

# Rapport du jury

**Concours : CAPES / CAFEP et 3<sup>èmes</sup> concours associés**

**Section : Physique-Chimie**

**Session 2024**

Rapport de jury présenté par :  
Antoine ÉLOI, inspecteur général de l'éducation, du sport et de la recherche  
Président du jury

## 1. Introduction

La session 2024 du CAPES/CAFEP de physique-chimie et des 3<sup>èmes</sup> concours associés s'est déroulée selon le calendrier initialement prévu. Les deux épreuves d'admissibilité du CAPES/CAFEP – l'épreuve disciplinaire et l'épreuve disciplinaire appliquée – ont eu lieu respectivement les 20 et 21 mars 2024. Les candidats se présentant au 3<sup>ème</sup> concours public ou privé ne sont concernés que par l'épreuve du 20 mars 2024. Les épreuves orales d'admission – l'épreuve de leçon et l'épreuve d'entretien – se sont déroulées à Lyon du 15 juin au 25 juin 2024 pour les candidats admissibles au CAPES/CAFEP, et les 26 et 27 juin 2024 pour ceux admissibles aux 3<sup>èmes</sup> concours. Le site internet d'information mis en place lors de la session 2020 reste ouvert et actualisé <sup>[1]</sup>. Celui-ci a pour vocation de permettre aux candidats de retrouver facilement les informations réglementaires et utiles relatives aux concours du CAPES/CAFEP de physique-chimie et aux 3<sup>èmes</sup> concours associés, et continue d'être mis à jour.

*Dans un souci de lisibilité, les candidates et les candidats seront désignés tout au long de ce rapport par « le candidat » ou « les candidats ».*

## 2. Textes de référence pour la préparation du concours et définition des épreuves écrites et orales

L'arrêté du 25 janvier 2021 fixe les modalités d'organisation des concours du certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement du second degré à partir de la session 2023<sup>[2]</sup>.

L'épreuve disciplinaire, d'une durée de cinq heures et de coefficient 2 (sur un total de 12, épreuves écrites et orales comprises), est constituée de deux parties d'égale importance, la première à dominante physique (EDP), la seconde à dominante chimie (EDC). Pour cette épreuve, les candidats rendent deux copies qui seront corrigées séparément. Elle sera référée sous l'acronyme EDPC dans la suite de ce document.

L'épreuve disciplinaire appliquée (EDA) est d'une durée de cinq heures et de coefficient 2. Il s'agit d'une épreuve traitant en égales importances des concepts de physique et de chimie, sur la base d'un corpus varié de documents. Elle vise à mettre en évidence et à évaluer la capacité des candidats à analyser les documents proposés et à mobiliser des savoirs disciplinaires et didactiques, notamment dans le cadre de la construction d'une séquence d'enseignement au niveau du collège ou du lycée, pouvant revêtir un caractère expérimental. L'objectif de cette épreuve est double :

- i) s'assurer que le candidat possède des capacités d'analyse critique de documents qu'un professeur est amené à rencontrer dans l'exercice de sa fonction ;
- ii) s'assurer que le candidat possède les savoirs disciplinaires et didactiques associés à construction de séquences d'enseignement au niveau du collège ou du lycée.

Les deux épreuves d'admissibilité, font ainsi appel aux compétences scientifiques, disciplinaires, pédagogiques et didactiques des candidats dans les deux valences des concours (physique et chimie). Les copies de chacune des deux épreuves sont évaluées sur 20 points et pondérées identiquement d'un coefficient 2 dans le calcul de la moyenne arithmétique<sup>[3]</sup> pour chaque candidat.

Les définitions des deux épreuves d'admission prévues à partir de la session 2022 sont indiquées ci-dessous, telles que définies dans l'arrêté du 25 janvier 2021 cité précédemment.

<sup>1</sup> <http://www.capes-externe-physique-chimie.org/>

<sup>2</sup> <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043075486>

<sup>3</sup> La moyenne arithmétique sera simplement dénommée « moyenne » dans tout le document.

L'épreuve de leçon (L) est affectée d'un coefficient 5. Elle comprend une durée de préparation de trois heures. L'épreuve en tant que telle face au jury dure 70 minutes maximum. Elle est constituée de trois parties :

- i) une présentation de 30 minutes maximum ;
- ii) un entretien consécutif à la présentation avec le jury de 20 minutes maximum ;
- iii) le traitement *sans préparation* d'une question courte et un échange avec le jury sur la question traitée pendant 20 minutes maximum.

L'épreuve a pour objet la conception et l'animation d'une séance pédagogique à caractère expérimental. Elle permet au jury d'apprécier chez le candidat sa maîtrise disciplinaire, sa maîtrise de compétences pédagogiques ainsi sa leur maîtrise de compétences expérimentales. Le candidat élabore et présente une séance pédagogique à caractère expérimental à dominante physique ou chimie (valence tirée au sort) sur un sujet proposé par le jury. Il met en œuvre des expériences de manière authentique, dans le respect des conditions de sécurité, et en effectue une exploitation pédagogique pour les classes de collège ou de lycée. Une au moins de ces expériences doit être quantitative et une au moins doit mobiliser l'outil numérique pour l'acquisition ou le traitement de données. L'entretien avec le jury qui suit la présentation du candidat permet à celui-ci de justifier ses choix scientifiques, didactiques et pédagogiques. L'épreuve s'achève par le traitement sans préparation d'une courte question à enjeux didactiques ou pédagogiques (analyse d'un protocole expérimental, d'un exercice, d'une production d'élèves, etc.) proposée par le jury dans la partie du champ disciplinaire (physique ou chimie) n'ayant pas fait l'objet du sujet de la leçon, suivi d'un échange avec le jury sur cette question.

L'épreuve d'entretien (E) dure trente-cinq minutes et est affectée d'un coefficient 3 et *n'admet aucune durée de la préparation*. Cette épreuve a pour objectif d'évaluer la motivation du candidat et son aptitude à se projeter dans le métier de professeur au sein du service public de l'Éducation nationale. L'épreuve se déroule en deux parties.

La première partie, d'une durée de quinze minutes, débute par une présentation autonome du candidat des éléments de son parcours et des expériences qui l'ont conduit à se présenter au concours, en valorisant notamment ses expériences, ses travaux de recherche, les enseignements suivis, ses stages, son engagement associatif éventuel ou encore ses périodes de formation à l'étranger. Cette présentation, d'une durée de cinq minutes maximum, donne ensuite lieu à un échange avec le jury.

La deuxième partie de l'épreuve, d'une durée de vingt minutes, permet au jury, à travers deux mises en situation professionnelle, l'une d'enseignement, la seconde en lien avec la vie scolaire, d'apprécier l'aptitude du candidat à :

- i) identifier et s'approprier les valeurs de la République, dont la laïcité, et les exigences du Service public (droits et obligations du fonctionnaire dont la neutralité, lutte contre toutes les discriminations et stéréotypes, promotion de l'égalité, notamment entre les filles et les garçons, etc.) ;
- ii) faire connaître et faire partager ces valeurs et exigences.

Les énoncés des mises en situation sont communiqués à l'oral par un membre du jury, et le candidat peut, s'il le souhaite, prendre des notes et/ou faire les faire répéter, afin de bien se les approprier et nourrir sa réflexion avant sa réponse et la discussion subséquente.

Deux points de vigilance doivent être particulièrement portés à l'attention des candidats :

- i) un candidat absent à l'instant où le jury se présente en salle d'épreuve est règlementairement éliminé ;
- ii) chaque candidat admissible doit transmettre une fiche individuelle de renseignements (FIR) établie sur le modèle figurant à l'annexe VI de l'arrêté du 25 janvier 2021, selon les modalités définies dans l'arrêté d'ouverture ; toute absence de FIR constatée le jour de passation de l'épreuve d'entretien est éliminatoire règlementairement.

### 3. Informations statistiques et analyse globale de la session 2024

#### 3.1. Composition du jury

Le jury compte cinquante-cinq membres (vingt-six femmes et vingt-neuf hommes) et est constitué d'un inspecteur général de l'éducation, du sport et de la recherche (IGÉSR), un enseignant-chercheur, dix-neuf inspecteurs d'académie – inspecteurs pédagogiques régionaux (IA-IPR), un professeur de chaire supérieure, dix-neuf professeurs agrégés et trois professeurs certifiés. Neuf chefs d'établissement et deux personnels administratifs choisis en raison de leur expérience en matière de gestion de ressources humaines font également partie du jury. Un des membres du jury précédemment cité fait partie de l'enseignement privé sous contrat.

