



**MINISTÈRES
ÉDUCATION
JEUNESSE
SPORTS
ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR
RECHERCHE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

RAPPORT DU JURY

SESSION 2025

Concours : Agrégation externe

Section : Physique-Chimie

Option : Physique

Rapport de jury présenté par : Jean Aristide Cavallès, président du jury.

Table des matières

Avant-propos	3
Réglementation de la session 2026	4
Informations statistiques	5
Épreuves d'admissibilité.....	8
Rapport sur la composition de physique 2025.....	9
Rapport sur la composition de chimie 2025.....	18
Rapport sur le problème de physique 2025.....	28
Épreuves d'admission	33
Rapport sur la leçon de physique 2025	34
Rapport sur la leçon de chimie 2025	40
Rapport sur le montage de physique 2025.....	46
Sujets des épreuves orales de la session 2025.....	52
Leçons de physique 2025	52
Leçons de chimie 2025	59
Épreuves orales de la session 2026	65
Leçons de physique et de chimie.....	65
Montages de la session 2026	65

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. La session 2025 du concours a permis d'atteindre cet objectif en attribuant l'ensemble des 90 postes mis au concours, complétés par un poste en liste complémentaire. Les épreuves écrites et orales se sont déroulées dans de bonnes conditions : le lycée Diderot, dont je remercie vivement l'équipe de direction et l'ensemble du personnel, accueillait les épreuves orales pour la deuxième année consécutive ; cet établissement s'avère très bien adapté à l'hébergement de ces épreuves.

Ce rapport a pour but de présenter en détail la session 2025 du concours et d'en éclairer les attendus, notamment à l'attention des futurs candidats¹. J'encourage vivement ces derniers à lire avec attention les recommandations détaillées qui y figurent ainsi que celles des sessions précédentes.

Se préparer au concours

Les candidats trouveront de nombreuses informations sur le site internet du concours, <https://agregation-physique.org>, qu'il s'agisse de textes officiels (décrets et arrêtés, programme du concours, rapports de jury), des modalités de déroulement des épreuves orales, de liens vers des sites du ministère, etc.

Quelques données chiffrées essentielles

Le nombre de candidats présents aux épreuves écrites, 452, est inférieur de 5% à la session 2026. Au-delà de cette légère baisse, le concours de l'agrégation reste un concours attractif auquel se présente un nombre important de candidats. 175 candidats français ont été déclarés admissibles ; 31 d'entre eux n'ont pas participé à toutes les épreuves orales et 144 ont été classés à l'admission. Les résultats obtenus aux épreuves écrites ou orales ont été comparables à ceux de la session 2025. On note cependant que le problème de physique a été nettement mieux réussi cette année.

La proportion de femmes parmi les admis est de 22 %, semblable à la proportion de femmes admissibles (22 %) et à la proportion de femmes candidates ayant présenté les 3 épreuves d'écrit (24%). Ces chiffres, insuffisants, restent très stables d'une année sur l'autre.

Le jury a eu le plaisir d'évaluer, durant les épreuves écrites et orales, des prestations d'excellente qualité. 16 candidats ont obtenu une moyenne générale supérieure à 15/20, soit 5 de plus que l'année dernière.

Les épreuves du concours

Aucune évolution des modalités de ces épreuves n'est envisagée pour la session 2026, en dehors de quelques modifications, en nombre très limité, de la liste des montages.

Concernant les épreuves orales, la session 2025 est revenue à l'organisation traditionnelle de trois journées d'épreuves, séparées entre elles par un jour de repos, alors qu'en 2024 les épreuves se déroulaient en trois jours consécutifs, pour limiter l'impact de l'organisation des jeux olympiques sur le concours. Le jury a pu constater que l'état de fatigue des candidats lors de leur dernière épreuve a semblé moins marqué que l'année dernière. Le fait qu'aucun candidat n'ait abandonné les épreuves en cours de préparation, alors qu'ils étaient plusieurs en 2024, va dans le même sens. L'organisation avec un jour de repos entre chaque épreuve sera maintenue en 2026.

Le jury espère que les conseils et les informations qui suivent seront utiles à l'ensemble des candidats de la session 2026. La préparation de ce concours exigeant doit être conçue comme une étape majeure dans la formation des candidats à leur futur métier de professeurs de physique-chimie et non comme une simple période de bachotage. Elle est surtout l'occasion de s'approprier en profondeur les notions de physique et de chimie qui fondent l'enseignement de notre discipline et qui constituent la base du métier dans lequel les candidats souhaitent s'engager. Bon courage à tous !

J.A. Cavallès

Inspecteur Général de L'Éducation , du Sport et de la Recherche

¹ Dans l'ensemble de ce rapport, le terme *candidat* au masculin désigne aussi bien les candidates que les candidats.

Règlementation de la session 2026

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 2026 de l'agrégation externe de physique-chimie option physique sont consultables sur ce même site.

Comme c'était le cas dans la session 2025 du concours, l'usage d'internet pendant les temps de préparation aux épreuves orales est strictement règlementé. Seuls sont accessibles les sites préalablement autorisés par le jury, dont la liste, publiée sur le site <https://agregation-physique.org/> sera arrêtée au moment de la publication des résultats d'admissibilité de la session 2026. En particulier, aucun site nécessitant une identification personnelle n'est autorisé. Toute tentative d'accès à un site non autorisé ou de modification de la configuration des ordinateurs mis à disposition des candidats est considérée comme une tentative de fraude pouvant conduire à l'élimination du concours.

Informations statistiques

COMPOSITION DU JURY

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

POSTES ET CANDIDATS

90 places ont été ouvertes au concours à la session 2025. 90 candidats ont été admis sur liste principale et un candidat l'a été sur liste complémentaire.

Le tableau ci-dessous précise 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.

Cette année le jury a décidé d'inscrire un candidat en liste complémentaire.

	2025	2024	2023	2022	2021	2020
Inscrits	991	1040	1001	1073	1073	1069
Présents aux 3 épreuves (y compris étrangers ²)	452	476	455	456	463	478
Admissibles	175	173	172	152	150	151
Barre d'admissibilité sur 120	39,48	36,32	40,82	42	42,95	44,2
Moyenne générale du candidat classé premier	19,2/20	17,7/20	18,3/20	18,9/20	19,8/20	19,8/20
Moyenne générale du dernier candidat reçu	8,0/20	8,3/20	8,0/20	8,9/20	8,5/20	9,4/20
Admis	90	90	88	78	78	78

EPREUVES ECRITES

Moyenne sur 20 du premier candidat admissible : 19,5/20

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

Entre parenthèses figurent les données de la session 2024.

Nature de l'épreuve écrite	Moyenne des candidats ayant composé	Moyenne des candidats français admissibles
Composition de physique	6,5/20 (7,2/20)	9,9 /20 (10,8/20)
Composition de chimie	7,4/20 (6,5/20)	11,1/20 (10,5/20)
Problème de physique	6,2/20 (4,6/20)	9,7/20 (8,1/20)

EPREUVES ORALES

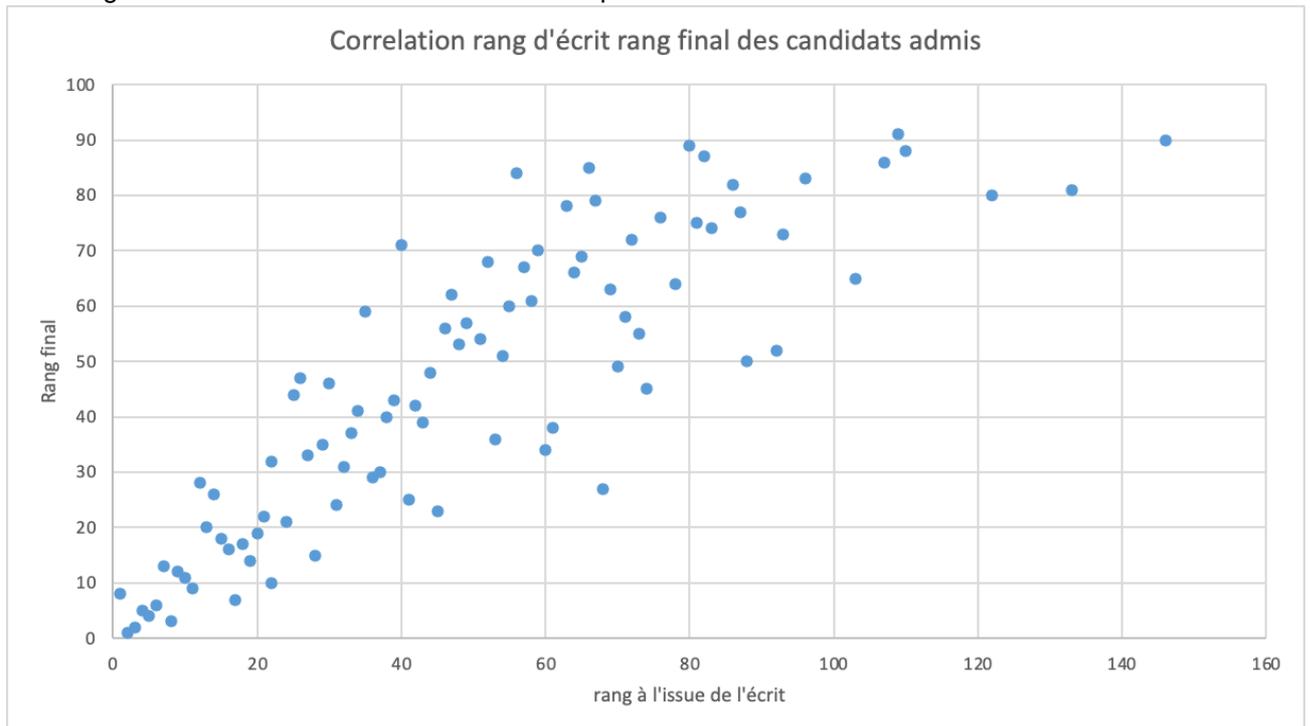
Entre parenthèses figurent les données de la session 2024.

Nature de l'épreuve orale	Moyenne des candidats présents	Moyenne des candidats admis
Leçon de physique	10,3/20 (8,5/20)	12,4/20 (11,7/20)
Leçon de chimie	8,7/20 (9,0/20)	10,8/20 (11,0/20)
Montage de physique	9,3/20 (8,8/20)	11,7/20 (11,2/20)

² Les candidats à l'agrégation tunisiens et marocains composent le même écrit, ils ont un oral distinct.

Lien entre les résultats obtenus à l'écrit et à l'oral

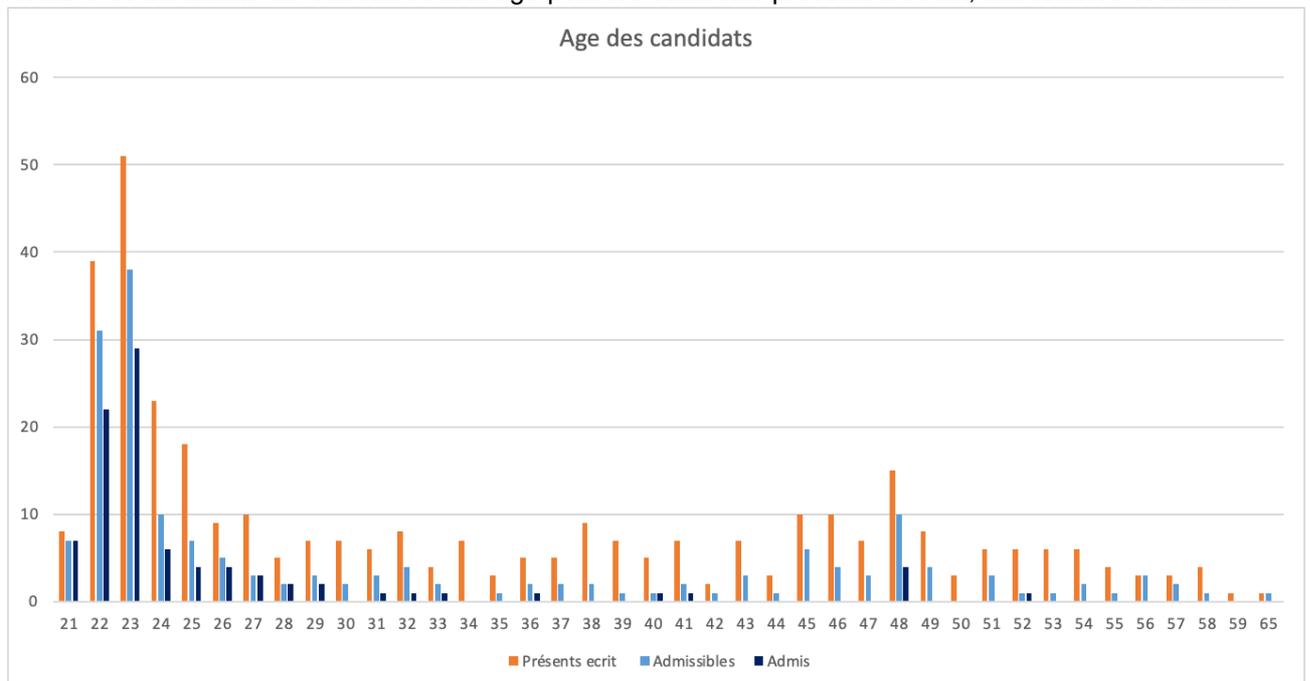
La figure ci-dessous montre la relation entre le rang final des candidats admis pour l'ensemble des épreuves et le rang de ces mêmes candidats à l'issue des épreuves écrites.



Le candidat admis le moins bien classé à l'écrit était 146^{ème} à l'issue des épreuves écrites. Le candidat non admis le mieux classé à l'écrit était 53^{ème} à l'écrit.

Répartition par âge des candidats

Nombre de candidats en fonction de leur âge pour les candidats présents à l'écrit, admissibles et admis.



L'âge moyen des admissibles est de 32 ans et celui des admis de 25 ans, comme l'année dernière

Répartition par profession

Profession	Nombre d'admissibles	Nombre d'admis
Étudiant hors ENS	29	13
Élève d'une ENS*	65	60
Enseignant titulaire MEN	66	12
Enseignant non titulaire MEN	8	3
Agent Fonction Publique État Autres Ministères	1	0
Hors fonct. Publique/sans emploi	6	2

* Élève 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.

Le nombre d'enseignants en exercice, titulaires ou non, ayant été admis (15) est en nette augmentation par rapport à la session dernière où ils n'étaient que 5.

Répartition par sexe des candidats français

	Nombre de présents aux trois épreuves	Nombre d'admissibles	Nombre d'admis
Hommes	265	137	70
Femmes	85 (24%)	38 (22 %)	20 (22 %)

Ces chiffres sont très stables d'une année à l'autre.

Épreuves d'admissibilité

Les épreuves se sont déroulées les 10, 11 et 12 mars 2025.

L'intégralité des sujets des épreuves écrites d'admissibilité sont consultables sur le site internet du ministère de l'éducation nationale, « devenirenseignant ». Les corrigés sont mis en ligne sur le site du concours <https://agregation-physique.org>.

Rapport sur la composition de physique 2025

Ce sujet aborde plusieurs thèmes associés à la physique du sang. Les trois parties sont indépendantes, même si la seconde partie s'inscrit dans la continuité de la première.

La première partie du sujet s'intéresse aux modèles d'écoulement du sang et permet d'aborder les notions de mécanique des fluides, d'évaluer les capacités expérimentales et numériques des candidats et enfin de développer l'analogie électro-fluide. La deuxième partie étudie les mesures d'écoulement sanguin par effet Doppler et prolonge la première partie en abordant le domaine de l'acoustique, et du traitement de signal. La troisième partie explore la mécanique de déformation des globules rouges par pression de radiation optique.

La première partie est très proche du cours et permet d'établir le profil de vitesse dans une conduite cylindrique dans le cadre de l'écoulement de Poiseuille. De nombreuses réponses intermédiaires sont fournies aux candidats, afin qu'ils puissent vérifier leurs résultats ou poursuivre les questions suivantes dans le cas où ils ne seraient pas parvenus à établir les relations demandées. Une expérience est présentée, accompagnée d'un code informatique simple mettant en jeu la méthode de Monte Carlo, en relation avec l'ajustement de données expérimentales et un questionnement autour des incertitudes. L'analogie électro-fluide est développée dans le cadre de l'écoulement newtonien, puis dans l'écoulement périodique dit de Windkessel.

Dans la seconde partie, il est demandé de se placer dans le cadre de l'approximation acoustique afin de comprendre le choix de l'utilisation d'une onde ultrasonore pour explorer les vaisseaux sanguins du corps humain. Cette sous-partie très proche du cours, est suivie par une partie moins classique sur l'effet doppler pulsé puis sur l'analyse d'un signal Doppler sanguin et de son contenu fréquentiel, faisant le lien entre l'aspect hydrodynamique de la première partie et la partie ondulatoire.

Dans la troisième partie, après des questions proches du cours sur l'origine de la force de rappel élastique lors de la déformation d'un globule rouge, il s'agissait de modéliser les forces de pression de radiation à partir d'un bilan de quantité de mouvement des photons. L'expression finale de la pression de radiation était donnée pour que les candidats puissent vérifier leurs résultats et aborder les dernières questions. Une analyse graphique était également demandée. Les dernières questions utilisaient les résultats obtenus précédemment pour trouver l'équation générale donnant les propriétés élastiques du globule rouge.

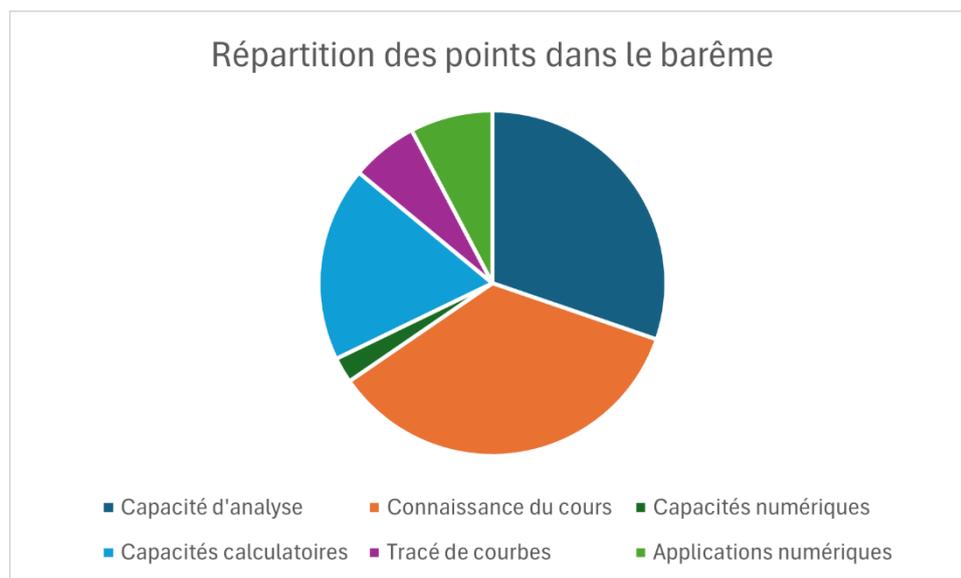
Éléments statistiques détaillés de la session 2025

La partie 1 a été abordée par 99% des candidats. Elle représente 39% du barème total, mais en moyenne 53% des points obtenus dans les copies. La partie 2, qui a été abordée par 85% des candidats, représente 28% du barème et 30% des points obtenus ; enfin, la partie 3, abordée par 57% des candidats, pèse pour 32 % du barème, mais seulement 17% des points obtenus. Ainsi, les candidats ont globalement mieux traité la partie 1 et 2 que la partie 3. D'excellentes copies ont réussi à traiter le sujet dans sa quasi-totalité.

La répartition des points dans le barème permet d'évaluer les candidats sur différentes compétences, en accord avec l'objectif de la composition de physique, qui valorise les candidats possédant une excellente maîtrise des notions du programme :

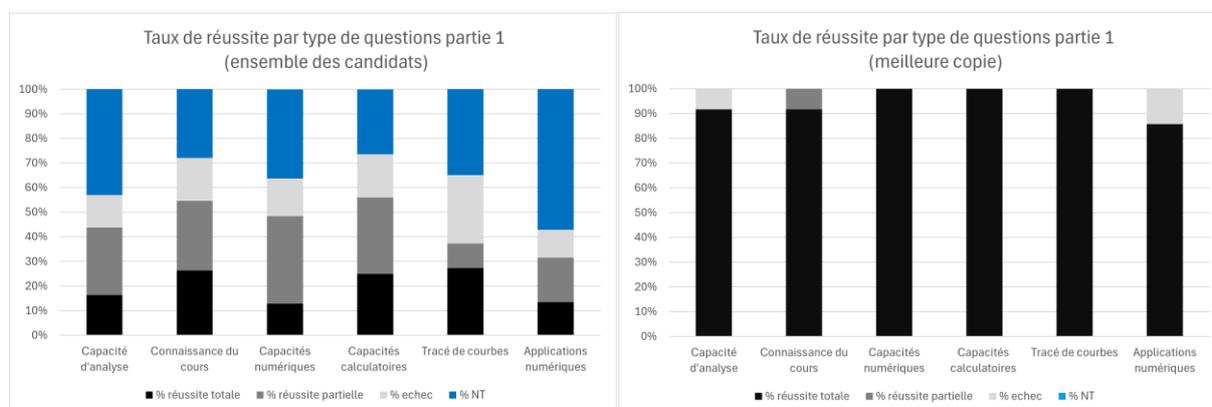
- 35 % des points étaient attribués à **la connaissance du cours**.
- 30,3 % des points étaient attribués aux **capacités d'analyse**.
- 18,3% des points étaient attribués aux **capacités calculatoires**.
- 7,7% des points étaient attribués aux **applications numériques** associées à leur analyse.
- 6,3 % des points étaient attribués aux **tracés de courbes**, dont l'équation était parfois donnée.

