes de seconde année s'inscrivent dans la continuité des parties de ceux des seconds semestres de première année, spécifiques à l'option suivie par les élèves concernés. Certaines notions et des concepts de première année ne peuvent donc pas être mobilisés en tant que prérequis pour des leçons de seconde année. C'est, en particulier, le cas pour le programme de MPI qui s'articule avec celui de première année MP2I, option sciences informatiques : il n'est pas possible de s'appuyer sur l'enseignement de chimie de MP2I réservé aux étudiants de l'option sciences de l'ingénieur, ni sur le programme de 1<sup>ère</sup> année MPSI.

Il est apprécié que les candidats illustrent les exposés par des exemples concrets et variés. On attend aussi que ces éléments ne se restreignent pas aux expériences. Il est possible de les proposer dans toutes les parties de l'exposé : en introduction pour mettre en évidence un phénomène ou problématiser le contenu scientifique, au sein même du propos et bien évidemment, à titre d'application directe des développements présentés. Il est aussi pertinent d'articuler la leçon traitée avec des enjeux sociétaux d'actualité (santé, environnement, énergie...) et de choisir des exemples judicieux et/ou puisés dans le

quotidien pour éclairer les notions générales présentées. Le formalisme mathématique, fondamental dans l'exposé et indispensable à une formulation concise, ne doit pas l'emporter sur l'explicitation et la compréhension des modèles tant macroscopiques que microscopiques et le sens physique.

### *La dimension expérimentale*

Les manipulations proposées, dont l'élément imposé, doivent s'intégrer au propos de la leçon et ne pas être rapidement présentées à la fin, au risque d'être insuffisamment explicitées. Le jury attend une exploitation quantitative d'au moins une manipulation réalisée.

Le jury note que, si les techniques de synthèse en chimie organique révèlent globalement des pratiques correctes, les phases de récupération, purification et caractérisation des produits sont très souvent mal comprises, mal réalisées, et ne permettent pas une analyse quantitative des expériences réalisées.

Lors de la présentation de dosages, le jury a trop souvent constaté la présence de bulles d'air sous le robinet de la burette.

L'utilisation de gants de protection se fait de façon raisonnée ; il est inutile d'en porter pour manipuler une solution de chlorure de sodium et inconcevable de les garder pendant toute la présentation en utilisant un clavier d'ordinateur : on court le risque de se toucher le visage et d'y déposer des composés dangereux.

Les consciences environnementale et économique constituent aujourd'hui des fondamentaux pour les futurs professeurs. Il est impératif que les candidats s'interrogent sur la quantité et les concentrations en réactifs des solutions utilisées, ainsi que sur la nécessité de lancer, au cours de l'exposé, une expérience sans but analytique ou quantitatif. Dans un souci de développement durable, le jury est sensible aux choix des réactifs, aux quantités de matières mises en jeu, aux substitutions pour éliminer la toxicité notable pour la santé et l'environnement. La gestion des déchets du laboratoire représente aussi un enjeu pour tous les enseignants de physique-chimie. Il convient également d'adapter les solutions utilisées (et notamment leur concentrations) au public auquel se destine la leçon. A ce titre, la substitution des produits susceptibles de représenter un danger est fortement appréciée. Comme lors de la session 2023, les produits suivants ne seront pas mis à la disposition des candidats et interdits à la synthèse pour la session 2024 : benzène, formol, mercure, phénolphtaléine à une concentration en masse supérieure à 1%, dichromate de potassium, acide picrique.

Par ailleurs, appelés à se positionner dans un cadre de classe, les candidats doivent s'efforcer de rendre toutes démonstrations expérimentales visibles depuis tous les points de la salle : l'utilisation d'un visualiseur est une solution parfois très efficace. Enfin, le jury constate que les pratiques de sécurité usuelles sont très majoritairement bien respectées mais regrette parfois avoir été témoin de quelques prises de risques.

### *Les capacités numériques*

Certains passages obligés concernent des capacités numériques qui figurent aux programmes des enseignements précisés dans le sujet. Le jury fournit un script support. Il s'agit d'une base de travail que le candidat n'est en aucun cas contraint d'utiliser. Il est encouragé à le modifier en fonction des choix qu'il a effectués dans sa leçon. C'est en particulier le cas en fonction des expériences réalisées en préparation : les scripts de traitement de données expérimentales contiennent souvent par défaut des mesures ou des constantes pour permettre au candidat de les tester, mais il est évidemment attendu une adaptation aux expériences menées et aux contenus de la leçon proposée.

D'une manière générale, le jury constate que les programmes Python présentés sont très peu explicités et commentés par les candidats. L'affichage, inhérent au script, étant peu visible, il est nécessaire de mettre en évidence pour le jury les points importants lors de la présentation.

Par ailleurs, l'utilisation de la programmation doit être réservée à des situations pour lesquelles elle représente une réelle plus-value : utiliser un programme Python, pour tracer une courbe comportant quatre points expérimentaux, illustré par un graphe de dimensions réduites, ou pour réaliser des applications numériques simples, ne constitue pas des pratiques qui mettent en évidence l'apport de la programmation.

Les calculs d'incertitude par des méthodes de Monte Carlo, bien expliquées, présentent un intérêt

incontestable.

### *La communication*

Du point de vue de la communication, le jury apprécie une formulation claire et précise qui s'appuie sur un lexique adapté et une syntaxe correcte. L'enthousiasme et la conviction sont des atouts pour conduire une leçon dynamique et probante.