#### 3.2. Statistiques et analyse globale des épreuves écrites

Les principales informations statistiques de la session 2024, ainsi que les éléments de comparaison associés issus de la session 2023, figurent dans les tableaux 1 à 5.

Ainsi, pour les deux concours une nette diminution des candidats inscrits est constatée, tandis que le nombre de postes offerts aux concours est resté le même par rapport à la session 2023. La participation effective aux deux épreuves (respectivement 52,3 % et 48,7% pour le CAPES et le CAFEP en 2024) n'a que peu évolué par rapport à la session 2023, malgré l'augmentation relative des candidats d'origine MEEF au sein du vivier global de candidats par rapport à la session 2022.

Les troisièmes concours public et privé sont organisés pour la session 2024 pour la troisième année consécutive. Il est rappelé que ces concours sont proposés aux candidats désireux de devenir professeurs en dehors de toutes conditions de diplôme, à la seule condition d'avoir exercé durant au moins cinq années une activité professionnelle. Ainsi, un total de 40 candidats se sont présentés pour saisir cette opportunité, en baisse par rapport à la session 2023, tandis que les nombres de postes offerts pour ces deux concours sont restés identiques. Notons enfin qu'il est délicat et peu significatif d'analyser les taux de participation, de pression et de sélectivité de ces concours en raison des faibles nombres de candidats participant à ces concours. De même, il est peu significatif de comparer ces observables à leur équivalents CAPES/CAFEP pour la même raison.

**Tableau 1** : données générales relatives à la session 2024

	<b>CAPES</b>	<b>CAFEP</b>
<b>Nombre de postes mis au concours</b>	429 (429)	78 (78)
<b>Nombre de candidats inscrits</b>	1106 (1212)	341 (386)
<b>Nombre de candidats présents aux deux épreuves écrites</b>	588 (616)	170 (194)
<b>Taux de participation</b>	52,3% (50,8%)	48,7% (50,3%)
<b>Taux de pression</b>	2,6 (2,8)	4,4 (4,9)

<b>Taux de sélectivité</b>	1,3 (1,4)	2,1 (2,5)
	<b>3<sup>ème</sup> concours public</b>	<b>3<sup>ème</sup> concours privé</b>
<b>Nombre de postes mis au concours</b>	21 (21)	4(4)
<b>Nombre de candidats inscrits</b>	137 (189)	56 (63)
<b>Nombre de candidats présents</b>	22 (24)	20 (21)
<b>Taux de participation</b>	14,6% (19%)	35,7% (33,3%)
<b>Taux de pression</b>	6,5 (6)	14 (16)
<b>Taux de sélectivité</b>	0,95 (1,1)	5 (5,3)

<sup>a</sup> Les valeurs entre parenthèses correspondent aux mêmes observables par rapport à la session 2023.

<sup>b</sup> Les taux de pression et de sélectivité sont définis respectivement comme le nombre de candidats inscrits rapporté au nombre de postes offerts au concours, et le nombre de candidats présents aux deux épreuves écrites rapporté au nombre de postes offerts au concours.

S'agissant des deux épreuves écrites, il convient également de rappeler que chacune des deux épreuves écrites, EDPC et EDA, est affectée d'un poids inférieur (coefficient 2) à celui des épreuves orales, L et E, (coefficients 5 pour la leçon et 3 pour l'entretien respectivement) dans le calcul final des totaux d'admission pour les CAPES et CAFEP ; les candidats se présentant aux troisièmes concours ne composent pas l'épreuve disciplinaire appliquée (tableau 2). Le jury tient à féliciter les candidats qui ont été déclarés admissibles – 439 au titre du CAPES (pour 429 postes, - 5 par rapport à la session 2023), 120 au titre du CAFEP (pour 78 postes, +2 par rapport à la session 2023), 9 et 8 respectivement aux titres des troisièmes concours public et privé pour respectivement 21 et 4 postes. Les barres d'admissibilité pour les concours du CAPES et du CAFEP sont respectivement égales à 29,96/80 et 29,90/80. Les barres d'admissibilité des 3<sup>e</sup> concours associés du CAPES et du CAFEP sont respectivement égales à 24.80/80 et 24 ;52/80.

Le jury rappelle que la chimie comme la physique sont des disciplines dont le volet expérimental revêt un caractère essentiel dans la compréhension des mécanismes scientifiques impliqués. Suivant les modalités mises en place depuis la dernière réforme, la maîtrise expérimentale des candidats a pu être évaluée grâce à l'épreuve de leçon. De même, les qualités de communication, ainsi que les compétences pédagogiques et didactiques constituent des points d'attention importants lors des évaluations des épreuves, écrites comme orales.

À l'issue des opérations de délibération, le jury a décidé d'attribuer 287 des 429 postes offerts au titre du CAPES soit un taux de remplissage de près de 67% des postes, en baisse significative par rapport à la session 2023 (75%). Concernant le CAFEP, les 78 postes offerts ont pu à nouveau être pourvus. Aucune liste complémentaire n'a été constituée pour ces deux concours.

S'agissant des troisièmes concours public et privé, respectivement 6 et 2 candidats ont été admis en liste principale. Aucune liste complémentaire n'a été constituée pour ces deux concours.

**Tableau 2** : résultats généraux relatifs à la session 2024

	<b>CAPES</b>	<b>CAFEP</b>
<b>Nombre de candidats admissibles</b>	439	120
<b>Nombre de candidats admissibles présents</b>	364	113
<b>Barre d'admissibilité (/20)</b>	7,47	7,47
<b>Moyenne obtenue par l'ensemble des candidats admissibles (/20)</b>	11,31	10,25
<b>Moyenne générale obtenue par les candidats admis (/20)</b>	12,25	11,78

<b>Moyenne générale obtenue par les candidats admis (/20) pour les épreuves d'admission</b>	12,49	12,23
<b>Nombre de candidats admis en liste principale</b>	287	78
<b>Moyenne du dernier admis en liste principale (/20)</b>	8,36	8,64
<b>Nombre de candidats en liste complémentaire</b>	0	0
	<b>3<sup>ème</sup> concours public</b>	<b>3<sup>ème</sup> concours privé</b>
<b>Nombre de candidats admissibles</b>	9	7
<b>Nombre de candidats admissibles présents</b>	7	3
<b>Barre d'admissibilité (/20)</b>	6,20	6,13
<b>Moyenne obtenue par l'ensemble des candidats admissibles (/20)</b>	9,49	8,67
<b>Nombre de candidats admis en liste principale</b>	6	2
<b>Nombre de candidats en liste complémentaire</b>	0	0

Le jury félicite les candidats admis lors de cette session 2024, et encourage tous les autres – admissibles non reçus, ou non – à se mobiliser à nouveau, en s'appuyant notamment sur ce rapport de jury (et les précédents) pour mieux identifier et appréhender les difficultés rencontrées.

### 3.3. Répartition femmes/hommes

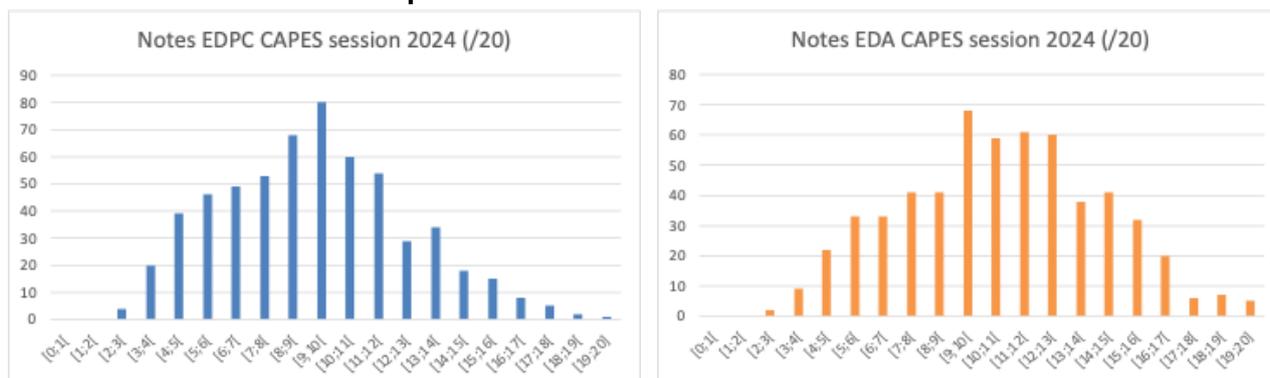
Les données reportées dans le tableau 3 permettent d'apprécier en proportion la parité aux concours du CAPES et du CAFEP, ainsi que ceux des 3<sup>èmes</sup> concours associés.