- 2,4 % des points étaient attribués aux **capacités numériques**.



En moyenne, les candidats ont abordé 63 % des questions de la partie 1 (72% des questions de cours). Le taux moyen de réussite totale ou partielle aux questions abordées est de 73% (76% pour les questions de cours.)

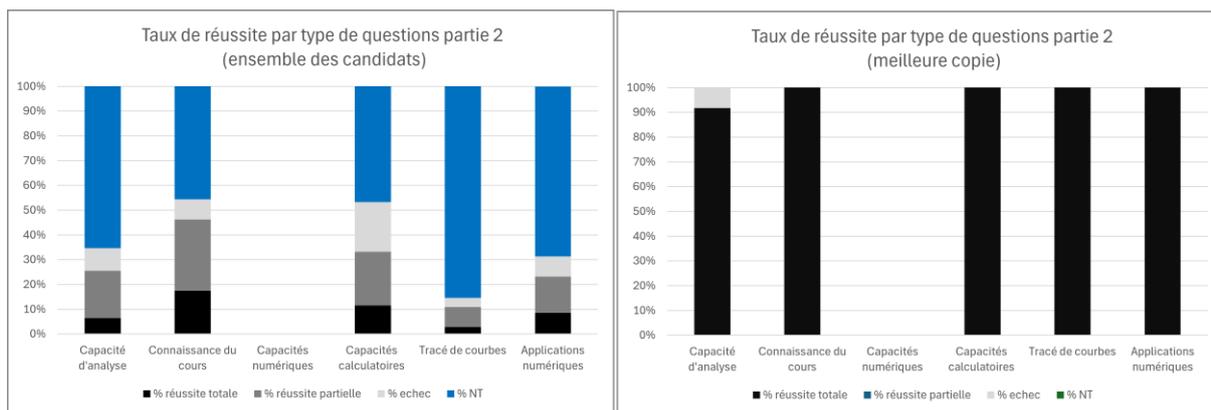
Le candidat qui a rendu la meilleure copie a abordé 100 % des questions de la partie 1. Il a répondu correctement à 96 % des questions abordées (98 % pour les questions de cours).



Taux de réussite pour la partie 1 de la composition 2025.

En moyenne, les candidats ont abordé 38 % des questions de la partie 2 (64% des questions de cours). Le taux moyen de réussite totale ou partielle aux questions abordées est de 74 % (85% pour les questions de cours.)

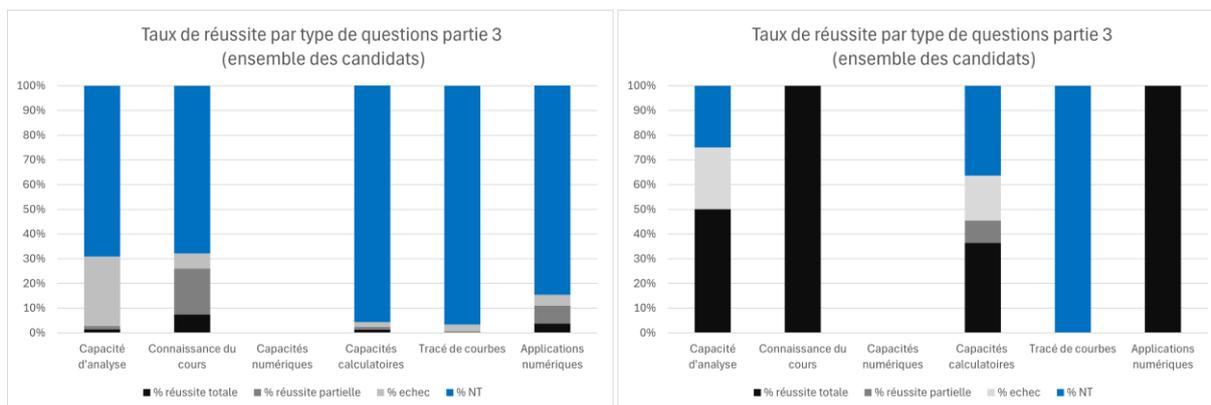
Le candidat qui a rendu la meilleure copie a abordé 100 % des questions de la partie 2. Il a répondu correctement à 96 % des questions abordées (100 % pour les questions de cours).



Taux de réussite pour la partie 2 de la composition 2025.

En moyenne, les candidats ont abordé 17 % des questions de la partie 3 (32% des questions de cours). Le taux moyen de réussite totale ou partielle aux questions abordées est de 47% (81% pour les questions de cours.)

Le candidat qui a rendu la meilleure copie a abordé 76 % des questions de la partie 3. Il a répondu correctement à 80 % des questions abordées (100 % pour les questions de cours).



Taux de réussite pour la partie 3 de la composition 2025.

Globalement, cette analyse montre que les candidats ne repèrent ou ne réussissent pas forcément les questions classiques, proches du cours, qu'il s'agisse ou non d'une pure restitution de connaissances. Le jury s'attendait à ce que le taux de réussite aux questions de cours soit plus important, ce qui n'est pas le cas, surtout dans la partie 1. Souvent, les questions de cours sont abordées de manière hâtive et trop superficielle, sans que ne soient mentionnées les hypothèses faites ou sans précision sur les calculs mis en œuvre. A l'inverse, certains candidats passent trop de temps sur certaines questions de cours (partie 1 par exemple) en rédigeant plus que nécessaire.

Pour les questions nécessitant des explications sur des concepts ou des définitions, le jury regrette que les définitions données soient quelquefois vagues ou mal rédigées.

Les meilleurs candidats, le plus souvent, traitent davantage les questions de cours que les autres questions et obtiennent à ces questions un meilleur taux de réussite. Cette observation est l'occasion de rappeler que pour une bonne réussite à la composition de physique, il est primordial de posséder une bonne connaissance générale des concepts physiques développés dans l'enseignement secondaire et du premier cycle universitaire. Une bonne maîtrise des applications classiques de ces concepts donne de très bonnes chances de succès à cette épreuve.

Le sujet comportait des questions de niveaux variés. Certaines questions étaient d'un niveau d'exigence élevé, surtout dans la partie 3, et pouvaient donner lieu à des développements calculatoires plus complexes. Il est également rappelé que si une description à partir des équations permet une

compréhension plus fine des phénomènes, une approche conceptuelle et qualitative est toujours appréciée. Il était ainsi possible d'obtenir une très bonne note à cette épreuve sans aborder dans leur totalité les questions les plus difficiles.

Remarques générales et recommandations

Dans la composition, un certain nombre de questions constituent des questions de cours. Il est attendu de la part de futurs enseignants qu'ils montrent au jury leur capacité à développer une démonstration classique de manière précise, complète et efficace, en articulant les hypothèses, les développements calculatoires et la conclusion. Ainsi, une rédaction se contentant d'une suite de calculs, sans aucune articulation, permet rarement d'obtenir la totalité des points à une réponse. De même, des développements inutilement longs desservent la copie.

Le jury regrette que trop peu de candidats appuient leurs raisonnements sur des schémas clairs.

De manière générale, le jury conseille aux candidats : 1) d'utiliser un langage clair et précis, en veillant à la syntaxe et à l'orthographe, 2) d'utiliser le vocabulaire scientifique adapté, 3) d'accompagner les calculs de commentaires permettant de comprendre la démarche, 4) de systématiquement encadrer (ou souligner) à la règle le résultat final d'un calcul et de souligner les applications numériques finales, accompagnées de l'unité (l'emploi de couleurs, sans excès, pour encadrer les résultats ou souligner les points importants est possible et participe à la clarté de la copie).

Le jury tolère volontiers l'utilisation d'abréviations à condition qu'elles participent à la clarté du raisonnement et qu'elles soient utilisées à bon escient : par exemple nous voyons souvent des doubles flèches d'équivalence ' \Leftrightarrow ', là où il faudrait une flèche d'implication ' \Rightarrow '.

Le jury tient à rappeler que la dimension quantitative et numérique est primordiale en physique notamment pour comparer les poids des différents effets, aussi attend-on un traitement rigoureux des applications numériques dans une copie d'agrégation. Si quelques candidats choisissent malheureusement systématiquement de ne pas traiter les applications numériques, le jury regrette également de trouver des erreurs grossières de conversion d'unité. Pour les éviter, mais aussi pour vérifier leur homogénéité, le jury recommande de conserver les unités dans l'écriture des calculs intermédiaires. Quelques candidats présentent des valeurs avec un nombre aberrant de chiffres significatifs, ce qui est d'autant plus regrettable quand une incertitude vient d'être déterminée.

De manière générale, trop de candidats et candidates oublient des parties de questions et vont trop vite, perdant ainsi des points faciles. De même, lorsque l'énoncé demande de « justifier » un résultat ou une affirmation, une simple paraphrase ou reformulation n'est pas une réponse acceptable. Il est conseillé aux candidats de lire l'énoncé avec soin avant de répondre à une question, et de relire leur réponse, afin d'être certain de répondre précisément et complètement à la question.

Remarques par question

Q1: Un minimum de rédaction est attendu, en revanche il est dommage de passer trop de temps sur cette question de cours en rédigeant des pages et des pages non forcément nécessaires. Une démonstration à une dimension, généralisée à trois dimensions amenait tous les points.

Q2: Le terme « dérivée particulière » n'est pas connu par certains candidats. De nombreux candidats écrivent qu'un écoulement incompressible signifie que $\text{div } \vec{v} = 0$ et en déduisent $D\rho/Dt = 0$ alors que c'est l'inverse. À noter qu'il ne faut pas oublier le point dans la notation « $\vec{v}.\overrightarrow{\text{grad}}$ ».

Q3: L'hypothèse à utiliser était l'écoulement laminaire. Il n'y a pas d'invariance par translation du problème. Notamment la pression dépend de z . Pour répondre à cette question, il faut utiliser l'incompressibilité et $\text{div } \vec{v} = 0$.

Q4: La contrainte σ n'est pas une constante (elle dépend de r !). L'équation finale étant donnée, le jury attend une justification précise des différents termes. De nombreux candidats mélangent forces (en N)

et forces volumiques (en N/m^3) sans se soucier de déterminer l'expression exacte du volume de la particule de fluide.

Q5: Certains candidats ne connaissent pas la définition du nombre de Reynolds. Le critère $Re \ll 1$ pour un écoulement laminaire n'est pas correct dans une conduite cylindrique (le jury attendait $Re \approx 2000$), ce qui montre une confusion entre le terme négligé dans l'équation de Navier-Stokes et le type d'écoulement.

Q6 : Attention laminaire ne veut pas forcément signifier $Re \ll 1$ (limite à 2000). Le jury attendait le calcul de $\vec{v} \cdot \overrightarrow{grad}(\vec{v})$ pour justifier la disparition de ce terme. Par ailleurs, la confusion entre écoulement stationnaire et dérivée particulaire nulle persiste chez certains candidats. Le sujet demandait d'établir l'expression de la pression en fonction des données. De trop nombreux candidats se sont contentés de donner le gradient de pression, parfois sans justification. La justification de la constante nulle pour dv/dr n'est parfois pas précisée.

Q7: L'énoncé donnant v_z , de nombreux candidats ont très bien réussi cette question. Le jury a cependant été très surpris de voir représentées des vitesses négatives pour $r > R$ et des calculs de limite pour r qui tend vers l'infini.

Q8 : La définition du débit volumique n'est pas maîtrisée pour un certain nombre de candidats. Le jury déplore l'utilisation de la vitesse moyenne directement.

Q9: Cette question a été bien réussie dans l'ensemble. La dépendance en R^{-2} de la résistance en électricité semble bien connue des candidats, néanmoins le jury attendait une comparaison entre la dépendance en puissance de R des situations électriques et hydrauliques.

Q10: Peu de candidats ont su nommer les pertes de charges singulières. L'expression finale du débit étant donnée, le jury attendait un minimum d'explications pour l'expression de la différence de pression et entre autres la loi de l'hydrostatique doit être citée.

Q11: L'évaluation d'incertitudes n'est toujours pas maîtrisée pour un grand nombre de candidats. Entre autres l'identification du type B n'est pas assimilée.

Q12: Cette question ne concernait que la validité de l'écoulement de Poiseuille. Le jury attendait un commentaire sur la dispersion des points de mesure autour de la droite de régression. Certains candidats ont effectué des applications numériques non demandées, de grandeurs données dans la console affichée par le programme.

Q13: Si le principe de la méthode de Monte Carlo est connu de la plupart des candidats, la description détaillée de son principe n'a pas souvent été satisfaisante. En revanche, le jury déplore l'incohérence entre le nombre de chiffres significatifs d'une grandeur et de son incertitude type associée.

Q14: La résistance équivalente en parallèle n'est pas toujours bien maîtrisée. Les applications numériques n'ont pas forcément été commentées.

Q15: Cette question a trop souvent donné lieu à des applications numériques aberrantes. Il est surprenant que certains candidats ne remettent pas en question leurs applications numériques quand ils obtiennent que le sang a une vitesse de 3 fois supérieure à la vitesse du son dans les artères, ou qu'ils calculent des nombres de Reynolds aberrants ($Re \approx 10^8$ par exemple). Le jury attend des candidats un certain recul scientifique sur les applications numériques.

Q16: Cette question a été plutôt bien réussie dans son ensemble.

Partie 1.3. Le jury s'étonne de voir la majorité des candidats choisir de sauter cette partie d'électrocinétique relativement simple.

Q17: Il suffisait d'analyser la figure 7 pour répondre à cette question, bien traitée dans l'ensemble. Certains candidats n'ont pas pris le temps de vérifier la logique de leur résultat et ont obtenu une mauvaise relation.

Q18: Le jury attendait pour cette question d'analogie un vocabulaire précis. De nombreux candidats écrivent de longues phrases où l'essentiel manque. Le stockage d'énergie est rarement évoqué pour justifier l'analogie entre l'élasticité des artères et la capacité d'un condensateur.

Q19: Cette question a été assez bien réussie dans l'ensemble. Certains candidats ne savent pas résoudre correctement l'équation différentielle. D'autres ont eu des problèmes avec l'identification de τ .

Q20: L'allure de la charge et décharge d'un condensateur n'est pas maîtrisée par l'ensemble des candidats. Le jury attendait un commentaire sur le lissage du débit sanguin grâce à la compliance des artères.

Q21: Peu de candidats ont traité cette question, pourtant assez simple et qui était une application de la loi de Poiseuille.

Q22: Cette question de cours a été bien traitée par la majorité des candidats. La même confusion entre dérivée partielle et dérivée particulière a été cependant observée dans certaines copies. Il est rappelé qu'il ne faut pas confondre dimension et unité, ainsi l'écriture $[\rho] = k \cdot m^{-3}$ n'est pas correcte, alors que $[\rho] = M \cdot L^{-3}$ l'est.

Q23: Les candidats ont bien réussi cette question de cours dans son ensemble. Peu cependant ont précisé que Z était réelle.

Q24: Certains candidats ont oublié le facteur $1/2$ dans la valeur moyenne, ou ne l'ont pas justifié.

Q25: De nombreux candidats ont mal converti les unités, donnant lieu à un résultat erroné. Le calcul donne $p_{max} = 1,75 \cdot 10^5 Pa$.

Q26: Il s'agissait ici d'obtenir une atténuation, le résultat attendu était donc positif. Peu de candidats ont conclu sur la très forte atténuation nécessitant par conséquent une amplification du signal derrière afin de pouvoir traiter le signal réfléchi.

Q27: De nombreux candidats ont su donner la longueur caractéristique à partir d'une analyse dimensionnelle, mais n'ont pas su donner le nom du phénomène physique associé. Le jury a été surpris de lire des réponses totalement inappropriées telles que "réflexion" ou "diffusion".

Q28: Cette question demandait un peu d'analyse et une synthèse des questions précédentes. Peu de candidats sont allés au bout de leur raisonnement. De plus, un certain nombre d'entre eux ont interprété la diffusion des globules rouges comme un phénomène physique à limiter au maximum, alors que c'est lui qui rend possible l'échographie Doppler.

Q29: Le schéma de l'effet Doppler est peu souvent réalisé. Très peu de candidats ont su établir correctement la relation demandée. De nombreux candidats effectuent l'application numérique et concluent que la fréquence appartient bien à l'audible sans rappeler le domaine des fréquences audibles.

Q30: L'expression littérale sur l'incertitude donnée a été obtenue par une grande partie des candidats, cependant l'application numérique est souvent fautive (conversion radian en degré) et n'a pas donné lieu à une remise en question de la part du candidat. Respecter un angle inférieur à 40° pour explorer une artère ou veine en profondeur est loin d'être facile pour le médecin, qui ne connaît pas forcément l'orientation de celle-ci. C'est la raison pour laquelle lors d'une échographie, le médecin penche la sonde de diverses façons.

Q31: Les candidats n'ont pas toujours bien justifié le facteur 2 dans l'expression de la PRF. Peu ont su expliquer la position de la fenêtre d'écoute ou la nécessité qu'elle soit de faible durée.

Q32: Le jury n'attendait pas de calcul fastidieux pour cette question. Certains candidats n'ont pas tenu compte de la donnée $PRF > f_D$ et ont gardé une fréquence négative. Peu ont su trouver la fréquence de coupure adaptée pour le filtre.

Q33: Le nom du critère de Shannon est connu mais souvent mal écrit. Peu de candidats ont su répondre à cette question. Certains candidats ont dessiné un spectre de raies sans tenir compte des précisions données dans la question.

Q34: Il suffisait de trouver les informations sur la figure pour répondre à cette question, qui lorsqu'elle a été traitée, l'a bien été.

Q35: La lecture des vitesses sur la figure a bien été réussie dans l'ensemble, le calcul des fréquences Doppler associées aussi. En revanche, peu de candidats ont pensé à conclure sur le non repliement du spectre.

Q36: Cette question a peu été traitée et assez peu réussie dans son ensemble. Il fallait tenir compte de la distribution des vitesses complètement différente pendant la systole et la diastole. Le jury attendait un spectre très piqué pendant la systole et un assez plat pendant la diastole. Les fréquences devaient respecter celles obtenues avec la question 35.

Q37: Cette question demandait un petit temps d'analyse et n'a été traitée et réussie que par quelques candidats. L'augmentation de la vitesse pendant la systole est à relier à la section réduite dans l'artère, à l'aide de la conservation du débit.

Q38: Certains candidats ont su relier les fréquences négatives aux globules rouges repartant en sens inverse. Cependant peu ont su expliquer la conséquence sur le son perçu à l'oreille.

Q39: Cette question a été souvent abordée. En revanche, les expériences proposées sont peu détaillées et peu justifiées. Des réponses telles que "observation de la forme d'une goutte sur un solide" ou "formation d'une bulle de savon" sont insuffisantes. Il est nécessaire d'expliquer le rôle de la tension superficielle dans les expériences proposées. Sans être nécessaire, la description d'une expérience à l'aide d'un schéma montre un effort pédagogique de la part des candidats. Pour la définition du coefficient de tension superficielle, si une définition thermodynamique est préférable, des définitions plus globales (énergie par unité de surface ou force par unité de longueur) ont été acceptées. De même, les origines de la tension superficielle sont mal explicitées. Le vocabulaire utilisé est souvent peu précis et le terme "interactions de van der Waals" a été trop peu employé.

Q40: Cette question a été relativement bien traitée, même s'il y a une confusion pour certains entre unité et dimension (les deux étaient demandées ici). Si l'expression de l'énergie de surface du type $E = \gamma \cdot S$ a été souvent donnée, beaucoup de candidats n'ont pas écrit explicitement l'expression de la surface S pour le système proposé.

Q41: Cette question a été souvent abordée mais le détail des calculs est souvent très approximatif.

Q42: Si l'utilisation de la conservation du volume a été souvent correcte par les candidats qui ont abordé cette question, le calcul différentiel a été beaucoup moins bien réussi montrant de vraies lacunes sur l'aspect calculatoire.

Q43: Pour les candidats qui ont abordé cette question, cette question a été relativement bien traitée. Néanmoins, beaucoup de candidats se sont limités à l'aspect linéaire de la loi sans identifier la constante de raideur et l'équivalent de l'élongation.

Q44: Beaucoup de candidats ont su répondre aux deux premiers points de la question. Néanmoins, la troisième partie de la question sur la dépendance de l'énergie en fonction de l'indice du milieu a été mal traitée.

Q45: Très peu de candidats ont su exprimer correctement le bilan de quantité de mouvement en fonction des coefficients de réflexion et de transmission. Trop souvent, les candidats ont oublié la partie en transmission ou se sont trompés dans les signes.

Q46: Cette question a été peu abordée. Il fallait généraliser la démarche de la question Q45 pour un angle d'incidence quelconque. Il suffisait ensuite de montrer que la composante horizontale s'annule en tenant compte de la loi de Snell-Descartes et de la conservation de l'énergie. Quelques candidats ont su néanmoins identifier ces aspects.

Q47: Il fallait ici remplacer dans la formule proposée l'expression des coefficients R et T donnés dans l'énoncé et l'appliquer au cas de l'incidence normale pour obtenir une expression simplifiée de la pression de radiation. Cette expression permettait alors de prédire le sens de déformation de l'interface.

Q48: Cette question, dont la réponse peut sembler contre-intuitive, nécessitait de reprendre la démarche vue en (Q45) pour montrer que la pression de radiation déforme une interface toujours dans le sens de l'indice le plus faible.

Q49: Il suffisait ici d'utiliser l'expression de la question Q47 en remplaçant l'expression de la puissance en fonction de l'intensité pour un faisceau laser uniforme.

Q50: L'apparition du pic de pression de radiation en fonction de l'angle d'incidence est ici provoquée par un phénomène de réflexion totale. Ce résultat découle de l'expression donnée dans l'énoncé. Ce résultat a été démontré ou intuité par quelques candidats. Au-delà de l'angle de réflexion totale, il fallait utiliser le fait que $R = 1$ et $T = 0$.