Les candidats ne doivent pas hésiter à effacer le tableau si cela s'avère utile. Il est cependant nécessaire de laisser suffisamment de temps au jury pour noter ce qui a pu être écrit.

Les supports projetés doivent être lisibles. Le candidat doit s'assurer que le jury pourra aisément les comprendre et les évaluer.

### ***L'entretien (40 minutes maximum)***

La phase d'entretien vise à éclairer le jury sur la maîtrise des contenus scientifiques par le candidat, des approches didactiques, l'articulation des concepts exposés et les exemples proposés. D'une manière générale, les questions posées couvrent les champs scientifiques, didactiques et la dimension expérimentale liée aux manipulations présentées mais sans limitation stricte. À titre d'exemple, le jury peut être amené à interroger sur la pertinence des choix retenus (plan, concepts, exemples, expériences...), revenir sur des points qui lui seraient parus imprécis, demander le développement de démonstrations.

Lors des échanges, le jury peut interrompre, toujours de façon bienveillante, le candidat ou reposer une question lorsqu'il s'éloigne du sujet. Le jury recommande alors au candidat de prendre le temps de la réflexion et de ne pas hésiter à expliciter la démarche intellectuelle qui l'amène à la réponse fournie.

Au cours de l'entretien, le jury peut interroger au-delà du programme imposé par les textes de définition de l'épreuve de leçon. Il peut, en prenant appui sur ce qui a été exposé, poser des questions qui nécessitent la mobilisation de notions et de concepts des programmes des filières BCPST et PC. Si un exemple ou une expérience de chimie organique a été choisi, même dans une leçon de chimie générale, le candidat doit ainsi s'attendre à ce que le mécanisme de la réaction lui soit demandé.

La connaissance d'ordres de grandeur de différents paramètres ou propriétés ( $pK_A$ , énergie de liaison, longueur de liaison, température de changement de phase...) représente des références utiles dans la construction et le développement d'un raisonnement argumenté.

Les réponses aux questions construites et formulées en mobilisant des concepts bien identifiés sont particulièrement appréciées par le jury. Les candidats sont encouragés à prendre suffisamment de distance pour bien s'approprier le problème posé, élaborer une réponse bien composée en identifiant les notions à mobiliser et réfléchir à une expression adéquate.

***Le jury tient à attirer l'attention des candidats sur certaines confusions ou imprécisions communément commises lors des leçons. Ces remarques ne se veulent pas exhaustives pour autant.***

- Les bilans des transformations chimiques mises en œuvre lors des expériences doivent figurer explicitement sur un support (tableau ou projection) pour permettre un suivi optimal du cours de l'expérience.
- Il est important d'avoir compris les différences entre transformation et réaction chimiques, concepts de base de la modélisation en chimie. Il faut aussi être capable de les expliquer et de donner la signification d'une équation de réaction.
- Des confusions demeurent entre réactions totale et quantitative.
- Les futurs candidats doivent être en mesure d'identifier les différentes étapes des mécanismes proposés (Addition Nucléophile, Substitution Nucléophile, Élimination...etc) mais aussi les sites nucléophiles et électrophiles des espèces réactives.
- Il est important de ne pas confondre la loi de Vant'Hoff et celle d'Arrhenius.
- Les principes de fonctionnement des appareils utilisés (pH mètre, conductimètre, potentiomètre...)



doivent pouvoir être expliqués. Il en est de même pour les opérations d'étalonnage. Les choix des électrodes doivent être justifiés.

- En ce qui concerne les définitions des constantes thermodynamiques tabulées, les équations de réactions relatives aux constantes d'acidité  $K_A$ , de formation de complexe ( $\beta$ ) et aux produits de solubilité ( $K_S$ ) doivent être précisément connues et ajustées.
- Le jury invite les futurs candidats à exprimer les valeurs numériques en utilisant la notation scientifique avec un nombre de chiffres significatifs adapté et de l'accompagner de leurs incertitudes.
- Le jury invite également les futurs candidats à vérifier systématiquement l'homogénéité des expressions littérales. C'est en particulier le cas, pour les quotients réactionnels qui s'expriment en fonction des activités.
- Il est important de bien distinguer le quotient réactionnel de la constante d'équilibre tant du point de vue de leurs définitions que des notations choisies.
- Les états standard et standard de référence sont souvent connus de façon approximative.

***Échange autour des valeurs de la République et des thématiques relevant de la laïcité et de la citoyenneté (inclus dans l'entretien, 5 minutes maximum)***

Cet échange vise à interroger les candidats sur les valeurs qui animent les professeurs dans l'exercice de leurs missions à travers leur pratique mais aussi que les élèves qui leur sont confiés doivent s'approprier. Elles peuvent se décliner au sein même de la physique-chimie et aborder les problématiques ou les enjeux d'une société plurielle, qui évolue avec son temps et ses technologies.

À partir d'un exemple de cas pratique ou de mises en situations formulés sous la forme de quelques phrases, le jury amène le candidat à analyser la situation et à proposer des voies de résolution. Ces problématiques s'appuient sur les grandes valeurs que sont, la liberté, l'égalité, la fraternité, la laïcité, la neutralité, la distinction entre connaissances objectives et opinions, la lutte contre toutes formes de discrimination, en particulier entre les femmes et les hommes.