**Tableau 3** : proportion de femmes candidates et lauréates

	<b>CAPES</b>	<b>CAFEP</b>	<b>CAPES 3<sup>e</sup> concours</b>	<b>CAFEP 3<sup>e</sup> concours</b>
<b>Total Admissibles</b>	<b>439</b>	<b>120</b>	<b>9</b>	<b>7</b>
Dont candidates admissibles	169 (38,5%)	44 (36,7%)	1 (11,1%)	1 (14,3%)
<b>Total Admis</b>	<b>287</b>	<b>78</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
Dont candidates admises	114 (39,7%)	27 (34,6%)	1 (16,7%)	1 (50%)

## 4. Résultats et rapports des deux épreuves écrites

### 4.1. Résultats des deux épreuves écrites



**Figure 1** : histogrammes des notes obtenues aux deux épreuves écrites pour le CAPES.

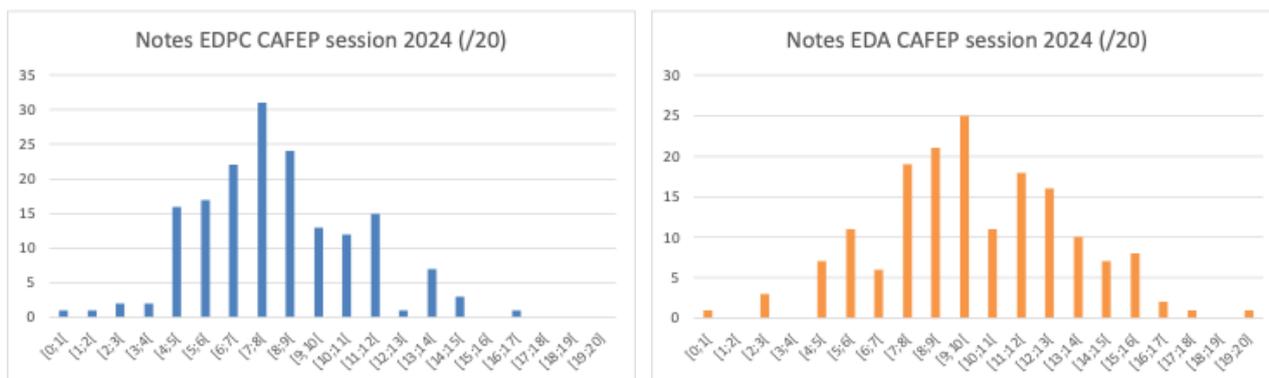


Figure 2 : histogrammes des notes obtenues aux deux épreuves écrites pour le CAFEP.

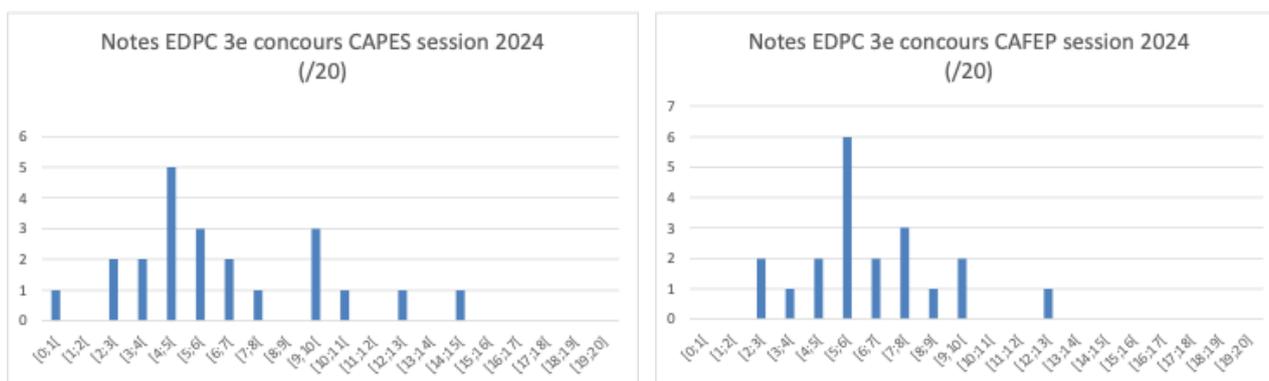


Figure 3 : histogrammes des notes obtenues pour l'épreuve EDA des troisièmes concours du CAPES et du CAFEP

Tableau 4 : résultats obtenus aux épreuves écrites

Ensemble des candidats ayant composé l'ensemble des épreuves d'admissibilité						
	CAPES		CAFEP		3 <sup>ème</sup> concours public	3 <sup>ème</sup> concours privé
	EDPC <sup>b</sup>	EDA <sup>c</sup>	EDPC <sup>b</sup>	EDA <sup>c</sup>	EDPC <sup>b</sup>	EDPC <sup>b</sup>
<b>Note minimale (/20)</b>	2,39	2,13	0	0	0	2,67
<b>Note maximale (/20)</b>	19,17	20	16,03	19,12	14,69	12,46
<b>Moyenne (/20)<sup>a</sup></b>	9,23	10,66	8,03	9,86	6,28	6,35
<b>Écart-type</b>	3,29	3,56	2,74	3,27	3,41	2,41

<sup>a</sup> L'indicateur « moyenne » désigne la moyenne arithmétique pondérée calculée par candidat. <sup>b</sup> Épreuve disciplinaire. <sup>c</sup> Épreuve disciplinaire appliquée.

#### 4.2. Rapport sur l'épreuve disciplinaire

Le sujet comporte deux parties indépendantes. La première partie, à dominante physique, est intitulée « Des économies d'énergie à la maison » ; elle est constituée de deux sous-parties indépendantes les unes des autres. La première sous-partie aborde la diminution de consommation d'énergie en diminuant la température de consigne du chauffage, puis le sujet propose d'étudier l'intérêt énergétique du Li-Fi. Les thèmes abordés sont la thermodynamique, les ondes, l'électricité, l'optique. Les sous-parties ainsi que de nombreuses questions sont indépendantes les unes des autres. Le sujet comporte également trois questions ouvertes où le candidat est amené à mettre en

œuvre une démarche scientifique, en reformulant le problème posé, en explicitant les différentes hypothèses, à proposer une solution et à la valider.

La seconde partie, à dominante chimie, a porté sur « Les piles au lithium dans les automobiles », et permet d'aborder divers aspects de la chimie : la cristallographie, la structure de la matière, les transformations modélisées par une réaction d'oxydo-réduction (piles et titrage indirect), la thermodynamique chimique ainsi que la chimie organique (mécanismes et stéréochimie) et les outils qui lui sont associés (spectroscopies IR et RMN  $^1\text{H}$ ).

Le sujet se veut suffisamment court et varié pour donner la possibilité aux candidats de répondre à l'ensemble des questions et de s'exprimer sur différentes thématiques. De fait, si certaines d'entre elles ont été moins souvent traitées, toutes ont été abordées par une partie des candidats.

### **À propos de la première partie « Des économies d'énergie à la maison »**

Le jury propose dans cette partie différents conseils et pistes d'amélioration en concentrant ses recommandations sur les quatre points suivants :

- en ce qui concerne la rédaction des copies, le jury apprécie une bonne lisibilité des copies avec les numéros de questions ressortis et des réponses clairement explicitées. Cela permet également au candidat de mieux se retrouver dans sa copie et d'utiliser notamment plus facilement les résultats des questions précédentes pour traiter par exemple les questions ouvertes ;
- l'évaluation d'une copie d'épreuve disciplinaire ne se résume pas à une validation de connaissances et de valeurs numériques. On attend notamment du candidat qu'il lie ses connaissances pour répondre à un problème posé en explicitant le raisonnement utilisé. Cela ne peut pas être réalisé en écrivant sur sa copie une succession d'équations numériques. Les expressions littérales sont à privilégier et lorsque ces expressions font apparaître des grandeurs non définies dans l'énoncé, celles-ci sont à introduire soigneusement. Par exemple, dans la question Q18, la pulsation et la norme du vecteur d'onde nécessitent d'être définies avant de les utiliser. Maintenir les raisonnements avec des expressions littérales doit également permettre de vérifier l'homogénéité du résultat proposé et d'en valider sa pertinence ;
- les lois de la physique doivent être énoncées lorsqu'elles sont utilisées (par exemple premier principe de la thermodynamique au système étudié entre deux instants voisins). Lorsqu'elles font appel à des notations ou conventions particulières, celles-ci doivent être explicitées. Il est par exemple difficilement envisageable de faire référence à la loi d'Ohm si le conducteur ohmique n'est pas représenté avec la convention choisie et si la tension à ses bornes et/ou le courant le traversant ne sont pas représentés ;
- des questions ouvertes sont posées dans cette épreuve de modélisation et le barème associé tient compte de la difficulté des questions. Ces questions font appel à l'initiative des candidats et cette initiative doit être clairement explicitée. Il peut y avoir plusieurs approches pour y répondre et même une approche pertinente qui se révèle erronée peut être fortement valorisée. Il est donc conseillé aux candidats de consacrer du temps à ces questions et d'essayer de s'y atteler en reformulant les objectifs et en s'appuyant sur les questions précédentes pour simplifier le problème en listant les différentes hypothèses considérées. À la fin de la résolution, une validation est attendue reprenant la pertinence de la démarche au vu du résultat obtenu.