Q51: Pour répondre à cette question, il était possible d'utiliser l'expression de la Q47 en analysant le graphique. L'expression permettait ensuite d'effectuer l'application numérique.

Q52: Cette question demandait aux candidats d'analyser la situation expérimentale selon plusieurs cas en fonction du rapport entre le rayon du faisceau laser w_0 et le rayon R du globule rouge. Il était alors possible de répondre à cette question en utilisant les résultats des questions Q50 (grâce à l'analyse graphique), Q46 (la pression de radiation est toujours normale à l'interface). Les schémas attendus étaient qualitatifs. Quelques candidats ont su répondre à cette question.

Q53: Pour répondre à cette question, il fallait utiliser les réponses aux questions Q47 et Q48 en tenant compte de la puissance totale du laser et du coefficient de transmission pour la face arrière.

Q54: Cette question faisait le lien entre la partie 3.1 sur la force de rappel due à la tension superficielle et la partie 3.2 sur la force appliquée par le laser sur chaque interface. Pour répondre à cette question, il fallait combiner les résultats des questions Q43 et Q53. Il fallait faire attention notamment aux sens des forces et aux signes en accord avec le fait que la pression de radiation tire les interfaces vers le milieu de plus faible indice (voir Q48).

Q55: Cette dernière question permettait d'analyser la force totale exercée par le laser sur le globule rouge. Il fallait à nouveau faire attention aux signes des forces. Il en résulte qu'avec un seul laser le globule rouge est poussé par le laser d'où l'utilisation préférable de deux faisceaux lasers pour stabiliser la position du globule rouge. À noter ici que le laser n'est pas focalisé donc les forces de gradient qui sont dominantes pour les pinces optiques sont négligeables.

Conclusion

Le jury adresse ses félicitations aux candidats et candidates qui ont su démontrer leur très bon niveau de connaissance en physique et leur bonne préparation de l'épreuve en rendant une copie claire de

très bon niveau. Le jury encourage les futurs candidats et candidates à tenir compte des éléments mentionnés dans ce rapport pour préparer les futures sessions.

Rapport sur la composition de chimie 2025

Le sujet de la composition de chimie de la session 2025 a pour thématique les liens entre chimie et cinéma. Il permet d'aborder de nombreux thèmes du programme du concours.

La première partie s'intéresse aux conséquences d'impacts de foudre à travers le dosage et la formation d'ozone. Des notions de chimie des solutions aqueuses et de thermodynamique chimique sont mobilisées.

La deuxième partie aborde la mise en œuvre de quelques effets spéciaux avec l'étude thermodynamique d'une réaction explosive, la corrosion du fer et la cinétique de décomposition d'un polymère.

La troisième partie est axée sur la chimie organique avec la synthèse de l'adrénaline et les aspects stéréochimiques associés.

La dernière partie permet d'étudier quelques éléments de la conception d'un ordinateur quantique et requiert des connaissances en structure de la matière et en spectroscopies.

Toutes les parties et sous-parties, indépendantes, ont permis aux candidats de valoriser des connaissances et compétences très diversifiées. Toutes les questions ont ainsi été abordées au moins une fois et le jury a eu la satisfaction de lire un nombre important de réponses correctes.

Chaque partie ou sous-partie comporte des questions de difficulté croissante. Toutes commencent systématiquement par des questions de cours ou d'applications directes des notions disciplinaires, essentielles pour enseigner la chimie. Les dernières questions de certaines parties permettent aux candidats de prendre du recul vis-à-vis des applications directes et de mettre en évidence leur maîtrise des concepts, en prenant des initiatives au sein de tâches plus complexes ou difficiles.

Le sujet comporte plusieurs questions ouvertes qui demandaient une prise d'initiative de la part des candidats. L'une d'entre elle, placée en fin de première partie (Q14), était plus longue à traiter et clairement identifiée. Les candidats l'ont majoritairement ignorée quoiqu'elle fût bien valorisée, mais se sont engagés dans les résolutions des autres questions ouvertes du sujet.

Le jury tient à féliciter les candidats qui ont rendu de bonnes à très bonnes copies, et ceux qui ont fait explicitement montre d'une grande implication dans le sujet, indépendamment des résultats obtenus.

Le jury tient néanmoins à mettre en évidence quelques points d'attention dans les remarques ci-dessous.

Remarques d'ordre général

Le jury a particulièrement apprécié les copies bien présentées, dans lesquelles les raisonnements sont explicités de façon rigoureuse, claire, dans un français correct grammaticalement et sans faute d'orthographe, avec des résultats mis en valeur. Il est ainsi attendu de futurs agrégés qu'ils fassent l'effort de présentation qu'ils attendront de leurs élèves.

Il est recommandé de ne pas recopier les questions de l'énoncé, mais d'y répondre, en justifiant son propos, de manière à la fois précise et concise (un unique mot clé ne peut être suffisant). Il est également recommandé de bien lire les questions, de s'assurer que la réponse est complète et qu'elle correspond à ce qui est demandé. En voulant « devancer » l'énoncé, certains candidats se sont parfois égarés dans les raisonnements. Le jury invite les candidats à bien suivre le sujet dont les différentes questions guident la résolution du problème.

Des erreurs sont constatées dans les applications numériques, même lorsqu'elles sont correctement posées sur la copie. Le jury recommande la plus grande attention dans la réalisation de ces calculs, les erreurs pouvant conduire à de mauvaises conclusions. Un commentaire critique des résultats numériques est par ailleurs grandement apprécié. Le sujet comporte des données retranscrites telles qu'il est possible de les trouver dans un Handbook. Aucune demande n'est spécifiée quant au traitement des chiffres significatifs, offrant la liberté aux candidats de faire des choix, si possible judicieux en fonction des parties traitées et du niveau de précision nécessaire à la résolution des questions. Trop peu de candidats mentionnent les raisons qui ont motivé leurs choix malgré le nombre relativement faible d'applications numériques dans le sujet.

Pour réussir l'épreuve, une bonne connaissance des bases disciplinaires est nécessaire et le jury a parfois été surpris de constater de grosses lacunes à ce niveau. La rigueur est également un élément essentiel de l'évaluation. Par exemple, dans l'écriture d'une équation de réaction, il est nécessaire de spécifier l'état physique (liquide, solide, gazeux, en solution) des différentes espèces chimiques.

Remarques question par question

Le pourcentage de réussite pour chaque question est indiqué entre parenthèses. Il s'agit du rapport, exprimé en pourcentage, entre la moyenne obtenue par l'ensemble des candidats à cette question et le nombre total de points accordés à la réponse.

La première partie est abordée avec réussite par les candidats bien que certaines questions simples posent des difficultés. On notera en particulier un nombre élevé de représentations de Lewis dans lesquels la règle de l'octet est outrepassée pour les éléments de la deuxième ligne de la classification périodique. Enfin, le jury regrette le très faible nombre de candidats qui essaient de traiter la question ouverte qui consiste en un bilan de matière avec un réactif limitant, appuyé sur une application du premier principe.

Q1 (64 %)

La plupart des candidats déterminent correctement les configurations électroniques fondamentales, même si quelques-uns en restent au formalisme KLM, maintenant largement éculé. En revanche, de nombreuses erreurs sont commises sur les structures de Lewis : non-respect du nombre total d'électrons de valence, qu'il est donc recommandé de bien compter, absence d'électron célibataire pour NO_2 (beaucoup de candidats donnent les structures des ions NO_2^+ ou NO_2^- , oubliant de vérifier la charge globale de l'édifice), non-respect de la règle de l'octet alors qu'aucun élément de la deuxième période ne saurait être hypervalent. La formule de Lewis de NO_2 est ainsi fautive dans plus de deux tiers des copies. Malgré les indications de l'énoncé, quelques structures cycliques ont été proposées.

Q2 (42 %)

Comme l'énoncé les y incitait, la plupart des candidats (mais pas tous !) s'intéressent à la structure tridimensionnelle des molécules. Il n'est toutefois pas nécessaire d'étudier celle de O_2 (comment cette molécule, à deux atomes, pourrait ne pas être linéaire ?) ou de préciser que O_3 et H_2O sont planes. En revanche, le caractère coudé de ces deux dernières, essentiel, n'est pas toujours mentionné, encore moins justifié. Il permettrait de comprendre leur caractère polaire (rappelons que le moment dipolaire d'une molécule est une observable vectorielle) et d'expliquer la plus grande solubilité de l'ozone dans l'eau, ce qui est tout de même identifié par un grand nombre de candidats. Le jury a été surpris de lire des explications basées sur la seule géométrie, sans examen de la polarité.

Q3 (47 %)

Le nombre (ou degré) d'oxydation se rapporte à un *élément* dans une *entité* donnée : « le nombre d'oxydation de O_3 » n'a pas de sens. Les valeurs du degré d'oxydation de l'oxygène sont parfois très hasardeuses, allant de -VI à +VI. Tous les candidats ne maîtrisent pas l'utilisation de cette notion très utile : il est rappelé que le nombre d'électrons échangés dans un couple d'oxydo-réduction est strictement égal à la différence entre les nombres d'oxydation de l'élément mis en jeu dans l'oxydant et dans le réducteur associé, indépendamment du nombre de charges d'anions ou cations intervenant dans la demi-équation du couple. Les candidats utilisent trop systématiquement les électrons pour ajuster les demi-équations une fois qu'ils ont égalé les nombres des éléments ; cette méthode rend plus difficile de percevoir la finalité de la question et l'intérêt d'introduire l'eau dans le couple.

Q4 (52 %)

L'écriture de l'équation de réaction, en précisant les états physiques, et le calcul de sa constante d'équilibre sont en général correctement traités. Toutefois, beaucoup de candidats utilisent directement et sans recul une expression de K° qui n'est pas toujours correcte. Quelques candidats n'ont pas compris que cette constante doit s'exprimer en fonction des potentiels standard des couples impliqués. Le changement de couleur, en lien avec l'amidon présent, n'est pas systématiquement perçu.

Q5 (46 %)

De nombreux candidats traitent correctement cette question en détaillant les étapes de raisonnement. Ils commencent par l'écriture de la réaction support du titrage : les tentatives de résolution sans ce préalable conduisent généralement à des erreurs. En chimie, il est en effet primordial d'être en mesure d'établir un bilan des espèces et de savoir établir, *via* l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique, les relations entre les quantités de matière des espèces chimiques impliquées et pertinentes. Des candidats veulent ainsi utiliser directement une formule de type « $C_1 V_1 = C_2 V_2$ », ce qui était faux. Le jury incite par ailleurs les candidats à mener des calculs littéraux, sans applications numériques intermédiaires, en étant vigilants à chaque étape : le rendement de solubilisation a été source d'erreurs inattendues, quand il n'est pas ignoré.

Le repérage de l'équivalence par changement de couleur nécessite d'explicitier ce qui doit être observé, le jury ne pouvant se contenter de la seule mention d'un « indicateur coloré ». En raison des nombreux ions présents, à commencer par les ions oxonium, la conductimétrie n'est pas une méthode adaptée au suivi d'un titrage par oxydo-réduction.

Q6 (50 %)

De nombreux candidats ne définissent pas correctement l'absorbance (et proposent des définitions conduisant à une absorbance négative). Quelques confusions entre transitions électroniques (domaine de l'UV-visible) et transitions vibrationnelles (domaine de l'infrarouge) ont été relevées.

Si la loi de Beer-Lambert est généralement connue, ses différents termes, avec leurs unités (SI ou usuelles), ne sont pas toujours explicités. Ses conditions de validité sont souvent vagues : écrire que les solutions doivent être peu concentrées ne suffit pas et un ordre de grandeur est attendu. Les possibles propriétés photophysiques des espèces n'ont été que rarement envisagées. Le choix de la longueur d'onde de travail est correct, même si la justification manque parfois de précision.

Q7 (12 %)

Question bien traitée par les candidats qui interprètent correctement l'énoncé : celui-ci fournissait une augmentation de la teneur en ozone dans l'air environnant et non une augmentation relative de la teneur en ozone. Ces candidats n'oublient en général pas d'ajouter la quantité nouvellement formée à celle déterminée à la question 5.

Certains candidats utilisent des valeurs « connues » pour la masse volumique de l'air ou son volume molaire plutôt que d'exprimer ces grandeurs. Il faut dans ce cas prêter une attention particulière au paramètre température, ce qui n'est pas toujours le cas.

Q8 (31 %)

Peu de candidats connaissent la définition précise d'une grandeur de réaction, les variables maintenues constantes semblant parfois écrites de manière aléatoire. Cette définition est parfois confondue avec l'expression en fonction des grandeurs molaires partielles.

L'approximation d'Ellingham est en général connue (même si l'absence de changement d'état n'est pas toujours mentionnée). La notion d'état standard n'est en revanche pas maîtrisée ; certains candidats précisent bien que le gaz est considéré comme parfait mais pas que celui-ci est alors pur. Le jury rappelle qu'il n'existe pas de température standard.

Q9 (50 %)

La quasi-totalité des candidats savent que les enthalpies standard de formation du diazote et du dioxygène sont nulles. En revanche la justification est peu rigoureuse : la notion d'état standard de référence n'est précisée que rarement et les réponses montrent des confusions entre les notions de corps pur, de corps simple et de corps simple de référence pour un élément d'une part, entre état standard d'une espèce physico-chimique et état standard de référence d'un élément d'autre part. Rappelons l'importance de cette notion qui permet de déterminer ensuite les enthalpies de formation des espèces physico-chimiques.

Q10 (31 %)

Le résultat de l'influence de la pression sur les équilibres étudiés est correct dans la grande majorité des copies. En revanche, la justification repose souvent sur la mention du principe de Le Châtelier (qui ne figure plus dans les programmes de CPGE) et non sur une utilisation de l'enthalpie libre de réaction et du second principe de thermodynamique. Le raisonnement devait ainsi se baser sur la modification

du quotient de réaction due à une variation de pression. Certains candidats n'ont pas assimilé que la constante d'équilibre dépend uniquement de la température et qu'elle n'est pas modifiée par une variation de pression.

Q11 (58 %)

Quelques candidats ne sont pas en mesure de donner la définition de l'enthalpie libre. Si les calculs des grandeurs standard de réaction ont généralement été bien menés, certains n'expriment pas l'enthalpie libre standard de réaction en fonction de la température ou oublient de préciser les unités dans l'expression semi-numérique. Les erreurs d'unité sont fréquentes entre $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, unité usuelle pour $\Delta_r G^\circ$ et $\Delta_r H^\circ$, et $\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$, unité usuelle pour $\Delta_r S^\circ$. Alors que l'énoncé demande de se placer dans le cadre de l'approximation d'Ellingham, des candidats ont voulu utiliser les relations de Kirchhoff (hors programme de CPGE).

Q12 (53 %)

Pour bien répondre à cette question, il faut soit utiliser les valeurs numériques calculées précédemment et justifier le signe de $\Delta_r G^\circ$ en lien avec K° , soit utiliser le signe de $\Delta_r H^\circ$ en lien avec la relation isobare de Van't Hoff. La seule donnée de ce nom ne peut suffire à justifier son propos : il fallait donner l'expression de la loi. Le raisonnement devait être mené à terme, au-delà du déplacement de l'équilibre dans un sens ou dans l'autre.

Q13 (36 %)

Le calcul des températures d'inversion est souvent correct. Le jury valorise les valeurs obtenues en cohérence avec les résultats précédents, tant que ces valeurs sont positives. L'explication de la production d'ozone est souvent comprise, même si les déplacements d'équilibre ne sont pas toujours perçus. Des candidats concluent hâtivement, parfois en contradiction avec leurs réponses à la question précédente.

Q14 (6 %)

Cette question ouverte, pour laquelle les questions précédentes donnaient des pistes de raisonnement, n'est souvent abordée que très superficiellement. Les candidats ayant amorcé un raisonnement correct, même lorsque leur réflexion n'est pas aboutie, sont valorisés. Certains consacrent du temps à cette question et aboutissent à des résultats plausibles : ils en sont récompensés. Le jury souligne que le poids de cette question dans le barème est en rapport avec la durée nécessaire à son traitement.

L'identification du réactif limitant, préalable à tout bilan de matière, est rare. Quelques maladresses sont constatées : utilisation de valeurs inadaptées de volume molaire ou de masse volumique (comme en 7), ou bilan énergétique avec l'enthalpie libre plutôt qu'avec l'enthalpie. Les candidats qui veulent résumer la formation d'ozone à un équilibre avec le dioxygène, sans tenir compte des composés azotés, ne peuvent pas construire un raisonnement complet.

La deuxième partie donne lieu à des réalisations contrastées, avec en particulier des connaissances en thermodynamique souvent insuffisantes (expression du premier principe, lien entre l'entropie statistique et l'entropie standard de réaction, ou encore comment construire un cycle pour une réaction adiabatique par exemple). De nombreux candidats identifient bien que le début de la deuxième partie traite d'une transformation adiabatique mais cherchent trop souvent à traiter cette partie comme une flamme, ce qui n'est pas le cas ici. Plusieurs questions sont pourtant présentes pour guider les candidats sur le fait d'utiliser l'énergie interne et non l'enthalpie. Le script peut être intelligemment mis à profit par certains candidats tant il fournit des éléments de réponses aux questions posées. La deuxième sous-partie, sur la durabilité d'un acier, donne lieu à des réalisations satisfaisantes quand elle est traitée, même si certaines notions sont parfois mal maîtrisées. Enfin, la dernière sous-partie, traitant de cinétique de décomposition d'un polymère, pose des difficultés aux candidats. Dès le début, la loi de vitesse dans laquelle l'expression de la constante intègre la loi d'Arrhenius n'est pas ou est mal identifiée.

Q15 (37 %)

Le lien entre $\Delta_r H^\circ$ et la thermicité est bien connu, même si des confusions sont relevées. Le lien entre $\Delta_r S^\circ$ et désordre est souvent énoncé de manière générale, sans faire référence à l'équation de la réaction modélisant la transformation et à l'évolution de la quantité de matière en phase gazeuse.

La différence entre réaction totale (équilibre chimique rompu à l'état final) et réaction équilibrée n'est pas bien comprise. Des candidats veulent calculer la constante d'équilibre de la réaction étudiée : de regrettables erreurs d'unité ou de signe peuvent conduire à des conclusions erronées.

Q16 (17 %)

Très peu de candidats proposent une argumentation cohérente. Une transformation produisant des gaz n'est pas toujours explosive : elle requiert plusieurs conditions précises qui doivent être mises en évidence par les candidats.

Q17 (27 %)

Cette question est la première d'une série qui amène les candidats à un calcul de température et de pression d'explosion, moins classique que le calcul d'une température de flamme isobare. Le jury invite à nouveau les candidats à bien suivre l'énoncé et à répondre complètement aux questions posées, sans chercher à aller au-delà.

Les conditions adiabatique et isochore ne sont pas assez mises en relation avec la détermination de la température et de la pression maximales obtenues, sans que les calculs de ces grandeurs ne soient attendus à ce stade. Le jury est surpris par les difficultés souvent rencontrées dans la formulation du premier principe de la thermodynamique dans les conditions adiabatiques et isochores de l'étude : des candidats n'identifient pas l'énergie interne comme la fonction d'état à considérer, les grandeurs élémentaires et finies sont parfois mélangées, et des confusions entre les notations (d , δ , Δ) sont constatées. L'objet de la question est assez souvent mal perçu et donne lieu à des réponses désordonnées, des candidats appliquant la loi de Laplace, parfois même à un solide.

Q18 (47 %)

Question généralement bien traitée. Plusieurs candidats ne prêtent toutefois pas suffisamment attention aux unités ou n'identifient pas bien l'indication de la température mentionnée en première page du sujet. Quelques-uns veulent calculer l'enthalpie standard de réaction, qui est pourtant fournie.

Q19 (15 %)

Comme identifié en question 8, le fait qu'une grandeur de réaction s'utilise à pression et température constantes n'est pas bien assimilé. La dépendance de l'énergie interne d'un gaz parfait ou d'une phase condensée indilatable et incompressible avec la seule température semble inconnue d'un bon nombre de candidats. Peu de candidats proposent alors un cycle thermodynamique cohérent, et c'est toujours un calcul de température de flamme isobare qui a été envisagé.

Q20 (8 %)

Le calcul de la température finale est le plus souvent mené sans rigueur, avec l'utilisation d'une formule non clairement établie mais plutôt inspirée de l'expression d'une température de flamme isobare. La ligne de script n'est que rarement bien complétée, le signe et/ou le facteur 10^3 de conversion entre J et kJ étant oublié(s).

Q21 (21 %)

L'état liquide de K_2S en fin de transformation est généralement bien identifié.

Q22 (16 %)

Question en général bien traitée. L'établissement de l'expression comme l'utilisation, commentée, du script fourni sont valorisées, même si le volume de liquide est parfois négligé. Les erreurs sont toutefois nombreuses dans les applications numériques.

Q23 (13 %)

Cette question n'est pas toujours rigoureusement menée : il faut comprendre que le sodium est une espèce intermédiaire et ne pas additionner directement les équations de réaction. Les bilans de matière

présentent ainsi fréquemment des erreurs. Une fois encore, des candidats utilisent des valeurs de volumes molaires inadaptées plutôt que la relation des gaz parfaits.

Q24 (5 %)

Question souvent non comprise : ce n'est pas le volume (final) de gaz qui doit être inférieur à 1 mL, mais le volume (initial, comme mentionné dans l'énoncé) des réactifs introduits dans le tube.

Q25 (28 %)

Si les candidats savent généralement que le tracé de courbes courant-potentiel nécessite l'utilisation de trois électrodes, cette question de cours induit de nombreuses erreurs : absence de générateur, d'ampèremètre et/ou de voltmètre (les candidats ne peuvent tout englober dans le potentiostat qui apparaît alors comme une boîte noire) ; confusions, lorsqu'ils sont mentionnés, dans les rôles des électrodes ; mauvais branchements (comme des ampèremètres en parallèle) et courant non nul à travers l'électrode de référence.