Pour se préparer à cet échange, les candidats peuvent consulter la page du site Eduscol dédiée à la « Citoyenneté et [aux] valeurs de la République » et les documents ressource du Guide républicain : « La République à l'Ecole » et « L'idée Républicaine ».

***Conclusion***

Le jury a pleinement conscience de la difficulté que constitue l'épreuve de leçon de chimie par sa double articulation autour d'un exposé et d'expériences. Elle nécessite une longue et exigeante préparation pour présenter un contenu réfléchi et cohérent, s'appuyant sur des fondamentaux solides et des exemples bien choisis capables de susciter de l'intérêt pour la chimie. Le jury tient à féliciter les candidats qui ont su proposer des leçons pertinentes et intéressantes, montrant leur maîtrise des concepts scientifiques et des gestes expérimentaux mais aussi la qualité de leurs réflexions sur les aspects tant pédagogiques que didactiques.

## Rapport sur le montage de physique 2023

### Déroulement de l'épreuve

Au début de l'épreuve, le candidat choisit un sujet parmi deux propositions, issues de la liste des montages en annexe de ce document. Il dispose de quatre heures de préparation, au cours desquelles 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 celles éventuellement déjà réalisées durant la préparation ;
- un entretien d'une durée totale de 30 minutes, au cours duquel le jury questionne le candidat sur l'exposé, 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.

À l'issue de l'entretien, le jury demande au candidat une activité expérimentale complémentaire, qui consiste soit à reprendre des points de mesures sur les expériences présentées, modifier le réglage de certains instruments, soit à 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 ses capacités expérimentales.

### Les attendus du jury

#### 1. Choix des expériences

La diversité 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) ou la grandeur physique à mesurer (application illustrée). Par exemple, la mise en œuvre d'un trombone de Koenig peut être utilisée dans plusieurs montages suivant qu'on veut illustrer le phénomène d'interférences ou bien mesurer la vitesse du son dans l'air. De même l'utilisation des microcontrôleurs ne doit pas être réservée au montage du même nom.

Il faut cependant noter que l'adéquation d'une expérience avec le titre du montage est évaluée par le jury et qu'une explication hasardeuse sera pénalisée. Le jury attend une réflexion dans le choix d'une expérience à développer et un minimum de contextualisation pour répondre au titre du montage. Par exemple, un accéléromètre pourra être utilisé simplement pour mesurer la constante gravitationnelle dans le montage "mesure d'accélérations", mais un candidat pourra mettre en évidence la sensibilité de ce même accéléromètre dans le montage "transducteur" ou dans le montage "Capteurs à effets capacitifs".

Lorsque cette réflexion est absente ou n'est pas menée à son terme, cela est préjudiciable.

#### 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 nécessite impérativement le contrôle des paramètres d'acquisition et leur vérification avant une exploitation correcte et maîtrisée des images.

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

L'acquisition de données sur ordinateur est une pratique extrêmement utile, il est cependant 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 choisir convenablement la durée d'acquisition et la période d'échantillonnage. Par ailleurs, il est important d'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.

Lors de la présentation 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. La plupart des candidats savent désormais faire apparaître, sur les graphiques obtenus en préparation, les points de mesure réalisés devant le jury avec, si possible, une couleur différente.

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

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

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

La présentation de dispositifs mal alignés et ne respectant pas les conditions de Gauss est pénalisée par le jury. Le choix des lentilles de projection doit pouvoir être justifié et une bonne qualité des images projetées (lumineuses et contrastées) 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 les dispositifs interférentiels choisis, mais aussi le fonctionnement des appareils choisis ainsi que des distances caractéristiques choisies.

Enfin, concernant l'interféromètre de Michelson, le candidat doit savoir expliquer les étapes qui ont mené à son réglage et doit pouvoir le modifier 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 précâblées sont utilisées, les différents étages de la plaquette doivent être décrits. Le câblage d'une expérience devant le jury est apprécié mais n'est pas un passage obligé. 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. L'utilisation d'un logiciel de tracking automatique pour le suivi de trajectoire est apprécié à la place d'un pointage image par image.

Concernant les expériences de mécanique des fluides, le jury rappelle que l'estimation des nombres de Reynolds 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 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 cherche à vérifier une loi physique ou à mesurer une grandeur tabulée.

Dans le premier cas, on calculera le  $\chi^2$  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.

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 attire l'attention sur les points suivants :

- les candidats associent trop souvent incertitude et limite de précision de l'appareil de mesure. Pourtant, dans de nombreuses situations, l'erreur lors d'une mesure provient davantage de l'appréciation du phénomène par l'expérimentateur que des limites de l'appareil de mesure, et l'incertitude est largement sous-évaluée par le candidat (résonance de la corde de Melde, brouillage des franges d'une figure d'interférence, position d'une image en optique géométrique...). Il faut alors ajuster le protocole afin de diminuer cette source d'erreur puis effectuer, avec réalisme, l'évaluation de l'intervalle de confiance de la mesure ;
- a contrario, les candidats ne doivent pas surestimer leurs erreurs pour tenter de retrouver une valeur tabulée dans l'intervalle de confiance. Cette stratégie, mal appréciée du jury, ne correspond pas à la démarche scientifique attendue ;
- concernant le traitement statistique des mesures, il faut bien distinguer les situations où une telle étude permet de diminuer significativement l'incertitude sur la mesure, des situations où le traitement statistique ne présente pas d'intérêt ;
- il ne faut pas confondre incertitudes et erreurs systématiques : on ne peut espérer diminuer ces dernières en faisant une statistique sur plusieurs mesures.