Le jury propose dans cette partie des commentaires détaillés pour chaque question. Certains candidats ont su montrer une bonne maîtrise des aspects disciplinaires. Cependant, afin d'aider les futurs candidats à se préparer, l'éclairage est porté sur des points à améliorer.

**Q1** Les candidats identifient plutôt bien l'énergie au kWh mais certaines réponses sont peu explicites et même si les termes puissance et énergie sont mentionnés dans la copie, ils ne sont pas reliés à chaque unité.

**Q2** Cette question a été bien traitée en majorité mais il est étonnant de voir que certains candidats rencontrent des difficultés à convertir une année en heure.

**Q3** Les commentaires associés à une production d'énergie exclusivement éolienne sont souvent pertinents (intermittence, nécessité d'ajuster la production à la consommation) mais les origines des pertes sont peu précises voire non explicites. Par exemple parler d'effet Joule sans parler du transport d'électricité n'est pas suffisant.

**Q4** Cette question a été très bien traitée et le nom des modes de transfert thermique est souvent connu. En revanche, même si la convection est effectivement liée aux milieux fluides, il est erroné d'associer la conduction aux seuls milieux solides.

**Q5** De nombreuses confusions entre quasi-stationnaire, quasi-statique et stationnaire perdurent. Une référence à une durée caractéristique d'évolution du système est nécessaire pour éclairer les différences.

**Q6** Le tableau d'analogie entre les grandeurs thermodynamiques et les grandeurs électriques est très souvent bien dressé. En revanche, la forme locale de la loi d'Ohm est peu souvent donnée, voire confondue avec sa forme intégrale.

**Q7** Cette question est la première question ouverte. Le jury rappelle que dans ces questions, il est indispensable d'explicitier la démarche, les compétences Communiquer et Évaluer étant particulièrement observées. La tenue d'un raisonnement cohérent est valorisée par rapport à une succession de formules sans lien apparent ou une succession de calculs. Une difficulté rencontrée dans cette question concerne la résistance thermique surfacique présente dans l'énoncé qui a été trop souvent confondue avec la résistance thermique. Cette difficulté aurait pu être contournée en exploitant les unités fournies.

**Q8** Les caractères incompressible et indilatable d'un système ne font que trop rarement référence aux contraintes : incompressible sous l'action d'une variation de pression et indilatable sous l'action d'une variation de température.

**Q9** La question est globalement bien traitée mais l'hypothèse du système fermé est souvent validée sans apporter d'éléments pertinents (impact des fuites d'air sur la composition du système...).

**Q10** Cette question est très bien traitée globalement. Les candidats savent convertir les différentes grandeurs dans les unités du système international.

**Q11** L'extensivité de la fonction d'état enthalpie est globalement connue des candidats.

**Q12** Les candidats connaissent en général l'expression du premier principe avec la fonction d'état énergie interne mais son écriture pour une évolution infinitésimale pose des problèmes dans de nombreuses copies. L'exploitation du caractère monobare de la transformation permettant d'utiliser la fonction d'état enthalpie est souvent mal comprise.

**Q13** La question est assez peu traitée alors qu'une grande partie des candidats avait traité correctement l'analogie dans la question Q6.

**Q14** L'équation différentielle est correctement mise sous forme canonique et l'identification est souvent correcte au départ, mais la mise au même dénominateur conduit à de nombreuses erreurs dans l'application numérique. Le jury regrette le manque de recul des candidats face à un résultat aberrant qui contredit les hypothèses énoncées précédemment.

**Q15** Cette deuxième question ouverte est globalement peu abordée. Les tentatives se résument souvent à une approche analytique alors que ce type de questions nécessite dans un premier temps de poser le problème et d'énoncer les hypothèses pertinentes permettant de le simplifier.

**Q16** La question est globalement bien traitée. Les domaines du spectre électromagnétique sont bien connus des candidats.

**Q17** Cette question est également très bien traitée lorsqu'elle est abordée.

**Q18** Le couplage temps/espace et le sens de propagation sont bien abordés mais de nombreuses confusions existent entre la direction de propagation de l'onde et la direction de propagation.

**Q19** Le schéma mettant en évidence le caractère sphérique de l'onde est trop peu souvent explicité. La surface d'une sphère est parfois confondue avec la surface d'un disque.

**Q20 et Q21** Ces questions sont globalement bien traitées lorsqu'elles sont abordées.

**Q22** La question est souvent mal comprise. L'objectif de cette partie est de modéliser une consommation de puissance. Il est probable que le montage proposé permettent d'accéder à cette puissance. D'un point de vue général, les candidats gagneraient à prendre le temps d'identifier les objectifs d'une partie avant de répondre.

**Q23** Les réponses ne sont quasiment jamais accompagnées d'un schéma pourtant indispensable pour définir les conventions et rendre explicite le raisonnement. Les réponses non justifiées et non explicitées ne peuvent pas être valorisées sur cette question.

**Q24** Cette question est très peu abordée. La particularité d'un oscilloscope différentiel semble méconnue.

**Q25** De nombreuses réponses sont confuses en raison d'un problème de compréhension des consignes et des attendus.

**Q26** Cette question constitue la troisième et dernière question ouverte du sujet. Comme pour les précédentes, on y retrouve un problème de démarche où les hypothèses sont rarement explicitées. En revanche lorsque cette question est traitée, le raisonnement pour établir la surconsommation sur une journée et sur une année est correct.

**Q27** La référence au modèle du rayon lumineux est souvent donnée à juste titre. En revanche, une confusion entre les conditions de l'optique géométrique et les conditions d'un stigmatisme et d'un aplanétisme approché (ou conditions de Gauss) revient dans de nombreuses copies. Dans ce cas, ce n'est pas au jury de faire le tri entre les différents éléments et cela a été pris en compte dans l'évaluation.

**Q28** La justification demandée est souvent absente et des confusions entre émetteur et récepteur (LED/ photodiode) sont présentes dans les copies.

**Q29** Cette question est globalement bien traitée. Les lois de Snell-Descartes sont maîtrisées et la démonstration permettant d'arriver à la déviation est maîtrisée dans son ensemble.

**Q30** Cette question est également bien réussie. L'approximation des petits angles et les conséquences sur les fonctions trigonométriques sont bien connues des candidats.

**Q31 et Q32** Ces questions sont peu traitées et, lorsqu'elles le sont, les angles  $A_k$  et  $D_k$  sont souvent confondus.

### **À propos de la seconde partie « Les piles au lithium dans les automobiles »**

En ce qui concerne la forme, le jury rappelle au candidat qu'il convient de veiller à la lisibilité de son travail et à l'organisation de son argumentation qui sont le reflet de qualités de communication nécessaires aux potentiels enseignants qu'ils sont. À ce titre également, il est conseillé de veiller à l'adéquation de la réponse formulée sur la copie avec la numérotation des questions posées.

Quant au fond, de façon générale, le jury note des progrès sensibles de la part des candidats mais souligne encore parfois le manque de maîtrise de certaines notions fondamentales : les définitions manquent de précision (coordinence, compacité, allotropie, solvant protique), la rigueur fait parfois défaut (écriture de mécanisme) et des confusions sont repérées (notamment entre quotient de réaction et constante d'équilibre). Les unités du système international doivent être systématiquement utilisées et leurs conversions plus généralement réussies : il convient donc d'éviter l'utilisation de l'angström comme unité de longueur et de mieux maîtriser la conversion Ah en Coulombs. Enfin le jury regrette des connaissances parcellaires en géométrie (confusion d'expression entre la diagonale d'un cube et celle d'un carré) et des erreurs dans la manipulation d'équations algébriques et de fractions.