Q26 (30 %)

L'allure des courbes courant-potentiel est souvent correcte, comme les signes des surpotentiels. Néanmoins, les définitions des systèmes rapides et lents sont souvent imprécises (elles se résument à la description des courbes), le potentiel d'équilibre n'est pas toujours écrit ou est confondu avec le potentiel standard, et les transformations électrochimiques ne sont pas souvent indiquées sur les branches.

Q27 (41 %)

De nombreux facteurs peuvent être proposés. Il faut tout de même bien lire la question puisque des facteurs influençant la vitesse de transfert électronique à *la surface de l'électrode* étaient demandés, en lien avec les problématiques sur lesquelles le sujet propose aux candidats de réfléchir.

Q28 (37 %)

La lecture du graphique est généralement correcte. Le courant limite de diffusion cathodique, parfois confondu avec le mur du solvant, doit être compté négativement.

Q29 (30 %)

Le lien entre une courbe courant-potentiel et une application est parfois mal perçue. La nature de l'électrode ainsi que les demi-équations sont correctes. La détermination du surpotentiel cathodique n'est pas menée avec rigueur : de nombreux candidats se contentent de donner une valeur sans justification et sans prise en compte du pH du milieu (le surpotentiel doit s'apprécier à partir du potentiel d'équilibre donné par la relation de Nernst et non à partir du seul potentiel standard).

Q30 (31 %)

Les candidats ayant identifié les différentes branches anodique et cathodique positionnent, en général, bien le potentiel mixte et déterminent le courant traversant les électrodes (la construction graphique était attendue). Le sens d'écriture des demi-équations sur les vagues est parfois mal choisi, montrant que l'utilisation d'une courbe courant-potentiel comme diagramme de prédominance n'est pas correctement acquis.

Q31 (41 %)

Les différentes méthodes de protection contre la corrosion sont bien connues. Les candidats doivent expliciter à quoi correspondent les différents termes employés et justifier l'utilisation possible (ou non) de la peinture. L'exemple récurrent de la tour Eiffel est bien choisi.

Q32 (24 %)

Les candidats qui identifient correctement les courbes en 30 répondent souvent bien à cette question. Tous n'utilisent cependant pas explicitement les courbes fournies en ne mentionnant pas que le courant de corrosion devient alors nul : il s'agit de cinétique de l'oxydoréduction.

Q33 (55 %)

Cette question est correctement traitée.

Q34 (27 %)

La loi d'Arrhenius (attention à l'orthographe !) est généralement reconnue mais la forme générale d'une loi de vitesse est rarement perçue. La question n'est pas toujours bien lue : les dimensions des différents termes sont explicitement demandées.

Q35 (11 %)

Les réponses à cette question sont rarement complètes et pertinentes : la notion de polydispersité et son lien avec la cinétique sont mal expliqués.

Q36 (39 %)

Les changements de variables sont, en général, réalisés correctement. Les candidats manquent néanmoins de rigueur car les changements de bornes de l'intégrale ne sont quasiment jamais mentionnés, ces bornes ne correspondant pas toujours à la variable d'intégration.

Q37 (5 %)

Cette question, qui ramène le cas d'étude à des considérations classiques de la cinétique (dégénérescence de l'ordre, loi de Van't Hoff...), est très peu abordée. L'analyse de la relation fournie est assez confuse.

Q38 (3 %)

Cette question, qui permet d'étudier la validité du modèle proposé, est très peu abordée. Le lien entre vitesse de réaction et chauffage est évoqué.

La troisième partie aborde la synthèse organique d'une molécule chirale à l'aide d'un organozincique, et une comparaison avec une synthèse biocatalysée. Cette partie, très abordable, permet aux candidats de montrer des réalisations honorables, malgré des lacunes sur des connaissances et compétences disciplinaires basiques. Il est important que les flèches courbes partent d'un doublet dans un mécanisme et non d'un atome. La notion d'économie d'atome est assez mal formulée.

Q39 (35 %)

Cette question est généralement bien traitée, même si quelques candidats se trompent dans le classement des groupements. Ce classement selon les règles de Cahn, Ingold, Prelog doit apparaître clairement. La relation d'énantiomérisation est généralement citée, quoique parfois confondue avec diastéréoisomérisation.

Q40 (28 %)

Les signaux ne sont que rarement attribués correctement et avec la justification demandée. Le signal du groupement méthyle est bien identifié compte tenu de son intégration et de sa multiplicité spectrale. En revanche, il est notable que, malgré l'extrait de table de déplacements chimiques proposé, nombre de candidats identifient des signaux d'atomes d'hydrogène aromatiques dans la zone caractéristique de signaux d'atomes d'hydrogène de chaîne aliphatique saturée, et vice versa, suggérant que la notion de blindage électronique à l'origine du déplacement chimique est mal ou méconnue.

Q41 (21 %)

Le pK_A n'est pas une simple indication sur la « force de l'acide » mais aussi la limite entre les deux zones de prédominance : pour justifier la différence d'acidité, il faut comparer la stabilité des bases conjuguées, ce qui est en général bien mené. Des formes mésomères du phénolate doivent être écrites, sans oublier les doublets non liants, et il est rappelé que ce sont les doublets électroniques qui se délocalisent et non les charges. Le choix de la base pour déprotonner le composé **A**, facilité par les pK_A fournis, devait être cohérent avec la relative faiblesse de l'acidité d'un phénol.

L'écriture des mécanismes réactionnels doit être améliorée : certains candidats oublient des flèches courbes et/ou d'indiquer les sous-produits formés (chaque étape doit être ajustée). Si l'écriture des

entités peut être simplifiée, le carbone fonctionnel doit apparaître clairement : « Bn » ne saurait tenir lieu de site électrophile. Un mécanisme rendant compte de transformations à l'échelle microscopique, la réalisation simultanée de plusieurs modifications (comme ici les deux substitutions nucléophiles) est à proscrire. La réversibilité des étapes, et particulièrement celle des étapes acido-basiques, doit être explicite.

Q42 (37 %)

L'équation de la réaction de formation d'un organomagnésien est parfois fautive. Si les conditions anhydres requises sont assez largement connues, les autres précautions opératoires utiles pour limiter les réactions parasites (équilibre de Schlenk, couplage de Würtz...) sont peu citées. Ces diverses réactions méritent d'être davantage explicitées.

Q43 (5 %)

Cette question n'est que rarement abordée et conduit à des réalisations contrastées. Le raisonnement reliant les différences d'électronégativité entre le carbone et les métaux (Mg et Zn) et la nucléophilie plus ou moins prononcée du carbone, et la différence de réactivité vis-à-vis de l'ester, n'est quasiment pas mené.

Q44 (25 %)

La structure du composé **C**, ainsi que son mécanisme de formation, sont correctement écrits dans un certain nombre de copies. Les mêmes erreurs que celles mentionnées en 41 sont néanmoins constatées.

Q45 (11 %)

Le choix de l'hydruure de sodium comme base est bien identifié et il doit être justifié à l'aide des pK_A fournis. Le caractère non nucléophile de ce composé n'est mentionné qu'exceptionnellement.

Q46 (11 %)

Le jury félicite les candidats qui représentent, avec soin, des schémas corrects du montage à reflux, précisant les points de fixation, le support élévateur et le sens de circulation de l'eau dans le réfrigérant. Par contraste, les montages dessinés à la va-vite sont sanctionnés.

L'équation de la réaction de formation de **G**, au cours d'une transformation délicate à analyser, n'est que très rarement vue.

Q47 (19 %)

La notion de protection est souvent citée, mais les candidats omettent de préciser quelle(s) étape(s) pourrai(en)t poser un problème sans cette protection. Il faut par ailleurs différencier une fonction alcool d'une fonction phénol, leurs réactivités chimiques étant dissemblables, et ce d'autant plus dans le cadre de ce sujet puisque cette différence est étudiée en 41.

Q48 (25 %)

La notion de stéréosélectivité n'est pas toujours maîtrisée. Même si la plupart des candidats annoncent l'obtention d'un mélange racémique, la justification n'est pas toujours rigoureuse ou juste, l'identification de l'étape au cours de laquelle l'atome de carbone asymétrique est créé n'étant pas identifiée.

Q49 (24 %)

Les candidats identifient généralement bien l'étape responsable de la stéréosélectivité de la biosynthèse. Quelques réponses hasardeuses dénotent un manque de compréhension de la biosynthèse.

Q50 (11 %)

Les candidats avancent souvent des arguments cohérents, certains restant tout de même dans la vague. La notion d'économie d'atomes, suggérée par l'énoncé, est souvent citée mais pas toujours explicitée.

Q51 (14 %)

Cette question relativement classique n'est que peu correctement traitée. Les candidats ne représentent pas toujours la formule semi-développée correcte de l'acide tartrique : la nomenclature doit être mieux maîtrisée. La représentation de Cram doit être correcte et les relations de stéréochimie ne sont pas toujours bien identifiées, comme l'existence du composé *méso* achiral. Le lien entre l'activité optique et la chiralité d'une molécule est peu détaillé.

Q52 (7 %)

Le diagramme de prédominance de l'acide tartrique est en général correct, même si quelques inversions malheureuses ont été relevées. Il est toutefois indispensable de préciser les valeurs des pK_A et d'écrire explicitement la structure chimique de l'espèce prédominante dans chaque zone de prédominance du diagramme, sans se contenter de raccourcis non définis. En revanche, le diagramme de prédominance de l'adrénaline, et sa transformation en ammonium avec l'acide tartrique en excès, ne sont généralement pas vus.

Q53 (4 %)

Cette question est peu abordée. Quelques candidats identifient bien les différences de propriétés physico-chimiques entre diastéréoisomères permettant le dédoublement.

La quatrième partie est assez peu abordée par les candidats. Elle repose sur l'analyse et la compréhension de plusieurs données et est essentiellement qualitative, avec un lien à tisser avec des calculs de spectre infra-rouge. Les candidats, peu nombreux, qui ont pris le temps de traiter cette partie ont souvent su produire des réalisations intéressantes et valorisées.

Q54 (26 %)

Une question simple qui a parfois dérouté les candidats, les réponses étant parfois limitées à une paraphrase de l'énoncé. Néanmoins, un grand nombre de candidats justifient correctement la nécessité du spin total en détaillant les deux états de spin.

Q55 (38 %)

Cette question est globalement bien traitée. Si la plupart des candidats connaissent l'irrégularité de la configuration électronique fondamentale du cuivre, les erreurs sont fréquentes dans la configuration électronique du cation. Le jury recommande aux candidats de bien lire les questions : il est demandé de *nommer* les règles, pas de les *énoncer*.

Q56 (8 %)

Cette question qualitative est rarement abordée. Les justifications sont parfois sommaires : il faut utiliser les valeurs données du paramètre de structure pour en déduire la géométrie probable, puis décrire brièvement les interactions mises en jeu.

Q57 (17 %)

Les candidats qui traitent cette question définissent correctement un ligand polydente, malgré des confusions entre doublets libres et site de denticité. L'effet chélate est peu connu et son origine parfois confuse.

Q58 (10 %)

Question très peu abordée. Les candidats qui réfléchissent à la question proposent la bonne réponse.

Q59 (13 %)

Les candidats ayant traité cette question remplissent correctement le diagramme. Le lien avec les états de spin identifiables n'est pas toujours mentionné.

Q60 (4 %)

Même si les arguments évoqués sont souvent les bons, les candidats se limitent à un caractère qualitatif.

Q61 (4 %)

Les quelques candidats qui traitent cette question mettent en lien mécaniquement, et en s'appuyant sur l'identité des unités des deux grandeurs (cm^{-1}), les paramètres Δ_l des complexes et les nombres d'onde des spectres IR, sans en expliciter le fondement. Le jury félicite ceux qui décrivent un lien quantitatif avec le spectre infra-rouge.

Q62 (4 %)

Question très peu abordée.

Q63 (6 %)

Question très peu abordée. Quelques candidats analysent bien les différentes données.

Conclusion

Les remarques qui précèdent mettent en exergue, comme il est de coutume, les points sur lesquels le jury souhaite attirer l'attention des candidats. Cela ne doit pas faire oublier que de nombreux candidats ont rendu des copies très honorables : ils ont fait preuve d'un bon niveau disciplinaire, dans des domaines variés, ce qui leur a permis de s'adapter à des situations nouvelles. Le jury les félicite à nouveau et invite les futurs candidats à suivre ce chemin.

Rapport sur le problème de physique 2025

Le problème porte sur des expériences de manipulation d'une molécule d'ADN unique par la méthode dite des *pincés magnétiques*. Le greffage des extrémités d'une molécule d'ADN sur une bille magnétique et une lame de verre permet de manipuler cette molécule avec un champ magnétique externe. L'application d'un couple de torsion à la molécule est estimée grâce aux écarts entre les fluctuations observées et celles d'un mouvement brownien libre. La mesure simultanée de la distance bout à bout de l'ADN renseigne alors sur ses propriétés structurelles et mécaniques, notamment son élasticité.

La partie A du problème aborde **différents aspects du montage expérimental** et les concepts physiques sous-jacents à son fonctionnement.

Dans une première sous-partie, on s'intéresse d'abord (sous-partie A.1 ; 11 questions) à la création d'un champ magnétique par deux aimants alignés, aux propriétés magnétiques de la bille utilisée, et à l'expression de la force exercée par le champ sur la bille.

Ensuite (sous-partie A.2 ; 15 questions), on aborde la détermination de la force de traction verticale due au champ magnétique. Quelques questions de mécanique relient la force de rappel vers la position d'équilibre à la tension de l'ADN et donc à la force due au champ magnétique. On discute ensuite le lien entre cette dernière et les fluctuations thermiques de la position latérale de la bille, pour en donner une estimation, d'abord directe, puis en passant par une représentation en analyse de Fourier des fluctuations et en s'appuyant, dans les deux cas, sur des figures tirées d'expériences.

Après la force, on s'intéresse à la détermination de la position verticale de la bille et donc de la longueur de la molécule d'ADN, avec une série de questions (sous-partie A.3 ; 7 questions) concernant la formation de l'image de la bille par une caméra CCD, les limites dues à la diffraction, la nécessité d'un étalonnage, etc. Cette partie est l'occasion de proposer une analyse de documents scientifiques et comportait quelques questions sur des méthodes statistiques, incluant une question sur un code python à compléter.

Avec **la partie B**, l'attention se porte sur le **comportement de la molécule d'ADN soumise à une force de traction**.

D'abord (sous-partie B.1 ; 2 questions), des données expérimentales sont exploitées pour confirmer l'existence d'un comportement élastique (régime linéaire) à faible force. Cette force est dite « entropique », car elle est due à la tendance de la molécule à adopter, en solution, une conformation désordonnée, plutôt qu'à s'allonger suivant l'action de la force de traction.

Le comportement élastique observé à faible force est ensuite étudié qualitativement grâce à un modèle très simple de la molécule d'ADN comme une chaîne librement jointe dans sa version à une dimension (séquence de segments de même longueur et orientés dans un sens ou un autre), avec une série de questions mettant en œuvre un calcul de physique statistique sur un système à deux niveaux (sous-partie B.2 ; 12 questions). L'extension à la version à trois dimensions (avec des orientations quelconques) est discutée dans les quatre dernières questions de cette sous-partie, au formalisme plus poussé, mais très guidées.

Enfin, une courte reformulation des résultats obtenus en termes plus spécifiquement thermodynamiques, faisant notamment apparaître la notion d'énergie libre, est proposée (sous-partie B.3 ; 2 questions).

Dans la **partie C**, finalement, il est question de **justifier le choix du modèle de la chaîne librement jointe** en le comparant avec le **modèle plus réaliste d'une corde élastique**, afin, aussi, d'en déterminer quantitativement les caractéristiques (longueur et nombre de segments).

Après une rapide estimation de la constante élastique et de la longueur des segments à partir des données expérimentales déjà présentées (sous-partie C.1 ; 2 questions), on discute brièvement la notion de module d'Young et de son interprétation microscopique comme énergie de liaison (sous-partie C.2 ; 3 questions), pour passer (sous-partie C.3 ; 7 questions) à la modélisation de l'élasticité de flexion d'une tige cylindrique qui intègre l'énergie de traction sur le volume, compte tenu des déformations locales, dans une approche typique de la mécanique des milieux continus. En comparant cette énergie

avec l'énergie thermique, il est alors possible d'estimer la « longueur de persistance » de la tige, au-delà de laquelle elle apparaît comme « flexible ».

La notion de longueur de persistance est précisée dans la toute dernière partie du problème (sous-partie C.4 ; 5 questions), où l'on discute son rôle dans la fonction de corrélation du vecteur tangent. On calcule ensuite explicitement la valeur moyenne de la distance bout à bout de la corde, ses limites pour des cordes de longueur grande (ou faible) par rapport à la longueur de persistance, pour pouvoir finalement comparer ces résultats avec ceux de la chaîne librement jointe. La conclusion est que les deux modèles donnent des longueurs bout à bout équivalentes si la longueur des segments de la chaîne articulée est égale à deux fois la longueur de persistance de la corde élastique.

Voici, plus synthétiquement, les intitulés et les thématiques des différentes parties :

A Fonctionnement du dispositif

A.1 Piégeage de la bille magnétique

A.2 Mesures de force : pendule inversé - mécanique + fluctuations + Fourier

A.3 Mesures de position - diffraction (position horizontale) - moindres carrés (position verticale)

B Élasticité de l'ADN

B.1 Un comportement élastique - observations, ajustement

B.2 Élasticité entropique - physique statistique modèle 1D puis 3D

B.3 Élasticité entropique : thermodynamique – Entropie et énergie libre

C Modélisation du polymère comme une tige élastique

C.1 Ajustement avec le « modèle du ver » - étude de cas limites, estimation

C.2 L'ADN comme une tige élastique : traction - élasticité, Young

C.3 Flexion et longueur de persistance - courbure, intégration de l'énergie sur le volume, équipartition

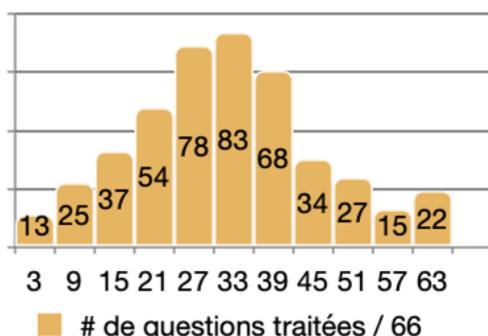
C.4 Retour sur le « modèle du ver » et comparaison avec le modèle de chaîne librement jointe

Synthèse des résultats

Le tableau suivant résume les statistiques de réussite du problème. Les notes sont sur 20 points.

Moyenne	6,14
Nombre total de copies	456
Nombre de copies en dessous de la moyenne	267 (59%)
Nombre de copies en dessus de la moyenne	169(41%)
Premier quartile	3,32
Médiale	5,43
Troisième quartile	7,85
Écart interquartile	4,53

Remarquablement, **certains candidats ont pu traiter la totalité du problème de manière satisfaisante** et plus généralement, l'histogramme ci-dessous du nombre total de questions traitées par copie montre qu'une partie non négligeable³ des candidats a traité une grande majorité des questions et que, **en moyenne, la moitié du sujet a été abordée**.



³ Précisément, 156 / 456 candidats ont abordé plus de 40 / 66 questions ; 88 / 456 candidats ont abordé plus de 44 / 66 questions ; 22 candidats ont abordé plus de 60 questions.

Le **taux moyen de réussite** (défini comme note moyenne/note maximale) **aux questions abordées est autour de 27 %**.

Au vu de ces résultats, le problème a bien joué son rôle : il a permis de discriminer avec une certaine finesse entre les candidats et les candidates.

Une analyse plus fine peut être obtenue en regardant les **taux de réussite partie par partie** en considérant les nombres de points du barème :

Partie	Problème	A	A.1	A.2	A.3	B	B.1	B.2	B.3	C	C.1	C.2	C.3	C.4
Nombre de points total	188	100	40	42	19	48	4	34	10	40	6	9	13	12
Taux de réussite (moyenne/total)	27 %	37 %	42 %	40 %	32 %	23 %	48 %	26 %	37 %	21 %	53 %	44 %	26 %	25 %
# de candidats qui ont traité	456	454	438	447	359	373	330	321	198	323	257	288	155	77
% de candidats qui ont traité	100 %	100 %	96 %	98 %	79 %	82 %	72 %	70 %	43 %	71 %	56 %	63 %	34 %	17 %

Globalement, la partie A a été la plus abordée et la mieux réussie. Cependant, les parties B et C ont été abordées au moins en partie par un bon nombre de candidats, avec plus de succès sur les premières questions, comme on pouvait s'y attendre.

On peut remarquer un taux de réussite « anormalement » faible pour la partie A.1, portant sur le magnétisme et impliquant non seulement quelques calculs qui peuvent avoir déstabilisé certains candidats en début de problème, mais aussi des réflexions plus fines sur les caractéristiques d'un matériau super-paramagnétique.