L'estimation des incertitudes est essentielle mais elle ne doit intervenir qu'une fois l'estimation de la grandeur physique faite correctement.

### 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 nécessaire, les considérations théoriques générales et de trop longues introductions sont à proscrire car elles ne sont pas prises en compte 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 ou possessives, comme « J'ai mis mon point sur ma courbe. », 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 2023

### Leçons de physique 2023

*Cette liste est donnée à titre indicatif*

Titre	Passage obligé
Phénomènes de diffusion	Discuter l'origine microscopique de la diffusion de particules en simulant la marche au hasard d'un grand nombre de particules à partir du code fourni.
Bilans de grandeurs physiques dans les fluides en écoulement	Mettre en œuvre une expérience dont l'interprétation illustre l'intérêt d'un bilan de quantité de mouvement.
Cavité optique	Présenter une application en spectroscopie d'une cavité Fabry-Pérot.
	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice modélisant le principe d'un filtre interférentiel.
Bilans de grandeurs physiques dans les fluides en écoulement	Mettre en œuvre une expérience dont l'interprétation illustre l'intérêt d'un bilan de quantité de mouvement.
Cavité optique	Présenter une application en spectroscopie d'une cavité Fabry-Pérot.
	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice modélisant le principe d'un filtre interférentiel.
	Présenter le rôle d'une cavité optique dans un LASER.
Champ magnétique terrestre. Caractérisation et conséquences	Mettre en œuvre une expérience permettant la mesure du champ magnétique terrestre.
Collisions de particules	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice exploitant un calcul d'énergie de seuil.
Constante de Planck	Présenter et discuter le modèle de Bohr.
	Mettre en œuvre une expérience illustrant la loi de déplacement de Wien.
Conversion électronique de puissance	Mettre en œuvre expérimentalement un hacheur série.
	Mettre en œuvre expérimentalement un redresseur double alternance.
Convertisseurs électromécaniques en rotation	Mettre en œuvre expérimentalement la rotation d'une aiguille aimantée grâce à un champ magnétique tournant.
Diffusion des ondes électromagnétiques	Présenter expérimentalement le phénomène de polarisation par diffusion.
	Mettre en œuvre une expérience mettant en évidence un phénomène qui explique la couleur bleue du ciel.
Dispersion et absorption	Simuler à l'aide du code fourni la propagation d'un paquet d'onde gaussien dans un milieu faiblement dispersif.
	Illustrer expérimentalement le phénomène de dispersion.
	Illustrer expérimentalement le phénomène d'absorption.
Dynamique en référentiel terrestre	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice mettant en jeu la force de Coriolis.
Effet de peau	Présenter un analogue thermique de l'effet de peau dans un conducteur.
	Illustrer la leçon en exploitant la simulation numérique dont le code est fourni.

Titre	Passage obligé
Effet Doppler. Exemple d'application	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice portant sur l'application de l'effet Doppler à la mesure de la vitesse d'un écoulement sanguin.
	Mettre en œuvre une expérience illustrant l'effet Doppler et l'analyser.
	Établir et commenter les caractéristiques de l'effet Doppler relativiste.
Effet tunnel	Exposer une application de l'effet tunnel à la microscopie.
	Exposer un modèle de la désintégration alpha s'appuyant sur l'effet tunnel.
Effets thermoélectriques. Applications.	Présenter une application de l'effet Seebeck.
Énergie d'interaction magnétique. Actions mécaniques associées	Établir à l'aide d'un bilan énergétique l'expression de la force magnétique comme la dérivée de l'énergie magnétique par rapport à un degré de liberté en translation.
	Démontrer la condition de synchronisme d'un moteur synchrone à pôles lisses à partir de l'expression de l'énergie magnétique stockée dans l'entrefer.
Energie et quantité de mouvement du champ électromagnétique	Présenter le bilan d'énergie électromagnétique dans un conducteur ohmique
	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice mettant en jeu la pression de radiation.
Équations d'état de fluides et modélisations associées.	Présenter la possibilité d'une transition de phase liquide-vapeur pour un fluide vérifiant l'équation d'état de Van der Waals.
Équilibre et mouvement dans un champ de force centrale conservative	Illustrer la leçon en exploitant la simulation numérique de la trajectoire du satellite Paaliaq de Saturne, dont le code est fourni.
	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice portant sur l'expérience historique de Rutherford.
Exemples d'effets relativistes. Applications	Présenter et interpréter l'effet Compton.
Exemples de principes variationnels. Applications	Décrire et analyser le phénomène de mirage, et l'illustrer expérimentalement.
Facteur de Boltzmann. Exemples	Présenter le théorème d'équipartition de l'énergie et une application.
Forces de traînée et de portance	Mettre en œuvre une expérience illustrant le phénomène de portance
	Mettre en œuvre une expérience permettant de caractériser une force de traînée à faible nombre de Reynolds
Frottements	Traiter l'exemple d'une situation mécanique dans laquelle intervient au moins un changement de mode de glissement, en s'appuyant sur la simulation numérique dont le code est fourni.
	Illustrer expérimentalement les conséquences d'un frottement fluide sur un oscillateur mécanique amorti
Induction électromagnétique	Présenter 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.
	Présenter le principe du freinage par induction et l'illustrer expérimentalement.
	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice modélisant le fonctionnement d'un moteur asynchrone.
	Illustrer expérimentalement le principe du transformateur.