Si la présence de schéma a été appréciée par le jury, étayant de façon pertinente le raisonnement, notamment en cristallographie (tangence entre atomes assimilés à des sphères dures), le jury attend également des réponses concises, précises dans le vocabulaire et levant toute ambiguïté possible quant à la bonne maîtrise de la notion abordée. Quand la question s'y prête, une justification succincte est ainsi nécessaire. De même, le raisonnement des questions relevant d'une tâche complexe doit être développé et le candidat ne peut se limiter à une succession de calculs sans liens explicites. Enfin, les questions relevant de l'exploitation d'un document, comme ici le diagramme de Ragone, doivent être traitées plus précisément : des valeurs numériques doivent être extraites, en prenant garde à une potentielle échelle logarithmique, et comparées aux valeurs obtenues par le calcul dans des questions précédentes.

Plus précisément, en ce qui concerne la structure de la matière, à l'échelle atomique, les candidats doivent proscrire l'utilisation des couches K, L, M pour écrire une configuration électronique et se servir pleinement de la répartition des électrons dans les différentes sous-couches pour justifier le caractère bon réducteur du lithium. À l'échelle moléculaire, si le jury souligne une bonne maîtrise globale des schémas de Lewis de l'ion phosphate et de l'attribution de charge formelle, il rappelle néanmoins qu'il convient de faire figurer tous les doublets non liants. La mésomérie, présente pour cet ion, est une notion qui n'a été que peu mobilisée par la majorité des candidats. Elle est pourtant nécessaire pour justifier l'unicité des angles de valence et des longueurs de liaisons de l'ion phosphate, dont la structure électronique réelle peut être représentée par l'écriture d'un hybride de résonance. Enfin, l'analyse des interactions intermoléculaires est insuffisamment maîtrisée. Il est ainsi rappelé qu'un solvant protique est une espèce chimique susceptible de donner un proton ou qui possède un hydrogène pouvant être engagé dans un pont hydrogène, mais il ne contient pas d'ions  $H^+$ .

En cristallographie, ce sont les définitions des notions qui ont essentiellement posé des difficultés aux candidats, conduisant à des confusions et des contre-sens : pour l'évaluation de la masse volumique du lithium, il convient d'utiliser le volume de la maille et non celui d'un atome de lithium, la coordinence (nombre de plus proches voisins) est à distinguer de la compacité (rapport du volume occupé par les atomes de la maille sur le volume total de la maille) et l'allotropie est à différencier de l'anisotropie.

Si le jury a noté une amélioration dans la reconnaissance globale de mécanismes de substitution ou d'addition-élimination, il souligne le manque de précision dans l'écriture de ceux-ci dans certaines copies. Les flèches courbes doivent partir obligatoirement d'un doublet d'électrons (liant ou non liant), non d'une charge formelle, traduire tous les déplacements d'électrons justifiant ainsi l'ensemble des formations et des ruptures de liaisons. Dans la détermination de la configuration absolue d'un carbone asymétrique, il est rappelé au candidat qu'une arborescence complète et claire est attendue et que l'ordre de priorité est régi par le numéro atomique et non l'électronégativité. Enfin, si le spectre infra-rouge a souvent bien été analysé, le vocabulaire employé pour le décrire est trop imprécis : les bandes d'absorption sont dues aux vibrations, bien souvent d'élongation, de liaisons particulières présentes dans la structure. Ces bandes sont repérées par leur nombre d'onde, exprimé en  $cm^{-1}$ , unité trop souvent oubliée par les candidats.

Pour finir, la thermodynamique chimique a été traitée de façon contrastée. Les questions relatives au titrage indirect ont dans l'ensemble été bien abordées par les candidats, même si certains d'entre eux se sont perdus dans l'écriture de tableaux d'avancement inutiles pour écrire la relation entre quantités de matière à l'équivalence. En revanche, il reste des confusions majeures entre l'expression d'un quotient réactionnel (faisant intervenir les activités à un instant quelconque) et l'écriture de la relation de Guldberg et Waage qui met en relation les activités à l'équilibre des espèces physico-chimiques et la constante d'équilibre. Le jury a également relevé des difficultés à faire le lien entre l'enthalpie standard de réaction  $\Delta_r H^\circ$ , dont la valeur dépend des nombres stoechiométriques utilisés dans l'écriture de l'équation bilan de la réaction modélisant la transformation, et l'énergie libérée par cette réaction, indépendante de la stœchiométrie du bilan. Enfin, les connaissances sur les diagrammes binaires sont trop parcellaires et le jury attend une attribution des domaines du diagramme plus précise (nombre de phase et nature de chaque phase).

### **4.3. Rapport sur l'épreuve disciplinaire appliquée**

Le sujet de la session 2024 comporte trois parties indépendantes, chacune portant sur une thématique différente des programmes de physique-chimie de l'enseignement secondaire. Les questions posées interrogent à la fois les savoirs disciplinaires et les analyses didactiques, d'autres s'intéressent à des dispositifs pédagogiques usuellement mis en œuvre en situation de classe. Quelques questions testent la capacité du candidat à analyser des productions d'élèves, à repérer et formaliser des conceptions erronées. Deux questions conclusives portent sur l'élaboration d'une séquence d'enseignement.

#### Présentation et rédaction

Un certain nombre des constats déjà évoqués pour les copies de l'épreuve disciplinaire sont également valables pour la rédaction de copies de l'épreuve disciplinaire appliquée. Il est recommandé aux candidats de lire attentivement les questions afin de ne pas oublier de sous-questions, de respecter l'indexation des questions que le sujet impose et de mettre en valeur les résultats obtenus.

Comme déjà indiqué, il est attendu des candidats souhaitant devenir enseignant une rédaction soignée et rigoureuse : qualité des explications, présentation des raisonnements, orthographe correcte. Le candidat doit veiller à s'exprimer dans un langage suffisamment juste et adapté à une réponse écrite afin de permettre au correcteur d'apprécier la réponse sans ambiguïté.

Outre l'expression, le jury est particulièrement sensible à la présentation de la copie, ainsi qu'à la lisibilité de l'écriture qui se dégrade parfois en cours d'épreuve obligeant le correcteur à des efforts de déchiffrement dispendieux.

Les candidats sont invités, même lorsque cela n'est pas explicitement demandé, à faire des schémas clairement annotés introduisant les grandeurs utilisées dans leur raisonnement. Un schéma clair, annoté et soigné participe de la qualité de la réponse formulée par le candidat et est valorisé : ce langage scientifique dédié à la discipline physique-chimie constitue un outil essentiel au futur professeur dans l'exercice de son métier.

### Remarques générales

La variété de la nature des consignes invite les candidats à travailler un large spectre des postures professionnelles attendues, tant sur le plan de la maîtrise des contenus de l'enseignement secondaire que sur la capacité à préparer une séquence, à tenir compte des conceptions initiales des élèves, ou encore à interpréter et corriger certaines productions pour proposer des pistes de remédiation.

Sont listés ci-dessous quelques exemples de tâches que le candidat peut être amené à réaliser, que ce soit dans des questions d'analyse de situations pédagogiques ou dans des questions visant à produire tout ou partie d'une séquence pédagogique. Cette liste est naturellement indicative :

- définition d'un concept ;
- choix didactique ou pédagogique (à proposer ou à justifier) ;
- choix expérimental ;
- observation prévue, protocole, technique utilisable ;
- démonstration d'un résultat,
- détermination d'une valeur, d'un ordre de grandeur ;
- interprétation de valeurs ou de résultats ;
- rédaction de consignes aux élèves ou énoncés d'activité, fiche de synthèse à destination des élèves, corrigé à destination des élèves, énoncé d'évaluation ;
- correction formative d'un extrait de copie ;
- estimation d'incertitudes ;
- compréhension et commentaire d'un code Python.

Les réponses des candidats gagnent à être précises et synthétiques. Il n'est pas utile, en particulier au regard du temps imparti à l'épreuve, de répondre au-delà de la question posée. Les candidats doivent veiller à ne pas « surinterpréter » certaines questions. En revanche, des développements justes ne dispensent pas de conclure et d'apporter une réponse claire à la question posée. Les candidats doivent pouvoir montrer qu'ils ont *a minima* une bonne maîtrise des contenus de physique-chimie dispensés dans l'enseignement secondaire. C'est une condition incontournable pour pouvoir adopter une posture réflexive. Il peut être intéressant d'analyser dans le travail de préparation comment une même thématique est traitée selon les différents niveaux (vocabulaire, concepts et lois utilisés, cohérence inter-niveaux...). C'est d'ailleurs ce qui est proposé au début de la troisième question.