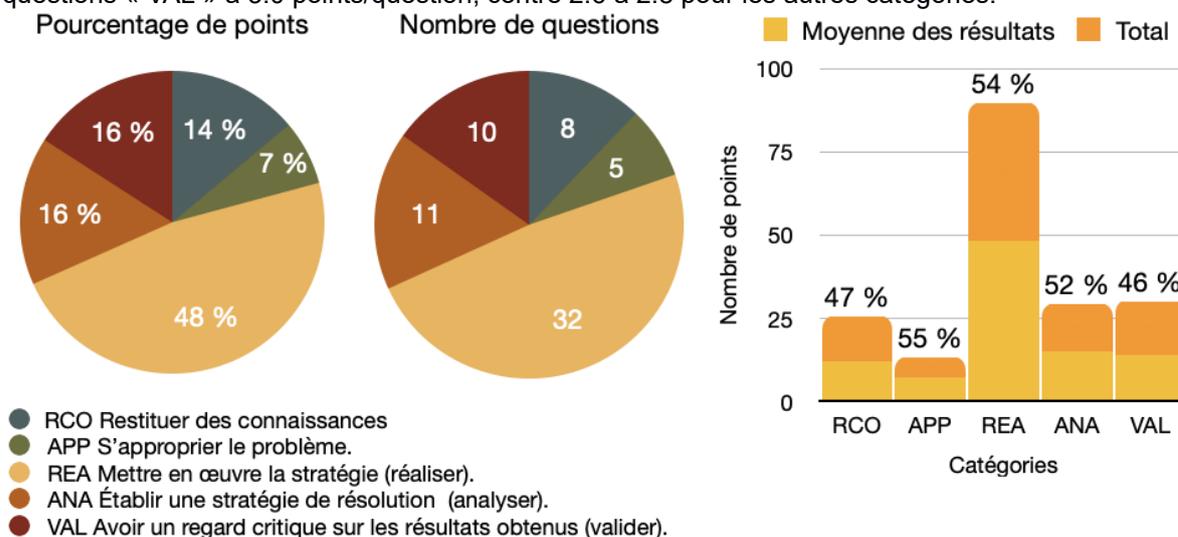
Pour le reste, les parties qui ont globalement posé le **plus de difficultés** sont la partie B.2, qui concernait le calcul de l'**élasticité entropique de la chaîne librement jointe**, et les parties finales C.3, qui portait sur la **mécanique des milieux continus**, et C.4, qui demandait en effet une vision globale du problème.

Catégories de questions

La répartition des points dans le barème permet de tester les différentes capacités associées aux compétences de la démarche scientifique identifiées dans les programmes officiels de physique-chimie, que nous avons reformulé comme décrit dans le tableau suivant :

RCO	Répondre à une question de cours. Énoncer un principe, une loi, rappeler une définition.
APP	Faire un schéma. Tracer une fonction en identifiant les grandeurs appropriées. Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole. Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues. Relier le problème à une situation modèle connue.
REA	Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée. Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique. Utiliser l'analyse dimensionnelle.
ANA	Décomposer le problème en des problèmes plus simples. Identifier le contexte théorique. Expliciter la modélisation choisie (définition du système ...). Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées.
VAL	Vérifier la pertinence du résultat trouvé, notamment en comparant avec des estimations ou ordres de grandeur connus. Comparer le résultat obtenu avec celui d'une autre approche (mesure expérimentale donnée ou déduite d'un document joint, simulation numérique ...). Étudier des cas limites plus simples dont la solution est plus facilement vérifiable ou bien déjà connue.

Le graphique suivant donne la répartition globale des points et des questions dans les différentes catégories. Les questions « RCO » étaient valorisées avec, en moyenne, 3.2 points/question, suivie par les questions « VAL » à 3.0 points/question, contre 2.6 à 2.8 pour les autres catégories.



Il est aussi possible d'estimer le **taux de réussite en fonction des catégories de questions** : ce résultat est donné dans l'histogramme sur la droite, où est indiqué le taux de réussite pour chaque catégorie. On peut voir que les taux de réussite sont autour de 50% pour toutes les catégories, avec toutefois des **taux un peu inférieurs pour les questions VAL** qui mobilisent des compétences plus complexes, mais aussi, de manière assez inattendue, **pour les questions RCO**, supposées plus abordables. Ceci est probablement lié en partie à une certaine exigence de la part des correcteurs sur ces questions de restitution de connaissances, qui sont parfois traitées sans la rigueur nécessaire et qui manquent de soin, voire d'explications. Par ailleurs, des lacunes sur des domaines de physique assez fondamentaux ont aussi été remarquées dans certains cas (magnétisme, optique, élasticité).

Quelques questions particulières

Sans rentrer dans le détail des questions, on peut signaler pour la partie mécanique (questions 12 à 15) un taux de réussite autour de 50 %, qui apparaît un peu faible compte tenu du caractère très basique des questions posées (équilibre des forces, projections, bilan énergétique). En particulier, un nombre trop important de candidats, peut-être été troublé par le fait que l'angle ne soit pas l'angle naturel des coordonnées cylindriques ou par le fait que le pendule était dit « inversé », a proposé une expression de l'énergie potentielle où la position d'équilibre était instable. Plus grave encore, cela a pu conduire à écrire une équation différentielle avec un signe opposé, mais qui a néanmoins été présentée comme l'équation de l'oscillateur harmonique !

Les questions 18 et 19 concernant l'estimation de la force à partir de l'histogramme des positions de la bille n'ont également pas souvent été bien traitées (notamment à cause de confusions entre moyenne, variance et écart type).

En revanche, les questions 22 à 24 qui portaient sur l'analyse de Fourier ont été particulièrement bien réussies (85 %) par les candidats les ayant abordées.

On peut également remarquer un taux de réussite particulièrement faible (9 %) pour la question 35, où les candidats ont confondu la longueur bout à bout de l'ADN avec son allongement à partir de la longueur étirée, et n'ont donc pas compris que la spécificité de ce système était d'avoir un comportement élastique *avant* que la molécule ne soit complètement étirée.

A la question 54, une erreur assez répandue a été de ne pas intégrer correctement le terme de travail infinitésimal pour obtenir le travail et donc l'énergie potentielle, causant la perte d'un facteur 1/2.

Qualité de rédaction - Présentation

Il est important de rappeler encore une fois l'importance de la rédaction dans la réponse aux questions. Trop souvent les résultats sont présentés de manière brute, sans commentaires, les étapes de calcul se suivant sans aucune explication ni évocation des conditions permettant les simplifications. Les schémas sont trop souvent très approximatifs et manquent d'indications explicites. Dans ces conditions, non seulement la lecture de la copie est désagréable et compliquée, mais il peut devenir impossible pour les correcteurs de s'assurer de la compréhension correcte de la question par le candidat, et de l'exactitude de sa réponse. Les candidats doivent justifier explicitement toutes les étapes de calculs, s'efforcer de présenter des schémas lisibles et complets, expliciter les raisonnements. Le non-respect de ces règles s'est traduit par des minoration de point ; au contraire, le soin mis à les respecter a été valorisé par des majorations de points. Ces majorations/minoration peuvent avoir un effet non négligeable sur la note finale.

Épreuves d'admission

Les épreuves se sont déroulées du 9 au 28 juin 2025 au lycée Diderot (75019 Paris).

Rapport sur la leçon de physique 2025

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. La leçon comporte un titre, généralement bref, et l'énoncé d'un « passage obligé ».

Les sujets donnés lors de la session 2025 sont publiés ci-après. Cette dernière liste ne constitue cependant pas une liste des titres de leçons de physique de la session 2026.

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

Évaluation

La leçon est une épreuve permettant au jury d'évaluer les capacités des candidats à transmettre un message scientifique clair, cohérent et adapté au niveau annoncé, et qui s'appuie sur des connaissances maîtrisées. Il s'agit de se placer dans une situation d'enseignement devant un public d'étudiants qui découvrirait pour la première fois le sujet de la leçon. Le jury attend du candidat rigueur et honnêteté scientifique, cohérence des raisonnements, maîtrise des outils mathématiques, illustration des concepts en prise avec le réel et clarté du propos.

Le candidat est incité à mettre en pratique ses qualités pédagogiques sans que la leçon ne se réduise à des déclarations d'intention ni à une « leçon de choses » floue et qualitative. Le jury attend que le niveau choisi pour la leçon, destinée à un public d'étudiants post-baccalauréat et non pas de lycéens, soit maîtrisé par le candidat.

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

Préparation

Déroulement

Le candidat effectue sa préparation dans la salle où il fera son exposé. Il dispose de l'ensemble des documents de la bibliothèque qui contient de très nombreux ouvrages, de tous niveaux, dont la liste est disponible en ligne sur le site <http://www.agregation-physique.org>. Le candidat ne dispose 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 2026. Les éventuels liens externes présents sur ces sites ne seront pas accessibles, sauf s'ils renvoient vers un autre site de la banque autorisée.

Le candidat bénéficie également durant cette préparation du soutien du personnel technique pour la mise en place du matériel expérimental souhaité dans le cadre de la leçon. Les expériences sont mises en place par les professeurs préparateurs conformément aux instructions précises du candidat, qui reste donc pleinement responsable de ses choix expérimentaux.

Un ordinateur, une flexcam et un vidéoprojecteur sont disponibles dans la salle d'exposé. Le candidat peut ainsi projeter des documents divers issus d'une base de données ou des sites internet autorisés (schémas descriptifs, vidéos, animations, photographies, simulations ...), ou extraits de livres de la bibliothèque. Les logiciels usuels (OpenOffice, Word, Excel, Python, Scilab, Qtiplot, Latis Pro...) sont installés sur l'ordinateur dont dispose le candidat dans sa salle d'exposé.

Conseils pour la préparation

- Le titre de la leçon donne le sujet, même si c'est de façon assez large. Il est vivement conseillé d'en lire l'intitulé avec soin : par exemple, si le terme « applications » (ou « propriétés », « phénomènes », « régimes », etc.) apparaît au pluriel, le jury en attend plusieurs. Si l'intitulé mentionne plusieurs notions, elles sont toutes destinées à être traitées au cours de la présentation. Il est vivement conseillé d'éviter les digressions qui s'éloigneraient du sujet. Un dictionnaire de la physique est à disposition des candidats afin de leur permettre d'éviter tout risque de hors sujet en cas de doute sur un terme de l'intitulé de la leçon.
- Le passage obligé est, comme son nom l'indique, une étape nécessaire de la leçon. Il est important de veiller à ce qu'il soit intégré de manière équilibrée dans le déroulement global : s'il ne doit pas occuper une place excessive, un traitement trop rapide ou son omission seraient préjudiciables. Le jury invite le candidat à anticiper dans son plan de leçon d'éventuels retards afin de préserver le temps nécessaire pour la présentation du passage obligé. À titre indicatif, un petit quart d'heure est une durée raisonnable à réserver au passage obligé.
- Il n'y a pas de leçon type attendue par le jury, que ce soit d'un point de vue de l'organisation, mais également du niveau précis auquel traiter le sujet. Il est conseillé aux candidats de choisir un positionnement qui leur permette de traiter le sujet avec rigueur et clarté, au niveau le plus haut qu'ils maîtrisent, sans qu'il soit nécessaire de chercher à impressionner le jury par des contenus techniques ou une accumulation de notions. Les efforts de pédagogie et le sens physique des phénomènes sont valorisés par rapport à la technicité mathématique.
- Le jury est conscient qu'il n'est pas possible de traiter en 40 minutes un sujet de manière exhaustive. Le candidat est donc amené à faire des choix qu'il pourra expliquer et justifier. Il est toutefois important de veiller à proposer un contenu suffisamment approfondi. Le souci de pédagogie est apprécié, mais il ne doit pas conduire à un rythme trop lent : une progression insuffisante dans le déroulement de la leçon peut être pénalisée.
- Recopier un chapitre de livre dont le titre semble proche de celui de la leçon ne mène que rarement à une prestation satisfaisante. En effet, la logique de la progression d'un livre ne correspond pas forcément à celle d'une leçon d'agrégation, d'autant plus que le passage obligé doit s'insérer de manière cohérente dans la leçon. Le jury attend du candidat qu'il fasse preuve de capacité de synthèse, en mobilisant les connaissances acquises au cours de ses années d'études. Il est à noter que le passage obligé peut aider le candidat à mieux cerner les thématiques pouvant être abordées dans la leçon.
- La séance présentée est à penser comme un ensemble cohérent. Il est donc conseillé aux candidats d'exposer brièvement les prérequis sur lesquels ils s'appuient ainsi que leurs objectifs. Les différentes parties gagneront à s'articuler entre elles de manière claire, permettant ainsi d'explicitier le message et le déroulé de la leçon. Un plan précis dans lequel le jury pourra se repérer à chaque étape de la présentation est apprécié.
- Il est apprécié que le candidat, lorsque cela est pertinent, souligne le lien entre les concepts exposés et des situations concrètes, en contextualisant son propos. Enrichir la leçon d'exemples de la vie courante, d'expériences de pensée ou de simulations est apprécié. La présentation de programmes en Python est encouragée, à condition qu'elle apporte une plus-value à la leçon. Le candidat sera attentif à la bonne lisibilité du script lors de sa projection et saura mettre en valeur sa compréhension en adaptant le code, notamment en modifiant de manière pertinente les valeurs des paramètres physiques.
- Un nombre significatif de leçons se prête à des illustrations expérimentales et il serait dommage de ne pas saisir cette possibilité. Il convient cependant de rappeler que l'épreuve de la leçon se différencie nettement de celle du montage : une expérience y joue le rôle d'illustration, au service de la progression pédagogique proposée par le candidat. Elle doit donc s'inscrire

naturellement dans cette progression. Il est conseillé de présenter un schéma clair et annoté de l'expérience, soit au tableau soit au vidéoprojecteur. Les éventuelles règles de sécurité à mettre en place dans le contexte d'une séance devant des élèves gagnent à être rappelées et il est attendu que le candidat s'assure de leur respect (par exemple vérifier les points d'impact des faisceaux laser ainsi que les éventuelles réflexions selon la classe du laser utilisé). Être capable d'ajuster un réglage ou de réaliser une mesure en direct constitue souvent un point fort : il est donc vivement recommandé de prendre en main la manipulation en amont et de maîtriser la présentation du montage. Par exemple, dans une expérience d'optique, le choix des instruments, l'analyse des trajets des rayons lumineux et l'utilité des éventuelles lentilles de projection sont des questionnements pertinents. Lorsqu'une mesure en électronique est obtenue après des opérations de filtrage, la description des filtres mis en œuvre peut être demandée, etc.

Exposé

Déroulement

Le candidat dispose de 40 minutes de présentation, qui débutent à l'entrée du jury dans la salle. Il est libre de gérer ce temps comme il le souhaite. Le jury n'intervient pas pendant l'exposé et ne joue donc pas le rôle d'un public scolaire en répondant aux éventuelles questions posées. Le candidat peut cependant, si cela s'avère strictement nécessaire, faire appel à l'aide d'un ou plusieurs membres du jury pour la réalisation d'une expérience.

Afin de garantir une bonne évaluation, il est important que ce qui est présenté (tableau, projection, expérience, matériel) soit clairement visible. Le candidat veillera donc à la lisibilité et à la disposition de ses supports. En cas de démonstration expérimentale, le jury peut se rapprocher afin d'en observer les détails plus finement.

Conseils aux candidats

- Comme précisé dans les rapports précédents, il est tout à fait autorisé d'effacer le tableau pendant la présentation, une fois l'espace disponible épuisé. Il est cependant préférable de ne pas effacer ce qui vient tout juste d'être présenté, afin de laisser le temps au jury d'en prendre pleinement connaissance.
- En revanche, il n'est pas recommandé que le tableau soit déjà rempli à l'entrée du jury ni utilisé comme simple support pour dérouler une leçon à trous. Ceci s'applique également au passage obligé lorsqu'il s'agit de présenter la résolution d'un exercice. Construire progressivement une leçon au tableau, au fil de l'exposé, permet au candidat d'explicitier sa démarche et mettre en valeur ses qualités pédagogiques.
- La gestion du temps est un critère important d'évaluation. Il est conseillé de réserver deux ou trois minutes en fin de leçon pour une conclusion. Il ne s'agit pas uniquement de résumer la leçon : les points importants peuvent certes être soulignés, mais une mise en perspective avec des ouvertures, éventuellement sur des développements récents (à condition de les maîtriser), est bienvenue.
- Dans le cadre de cette épreuve, il est conseillé, lorsque le temps peut venir à manquer, d'écrire des mots clés plutôt que des phrases entières (énoncer par exemple « J'applique à présent le principe fondamental de la dynamique » et n'écrire que « PFD » au tableau). En revanche, il est la plupart du temps très utile de tracer avec soin des schémas lors de la définition d'un système, cela permettra d'insister sur les points importants de la construction.
- Certains calculs peuvent être projetés, dans un souci d'efficacité ou de gestion du temps. Toutefois, il est attendu que le candidat soit capable de mener en autonomie certains développements, sans se référer à des notes ou à des documents écrits à l'avance. Les hypothèses retenues pourront faire l'objet de questions lors de l'entretien : il est donc important que le candidat les maîtrise.

- Il va sans dire que le jury est sensible au dynamisme et à l'enthousiasme avec lesquels un candidat délivre son message, ce qui traduit son goût pour la physique et pour l'enseignement. Le registre de langue, à l'écrit comme à l'oral, se doit d'être soigné : le candidat veillera donc à la qualité de son expression, aussi bien dans ses formulations que dans la clarté de son propos. Une posture tournée vers le jury, un contact visuel régulier et une autonomie vis-à-vis des notes sont des éléments appréciés. À l'inverse, une présentation essentiellement centrée sur la recopie de notes, le dos tourné au jury, nuit à la qualité de l'exposé.
- Le candidat veillera à la lisibilité de son exposé, qu'il s'agisse de l'écriture au tableau, sur transparents ou à l'écran. Une diapositive fugitivement exposée ne permet pas au jury d'en tirer pleinement profit. Concernant l'usage de la flexcam, le jury attire l'attention sur la qualité parfois médiocre des schémas extraits directement d'ouvrages : il est souvent préférable de reproduire ces schémas à la main et limiter l'usage de la liseuse pour préserver la clarté de la présentation.
- Une leçon de physique gagne toujours à être contextualisée, par exemple grâce à l'évocation d'ordres de grandeur ou d'applications concrètes bien choisies. Lorsqu'une expérience est présentée, elle est généralement bien appréciée par le jury à condition d'être clairement introduite, expliquée (schéma, objectif ...) et intégrée de manière cohérente à l'argumentation
- L'usage de l'environnement Python, même de manière élémentaire, peut constituer un atout pour illustrer un modèle ou produire un graphe pertinent. En revanche, l'emploi de Python pour des calculs simples, aisément réalisables à la main ou à la calculatrice, n'apporte pas de véritable valeur ajoutée à la présentation.
- Il est attendu que le candidat aborde avec professionnalisme le sujet tiré, sans commentaire sur son éventuel degré d'intérêt ou de difficulté. Un enseignant peut en effet être amené à traiter l'ensemble des notions au programme, indépendamment de ses préférences personnelles.

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 sera présenté pendant la leçon. Si le candidat le juge opportun, le passage obligé peut être développé de manière perlée tout au long de la leçon.

Conseils aux candidats

- Le passage obligé n'est qu'une **partie** de la leçon. En particulier, même si une illustration expérimentale est mentionnée dans le sujet, il est possible de présenter d'autres expériences.
- Plusieurs recommandations portent sur des énoncés typiques de passages obligés :
 - **Lorsqu'un passage obligé invite à utiliser un programme informatique fourni**, il n'est pas utile de détailler le fonctionnement du code. L'objectif est d'exploiter le code comme un outil illustratif au service de la leçon. Le candidat peut en modifier ou adapter certains éléments, si cela permet de mieux mettre en évidence un point du sujet. 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. Le candidat a la possibilité de créer une copie de sauvegarde avant toute modification.
 - **Lorsque le passage obligé concerne une expérience**, le jury attend plus qu'une simple démonstration : une analyse pertinente et intégrée à la leçon est attendue. Sans aller jusqu'au niveau de développement de l'épreuve de montage, il est vivement recommandé, lorsque cela est possible, d'en proposer une exploitation quantitative, afin de tirer pleinement parti du potentiel pédagogique de l'expérience.

- 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 : il est pertinent, par exemple, de souligner en quoi l'exercice éclaire une notion, permet de dépasser une difficulté ou de lever une ambiguïté en lien avec la leçon. L'énoncé de l'exercice sera clairement présenté, par exemple projeté, et restera visible pendant toute la résolution. En revanche, il est vivement déconseillé de projeter ou présenter une résolution déjà rédigée. Le candidat mettra en valeur les points clés du raisonnement et les différentes étapes de la démarche, en construisant la solution au fil de son propos. Un exercice ne saurait être présenté de la même manière qu'une partie de cours.

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, faire une démonstration, exposer oralement ou au tableau des compléments demandés. Il peut également être interrogé sur les expériences, simulations, supports visuels 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 grandeur et les applications concrètes peuvent également être demandées.

Conseils aux candidats

- Pendant l'entretien, il est demandé au candidat d'adopter une posture professionnelle en maintenant une attitude respectueuse et formelle envers les membres du jury.
- 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 », la relativité restreinte est indiquée comme prérequis, l'entretien pourra naturellement aborder cet aspect). Le jury encourage vivement les candidats à bien maîtriser les notions fondamentales, car il est important de pouvoir répondre de manière juste et précise, même lorsque le développement choisi est exigeant. Ainsi, lorsque la leçon est présentée à un très haut niveau, le jury pourra poser, lors de l'entretien, des questions portant sur des connaissances de base en lien avec le thème développé.
- Certaines questions posées par le jury peuvent relever d'un niveau de difficulté élevé. Le jury valorise particulièrement l'honnêteté intellectuelle : face à une question fermée, on peut reconnaître qu'on ne connaît pas la réponse. Pour une question ouverte, il est apprécié que le candidat tente d'esquisser une réponse en proposant des hypothèses et en adoptant une démarche conforme à la pratique scientifique. Le candidat est invité à se comporter comme s'il répondait à des étudiants, ce qui peut inclure la réalisation d'un schéma ou d'un calcul au tableau pour appuyer son raisonnement.
- Cet entretien n'est pas une remise en cause de ce qui a été présenté par le candidat, mais correspond à un moment pendant lequel le candidat peut expliquer ses choix et ouvrir sa leçon pour la placer dans un contexte plus large.
- Il peut arriver que le jury revienne sur certains points de la leçon lorsqu'ils comportent des erreurs, afin d'offrir au candidat l'opportunité d'apporter des corrections. La réactivité et l'honnêteté d'un candidat qui profite des suggestions du jury pour corriger des erreurs ou compléter des lacunes dans sa leçon sont particulièrement appréciées.
- Afin de laisser au jury la possibilité d'évaluer un large éventail de compétences, il est recommandé au candidat de répondre de façon assez concise et efficace, sans chercher à gagner du temps.