	Développer une application de l'induction électromagnétique dans la vie quotidienne.
<b>Titre</b>	<b>Passage obligé</b>
Interféromètre de Michelson	Présenter une application de l'interféromètre de Michelson en spectroscopie, et la mettre en œuvre expérimentalement.
	Présenter une application métrologique de l'interféromètre de Michelson.
	Visualiser et interpréter un spectre cannelé obtenu à l'aide d'un interféromètre de Michelson réglé en coin d'air et éclairé en lumière blanche.
	Présenter le principe de l'expérience historique de Michelson et Morley.
Interprétation et utilisation du nombre de Reynolds en dynamique des fluides.	Présenter l'intérêt du nombre de Reynolds dans la conception d'objets aérodynamiques
	Présenter des calculs d'ordre de grandeur pertinents du nombre de Reynolds pour différents régimes d'écoulement.
Lois de conservation en mécanique. Applications.	Exploiter les lois de conservation relativistes pour mettre en évidence le phénomène d'énergie de seuil d'une réaction.
	Exploiter les lois de conservation relativistes pour traiter la diffusion Compton.
	Mettre en œuvre et analyser une expérience utilisant un tabouret d'inertie.
	Aborder le cas des collisions et l'illustrer expérimentalement.
Modèles de l'atome	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice traitant de l'expérience de Rutherford.
	Présenter le modèle atomique de Thomson.
	Présenter une interprétation du spectre d'émission d'une lampe spectrale.
Modulation. Démodulation. Principes physiques.	Expliquer à partir d'un exemple le principe du multiplexage fréquentiel dans les télécommunications.
Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique et dans un champ magnétique	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice traitant de l'expérience de Millikan.
	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice traitant de l'exemple du cyclotron.
	Présenter une expérience permettant de relier l'énergie cinétique d'une particule à sa vitesse dans le cas relativiste (par exemple l'expérience de Bertozzi)
	Discuter le cas relativiste du mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme.
	Illustrer expérimentalement le principe d'une mesure du rapport $e/m$ .
Notion de cohérence en optique	Présenter une application du critère de cohérence spatiale pour mesurer la séparation angulaire d'une étoile double.
	Présenter une application métrologique de l'interféromètre de Michelson éclairé en lumière blanche.
Obtention de basses températures	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice traitant de la désaimantation adiabatique.
Ondes acoustiques dans les fluides.	Illustrer expérimentalement une application du phénomène de battements en acoustique.
	Illustrer expérimentalement le principe de la mesure de distances par ultrasons.
Ondes de surface	Mettre en œuvre expérimentalement un générateur de vagues pour illustrer des phénomènes ondulatoires.



<b>Titre</b>	<b>Passage obligé</b>
Ondes de surface	Illustrer le phénomène de réfraction des ondes à l'interface entre deux milieux à l'aide d'une cuve à ondes.
Ondes évanescentes. Réflexion totale	Discuter les applications en télécommunications radio de ce phénomène lié au comportement de l'ionosphère.
	Présenter un bilan d'énergie électromagnétique associé à une onde évanescente.
Ondes stationnaires	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice traitant du trombone de Koenig.
	Illustrer expérimentalement les modes propres d'une corde de Melde.
	Illustrer expérimentalement le phénomène dans un câble coaxial.
	Exploiter expérimentalement le dispositif du tube de Kundt.
Phénomènes de diffraction	Présenter une application pratique de la diffraction.
	Illustrer expérimentalement les implications du phénomène de diffraction sur le pouvoir de résolution d'un instrument d'optique
	Utiliser le principe d'Huygens-Fresnel pour démontrer la loi de Descartes de la réfraction.
Phénomènes interfaciaux	Illustrer expérimentalement une méthode de mesure de coefficient de tension superficielle.
Photographie. Capteurs numériques	Illustrer expérimentalement la notion de profondeur de champ et sa dépendance avec l'ouverture numérique de l'objectif.
	Illustrer expérimentalement la notion d'angle de champ et sa dépendance avec la focale de l'objectif.
	Présenter les limitations imposées par la taille physique d'un pixel du capteur d'un appareil photographique numérique.
Polarisation des ondes électromagnétiques.	Présenter une expérience mettant en évidence l'influence de l'angle d'incidence sur la polarisation de l'onde réfléchie sur une interface plane.
	Mettre en œuvre un dispositif de production d'ondes polarisées dans le domaine des ondes centimétriques.
	Présenter une application courante de la polarisation des ondes électromagnétiques.
Principes de mesures de champ magnétique	Réaliser une mesure du champ magnétique terrestre.
	Présenter l'effet Hall et le mettre en œuvre expérimentalement.
	Présenter le principe de l'effet Zeeman et de son application à la mesure d'un champ magnétique.
Principes de mesures de température	Mettre en œuvre une méthode de mesure utilisant un thermocouple et en expliquer le principe.
Production éolienne d'énergie électrique	Effectuer et exploiter un bilan macroscopique d'énergie appliqué au flux d'air qui entraîne la rotation des pales d'une éolienne.
Production photovoltaïque d'énergie électrique	Présenter le principe d'une expérience historique permettant de mettre en évidence l'effet photoélectrique.
	Présenter un dispositif d'électronique de puissance permettant d'assurer le couplage d'un ensemble de panneaux photovoltaïques au réseau alternatif de distribution de l'électricité.
Propagation guidée	Présenter un modèle du guidage de la lumière dans une fibre optique.
	Présenter le guidage d'une onde électromagnétique entre deux plans infinis parfaitement conducteurs.
	Illustrer expérimentalement le guidage d'une onde.