Enfin, lorsque la consigne demande au candidat de présenter la correction d'une activité, de réaliser une évaluation ou rédiger la trace écrite institutionnalisant les savoirs, il est attendu que ce dernier le fasse comme s'il était en situation d'enseignement, c'est-à-dire avec les phrases complètes, sans abréviations, sans fautes d'orthographe ou de syntaxe, avec un schéma complet si ce dernier est nécessaire. Il convient évidemment de ne pas s'adresser directement au correcteur pour commenter le sujet ou faire part d'états d'âmes sur la composition ou formuler des diatribes, non contextualisées.

### Au sujet des conceptions de séquences

Les questions demandant au candidat d'élaborer une séquence pédagogique sont à traiter au regard des consignes qu'elles incluent. Ces consignes ne sont pas systématiquement les mêmes pour toutes les demandes de conceptions de séquences. Si les réponses nécessitent un propos structuré et précis, elles ne doivent pas prendre une durée de composition exagérée qui empêcherait de traiter le reste du sujet. Il est ainsi bien précisé de proposer le contenu d'une séquence « de manière synthétique ». Il n'est notamment pas nécessaire de décrire de manière exhaustive l'activité que le candidat intégrerait à la séquence qu'il propose mais simplement d'en décrire les grandes lignes, son objectif et sa nature (documentaire, expérimentale, problème ouvert). Généralement, une ou plusieurs activités disponibles dans le sujet peuvent être intégrées ; il est recommandé de veiller à repérer si cette insertion est obligatoire ou optionnelle. Dans le cas où le candidat choisit d'intégrer une des activités proposées à sa séquence, il peut être intéressant d'y apporter une modification personnelle, comme un commentaire éclairé ou une justification d'intégration à la séquence, afin de montrer l'appropriation de cette activité par le candidat.

Il est conseillé au candidat de distinguer les objectifs et le(s) contenu(s) d'une séance en comprenant que les objectifs doivent être liés au contenu et ne peuvent pas être confondus avec les compétences de la démarche scientifique. Le jury rappelle qu'une séquence est constituée d'une succession de séances en nombre limité.

La contextualisation permet d'ancrer le propos dans le réel. Proposer une situation courante classique n'est généralement pas suffisant. Elle gagne à ne pas être trop artificielle. Surtout, toute contextualisation s'accompagne d'une problématique. La question associée vise aussi à susciter l'intérêt et l'envie d'apprendre. Une problématique est à distinguer d'une résolution de problème. En proposant une séquence d'enseignement, s'il est fait appel à une description des modalités pédagogiques ou d'organisation de classe, il est pertinent de mener une réflexion sur la place des élèves lors des tâches proposées. La différenciation peut être évoquée à ce titre mais ne doit pas devenir un outil systématique constituant un alibi pour ne pas préciser les objectifs et les contenus. De même une évaluation diagnostique permet de repérer des conceptions erronées ou d'identifier des lacunes, le travail en îlots permet d'autres modes d'apprentissage : l'utilisation de certains termes de vocabulaire atteste d'une préparation des candidats au concours mais le jury attend que l'intérêt de ces outils dans la conception de séquence soit rapidement justifié. Enfin, un candidat introduisant une ou plusieurs évaluations au cours de la séquence est invité à en décrire brièvement le format et le contenu.

### Rapport détaillé par parties

La première partie du sujet comporte quinze questions et sous - questions au total ; elle s'intéresse à la mise en œuvre de la proportionnalité à travers des situations relatives entre autres à l'enseignement de la mécanique du point, de l'électricité ou encore à l'utilisation de la loi de Beer-

Lambert. Elle teste la capacité des candidats à mettre en œuvre le concept de proportionnalité dans différents registres (verbal, graphique, conceptuel ou symbolique) ce qui nécessite une réflexion sur la progressivité dans la construction des savoirs. La dernière question interroge les candidats sur les limites d'un modèle linéaire. La seconde partie, constituée de vingt et une questions et sous-questions dont une construction de séquence, traite des interférences lumineuses et met en évidence l'influence de différents paramètres sur les incertitudes de mesure. La dernière partie, constituée de douze questions et sous-questions dont une construction de séquence, aborde la conversion de l'énergie stockée dans la matière organique.

Le jury félicite les candidats ayant proposé des séquences complètes, bien construites et tout à fait convaincantes, et/ou ayant remis des copies remarquables, attestant des efforts engagés dans leur préparation.

Les éléments de correction proposés visent uniquement à aider les futurs candidats à se préparer au concours. Pour de nombreuses questions, d'autres approches sont possibles et ont été pleinement valorisées par le jury. **La solution proposée n'a donc aucune visée normative.**

**Q1.** La lecture de l'annexe **1.A**, qui sert de support à une grande partie de l'épreuve, permet d'illustrer différents registres d'étude dans le cadre de la loi d'Ohm (annexe **1.B**) : il s'agit ici de s'assurer, à travers un exemple classique, de la bonne compréhension du texte de l'annexe **1.A**.

L'annexe **1.B** présente la loi d'Ohm par le registre graphique. Pour illustrer le registre verbal, on peut dire que les grandeurs intensité et tension sont proportionnelles.

Concernant le registre conceptuel, il est attendu une formulation de la loi d'Ohm  $U = RI$  (qui permet par exemple d'accéder à la valeur de  $R$  grâce au graphique modélisé).

**Q2.** La question met en lumière les confusions faites par les élèves de Terminale en ce qui concerne les variables qui diffèrent, entre le «  $x$  » des mathématiques et le «  $t$  » de la mécanique par exemple. Il était proposé aux candidats de commenter les variations de certaines grandeurs, d'identifier des situations de proportionnalité et de réaliser la synthèse d'une activité sous forme de tableau. De nombreux candidats confondent des termes de vocabulaire (affine/linéaire/croissante) ou utilisent un vocabulaire approximatif pour décrire des évolutions : dans une correction d'activité proposée à des élèves de Terminale, l'expression «  $x$  augmente » est trop imprécise et davantage de rigueur était attendue de la part des candidats.

De plus, il a été observé de nombreuses confusions entre les notions de vecteurs/coordonnées de vecteurs/norme du vecteur. De la même façon, des copies montrent une confusion entre la représentation graphique de l'évolution temporelle d'une grandeur et la représentation de la trajectoire.

**Q2.a)** Les réponses aux questions de l'activité peuvent prendre la forme suivante :

Question 1 :

Les situations de proportionnalités sont associées aux figures 2 et 4.

Question 2 :

Les figures 1 et 2 correspondent à un mouvement rectiligne uniforme.

Les figures 3 et 6 correspondent à un mouvement rectiligne ralenti (ou ralenti puis accéléré pour la figure 3).

Les figures 4 et 5 correspondent à un mouvement rectiligne accéléré.

Question 3 :

La relation mathématique attendue est :  $v_x(t) = \frac{dx(t)}{dt}$

Question 4 :

Pour le mouvement rectiligne uniforme, on choisit les modèles  $x(t) = 2t$  et  $v_x(t) = 2$ .

Pour le mouvement rectiligne ralenti, on choisit les modèles  $x(t) = -2,5t^2 + 3t + 5$  et  $v_x(t) = -5t + 3$

Pour le mouvement rectiligne accéléré, on choisit les modèles  $x(t) = 1,5t^2$  et  $v_x(t) = 3t$

La relation mathématique  $v_x(t) = \frac{dx(t)}{dt}$  est bien vérifiée pour chaque couple de modèles  $(x, v_x)$  choisi.

**Q2.b)** La synthèse de cette activité sous forme de tableau permet au candidat de montrer qu'il sait illustrer chaque mouvement étudié dans le cadre des attendus du programme.

**Q2.c)** Il s'agit de proposer une fin d'activité pour répondre à l'objectif « Caractériser le vecteur accélération pour des mouvements rectilignes » :

Afin de répondre à cet objectif, il est nécessaire de retrouver dans les réponses proposées le lien entre vitesse et accélération ainsi qu'une caractérisation pertinente du vecteur accélération. On retrouve dans cette question un manque de rigueur dans le vocabulaire pour des candidats qui proposent de « calculer le vecteur-accélération ».