- Enfin, il est conseillé au candidat d'écouter attentivement l'intégralité des questions posées par le jury, afin d'en saisir pleinement la portée. Il est important de laisser chaque membre du jury terminer sa question avant de répondre.

Conclusion

Le jury a eu le plaisir d'assister à des leçons de physique tout à fait remarquables, mêlant une excellente maîtrise disciplinaire à des qualités didactiques certaines. Nous félicitons ces candidats et nous adressons un message d'encouragement à tous ceux qui prépareront l'agrégation externe de physique en 2026.

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

Rapport sur la leçon de chimie 2025

Éléments généraux

Format de la leçon

Le format de la leçon de chimie est le suivant : L'épreuve consiste en un exposé d'une durée de 40 minutes suivi d'un entretien avec les membres du jury d'une durée maximale de 40 minutes. Quatre heures de préparation sont accordées à chaque candidat, en amont de la présentation. Une partie des échanges est, conformément à l'arrêté du 25 juillet 2014, réservée à une ou des questions relatives aux valeurs, dont celles de la République, portées par les enseignants dans l'exercice de leurs missions. Ce volet de l'épreuve ne comporte pas de préparation.

Leçon et programme officiel

Les énoncés des leçons de chimie se rapportent aux enseignements du lycée général et technologique (BO spécial n°1 du 22 janvier 2019 et BO spécial n°8 du 25 juillet 2019) et aux 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).

Aucune liste des leçons de chimie n'est publiée à l'avance. Le sujet est constitué d'un titre, d'un enseignement d'un niveau donné, et d'un « élément imposé ». Les titres des sujets de leçons sont choisis pour illustrer un point des programmes en vigueur à la rentrée 2025 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 (CPGE). Tous ces textes sont publiés au Bulletin officiel de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports.

Le titre, l'enseignement concerné, ainsi que l'« élément imposé » sont communiqués au candidat en début d'épreuve.

L'élément imposé

Il correspond à une capacité expérimentale (au sens large, dont numérique) essentielle pour l'enseignement de la chimie en lycée ou en CPGE. Elle a été identifiée par le jury au regard des notions ou des compétences exigibles du programme. Cet « élément imposé » est à intégrer et à articuler impérativement à l'ensemble de la leçon : le candidat est amené à effectuer des choix dans sa présentation qu'il doit être en mesure d'explicitier. L'élément imposé est exploité quantitativement et réalisé devant le jury par le candidat. L'illustration expérimentale de la leçon ne doit pas se restreindre à l'élément imposé.

L'évaluation

Pendant la présentation de la leçon et l'entretien, sont évaluées :

- la maîtrise des savoirs disciplinaires ;
- la transposition didactique essentielle pour un futur enseignant ;
- la mise en œuvre d'une ou de plusieurs démarches expérimentales ;
- les compétences de communication (posture professionnelle, gestion du temps, du tableau, vidéo projecteur...).

Conseils généraux

- Chaque **intitulé** d'épreuve de leçon correspond à une partie précise du programme de l'enseignement concerné. L'exposé doit s'articuler à l'ensemble des objectifs de ce programme. L'élément imposé est à intégrer à la leçon.
- Le jury souhaite attirer l'attention des candidats sur le fait que l'intitulé impose de traiter le sujet à un niveau et dans un programme précis, le cas échéant. Dans certains cas, des notions sont présentes dans différents enseignements de spécialité d'une série, mais traités à des niveaux de résolution éventuellement différents. Par exemple, conformément à ce qui est requis dans l'intitulé de la leçon, si la leçon est proposée au niveau STL spécialité SPCL, il est préconisé de se concentrer uniquement sur les points de ce programme, même si certaines notions connexes sont présentes dans la spécialité PCM. Il est également recommandé de bien s'assurer des termes de l'intitulé proposé et du niveau de la leçon afin d'éviter toute mauvaise interprétation du sujet.

- Pour **construire la leçon**, il est recommandé aux candidats d'étudier avec soin le référentiel du programme de l'année concernée par l'intitulé du sujet, mais aussi celui de l'année précédente. Il est ainsi plus aisé de construire une progression pédagogique adéquate et cohérente d'un point de vue didactique. De plus, l'identification et la présentation des prérequis bien détaillés et précis est facilitée. Des choix doivent être réalisés et justifiés, afin de préserver une durée adaptée à la présentation de l'élément imposé et de son exploitation, mais également tenir compte des éléments les plus pertinents à exposer dans la séance incluse dans la séquence pédagogique envisagée. Une contextualisation est bienvenue. De même, des perspectives, indiquées en fin de présentation, permettent de se projeter de façon cohérente dans la suite de la progression.
- Avant le début de la leçon, le jury attend du candidat qu'il situe son propos dans une séquence didactique, qu'il précise les prérequis, objectifs, difficultés rencontrées par les élèves et remédiation.
- Le jury attend du candidat une prise de distance suffisante par rapport aux ouvrages qui ont servi de support pour construire la leçon, et préparer l'entretien avec le jury. Il est souhaité de ne pas les consulter pour répondre aux questions sauf pour chercher une valeur numérique peu classique voire montrer un document. L'appropriation des ressources documentaires se doit d'être effective, efficace et critique ; tout commentaire ou proposition de modification lors de la présentation est bienvenu. Le jury est conscient du temps limité de la préparation de la leçon. D'un point de vue didactique, il est largement recommandé de ne pas présenter de leçon sans illustrations concrètes d'espèces ou d'entités chimiques.
- Les candidats sont responsables des documents projetés. Il est attendu que les candidats vérifient la qualité scientifique et la justesse du formalisme des documents proposés. Ils doivent être modifiés voire corrigés, le cas échéant, avant de les proposer à un public d'apprenants. Cela inclut la capacité à anticiper les questions et les difficultés potentielles que les élèves ou étudiants pourraient rencontrer, et à les aborder de manière proactive. Sur les graphiques, pour représenter plusieurs grandeurs sur un même graphique, des échelles adaptées à chacune d'entre elles doivent être utilisées. Par exemple, une courbe de pH et sa dérivée en fonction du volume de titrant ne peuvent être représentées avec la même échelle pour des raisons d'homogénéité et de lisibilité. Une explicitation claire des axes et des unités utilisés permet d'éviter toute confusion.
La projection de codes informatiques doit être réalisée avec une taille de caractères suffisamment grande pour assurer une bonne visibilité par le jury. De même, les candidats sont également invités, si nécessaire, à modifier les « préférences » afin que le code soit affiché sur fond blanc plutôt que sur fond noir. Des explicitations sommaires des codes et des commentaires concernant les lignes les plus importantes sont attendus.
- En ce qui concerne la forme, une trace écrite au tableau **telle qu'elle serait présentée aux élèves** est attendue. Cependant, la leçon étant réalisée devant un jury, le rythme adopté se doit d'être plus rapide que devant des élèves. Les candidats sont invités à gérer leurs supports, effaçables ou numérique, comme ils le désirent, et peuvent effacer le tableau lorsqu'ils en éprouvent le besoin. Ils peuvent également s'appuyer sur un diaporama pour présenter le plan de l'exposé, des schémas divers, des diagrammes, des structures d'entités chimiques, des données physico-chimiques. Il n'est en revanche pas pertinent de se contenter de commenter un diaporama déjà rédigé, ou bien de compléter simplement des espaces laissés libres d'un tableau déjà rédigé en préparation. Des numérisations de ressources documentaires sont possibles sur demande lors de la préparation. Le jury félicite les candidats qui ont su utiliser à bon escient des supports écrits qu'ils ont commentés, amendés, légendés lors de la présentation.
- Si certains intitulés imposent explicitement la présence de ressources informatiques encodées en langage Python, il est recommandé de pouvoir utiliser un script présent dans la banque de données numériques du concours comme appui à la leçon. Toutefois, dans tous les cas, l'utilisation de ce type de scripts ne peut se restreindre à un simple calcul, mais au contraire, doit apporter une vraie plus-value didactique à l'exposé présenté. Le jury félicite les candidats qui, en outre, ont fait preuve d'une bonne maîtrise des autres outils numériques plus traditionnels (Latis Pro, Regressi, Excel...) pour l'acquisition, lorsque le logiciel le permet, et l'exploitation des données d'une manipulation.

- Le jury félicite la plupart des candidats qui ont fait montre de dynamisme lors de l'exposé, et d'une interaction de qualité en termes de communication lors de l'entretien. Les candidats sont invités à regarder le jury pendant la leçon et les phases de question mais aussi à veiller à ne pas projeter sur un tableau comportant des écrits, réduisant considérablement sa lisibilité. Ils sont donc également invités à mettre le vidéo projecteur sur pause pour écrire au tableau. Enfin, il est recommandé de gérer convenablement ses notes de cours afin de pouvoir rédiger et réaliser son exposé sans s'y reporter systématiquement, sauf lorsqu'il s'agit de reporter des données numériques. Il est très fortement apprécié que les définitions comme la nature des espèces chimiques et les équations de réactions présentées soient énoncés et écrites de manière autonome.
- Le jury souligne également l'importance de présenter différentes illustrations (expérimentales ou non) et des exemples concrets des différentes notions étudiés. L'utilisation de formulations et d'équations génériques peut être intéressante dans l'optique de présenter un cas aussi général que possible, mais cela demande une rigueur particulière, souvent insuffisante, et il n'est pas souhaitable de s'y restreindre.

Aspect disciplinaire

Le jury constate certaines faiblesses récurrentes sur le contenu scientifique pour un grand nombre de candidats. Les notions de transformation chimique et réaction chimique sont encore trop souvent confondues. Certains présentent des équations-bilans à la place d'équations de réaction. La structure de toutes les espèces chimiques présentées doit pouvoir être écrite ou projetée sans l'aide de notes. Les transformations chimiques proposées ne peuvent se réduire à un mélange d'espèces chimiques, sans justification voire connaissance des quantités de matière introduites et des conditions opératoires.

- Acides-bases

Les notions associées à l'acido-basicité au sens de Bronsted sont souvent correctement traitées et introduites en relation avec le cadre pédagogique de la leçon. Il est néanmoins recommandé de garder en tête ou à disposition des estimations de valeurs de pK_a pour des couples d'espèces chimiques organiques et inorganiques usuels (comme acide carboxylique et sa base conjuguée, alcool/alcoolate, phénol/phénolate, ammoniac et son acide conjugué, amine et son acide conjugué). Il est aussi conseillé de bien maîtriser le contenu scientifique et vérifier l'intérêt pédagogique et didactique des expériences proposées. A titre d'illustration, le candidat doit être capable d'évaluer rapidement le pH d'une solution ne contenant qu'une espèce acide ou basique, par exemple au début, à la demi-équivalence ou à l'équivalence d'un titrage. Une familiarisation avec les méthodes de calcul rapides et approximatives pour ces situations est attendue.

- Solubilité

Les calculs fondés sur l'utilisation des produits de solubilité sont en général bien menés, même si le sens physico-chimique n'est pas toujours assez explicité. La notion de transformation totale, hors équilibre, n'est pas toujours utilisée à bon escient

- Réactions d'oxydoréduction

Le calcul du nombre d'oxydation d'un élément dans une espèce chimique donnée est généralement correctement réalisé, à condition qu'un schéma de Lewis convenable soit établi. L'expression d'une constante d'équilibre à partir des potentiels standard d'oxydoréduction des couples mis en jeu doit pouvoir être démontrée, soit à partir de la relation de Nernst, soit à partir des enthalpies libres électrochimiques. L'application d'une relation sans démonstration n'est pas recommandée car elle conduit souvent à des erreurs. La pile Daniell est l'exemple très classique et très élémentaire, traité dans les leçons sur le sujet : le jury conseille aux candidats soit de bien la maîtriser pour la présenter, soit de proposer une autre pile. Les diagrammes potentiel-pH sont en général bien présentés et exploités ; il est rappelé que leur construction complète n'est plus conseillée, parce que répétitive. Il est plutôt attendu un choix judicieux des calculs de certaines droites de diagrammes.

- Thermochimie

La différence entre une grandeur standard et non standard n'est pas toujours correctement expliquée. L'enthalpie libre standard de réaction doit pouvoir être reliée à la constante d'équilibre, qui doit bien apparaître comme une grandeur sans dimension. Le critère d'évolution spontanée des systèmes doit pouvoir être relié au second principe de la thermodynamique. La loi de Van 't Hoff est à distinguer clairement de celle d'Arrhenius. Les conditions de l'approximation d'Ellingham sont à connaître. La

différence entre quotient réactionnel et constante d'équilibre doit être bien comprise et explicitée par les candidats.

- Cinétique

Les diagrammes de profil réactionnel sont parfois mal compris, en particulier leur modification liée à l'ajout d'un catalyseur. Dans les diagrammes microscopiques, les notions d'énergie potentielle et de coordonnées de réactions sont trop souvent connues théoriquement, sans application précise lorsqu'il s'agit d'une réaction donnée. Les notions d'intermédiaire réactionnel et d'état de transition sont aussi trop souvent confondues.

La notion de temps est essentielle dans la réalisation des expériences de suivi cinétique, les rendant délicates. Ainsi il est recommandé de réfléchir à la façon de lancer une expérience de ce type, en minimisant le décalage temporel entre l'introduction des réactifs et l'acquisition du premier point du suivi temporel.

- Description des entités chimiques

Dans les cas des descriptions d'entités chimiques et de structures, le jury regrette que les candidats ne se servent que très peu de logiciels de modélisation de molécules pour illustrer leur leçon. L'appui sur des modèles à boules pour présenter les modèles de cristaux, et pas uniquement les logiciels, est aussi bienvenue en complément.

Les candidats doivent être capables d'explicitier convenablement la structure de Lewis d'une entité mentionnée dans leur leçon, et d'y associer une géométrie selon le modèle VSEPR le cas échéant. La connaissance des noms de certaines espèces chimiques et de leurs formules est indispensable pour de futurs professeurs de physique-chimie. C'est par exemple le cas de l'ion nitrate ou les ions polyatomiques du soufre.

- Chimie organique

Le jury félicite les candidats qui ont réussi, sans leurs notes, à écrire au tableau, lors de la leçon ou de l'entretien, un ou plusieurs mécanismes réactionnels, faisant montre de la maîtrise du formalisme des flèches courbes, des flèches de réaction. La maîtrise des concepts de base de stéréochimie est nécessaire. Il est important de pouvoir rapidement identifier si une espèce est chirale et être en mesure de déterminer des relations de stéréochimie. À l'issue d'une synthèse, le candidat doit être en mesure de savoir caractériser les produits obtenus et calculer un rendement.

Le traitement des éléments imposés

Le jury rappelle que l'élément imposé n'est pas forcément une compétence expérimentale ou numérique figurant **explicitement dans les programmes**. Le candidat est invité à bien lire son intitulé ; par exemple, l'utilisation d'un logiciel pour visualiser une maille cristalline est hors sujet s'il est demandé d'utiliser un logiciel de visualisation 3D de molécules.

La gestion du temps est parfois source de difficultés. Les candidats sont invités à réfléchir à l'intégration de leur passage obligé à leur propos en gardant un temps suffisant pour l'exploiter. D'une manière très générale, certaines manipulations demandent une durée importante : il est tout à fait possible de les lancer dès le début de la leçon, voire un peu avant, pour que le traitement soit réalisé au moment adéquat devant le jury. De même, il est inutile de lancer une expérience pendant ou avant la présentation si elle n'est pas exploitée lors de l'exposé. Il est aussi envisageable de ne présenter qu'une partie de la manipulation à travers un ou deux gestes expérimentaux et en s'appuyant sur des données recueillies en préparation. Il est rappelé aux candidats qu'ils ne doivent pas restreindre les manipulations présentées à l'élément imposé si le sujet s'y prête. C'est en particulier le cas si l'élément imposé ne mobilise que des capacités numériques.

Aspect expérimental

- Le jury rappelle que le respect strict des conditions adéquates de sécurité est indispensable lors de la préparation, de l'exposé et de l'entretien. Ceci implique également d'être conscient des pictogrammes de sécurité, mentions de danger et conseils de prudence liés aux différents produits employés. Ainsi, le port de gants lors des manipulations doit être pertinemment justifié et proscrit lors de l'usage des outils numériques et des tableaux. Un nombre trop important de candidats porte des gants du début à la fin de la leçon, y compris pour écrire. De même l'usage raisonné de la paire de lunettes de protection est attendu. Enfin, il est rappelé que la blouse de chimie est un vêtement qui doit protéger convenablement.

La maîtrise expérimentale est une compétence majeure de la chimie, science expérimentale par essence. Les manipulations doivent être choisies avec soin ; le jury peut demander au candidat de

justifier le choix de l'expérience, qui doit être maîtrisée, tant sur le plan expérimental que théorique. L'utilisation d'une flexcam peut parfois être pertinente pour une meilleure visibilité de l'expérience. Les expériences sont souvent très peu décrites.

Les candidats ne prennent pas suffisamment de temps pour expliquer leurs démarches et préciser les protocoles expérimentaux. Par exemple, les quantités de matières introduites dans les systèmes réactionnels. Ces imprécisions ou absence de description des systèmes nuisent à la clarté de la compréhension des expériences. À ce sujet, s'il est demandé de préciser les quantités de matière d'espèces chimiques lors de l'échange, il n'est pas obligatoirement nécessaire de les calculer devant le jury. Une diapositive ou un support papier, disposé à côté du dispositif expérimental, qui résume les conditions (dont les quantités de matière) est apprécié par le jury.

Les expériences qualitatives sont très utiles pour illustrer ou expliciter un concept, ou pour introduire l'expérience associée à l'élément imposé. Elles ne peuvent néanmoins pas se substituer à une expérience authentique menée soigneusement pendant la préparation et dont certaines étapes sont présentées lors de l'exposé, maîtrisée scientifiquement, présentée pédagogiquement et exploitée quantitativement. Les candidats doivent savoir optimiser et justifier, le cas échéant, le choix de la verrerie, et de manière générale, du matériel utilisé lors de la démarche expérimentale (dispositifs de chauffage, électrodes...). Par exemple, utiliser une pipette jaugée n'a de sens que si le volume prélevé doit être précis. La connaissance des principes de fonctionnement des appareils de mesure est indispensable pour bien comprendre les expériences mises en œuvre. C'est en particulier le cas pour le pH-mètre, les structures des électrodes et les spectrophotomètres.

Reporter une mesure expérimentale obtenue au cours de la présentation dans l'ensemble des valeurs obtenues au cours de la préparation est évidemment apprécié par le jury. Les candidats doivent toutefois s'assurer que les conditions sont identiques. En effet, certains paramètres ne sont pas obligatoirement reproductibles d'une situation à l'autre (la température par exemple). De même, l'ajout d'un volume d'eau différent (pour permettre aux électrodes de tremper dans la solution) conduit inévitablement à des résultats non concordants. Dans le cadre d'un titrage, il peut être pertinent de montrer brièvement quelques points et l'allure générale avant de se reporter aux données recueillies en préparation.

Le jury apprécie les efforts des candidats pour évaluer les incertitudes de leurs mesures. Il est cependant surpris de constater que beaucoup d'entre eux n'évaluent l'incertitude sur un volume équivalent que par la précision indiquée sur la burette, sans tenir compte de la détermination de ce volume (à la goutte près ou par la lecture graphique).

Cas des simulations et utilisation de la programmation

Les courbes ou résultats obtenus par simulation doivent être exploités et intégrés au déroulement de l'exposé. Le jury estime qu'il n'est pas pertinent d'exécuter un programme écrit en langage Python pour une application numérique réalisable rapidement à l'aide d'une calculatrice. L'utilisation d'un code de programmation doit apporter une valeur ajoutée comparée à un simple calcul effectué avec une calculatrice. Le jury attend que le traitement d'un programme ne se limite pas à lancer le script proposé. Il s'agit plutôt de montrer sa capacité à l'adapter à la ou aux situations abordées en l'articulant à un scénario pédagogique. Dans cette perspective, il est tout à fait envisageable de présenter les tâches que des élèves seraient amenés à effectuer en lien avec la capacité numérique travaillée : modifier une ligne pour adapter le script à un autre système, proposer de s'inspirer de lignes de script pour d'autres applications, etc.

Le jury a grandement apprécié les démarches entreprises par certains candidats pour lier les approches numériques et expérimentales (ex : mise en place d'expériences pour corroborer les informations simulées, choix de paramètres liés à des simulations, ...) afin de mieux les intégrer dans la progression pédagogique de la leçon.

Entretien avec le jury

Lors de l'entretien, le jury peut demander de clarifier, d'approfondir des notions didactiques ou disciplinaires ; il peut aussi chercher à faire réfléchir le candidat sur un concept transposé, élargir l'interrogation à des notions un peu plus éloignées du sujet direct. Une justification des choix effectués (contenu de la leçon, choix didactiques, choix de(s) expérience(s)) peut lui être envisagée.

Le questionnement est fondé sur la présentation théorique et expérimentale du candidat ; c'est pourquoi il est important de maîtriser les notions et expériences présentées.

- Lors de l'entretien, le jury apprécie la réactivité des candidats, les réponses argumentées et honnêtes, précises et concises ; toutefois, certaines réponses sont écourtées et des candidats gagneraient à tenter une argumentation plus poussée.

Le tableau peut être utilisé si besoin.

La question sur les valeurs, dont celles de la République qui clôt l'entretien consiste souvent en la description d'une situation que le candidat est invité à analyser avant d'indiquer comment il procéderait s'il y était confronté. Le jury a apprécié les analyses appuyées sur une culture institutionnelle précise et des réflexions honnêtes. Il a été aussi sensible, lorsque cela s'y prête, aux candidats qui envisagent des projections d'actions à courts puis moyens termes, en identifiant les personnes sur lesquelles s'appuyer parmi l'équipe éducative pour prendre en charge la situation.