Propriétés magnétiques de la matière	Présenter la loi de Curie et en proposer une interprétation microscopique.
<b>Titre</b>	<b>Passage obligé</b>
Propriétés magnétiques de la matière	Réaliser et interpréter une expérience permettant de montrer l'influence d'un matériau magnétique sur l'inductance d'une bobine.
	Présenter expérimentalement le cycle d'hystérésis d'un matériau ferromagnétique.
Rotation d'un système autour d'un axe fixe.	Mettre en évidence le non-isochronisme des oscillations d'un pendule pesant en exploitant la simulation numérique fournie.
	Illustrer expérimentalement et analyser la rotation d'un système déformable autour d'un axe fixe
	Mettre en œuvre une expérience avec un pendule pesant et l'analyser.
Rotation d'un système autour d'un point fixe.	Présenter l'approximation gyroscopique sur l'exemple de la toupie
	Mettre en œuvre une expérience illustrant l'effet gyroscopique et l'analyser.
Semi-conducteurs. Applications.	Illustrer expérimentalement la dépendance en température de la conductivité électrique d'un semi-conducteur.
	Présenter une utilisation des semi-conducteurs pour la détection de lumière.
	Présenter l'effet Hall dans les semi-conducteurs.
Système à deux niveaux	Étudier le cas du spin 1/2 dans un champ magnétique et présenter l'expérience de Stern et Gerlach.
	Étudier le cas de la molécule d'ammoniac.
Système Terre-Lune	Présenter le phénomène des marées et ses conséquences sur le système Terre-Lune.
	Présenter un principe de la mesure de la distance Terre-Lune.
Télescopes	Présenter le principe de l'optique adaptative
	Présenter le critère de résolution angulaire de Rayleigh et illustrer son utilité en astronomie.
Transmission de l'information. Principes physiques.	Présenter le principe de la propagation d'un signal informatif dans une fibre optique et discuter des limitations de débit imposées par cette technologie.
	Proposer une approche historique décrivant quelques découvertes scientifiques qui ont jalonné les principaux progrès technologiques en transmission de l'information depuis le début du XIXe siècle.
Transport de l'énergie électrique	Présenter le transport d'énergie électrique par un câble coaxial.
	Présenter un bilan de puissance dans un transformateur.

## Leçons de chimie 2023

*La liste des leçons est publiée à titre indicatif.*

Niveau	Titre	Élément imposé
1ère ST2S, spécialité PC	Acides et bases	Mettre en œuvre un protocole de neutralisation
	Molécules biologiques d'intérêt	Mettre en œuvre un protocole permettant de différencier les aldéhydes et les cétones -- Mettre en évidence les propriétés chimiques de la vitamine C en lien avec ses fonctions chimiques
1ère STL, spécialité SPCL	Dosages	Estimer expérimentalement un $K_A/pK_A$ -- Réaliser un dosage par étalonnage
	Réactions de synthèse, sites électrophiles et nucléophiles, formalisme des flèches courbes	Réaliser un montage à reflux ; utiliser une ampoule de coulée -- Synthétiser un composé organique -- Effectuer et interpréter une chromatographie sur couche mince.
	Synthèse d'un composé organique	Réaliser une recristallisation -- Déterminer expérimentalement le rendement d'une synthèse -- Réaliser une extraction par solvant -- Utiliser un montage à reflux -- Utiliser une ampoule de coulée
1ère générale, spécialité PC	Titrages	Réaliser un titrage direct colorimétrique
	Solubilité et miscibilité des espèces chimiques	Mettre en œuvre l'extraction liquide-liquide d'un soluté moléculaire -- Comparer la solubilité d'une espèce solide dans différents solvants -- Illustrer les propriétés des savons
	De la structure à la polarité d'une entité	Utiliser des modèles moléculaires ou des logiciels de représentation moléculaire pour visualiser la géométrie d'une entité
	Synthèses d'espèces chimiques organiques	Mettre en œuvre un montage à reflux
1ère STL, spécialité PC et M	Réactions acido-basiques en solution aqueuse	Préparer une solution tampon
	Solvants et solutés	Étudier l'influence de la température sur la solubilité d'une espèce chimique
	Cinétique d'une réaction chimique	Suivre expérimentalement l'évolution temporelle de la concentration d'un réactif ou d'un produit -- Estimer expérimentalement un temps de demi-réaction -- Mettre en évidence l'influence de la température sur la vitesse de disparition ou d'apparition
2ème année MP	Dispositifs électrochimiques	Réaliser une pile (sauf la Pile Daniell) et l'exploiter -- Étudier le fonctionnement d'un électrolyseur pour effectuer des bilans de matières et des bilans électriques -- Réaliser une électrolyse à anode soluble
	Cinétique électrochimique	Mettre en œuvre un protocole expérimental de tracé de courbes courant-potentiel -- Réaliser une expérience pouvant être interprétée avec des courbes courant potentiel