Une proposition de fin d'activité peut prendre la forme suivante :

- rappeler la relation mathématique entre le vecteur accélération et le vecteur vitesse puis entre les coordonnées  $a_x$  et  $v_x$  de ces vecteurs selon l'axe (Ox) ;
- calculer la coordonnée  $a_x$  du vecteur accélération pour les 3 mouvements étudiés précédemment ;
- tracer, sans souci d'échelle, l'allure du vecteur accélération sur les chronophotographies représentant les trois mouvements étudiés. (OU : représenter sur un graphique l'évolution de la coordonnée  $a_x$  en fonction du temps).

**Q3.a)** La mise en évidence de la notion de progressivité dans les apprentissages est attendue dans la réponse des candidats, à la lumière des registres évoqués dans l'annexe **1.A.**, afin de justifier le choix proposé par les enseignants dans cette question : en première, les professeurs ont choisi d'utiliser la droite d'étalonnage en mobilisant le seul « registre graphique » alors qu'en terminale, l'exploitation de la droite d'étalonnage mobilise le « registre conceptuel ».

**Q3.b)** La question concerne le choix de solutions colorées d'usage courant au lycée : il est attendu de la part du candidat de savoir attribuer des équipements de protection appropriés en fonction des solutions colorées proposées. Il n'est pas nécessaire d'équiper systématiquement les élèves de l'ensemble des équipements de protection.

Les solutions colorées dont on mesure l'absorbance sont généralement des solutions diluées qui permettent une manipulation par des élèves équipés d'une blouse et de lunettes de protection. Des gants et une hotte aspirante peuvent être nécessaires (voir la fiche de sécurité du produit). Solutions colorées courantes : solution de permanganate de potassium, solution de diiode, solutions contenant des colorants alimentaires....

**Q3.c)** Pour choisir la longueur d'onde de travail en spectrophotométrie, il faut choisir d'une manière générale celle correspondant à la couleur complémentaire de celle de la solution. Il est possible de tracer le spectre d'absorption de l'espèce chimique étudiée et de choisir une longueur d'onde au voisinage du maximum d'absorption (selon les appareils utilisés pour les mesures d'absorbance, on choisit une valeur approchée).

**Q3.d)** La question concerne l'organisation d'une séance expérimentale qui permet de mettre en évidence les limites du modèle linéaire de la loi de Beer-Lambert.

L'organisation proposée par le candidat peut faire apparaître les éléments suivants : une tâche différente selon les binômes d'élèves (préparation par dilution de solutions dont les concentrations seront proposées par le professeur avec des concentrations choisies en fonction de l'espèce chimique concernée pour mettre en évidence la non-linéarité), des mesures d'absorbance pour l'ensemble des solutions préparées, le tracé de la courbe  $A=f(C)$ , une conclusion/mise en commun qui permet de conclure sur la limite du modèle.

**Q3.e)** La question concerne l'énoncé de lois, de leur domaine de validité et d'exemples associés. Afin d'apporter une réponse complète et rigoureuse, il est important que l'énoncé d'une relation soit accompagné de la signification et de l'unité de chaque grandeur mise en jeu.

Loi de Kohlrausch : la conductivité d'une solution dépend des espèces ioniques (notées  $i$ ) qui la constituent :  $\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i]$

$\sigma$  : conductivité en  $S \cdot m^{-1}$

$\lambda_i$  : conductivité molaire ionique de l'ion  $X_i$  en  $S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$

$[X_i]$  : concentration de l'ion  $X_i$  en  $mol \cdot m^{-3}$

On considère généralement que cette loi est valable pour des solutions très diluées.

Exemple : conductivité d'une solution aqueuse de chlorure de sodium

$$\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i] = \lambda_{Na^+} \times [Na^+] + \lambda_{Cl^-} \times [Cl^-]$$

Il est impossible de faire aboutir l'application numérique sans les valeurs des conductivités molaires ioniques mais le candidat peut l'indiquer dans sa réponse afin de montrer son intention.

Cette loi est peu connue des candidats et parfois confondue avec la loi de Beer-Lambert ; on retrouve également des confusions sur la notation attribuée à une longueur d'onde.

Équation d'état du gaz parfait :  $PV = nRT$

P : pression du gaz en Pa

V : volume du gaz en  $m^3$

n : quantité de matière du gaz en mol

R : constante des gaz parfaits :  $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

T : température absolue en K

Cette équation s'applique aux gaz parfaits, modèle des gaz réels pour lesquels la pression est suffisamment basse pour considérer comme négligeables les interactions entre les entités.

Exemple : calcul de la quantité de matière d'hélium contenue dans un ballon de 10L à une température de 20°C et sous la pression atmosphérique

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{1,013 \cdot 10^5 \times 1,0 \cdot 10^{-2}}{8,314 \times 293} = 4,2 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$$

**Q4.a)** Il s'agit de proposer deux observations décrivant l'analogie et la différence entre milieu granulaire et fluide. Toute formulation correcte est acceptée. On pouvait proposer par exemple :

Première observation : le milieu granulaire s'écoule (sable entre les mains). Dans ce cas, comme un fluide, il n'a pas de forme propre.

Deuxième observation : le milieu granulaire forme un ensemble compact (tas de sable). Dans ce cas, comme un solide, il a une forme propre.

**Q4.b)** Un graphique correctement réalisé comprend un titre et des axes correctement référencés avec les unités, ce qui est respecté par la majorité des candidats. Attention toutefois à ne pas relier les points entre eux. Une courbe tendance peut être envisagée, notamment pour le domaine de valeurs vérifiant la relation de proportionnalité.

**Q4.c)** On peut formuler l'hypothèse d'une relation de proportionnalité entre  $m_{exp}$  et  $h$  si les points du graphique s'alignent suivant une droite passant par l'origine (0,0). Ceci semble valable pour des valeurs de hauteur  $h$  comprises entre 0 et 2,9 cm. **On retrouve dans cette question l'erreur faite par de nombreux candidats dans la partie 1 (Q2.a) concernant la traduction d'une situation de proportionnalité dans le registre graphique. La constatation de l'alignement des points n'est pas un argument suffisant, il faut également que la droite passe par l'origine (0,0).**

**Q4.d)** Certains candidats confondent surface et volume du cylindre. **Il faut veiller à vérifier l'homogénéité des relations proposées.**

Voici deux propositions d'exploitation des résultats expérimentaux dans la zone linéaire :

- sous forme graphique (régression linéaire) : on peut envisager de tracer la droite qui passe au plus proche des points expérimentaux. Il s'agit ensuite de déterminer l'équation de la

droite modélisée sous la forme  $m_{exp} = Ah$  avec A est le coefficient directeur de la droite obtenue graphiquement.

- sous forme de tableau (valeur moyenne) : on calcule à l'aide d'un tableau excel le rapport  $\frac{m_{exp}}{h}$  pour chaque couple  $(m_{exp}, h)$  du domaine linéaire. On effectue la moyenne de ces valeurs (que l'on peut noter A).

**Certains candidats oublient l'étape de validation.** Afin de comparer le modèle aux résultats expérimentaux, il suffit de comparer la valeur de A obtenue expérimentalement (valeur moyenne ou coefficient directeur) à celle proposée par le modèle qui vaut  $A_{modèle} = \rho\pi R^2$ . Il est à noter que conformément aux programmes cette comparaison est conduite de manière qualitative en classe de première ; un critère quantitatif sera proposé en classe de terminale. On peut par exemple constater que la valeur expérimentale est plus petite que la valeur du modèle. Par conséquent, la masse volumique donnée pour les billes est plus importante que celle obtenue expérimentalement.

Le jury a valorisé les candidats ayant proposé des valeurs chiffrées pour l'exploitation des résultats.

**Q4.e)** Les registres activés sont correctement attribués : Q4.a) : registre verbal ; Q4.b) : registre graphique ; Q4.d) : registres conceptuel et graphique.

**Q4.f)** Cette question a été peu traitée par les candidats.

Pour des faibles valeurs de la hauteur h, la masse mesurée est proche de la masse du modèle du fluide : les zones inférieures subissent le poids des zones supérieures. Au fur à mesure que h augmente on constate que la masse mesurée tend vers une valeur limite (asymptote horizontale) : les zones inférieures ne subissent plus le poids des zones supérieures. Ceci peut s'expliquer par l'effet de voûte : lorsque l'on verse une masse de grain, une partie se répercute verticalement et l'autre latéralement.

**Q5.a)** Cette activité invite les élèves à travailler non seulement les savoirs scientifiques mais aussi à se questionner sur la nature de la science, la manière dont elle se construit. Une telle approche par l'histoire des sciences peut être de nature à favoriser l'intérêt et la curiosité des élèves.