Conclusion

Le jury a eu le plaisir d'assister à des leçons de très grande qualité et répondant parfaitement aux exigences du concours.

Il encourage les futurs candidats à bien s'appropriier les attendus de cet oral le plus tôt possible.

Rapport sur le montage de physique 2025

L'épreuve orale de montage a été conçue dans l'objectif d'évaluer la capacité des candidats à concevoir, réaliser et exploiter plusieurs expériences de physique dans un cadre pédagogique, en lien avec les programmes de l'enseignement secondaire ou supérieur.

Cette épreuve met au centre la démarche expérimentale, pilier fondamental de l'enseignement des sciences physiques. Elle permet au jury d'apprécier non seulement la maîtrise technique du candidat (choix, manipulation et mise en œuvre de matériels, qualité des mesures et de leurs exploitations), mais également sa capacité à inscrire cette expérimentation dans une présentation didactique claire et rigoureuse.

Au-delà de la réussite technique de l'expérience, le jury est particulièrement attentif à la compréhension fine des phénomènes physiques mis en jeu, à la capacité du candidat à analyser les résultats, et à articuler le discours scientifique et pédagogique de façon cohérente. L'épreuve de montage est donc l'occasion, pour le candidat, de démontrer sa maturité scientifique, son ingéniosité expérimentale, ainsi que son aptitude à transmettre les savoirs avec clarté, rigueur, sens didactique et enthousiasme.

Même si le jury constate que les attendus sont maintenant bien compris par la grande majorité des candidats, nous en rappelons ici l'essentiel, ainsi que quelques points sur lesquels les candidats doivent être particulièrement vigilants.

Déroulement de la préparation

Au début de l'épreuve, le candidat choisit entre deux sujets, issus de la liste des montages en annexe du rapport de la session précédente, et dispose de quatre heures de préparation, au cours de laquelle il est assisté d'une équipe technique.

Le candidat effectue sa préparation dans la salle où il fera son exposé. Cette salle est équipée d'un ou plusieurs tableaux, d'un ordinateur sur lequel sont installés la plupart des logiciels usuels et d'un vidéoprojecteur.

Le candidat dispose de l'ensemble des documents de la bibliothèque qui contient de très nombreux ouvrages, de tous niveaux, dont la liste est disponible en ligne sur le site <http://www.agregation-physique.org>. Le candidat ne dispose 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 chaque année, à la marge. Les éventuels liens externes présents sur ces sites ne seront pas accessibles, sauf s'ils renvoient vers un autre site de la banque autorisée. Le candidat a également accès à une banque de scripts Python et Arduino (accessible à tous), ainsi qu'aux notices techniques du matériel et à des documents expérimentaux (<https://nc.agregation-physique.org>).

Le candidat bénéficie également durant cette préparation du soutien du personnel technique pour la mise en place du matériel expérimental souhaité dans le cadre du montage. Cependant, contrairement à la leçon, les expériences sont mises en place et réglées par le candidat, les membres de l'équipe technique ne pouvant qu'aider à réaliser des points de mesure conformément aux instructions précises du candidat. Au cours de sa présentation, il est recommandé que le candidat mentionne si les mesures en préparation ont été effectuées par lui ou en collaboration avec l'équipe technique.

Déroulement de l'exposé

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

- Une présentation des expériences retenues pour illustrer le montage choisi, d'une **durée de 30 minutes**, au cours de laquelle les membres du jury n'interviennent pas (sauf en cas de mise en danger du candidat et/ou du jury), mais peuvent être amenés à se déplacer et à communiquer entre eux. Au cours de cette présentation, les membres du jury attendent des manipulations et des mesures réalisées devant eux ainsi que l'exploitation de mesures déjà réalisées durant la préparation. Le candidat gère son temps comme il l'entend. Un membre du jury le prévient lorsqu'il lui reste quelques minutes afin que le candidat s'organise pour terminer son montage et conclure dans le strict temps imparti. Les membres du jury attendent du candidat qu'il exploite

au mieux la durée de 30 minutes qui lui est accordé, sans pour autant combler le temps par des expériences « qui auraient pu être faites si le temps l'avait permis ».

- Un entretien d'une **durée maximale de 40 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 noter que s'il n'est pas attendu que le candidat sache démontrer le résultat des modèles présentés, il est essentiel qu'il sache expliquer les hypothèses et approximations associées aux modèles pour en justifier la pertinence expérimentale.
- Une activité expérimentale sans préparation d'une **durée maximale de 10 minutes**. Cette partie de l'épreuve consiste à proposer et surtout réaliser un protocole expérimental simple 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 de tester la mobilisation des capacités expérimentales du candidat face à un nouveau problème. Il est donc attendu que le candidat puisse développer le protocole expérimental en direct devant le jury tout en justifiant les choix de celui-ci. Étant donné le temps limité alloué à cette partie, c'est avant tout l'efficacité du candidat dans les manipulations, la mesure ainsi que dans l'exploitation des résultats (par des calculs d'ordre de grandeur notamment) qui est évaluée. Cependant, le jury attend que le candidat connaisse les formules classiques (telle que les lois de Snell-Descartes, les lois de conjugaisons pour les lentilles minces, la fréquence de coupure d'un filtre RC ou encore la pulsation propre d'un système masse-ressort).

Conseils généraux aux candidats

Bien qu'une courte introduction soit nécessaire, les considérations théoriques générales et de trop longues introductions sont à proscrire car elles n'entrent pas en considération dans la note finale de l'épreuve de montage et constituent, de ce fait, une perte de temps. Sans être une obligation, il est fortement conseillé au candidat de proposer en introduction une expérience introductive, qualitative ou démonstrative pour poser les enjeux du montage présenté.

Le candidat doit ensuite expliquer clairement, sans digression, le but et le protocole de chaque expérience, puis effectuer des mesures en direct devant le jury. Le pointé complet d'une trajectoire devant le jury ou de longues séances de mesures en direct étant souvent laborieux, il est recommandé au candidat de reprendre un point dans une série déjà commencée pour illustrer le protocole.

Lors d'une mesure, le candidat doit expliquer au jury comment il procède et indiquer la valeur obtenue avec une évaluation justifiée des incertitudes. Le tableau doit alors être préparé en amont puis complété au cours de l'exposé, en mettant bien en valeur les 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.

Dans les montages centrés sur des mesures, une articulation autour de mesures à différentes échelles ou dans l'objectif de réduire les incertitudes sur la mesure d'un seul objet sera apprécié.

En guise de conclusion, il peut être judicieux de discuter l'adéquation entre les mesures obtenues, les grandeurs évaluées ou les lois vérifiées et les choix effectués (type de mesure, appareil utilisé, manipulation réalisée), dans le cadre du montage ou des expériences présentés.

Choix des expériences

La multiplication des titres de montage ne doit pas nécessairement entraîner la multiplication des expériences possibles. Ainsi une même expérience (au sens du savoir-faire ou de la maîtrise de certains matériels) peut être avantageusement utilisée dans plusieurs sujets de montages, **à condition de justifier l'approche envisagée** dans chaque cas. Par exemple, les microcontrôleurs peuvent être utilisés dans plusieurs montages suivant les objectifs souhaités. Un accéléromètre pourra être utilisé simplement pour mesurer la constante gravitationnelle dans le montage "M3 - Mesure d'accélération", mais un candidat pourra mettre en évidence la sensibilité de ce même accéléromètre dans le montage "M56 - Capteurs à effets capacitifs".

Il faut cependant noter que l'adéquation d'une expérience avec le titre du montage est évaluée par le jury et qu'une exploitation absconse sera pénalisée. Trop de candidats réalisent des expériences sans justifier la pertinence de leurs mesures par rapport au thème de montage choisi. A titre d'exemple, la mesure de la masse linéique d'une corde ne serait être suffisante pour illustrer un montage sur la propagation et l'influence des conditions aux limites dans l'expérience de la corde de Melde.

Le jury attend une contextualisation du choix d'une expérience et des mesures effectuées pour répondre au titre du montage. Une mauvaise adéquation de l'exploitation des expériences avec le titre du montage est préjudiciable.

Pour certains thèmes de montage, il peut être judicieux d'effectuer des expériences dans différents domaines de la physique (thermodynamique, optique, électronique, mécanique, mécanique des fluides...).

Si un montage ne saurait être constitué uniquement d'expériences qualitatives, la présence d'une telle expérience sans mesure quantitative (par exemple pour introduire le thème du montage, ou faire découvrir le phénomène) est appréciée par le jury pourvu qu'elle soit bien intégrée au discours et au thème.

Il appartient au candidat d'utiliser les 30 minutes de présentation pour montrer toute l'étendue de ses compétences expérimentales et numériques en lien avec le thème du montage en justifiant l'utilisation des instruments utilisés. Néanmoins, le jury a constaté, sur quelques candidats, une certaine surenchère sur les expériences et leurs objectifs. Peut-être est-ce lié à la qualité de l'encadrement qu'ils reçoivent lors de leur année de préparation. Malheureusement la phase des questions a régulièrement montré de réelles lacunes sur les dispositifs et les enjeux associés. Le jury rappelle donc qu'il vaut mieux une manipulation / expérience un peu plus modeste, avec moins de matériel, mais mieux comprise en termes de protocoles expérimentaux, matériel utilisé ou limites expérimentales et mieux exploitée et interprétée.

Le jury regrette que peu de montages aient proposé une utilisation de microcontrôleurs ou d'outils numériques (smartphone, M5stack, ...) d'acquisition actuels sur une partie des expériences proposées.

Manipulations et mesures

Le choix des manipulations est une étape stratégique de l'épreuve de montage : il doit permettre de mettre en valeur les compétences expérimentales du candidat tout en étant en adéquation avec le sujet proposé. Il est recommandé d'opter pour des montages simples mais robustes, permettant d'obtenir des résultats exploitables et significatifs dans le temps imparti. Le candidat doit porter une attention particulière à la pertinence et à la qualité des mesures qu'il envisage de réaliser.

Il est impératif qu'il maîtrise le principe de fonctionnement des différents instruments de mesure utilisés, qu'il s'agisse de capteurs de température, de photodiodes, de caméras ou d'autres dispositifs. Une bonne compréhension de ces appareils permet non seulement d'éviter les erreurs d'interprétation, mais aussi de justifier les choix techniques effectués au cours de l'épreuve.

Le jury attend du candidat qu'il soit capable d'expliquer le principe de fonctionnement des capteurs utilisés, leurs limites ainsi que les réglages des divers paramètres et leur incidence sur les mesures. Le candidat doit également estimer les incertitudes associées aux mesures et pouvoir discuter de la validité des résultats obtenus au regard du modèle physique sous-jacent qu'il cherche à illustrer.

Traitements informatiques

Le traitement des données expérimentales constitue une étape essentielle de l'épreuve, qui doit permettre au candidat de confronter les résultats mesurés aux prédictions du modèle théorique. Le candidat est invité à choisir des traitements simples, adaptés à la qualité des mesures et à l'objectif scientifique du montage. Bien que l'acquisition de données sur ordinateur soit un outil extrêmement utile, il est souvent judicieux d'identifier préalablement le signal à l'aide d'appareils traditionnels (oscilloscope ou autre).

Lors de l'utilisation de logiciels de traitement des données, certaines lacunes subsistent : si une FFT est obtenue d'un simple clic, la résolution spectrale est bien souvent confondue avec le déplacement des curseurs « de part et d'autre du pic » et les paramètres d'obtention sont ignorés. Le candidat doit, en outre, connaître les propriétés élémentaires de la transformée de Fourier discrète pour pouvoir interpréter correctement leurs résultats. Il faut par ailleurs être conscient que, même si le critère de

Shannon est respecté, la représentation du signal peut paraître singulièrement déformée si la période d'échantillonnage est mal choisie. Enfin, il faut penser à choisir convenablement la gamme de mesure, la durée d'acquisition et la période d'échantillonnage.

Lors de la présentation, avant tout traitement numérique des données, il peut être judicieux d'analyser les résultats plus simplement (analyse d'ordres de grandeur, de la pente, ...) pour les discuter qualitativement. Dans un second temps, pour la présentation des résultats obtenus et 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, le ou 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 tableurs ne permettent pas un traitement aisé des incertitudes et encore moins la mise en place d'une modélisation. Cependant, si le candidat obtient une représentation des données qui respecte les critères précédents avec ce type de logiciel, il ne sera pas pénalisé.

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

Représentations graphiques

La représentation graphique des données expérimentales est une étape essentielle de l'analyse, qui doit permettre de faire émerger les tendances, de valider un modèle ou d'illustrer une dépendance fonctionnelle.

Le jury attend du candidat qu'il soigne la lisibilité et la rigueur de ses tracés : chaque graphique doit comporter des axes clairement légendés avec les unités correspondantes ainsi qu'une incertitude associée aux mesures lorsqu'elle est significative (penser à représenter les barres d'erreurs dans les deux directions si cela est pertinent). Les points résultant des mesures réalisées devant le jury et ceux obtenus en préparation doivent clairement être identifiés par le candidat. L'échelle choisie doit permettre une exploitation pertinente des variations observées, sans surinterprétation des détails ou écrasement des effets recherchés.

Le tracé d'une courbe de tendance ou d'un ajustement (linéaire, logarithmique, sinusoïdal ...) doit toujours être justifié par la physique du problème, et non réalisé de manière automatique ou systématique. En particulier, 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'ajustement de droites ou de courbes modèles doit être accompagné d'une estimation des paramètres et, si possible, d'une discussion de leur signification physique. Le jury valorise les représentations qui s'inscrivent dans une démarche critique, permettant d'illustrer les écarts au modèle ou de mettre en évidence les régimes de validité d'une loi physique. Une courbe bien construite et correctement interprétée témoigne d'une réelle maîtrise du traitement expérimental.

Validation et incertitudes

La validation expérimentale d'un modèle repose sur une confrontation rigoureuse entre les résultats mesurés et les prédictions théoriques. Le jury attend du candidat qu'il ne se contente pas d'une simple superposition de courbes ou d'une vérification qualitative, mais qu'il s'attache à quantifier les écarts observés et à en discuter la signification physique. L'estimation des incertitudes de mesure joue un rôle central dans cette démarche : elle doit être présente chaque fois que la précision des résultats conditionne la qualité de la validation. Le candidat doit être capable d'identifier les principales sources d'incertitude, d'en évaluer l'ordre de grandeur, et de réfléchir à leur propagation dans les grandeurs dérivées. Une estimation même approchée mais argumentée est toujours préférable à une absence totale de réflexion sur ce point. Le jury valorise les candidats qui adoptent une démarche critique, en discutant les limites de validité du modèle ou les écarts inexplicables, et en proposant des pistes d'amélioration du dispositif. Une validation bien conduite, appuyée sur une analyse d'incertitude cohérente, est le signe d'une réelle maturité scientifique

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

Pour vérifier une loi physique, le jury préconise la détermination d'un χ^2 réduit pour discuter le résultat obtenu, plutôt que du coefficient de corrélation. Au contraire, pour vérifier la compatibilité d'une grandeur mesurée à une valeur tabulée ou de référence, le candidat doit s'appuyer sur la notion d'écart normalisé (ou Z-score). Dans ce second cas, le jury rappelle que des données tabulées ou constructeurs sont généralement données avec des incertitudes. Il est attendu que le candidat sache expliquer les principes de calculs de ces grandeurs.

Dans tous les cas, une discussion préalable de l'origine des incertitudes est nécessaire, 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 souhaite attirer l'attention sur les points suivants.

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

L'estimation des incertitudes est essentielle mais elle ne doit pas devenir prédominante devant l'estimation de la grandeur physique et les expériences réalisées dans la présentation. Il n'est pas utile de calculer les incertitudes de toutes les mesures réalisées, mais indispensable de le faire lorsque leur détermination porte un enjeu de validation ou de comparaison.

Conseils généraux sur les expériences d'optique

Les expériences d'optique requièrent une mise en œuvre particulièrement soignée, où la précision et la rigueur jouent un rôle déterminant dans la qualité des résultats obtenus. Le jury insiste sur l'importance d'un alignement minutieux des composants optiques : il ne s'agit pas seulement de soigner l'orientation des éléments, mais de veiller à leur centrage, à la perpendicularité aux axes de propagation et à la cohérence géométrique de l'ensemble du dispositif. Le non-respect de ces exigences conduit très souvent à des résultats peu exploitables, même lorsque le montage est par ailleurs bien conçu.

Le candidat doit également veiller au respect des conditions de Gauss, en particulier dans les systèmes imageurs, afin de garantir la formation d'images nettes et conformes à la théorie des systèmes optiques stigmatiques et aplanétiques.

Le choix des lentilles de projection est un point crucial : il doit être justifié en fonction de la taille de l'image souhaitée, de la distance de projection et de la luminosité. Une lentille mal adaptée peut conduire à une image floue, déformée, trop petite ou trop peu contrastée pour être analysée efficacement.

Le jury est attentif à la qualité des images projetées, qu'il s'agisse d'interférogrammes, de figures de diffraction ou de spectres : une image propre, bien réglée et bien interprétée témoigne de la maîtrise du candidat. Une démarche rigoureuse, fondée sur des observations qualitatives initiales, suivie d'ajustements précis et de mesures quantitatives, est fortement valorisée.

Il est attendu que le candidat puisse justifier ses choix expérimentaux (sources, détecteurs, filtres, lentilles...) en s'appuyant sur les propriétés optiques des éléments utilisés. Une attention particulière doit être portée à la caractérisation des faisceaux (collimation, divergence, cohérence, polarisation...) et à la compréhension des instruments d'analyse (réseau, interféromètre, polariseur...).

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

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.

Conseils généraux sur les expériences d'électricité

Les expériences d'électricité exigent une attention particulière à la rigueur du câblage et à la clarté du schéma électrique. Le jury attend du candidat qu'il construise des montages propres et lisibles. 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.

Un soin particulier doit être apporté à la disposition des composants sur table, afin de limiter les erreurs de connexion et de faciliter l'interprétation des résultats. Le candidat doit impérativement connaître le principe de fonctionnement des appareils de mesure utilisés (multimètres, oscilloscopes, générateurs, sondes différentielles...) et être capables de choisir le mode de mesure adapté à la grandeur étudiée (tension, courant, impédance, phase...). En particulier, l'utilisation de l'oscilloscope doit être maîtrisée, tant en mode temporel qu'en mode fréquentiel. Le jury valorise les montages permettant une exploitation fine des régimes transitoires ou permanents, ainsi que des démarches expérimentales combinant analyse qualitative, modélisation théorique et confrontation avec les mesures. Le candidat doit également être en mesure de justifier ses choix techniques (valeurs de composants, filtrage, adaptation d'impédance...), d'identifier les sources d'erreur et d'estimer les incertitudes, dans une logique scientifique cohérente.

Le câblage d'une expérience devant le jury est apprécié mais n'est pas un passage obligé.

Lors de l'activité expérimentale réalisée à la demande du jury, celui-ci a pu noter une amélioration notable dans la prise en main de l'oscilloscope, même si ses réglages de base comme le déclenchement, reste 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 ».

Conseils généraux sur les expériences de mécanique

Les expériences de mécanique présentent souvent l'intérêt de relier directement l'observation du mouvement à une modélisation simple mais précise, à condition que le dispositif expérimental soit rigoureusement conçu.

Le jury attend du candidat qu'il porte une attention particulière à la qualité de la mise en œuvre : stabilité mécanique, minimisation des frottements parasites, bon calage des capteurs et fiabilité de la détection sont autant d'éléments essentiels à la réussite de ce type de manipulation. Le choix des capteurs (capteurs de position, accéléromètres, systèmes d'acquisition vidéo ou à codage temporel) doit être motivé et maîtrisé. En particulier, lorsque l'analyse du mouvement repose sur des enregistrements vidéo, le candidat doit être capable de justifier les réglages de prise de vue (fréquence d'acquisition, qualité d'éclairage, échelle de référence) et d'en exploiter les données de manière quantitative.

Le jury valorise les approches permettant une comparaison rigoureuse entre expérience et modèle (lois de Newton, conservation de l'énergie, dynamique des systèmes oscillants, etc.), et attend du candidat qu'il identifie clairement les sources d'écart ou les limitations du modèle. Une bonne connaissance des hypothèses sous-jacentes (petits angles, absence de torsion, approximation de masse ponctuelle...) est indispensable pour mener une analyse critique pertinente des résultats obtenus.

Concernant les expériences de mécanique des fluides, le jury rappelle que l'estimation des nombres caractéristiques sans dimension tel que le nombre de Reynolds par exemple pour les différentes expériences présentées est attendue.

Sujets des épreuves orales de la session 2025

Leçons de physique 2025

Cette liste est donnée à titre indicatif

Titre	Passage obligé
Approximations quasi stationnaires dans différents domaines de la physique	Discuter le lien entre l'ARQS et la notion de résistance thermique en diffusion thermique.
	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice portant sur la diffusion de particules à travers une membrane.
Bilans d'entropie et phénomènes irréversibles	Illustrer le lien entre la notion d'entropie et celle de rendement d'une machine thermique.
	Proposer et traiter une situation permettant d'illustrer la formule de Boltzmann de l'entropie.
Bilans macroscopiques en mécanique des fluides	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice sur le système de propulsion d'une fusée.
Capacités thermiques : modèles microscopiques et conséquences macroscopiques	Présenter le modèle d'Einstein des solides.
Cavité optique	Présenter la notion de finesse pour un interféromètre Fabry Pérot
Champ magnétique terrestre. Caractérisation et conséquences	Mettre en équation le mouvement de l'aiguille d'une boussole et proposer des ordres de grandeur.
Champs magnétiques engendrés par des courants stationnaires	Traiter le cas du champ magnétique dans l'entrefer d'un électro-aimant.
Coefficients d'Einstein. Bilan de puissance pour un système à deux niveaux soumis à une onde électromagnétique plane	Montrer l'importance de l'inversion de population dans le fonctionnement d'un laser
Conduction électrique	Présenter le modèle de Drude et ses applications ainsi que ses limites.
Constante de Planck	Présenter l'effet photoélectrique
	Établir le lien entre l'équation de Schrödinger et les relations de de Broglie et Planck-Einstein
Constantes fondamentales et système d'unités	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice portant sur une méthode de mesure historique d'une constante fondamentale.
Conversion analogique numérique	Réaliser l'étude d'un circuit électronique réalisant la conversion analogique numérique d'un signal
Conversion électromécanique de puissance	Établir et expliquer le bilan entre la puissance électrique de la force électromotrice induite et la puissance mécanique des actions de Laplace.