	Corrosion	Mettre en œuvre une expérience mettant en évidence le phénomène de corrosion -- Mettre en œuvre une expérience de protection contre la corrosion -- Tracer des courbes courant potentiel et les exploiter qualitativement -- Mettre en œuvre une expérience pour mettre en évidence les facteurs influençant la corrosion -- Passiver un métal.
	Premier principe de la thermodynamique appliqué aux transformations physico-chimiques	Simuler l'évolution temporelle de la température pour un système siège d'une transformation adiabatique (Cette leçon est accompagnée du script d'un programme écrit en langage Python) -- Déterminer expérimentalement une enthalpie standard de réaction -- Mettre en œuvre une technique de calorimétrie
	Deuxième principe de la thermodynamique appliqué aux transformations physico-chimiques	Déterminer expérimentalement l'évolution de la valeur d'une constante thermodynamique d'équilibre en fonction de la température
1ère année MP2I	Acides et bases, réactions acide-base	Mettre en œuvre les suivis pHmétrique et conductimétrique d'un titrage ayant pour support une réaction acide-base
	Evolution d'un système siège d'une transformation chimique	Déterminer une valeur de constante d'équilibre
2ème année MPI	Acides et bases, réactions acide-base	Choisir et utiliser un indicateur coloré de fin de titrage dans le cas d'un titrage acide-base -- Réaliser un titrage ayant pour réaction support une réaction acide-base. Étalonner une chaîne de mesure si nécessaire -- Interpréter et exploiter un diagramme de distribution. Tracer un diagramme de prédominance à l'aide d'un langage de programmation (Cette leçon est accompagnée du script d'un programme écrit en langage Python)
	Oxydants et réducteurs, réactions d'oxydo-réduction	Mettre en œuvre des transformations modélisées par une réaction d'oxydoréduction -- Mettre en œuvre une pile et déterminer ses caractéristiques à vide ou en fonctionnement -- Évaluer la capacité électrique d'une pile
	Transformation chimique : modélisation, équilibre chimique, évolution d'un système chimique	Déterminer expérimentalement une constante thermodynamique d'équilibre -- Mettre en œuvre une transformation totale et une transformation aboutissant à un état d'équilibre -- Mettre en évidence expérimentalement le sens d'évolution d'un système chimique
1ère année MPSI	Dissolution et précipitation	Illustrer un procédé de séparation en solution aqueuse -- Déterminer expérimentalement un produit de solubilité $K_s$ -- Mettre en évidence expérimentalement des facteurs influençant la solubilité
	Acides et bases	Mettre en œuvre une réaction acide-base pour réaliser une analyse quantitative en solution aqueuse -- Illustrer un procédé de traitement, de recyclage en solution
	Potentiel d'électrode	Réaliser une pile et étudier son fonctionnement
	Réactions d'oxydo-réduction	Réaliser une pile de concentration.
	Evolution temporelle d'un système chimique	Etablir une loi de vitesse à partir du suivi temporel d'une grandeur physique -- Déterminer l'énergie d'activation d'une réaction chimique

	Description et transformation chimique d'un système	Déterminer une constante d'équilibre par une expérience
	Structure des entités chimiques	Utiliser un logiciel de visualisation 3D des molécules
	Relations structure des entités-propriétés physiques macroscopiques	Mettre en œuvre une manipulation illustrant le phénomène de solubilité -- Mettre en œuvre une manipulation illustrant le phénomène de miscibilité
	Différents types de solides	Illustrer expérimentalement des propriétés physiques des différents types de solides -- Illustrer expérimentalement la mise en solution d'un solide ionique
	Modèle du cristal parfait	Utiliser un logiciel pour visualiser des mailles et des sites interstitiels - - Utiliser des modèles cristallins pour visualiser des mailles et des sites interstitiels -- Utiliser un logiciel ou des modèles cristallins pour déterminer des paramètres géométriques
2ème année PSI	Corrosion	Mettre en œuvre une méthode de protection des métaux par anode sacrificielle ou par passivation
2ème année PT	Conversion d'énergie électrique en énergie chimique et réciproquement	Étudier le fonctionnement d'un électrolyseur pour effectuer des bilans de matières et des bilans électriques -- Déterminer expérimentalement le rendement faradique d'une électrolyse.
1ère année PTSI	Réactions acides bases	Réaliser des titrages successif et simultanés -- Réaliser un titrage par suivi conductimétrique
	Réactions d'oxydo-réduction	Réaliser un titrage indirect -- Réaliser une pile et étudier son fonctionnement
	Diagrammes potentiel-pH	Mettre en œuvre des réactions d'oxydoréductions en s'appuyant sur l'utilisation de diagrammes potentiel-pH -- Mettre en œuvre une réaction de médiamutation
T ST2S, spécialité CBPH	Stéréochimie des molécules d'intérêt biologique	Utiliser des modèles moléculaires ou un logiciel de simulation
	Méthodes chimiques d'analyse médicale	Mettre en œuvre un protocole pour identifier une espèce colorée en solution
	Lipides	Fabriquer un savon
T STI2D, spécialité PC et M	Oxydo-réduction	Réaliser une pile et étudier son fonctionnement.
T STL, spécialité PC et M	Réactions acides bases	Mettre en œuvre une extraction
	Energie chimique	Estimer expérimentalement le pouvoir calorifique d'un combustible
	Structure spatiale des espèces chimiques	Mettre en évidence les différences de propriétés chimiques de deux diastéréoisomères -- Utiliser un logiciel de modélisation

T STL, spécialité SPCL	Solubilité	Mettre en œuvre un protocole pour extraire une espèce chimique dissoute dans l'eau -- Mettre en œuvre un protocole pour extraire sélectivement des ions d'un mélange par précipitation
	Diagrammes binaires liquide vapeur	Choisir une technique de distillation et la mettre en œuvre pour séparer les constituants d'un mélange -- Réaliser une distillation fractionnée
	Spectroscopies visible, IR	UV- Réaliser un dosage par étalonnage
	Spectroscopies visible, RMN	UV- Réaliser un dosage par étalonnage
	Mécanismes réactionnels	Mettre en œuvre un protocole pour différencier deux diastéréoisomères par un procédé physique -- Mettre en œuvre un protocole pour différencier deux diastéréoisomères par un procédé chimique
	Techniques de séparation en chimie organique	Réaliser une hydrodistillation
	Estérification, hydrolyse, saponification	Réaliser la synthèse d'un ester
	Estérification, hydrolyse, saponification	Réaliser une réaction de saponification
T générale, spécialité PC	Réactions acides bases	Réaliser un titrage d'une base dont le pKa du couple est inférieur à 10 -- Mettre en évidence expérimentalement les propriétés d'une solution tampon
	Composition d'un système à l'équilibre, cas des transformations acides bases	Tracer à l'aide d'un langage de programmation le diagramme de distribution des espèces d'un couple acide-base de pK <sub>A</sub> donné (Cette leçon est accompagnée du script d'un programme écrit en langage Python)
	Comparer la force des acides et des bases	Estimer la valeur de la constante d'acidité d'un couple acide-base à l'aide d'une mesure de pH -- Mesurer le pH de solutions d'acide ou de base de concentration donnée pour en déduire le caractère fort ou faible de l'acide ou de la base -- Déterminer, à l'aide d'un langage de programmation, le taux d'avancement final d'une transformation, modélisée par la réaction d'un acide sur l'eau (Cette leçon est accompagnée du script d'un programme écrit en langage Python) -- Tracer, à l'aide d'un langage de programmation, le diagramme de distribution des espèces d'un couple acide-base de pK <sub>A</sub> donné (Cette leçon est accompagnée du script d'un programme écrit en langage Python)
	Suivi temporel et modélisation d'un système chimique, siège d'une transformation	Réaliser un suivi cinétique par spectrophotométrie -- Mettre en évidence les facteurs cinétiques
	Suivi temporel et modélisation	Mettre en évidence 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 (Cette leçon est accompagnée du script d'un programme écrit en langage Python)

	Prévoir le sens de l'évolution spontanée d'un système chimique	Mettre en évidence la présence de tous les réactifs dans l'état final d'un système siège d'une transformation non totale, par un nouvel ajout de réactifs -- Déterminer la valeur du quotient de réaction à l'état final d'un système, siège d'une transformation non totale, et montrer son indépendance vis-à-vis de la composition initiale du système à une température donnée -- Illustrer un transfert spontané d'électrons par contact entre réactifs et par l'intermédiaire d'un circuit extérieur
	Forcer le sens d'évolution d'un système	Identifier les produits formés lors du passage forcé d'un courant dans un électrolyseur. Relier la durée, l'intensité du courant et les quantités de matière de produits formés
	Equilibre chimique	Mettre en évidence expérimentalement la notion d'équilibre
	Stratégie de synthèse multi-étapes	Réaliser la synthèse d'un amide
	Optimisation d'une étape de synthèse	Mettre en œuvre un protocole de synthèse pour étudier l'influence de la modification des conditions expérimentales sur le rendement -- Mettre en œuvre un protocole mettre en évidence l'influence de la modification des conditions expérimentales sur la rapidité d'une étape de synthèse
	Stratégie de synthèse multi-étapes	Mettre en œuvre un protocole de synthèse conduisant à la modification d'un groupe caractéristique -- Mettre en œuvre un protocole de synthèse conduisant à la modification d'une chaîne carbonée -- Réaliser une synthèse écoresponsable -- Réaliser une synthèse mettant en jeu la protection d'un groupe caractéristique -- Réaliser une estérification en optimisant les conditions opératoires -- Synthèse d'un amide en optimisant les conditions opératoires
1ère année TSI1	Evolution temporelle d'un système Chimique	Etablir une loi de vitesse à partir du suivi temporel d'une grandeur physique -- Déterminer l'influence d'une concentration sur la vitesse d'une réaction chimique -- Déterminer l'énergie d'activation d'une réaction chimique.
2ème année TSI2	Équilibre chimique	Déterminer une constante thermodynamique d'équilibre à l'aide d'un titrage -- Déterminer expérimentalement l'évolution de la valeur d'une constante thermodynamique d'équilibre en fonction de la température
	Optimisation d'un procédé chimique	Tracer, à l'aide d'un langage de programmation, le taux d'avancement à l'équilibre en fonction de T pour un système siège d'une transformation chimique modélisé par une seule réaction -- Réaliser une expérience mettant en évidence un paramètre d'influence sur un procédé chimique

## Montages 2023

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

## Épreuves orales de la session 2024

Seule 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 2024 seront inchangées par rapport à la session 2023.

### 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. Écoulements à différents nombres Reynolds
- 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 traitement 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