Conversion électronique de puissance	Présenter le principe et une application d'un onduleur monophasé
Convertisseurs électromécaniques en rotation	Produire un champ magnétique tournant à l'aide de matériel usuel en électrocinétique
Diagrammes thermodynamiques des fluides réels purs	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice utilisant deux diagrammes thermodynamiques différents pour une machine thermique dont le fonctionnement repose sur un changement d'état.
Diffusion de particules	Proposer l'énoncé et la résolution d'un exercice établissant la loi de Stokes-Einstein pour le coefficient de diffusion en étudiant une situation de sédimentation.
	Obtenir l'équation de diffusion à partir d'une marche aléatoire unidimensionnelle.
Dipôles électriques et applications	Présenter un modèle de polarisabilité des atomes.
Dispersion et absorption	Établir une expression de l'indice de réfraction d'un milieu diélectrique peu dense à l'aide du modèle de l'électron élastiquement lié.
	Illustrer expérimentalement les phénomènes de dispersion et d'absorption
Dualité onde-corpuscule	Établir l'expression de l'angle caractéristique de diffraction par une fente à partir de la relation de de Broglie et de l'inégalité d'Heisenberg.
Dynamique dans le référentiel terrestre	Présenter un effet mettant en jeu la force de Coriolis
Dynamique dans un champ de gravitation newtonien	Établir la troisième loi de Kepler dans le cas d'une orbite elliptique
Échantillonnage et analyse de Fourier d'un signal	Choisir les paramètres (durée, nombre d'échantillons, fréquence d'échantillonnage) d'une acquisition numérique sur un exemple concret.
Écoulement autour d'un objet	Présenter le principe de l'effet Magnus et une application.
Effet de peau	Discuter les conséquences de l'effet de peau pour la conduction électrique par les fils.
Effet Doppler. Applications	Présenter l'application de l'effet Doppler non relativiste aux radars routiers (fréquence d'émission 24 GHz) et en discuter les ordres de grandeur.
Énergie du champ électromagnétique	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice présentant le couplage inductif résonant (par exemple plaques à induction).
Équations d'état de fluides et modélisations associées	Sur un exemple, expliquer le principe de calcul des propriétés thermodynamiques d'un système : énergie interne, enthalpie, entropie, capacité calorifique à partir d'une équation d'état.

Équilibre et mouvement dans un champ de force centrale conservative	Démontrer le théorème du viriel et présenter une application.
Exemples de phénomènes non linéaires. Applications	Présenter et expliquer le principe d'un résonateur paramétrique
Exemples de principes variationnels. Applications	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice portant sur la courbe brachistochrone
Exemples d'effets relativistes. Applications.	Présenter l'effet Doppler relativiste dans un contexte lié à l'astrophysique
Facteur de Boltzmann. Exemples	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice contextualisé utilisant la distribution de Maxwell-Boltzmann des vitesses.
Filtrage linéaire en électronique analogique et numérique	À l'aide du code fourni, illustrer le principe de la simulation numérique du filtrage par décomposition spectrale d'un signal analogique.
Force de Lorentz	Présenter l'effet Hall.
	Présenter le principe d'un synchrotron.
Force de marée	Discuter de l'influence de la Lune et du Soleil sur les marées océaniques à la surface de la Terre.
Forces de frottements	Discuter les analogies et différences entre frottement solide et frottement fluide.
Forces de traînée et de portance	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice exploitant différents domaines du graphe représentant le coefficient de traînée en fonction du nombre de Reynolds.
Forces newtoniennes	Présenter la méthode de détection d'exoplanètes par vitesse radiale
Gravitation	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice expliquant les possibles anomalies locales du champ de gravitation terrestre.
Hystérésis et bistabilité dans différents domaines de la physique	Expliquer le principe de fonctionnement d'un oscillateur à relaxation
Induction électromagnétique	Présenter le principe du freinage par induction et l'illustrer expérimentalement.
	Illustrer l'intérêt du feuilletage pour des applications électrotechniques à base de matériaux ferromagnétiques.
Interférences à division d'amplitude	Présenter un exemple qui explique les couleurs interférentielles.
Interféromètre de Michelson	Présenter le principe de la spectroscopie par transformée de Fourier à l'aide d'un Michelson.

	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice illustrant une mesure de distance ou d'épaisseur
Introduction à la mécanique quantique	Expliquer l'importance du modèle du corps noir dans le développement de la mécanique quantique
Lasers	Présenter la notion de cohérence temporelle et ses conséquences.
Loi de Coulomb du frottement solide	Étudier l'évolution d'un système masse-ressort amorti par frottement solide.
Lois de conservation en mécanique. Applications	Illustrer une loi de conservation grâce à l'utilisation de mobiles sur coussins d'air
Machine synchrone	Présenter le diagramme de Fresnel relatif au schéma électrique équivalent d'une phase de la machine
Magnétisme dans les milieux	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice portant sur le magnéton de Bohr.
	Présenter la loi de Curie et en proposer une interprétation microscopique.
Microscopies	Comparer le pouvoir de résolution de deux types de microscopes
Modèle de l'écoulement parfait et théorèmes de Bernoulli	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice traitant de différents régimes d'écoulement dans un cours d'eau
Modèles de l'atome	Présenter l'effet Zeeman et une de ses applications.
Mouvement au voisinage d'un équilibre	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice illustrant la notion de stabilité d'un point d'équilibre
Niveaux d'énergie d'un atome	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice portant sur le modèle de Bohr et illustrer ses limites.
Notion de cohérence en optique	Exploiter la manipulation de l'interféromètre de Michelson éclairé par le doublet du sodium afin de calculer deux longueurs d'onde.
Noyau atomique. Isotopes. Radioactivité.	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice portant sur la séparation d'isotopes
Numérisation d'un signal analogique	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice exploitant le critère de Shannon.

Observations astronomiques	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice permettant de déterminer le grossissement et le champ d'un télescope.
Ondes acoustiques	Illustrer expérimentalement la notion d'ondes stationnaires.
Ondes de gravité dans un fluide incompressible	Présenter un modèle unidimensionnel de propagation en eau peu profonde
Ondes électromagnétiques dans les milieux	Présenter une situation donnant lieu à des ondes évanescentes
Ondes mécaniques dans les solides	Établir l'équation de propagation d'ondes mécaniques dans un solide en introduisant un modèle à l'échelle microscopique.
Ondes stationnaires	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice traitant du trombone de Koenig.
Optique géométrique	Étudier la propagation d'un rayon lumineux dans un milieu stratifié
Oscillateurs couplés	Présenter les analogies et les différences du couplage entre deux oscillateurs en physique classique et entre deux états en mécanique quantique.
Oscillations autoentretenues d'un système bouclé	Présenter à l'aide du code fourni le comportement d'un oscillateur quasi sinusoïdal et mettre en évidence l'influence des non-linéarités
Pertes de charge dans une conduite à section circulaire	Introduire la résistance hydraulique, l'analogie avec la conduction électrique et ses limites
Phénomènes de diffraction	Établir le lien entre la diffraction en optique et le principe d'incertitude de Heisenberg appliqué à un photon.
Phénomènes de diffusion	Illustrer à l'aide d'une expérience le lien entre les grandeurs caractéristiques mises en jeu dans une équation de diffusion.
Phénomènes interfaciaux	Expliquer et mettre en œuvre une mesure de tension de surface.
Phénomènes interfaciaux	Décrire et analyser le phénomène de nucléation responsable des retards aux transitions de phase.
Photographie. Capteurs numériques	Discuter de l'influence du diaphragme sur la qualité d'une photographie
Polarisation des ondes électromagnétiques	Présenter et illustrer expérimentalement la notion de pouvoir rotatoire d'un milieu
	Présenter et illustrer expérimentalement la loi de Malus
Potentiels thermodynamiques et conditions d'équilibre	Présenter l'étude d'un système métastable
Principe et applications de la résonance magnétique nucléaire	Présenter et illustrer le principe de la spectroscopie RMN

Principes d'évolution en thermodynamique	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice illustrant l'intérêt du potentiel chimique dans l'étude d'une transformation.
Production de froid	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice exploitant un diagramme thermodynamique pour étudier une machine frigorifique ditherme.
Production éolienne d'énergie électrique	Illustrer l'impact de la vitesse du vent sur le rendement d'une installation éolienne
Production nucléaire d'énergie électrique	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice permettant de justifier l'ordre de grandeur du rendement thermodynamique d'un réacteur nucléaire à eau pressurisée.
Production photovoltaïque d'énergie électrique	Exploiter la caractéristique électrique d'une cellule photovoltaïque.
Propagation guidée	Présenter le principe du guidage d'une onde transverse électromagnétique dans un câble coaxial.
Propriétés des plasmas dilués	Proposer un modèle détaillant la réflexion d'une onde électromagnétique sur l'ionosphère et ses conséquences sur les télécommunications
Puits de potentiel en physique quantique	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice contextualisé utilisant le puits quantique infini.
Rayonnement dipolaire électrique	Présenter le principe d'une antenne demi-onde.
	Étudier la diffusion Rayleigh à l'aide du modèle de l'électron élastiquement lié.
Rayonnement du corps noir	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice contextualisé modélisant l'effet de serre
Réflexion et réfraction à l'interface entre deux milieux diélectriques non absorbants	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice traitant de la réflexion totale.
Résonances	Présenter une expérience mettant en jeu un oscillateur mécanique résonant et réaliser une évaluation numérique de son facteur de qualité.
Solide en rotation autour d'un axe fixe	Présenter l'équilibrage statique et dynamique
Statique des fluides	Présenter le modèle de l'atmosphère isotherme et en discuter les limites.
	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice établissant le lien entre les forces de pression et la poussée d'Archimède.
Système à deux niveaux	Étudier le cas du spin 1/2 dans un champ magnétique et présenter une conséquence expérimentale macroscopique.

Théorie cinétique des gaz.	Présenter l'énoncé et la résolution d'un exercice contextualisé traitant de l'effusion
Thermodynamique des gaz	Montrer sur un exemple de détente l'intérêt d'autres modèles que celui de gaz parfait.
Transferts thermiques	Présenter et réaliser une expérience montrant l'influence de la longueur d'une barre conductrice thermique sur le temps caractéristique de diffusion.
Transitions de phase. Applications	Présenter une expérience mettant en évidence un changement de structure cristalline ou de comportement magnétique
Transmission de l'information. Principes physiques	Discuter quantitativement, pour un support de transmission donné, des limitations dues à la dispersion et à l'atténuation des signaux.
Transport de l'énergie électrique	Comparer les avantages et les inconvénients de l'utilisation de signaux alternatifs et continus pour le transport sur de longues distances.

Leçons de chimie 2025

Niveau	Titre	Élément imposé
1ère G, spécialité PC	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
	Solubilité et miscibilité des espèces chimiques	Comparer la solubilité d'une espèce solide dans différents solvants
		Illustrer les propriétés des savons
	Structure des entités organiques et identification des groupes	Utiliser des modèles moléculaires ou des logiciels de représentation moléculaire pour visualiser la géométrie d'une entité
	Suivi et modélisation de l'évolution d'un système chimique	Déterminer expérimentalement la composition de l'état final d'un système et l'avancement final d'une réaction
		A l'aide d'un langage de programmation, déterminer la composition de l'état final d'un système siège d'une transformation chimique totale. (Cette leçon est accompagnée du script d'un programme écrit en langage python)
	Synthèses d'espèces chimiques organiques	Réaliser une chromatographie sur couche mince
Réaliser une filtration, un lavage pour isoler et purifier une espèce chimique		
1ère ST2S	Acides et bases	Mettre en œuvre un protocole de neutralisation
	Structure des molécules d'intérêt biologique	Mettre en œuvre un protocole permettant de différencier les aldéhydes et les cétones
		Mettre en évidence les propriétés chimiques de la vitamine C en lien avec ses fonctions chimiques
1ère STI2D, spécialité PCM	Oxydo-réduction	Réaliser une pile et étudier son fonctionnement
		Illustrer expérimentalement la protection contre la corrosion
	Cinétique d'une réaction chimique	Suivre expérimentalement l'évolution temporelle de la concentration d'un réactif ou d'un produit
		Mettre en évidence l'influence de la température sur la vitesse de disparition ou d'apparition.
	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	
1ère STL, spécialité SPCL	Dosages	Estimer expérimentalement un K_a/pK_a

		Réaliser un dosage par changement de couleur
		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.
		Réaliser une extraction par solvant.
		Utiliser un montage à reflux.
		Utiliser une ampoule de coulée.
	TG , spécialité PC	Comparer la force des acides et des bases
Stratégie de synthèse multi-étapes		Réaliser une estérification en optimisant les conditions opératoires
		Synthèse d'un amide
Structure et propriétés des composés organiques		Synthétiser un polymère
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
Équilibre chimique		Mettre en évidence expérimentalement la notion d'équilibre
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
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.
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
	Réaliser une pile, déterminer sa tension à vide et la polarité des électrodes, identifier la transformation mise en jeu, illustrer le rôle du pont salin	

	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
	Stratégie de synthèse multi-étapes	Mettre en œuvre un protocole de synthèse conduisant à la modification d'un groupe caractéristique
	Suivi temporel et modélisation	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)
	Suivi temporel et modélisation d'un système chimique, siège d'une transformation	Réaliser un suivi cinétique par conductimétrie
		Réaliser un suivi cinétique par spectrophotométrie
		Mettre en évidence les facteurs cinétiques
T ST2S	Lipides	Fabriquer un savon
	Méthodes chimiques d'analyse médicale	Déterminer la concentration d'une espèce : glucose, fer, cuivre, etc.
	Principes de fonctionnement d'un airbag et d'un alcootest	Déterminer expérimentalement le volume molaire d'un gaz
T STI2D, spécialité PCM	Oxydo-réduction	Réaliser une pile et déterminer l'énergie totale stockée
	Cinétique d'une réaction chimique	Réaliser le suivi cinétique d'une transformation chimique et l'exploiter pour déterminer l'ordre de réaction.
	Energie chimique	Estimer expérimentalement le pouvoir calorifique d'un combustible
	Réactions acides bases	Montrer expérimentalement l'invariance d'un pK _A par spectrophotométrie
	Réactions acido-basiques en solution aqueuse	Réaliser une extraction ou une séparation faisant intervenir une espèce acide ou basique
	Réactions d'oxydo-réduction	Réaliser une pile et exploiter les résultats des mesures de tension
	Structure spatiale des espèces chimiques	Mettre en évidence les différences de propriétés chimiques de deux diastéréoisomères
T STL, spécialité SPCL	Diagrammes binaires liquide vapeur	Réaliser une distillation fractionnée
	Estérification, hydrolyse, saponification	Réaliser la synthèse d'un ester
		Réaliser une réaction de saponification
	Fonctions chimiques et transformations en chimie organique	Utiliser un Dean Stark

	Mécanismes réactionnels	Mettre en œuvre un exemple de catalyse homogène
		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
	Oxydo-réduction	Réaliser un titrage potentiométrique
	Solubilité	Mettre en œuvre un protocole pour extraire sélectivement des ions d'un mélange par précipitation
	Spectroscopies IR, RMN	Réaliser une synthèse organique
	Spectroscopies UV-visible, IR	Réaliser un dosage par étalonnage.
	Spectroscopies UV-visible, RMN	Réaliser un dosage par étalonnage.
	Techniques de séparation en chimie organique	Réaliser une hydrodistillation
MP	Cinétique électrochimique	Mettre en œuvre un protocole expérimental de tracé de courbes courant-potentiel.
	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.
	Deuxième principe de la thermodynamique appliqué aux transformations physico-chimiques	Déterminer expérimentalement des grandeurs de réaction
	Dispositifs électrochimiques	Étudier le fonctionnement d'une pile pour effectuer des bilans électriques
Étudier le fonctionnement d'un électrolyseur pour effectuer des bilans de matières et des bilans électriques		
Réaliser une électrolyse à anode soluble		
Premier principe de la thermodynamique appliqué aux transformations physico-chimiques	Calculer la température d'un système, siège d'une transformation adiabatique, après réaction en fonction de l'avancement (Cette leçon est accompagnée du script d'un programme écrit en langage python)	
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 une pile et déterminer ses caractéristiques à vide ou en fonctionnement.
	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
MPSI	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
	Différents types de solides	Illustrer expérimentalement des propriétés physiques des différents types de solides
	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
		À l'aide d'un langage de programmation, déterminer les conditions optimales pour séparer deux ions par précipitation sélective (Cette leçon est accompagnée du script d'un programme écrit en langage python)
	Évolution temporelle d'un système chimique	Déterminer l'énergie d'activation d'une réaction chimique
	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		
Potentiel d'électrode	Réaliser une pile et étudier son fonctionnement	
Structure des entités chimiques	Utiliser un logiciel de visualisation 3D des molécules	

PSI	Conversion d'énergie électrique en énergie chimique	Réaliser une électrolyse et effectuer des bilans de matière et des bilans électriques
	Corrosion	Mettre en œuvre une méthode de protection des métaux par anode sacrificielle ou par passivation
PT	Conversion d'énergie électrique en énergie chimique et réciproquement	Étudier le fonctionnement d'une pile pour effectuer des bilans électriques
		Étudier le fonctionnement d'un électrolyseur pour effectuer des bilans de matières et des bilans électriques
	Deuxième principe de la thermodynamique appliqué aux transformations physico-chimiques	Déterminer expérimentalement la composition chimique d'un système dans l'état final, dans les cas d'équilibres chimiques et de transformations totales
	Étude cinétique des réactions d'oxydo-réduction : courbes courant-potentiel	Tracer et exploiter des courbes courant-potentiel
PTSI	Diagrammes potentiel-pH	Mettre en œuvre une réaction de médiamutation
	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
Structure des entités chimiques	Utiliser un logiciel de visualisation 3D des molécules	
TS11	Évolution temporelle d'un système Chimique	Établir 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.
	Transformation chimique d'un système	Déterminer une constante thermodynamique d'équilibre à l'aide d'un titrage
TS12	Approche thermodynamique du fonctionnement d'une pile électrochimique	Déterminer une constante thermodynamique par l'étude de piles
	Diagrammes potentiel-pH	Réaliser un dosage en s'appuyant sur des diagrammes potentiel-pH
	Optimisation d'un procédé chimique	Réaliser une expérience mettant en évidence un paramètre d'influence sur un procédé chimique
	Thermodynamique d'un système, siège d'une transformation chimique : équilibre chimique	Déterminer expérimentalement l'évolution de la valeur d'une constante thermodynamique d'équilibre en fonction de la température

Épreuves orales de la session 2026

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 2026 seront inchangées par rapport à la session 2025.

Montages de la session 2026

- M1.** Mesure de longueurs
- M2.** Mesure de vitesses
- M3.** Mesure d'accélération
- M4.** Mesure de masses
- M5.** Mesure de températures
- M6.** Mesure de pressions
- M7.** Mesure de capacités
- M8.** Mesure de coefficients d'induction
- M9.** Mesure de rendements
- M10.** Mesures par opposition (ou mesure à l'équilibre)
- M11.** Mesure physique dans le domaine médical
- M12.** Contrôle non destructif
- M13.** Illustration de quelques lois de la dynamique newtonienne
- M14.** Frottements
- M15.** Dynamique du solide en rotation
- M16.** Référentiels non galiléens
- M17.** Propriétés mécaniques des matériaux
- M18.** Instabilités
- M19.** Phénomènes non-linéaires
- M20.** Caractérisation de différents types d'écoulements
- M21.** Viscosité
- M22.** Tension superficielle - Aspects statiques et dynamiques
- M23.** Ondes acoustiques
- M24.** Transitions de phase
- M25.** Phénomènes de transport
- M26.** Transferts thermiques
- M27.** Rayonnement thermique
- M28.** Formation des images et instruments d'optique
- M29.** Photographie numérique : optique, capteur
- M30.** Diffraction des ondes lumineuses - Filtrage
- M31.** Interférences lumineuses
- M32.** Interférences à ondes multiples
- M33.** Spectrométrie optique
- M34.** Émission et absorption de la lumière
- M35.** Photorécepteurs
- M36.** Polarisation des ondes électromagnétiques
- M37.** Biréfringence, pouvoir rotatoire
- M38.** Régimes transitoires

- M39.** Résonances
- M40.** Modes propres
- M41.** Ondes : propagation et conditions aux limites
- M42.** Propagation guidée
- M43.** Réfraction et réflexion des ondes
- M44.** Production et mesure de champs magnétiques
- M45.** Milieux magnétiques
- M46.** Métaux
- M47.** Matériaux semi-conducteurs
- M48.** Conversion électromécanique
- M49.** Production et conversion d'énergie électrique
- M50.** Haut-parleur
- M51.** Mise en forme, transport et détection de l'information
- M52.** Amplification de signaux
- M53.** Signal et bruit
- M54.** Numérisation du signal
- M55.** Mesures physiques par traitement d'image
- M56.** Capteurs à effets capacitifs
- M57.** Phénomènes d'induction – applications
- M58.** Détection synchrone
- M59.** Microcontrôleurs : applications et limites