De nombreux physiciens sont cités par les candidats : Galilée, Newton ou encore Kepler. Cependant ils ne sont pas contemporains de Thomas Young (1773-1829) contrairement à :

- Henry CAVENDISH (1731-1810), physicien et chimiste britannique. Il est célèbre pour ses mesures très précises de la constante de gravitation.
- Charles Augustin COULOMB (1736-1806), physicien, ingénieur et officier français. Il est célèbre pour ses travaux sur les phénomènes de l'électricité du magnétisme et de la mécanique. La force d'interaction électrostatique qui s'exerce entre deux charges électriques porte son nom.

D'autres exemples pouvaient être proposés : Oersted, Foucault, Volta...

**Q5.b)** Le jury constate que de nombreux candidats proposent une formule erronée de l'indice optique. **Il faut veiller à bien préciser les notations utilisées.** Par exemple, écrire la relation  $n = \frac{c}{v}$  ne suffit pas. Il faut préciser que v est la célérité de la lumière dans le milieu et c celle dans le vide. La relation entre célérité et fréquence était attendue :  $v = f\lambda$ . Encore une fois, de trop nombreuses relations non homogènes ont été observées.

**Q5.c)** Parmi les deux phénomènes à identifier, la diffraction est souvent oubliée. De même, la deuxième partie de la question portant sur l'identification de chaque phénomène a été peu traitée.

Phénomènes	Origine	Manifestation
<b>Diffraction</b>	Largeur restreinte d'un trou	Élargissement du faisceau (taches de diffraction)
<b>Interférence</b>	Présence des deux trous	Franges rectilignes d'interférences

**Q5.d)** Dans le cadre de l'optique géométrique, on ne devrait voir sur l'écran que deux points lumineux (liés au passage de la lumière par les deux trous). Cependant, la petite taille des obstacles et la faible distance les séparant mènent à un « étalement » de la lumière autour de la direction prévue par l'optique géométrique. Les faisceaux lumineux issus de chaque trou se superposent pour donner une figure d'interférence, alternance de franges sombres (minima d'intensité lumineuse) et claires (maxima d'intensité lumineuse). Ceci ne peut s'expliquer que dans le cadre de l'optique ondulatoire (superposition d'ondes lumineuses). Concernant les modèles de l'optique (géométrique et ondulatoire), on lit sur des copies que le modèle géométrique est celui du flux de photons. Le modèle du photon date du début du XXème siècle, il intègre la quantification de l'énergie et le caractère ondulatoire. Le modèle géométrique est celui du rayon lumineux associé à la propagation rectiligne de la lumière dans un même milieu.

**Q5.e) Trop peu de candidats traitent correctement la question qui fait pourtant partie des capacités exigibles du programme de terminale.** Si le candidat réalise une démonstration fondée sur l'expression de l'intensité lumineuse, elle n'est pas conforme à la consigne qui demande que cela soit conforme au programme d'enseignement de spécialité physique-chimie de terminale générale. Il n'y a donc pas d'attribution de point. Voici une proposition de correction :

À partir de l'expression de la différence de chemin optique (relation 1)  $\delta = \frac{ax}{D}$  on obtient  $x = \frac{a\delta}{D}$ .

Pour les interférences constructives :  $\delta = k\lambda$  avec k entier relatif.

L'expression de l'abscisse  $x_k$  d'une frange brillante est :  $x_k = \frac{k\lambda D}{a}$

L'expression de l'abscisse  $x_{k+1}$  d'une frange brillante est :  $x_{k+1} = \frac{(k+1)\lambda D}{a}$

Par définition, l'interfrange est la distance à l'écran entre deux franges successives de même nature.

Ainsi  $i = x_{k+1} - x_k = \frac{\lambda D}{a}$  (relation 3).

**Q5.f)** Cette question a été mieux réussie que la précédente. Le jury a porté une attention particulière à l'explication des approximations faites, seule garantie d'avoir la totalité des points. Voici une proposition de démonstration :

La définition de la différence de chemin optique s'écrit :  $\delta(M) = S_2M - S_1M$

À l'aide de la géométrie euclidienne on peut exprimer les distances  $S_2M$  et  $S_1M$  à partir des coordonnées cartésiennes des points :  $M(x, y, z = 0)$  ;  $S_2(-\frac{a}{2}, 0, -D)$  ;  $S_1(\frac{a}{2}, 0, -D)$ .

$$S_2M = \sqrt{\left(x - \left(-\frac{a}{2}\right)\right)^2 + (y - 0)^2 + (0 - (-D))^2} = \sqrt{\left(x + \frac{a}{2}\right)^2 + y^2 + D^2}$$

$$S_1M = \sqrt{\left(x - \left(\frac{a}{2}\right)\right)^2 + (y - 0)^2 + (0 - (-D))^2} = \sqrt{\left(x - \frac{a}{2}\right)^2 + y^2 + D^2}$$

Comme  $D \gg a, D \gg |x|$  et  $D \gg |y|$  alors en mettant D en facteur il vient :

$$S_2M = D\sqrt{\frac{(x+\frac{a}{2})^2+y^2}{D^2} + 1} = D(1 + \varepsilon_2)^{1/2} \text{ avec } \varepsilon_2 \ll 1$$

$$S_1M = D\sqrt{\frac{(x-\frac{a}{2})^2+y^2}{D^2} + 1} = D(1 + \varepsilon_1)^{1/2} \text{ avec } \varepsilon_1 \ll 1$$

À partir d'un développement limité à l'ordre 1 on peut approximer ces expressions :

$$S_2M = D\left(1 + \frac{1}{2}\varepsilon_2\right)$$

$$S_1M = D\left(1 + \frac{1}{2}\varepsilon_1\right)$$

Par conséquent  $\delta(M) = \frac{D}{2}(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)$  avec  $\varepsilon_2 - \varepsilon_1 = \frac{(x+\frac{a}{2})^2 - (x-\frac{a}{2})^2}{D^2} = \frac{2ax}{D^2}$

Soit  $\delta(M) = \frac{ax}{D}$

La méthode géométrique qui explicite correctement les approximations faites est comptée juste.

**Q6.a)** Les similitudes (franges d'interférence rectilignes) et les différences (figure de diffraction de forme différente) ont été bien identifiées par les candidats.

**Q6.b)** La première partie de la question n'a posé aucune difficulté aux candidats (ne pas regarder le faisceau en direct et prendre garde aux réflexions parasites). La couleur du laser proposée est souvent le rouge alors que la longueur d'onde ( $\lambda = 532nm$ ) faisait référence à la couleur verte. La signification de l'acronyme LASER a donné lieu à de nombreuses propositions originales mais souvent éloignées de la réalité.

LASER acronyme de l'anglais : Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. En français : amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement.

**Q6.c)** Le jury attend un minimum de détails concernant les compétences travaillées.

Tâches	Compétences
1 : Question préliminaire	Analyser/raisonner : choisir une loi pertinente
2 : Élaboration d'un protocole	S'approprier : représenter la situation par un schéma Analyser/raisonner : planifier des tâches ; élaborer le protocole Communiquer : présenter la démarche de manière argumenter, synthétique et cohérente ; utiliser un vocabulaire adapté
3 : Mise en œuvre du protocole	Réaliser : Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité ; effectuer un calcul
4 : Exploitation des résultats obtenus	Valider : Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer à une valeur de référence ; confronter un modèle à des résultats expérimentaux

**Q7.a)** La question concerne le document réponse DR1 cependant il est demandé de ne traiter que le deuxième tâche (élaboration d'un protocole). Beaucoup de candidats commentent toute la copie traduisant **une lecture partielle de la question posée**.

### Annotations possibles :

Compléter le schéma : reporter les grandeurs pertinentes a et D.

Étape 1 : Prendre garde à bien aligner les trois dispositifs.

Étape 2 : Les deux fentes doivent être éclairées de façon identique.

Étape 3 : Faire une mesure précise des positions des fentes et de l'écran en prenant en compte la précision du banc d'optique. De même pour la mesure de l'interfrange, préciser l'instrument de mesure utilisé (graduation du papier millimétré) et sa précision.

Étape 4 : Le calcul de la longueur doit comporter aussi celui de son incertitude.

Dessin de la figure observée à l'écran : nommer les taches de diffraction (principale et secondaires) ainsi que les franges d'interférence.

**Q7.b)** Toutes les informations utiles sont regroupées dans l'annexe 2.B dans les paragraphes nommés « liste du matériel disponible » et « données utiles sur les incertitudes », ce que trop peu de candidats ont exploité.

- Mesure de D effectuée à l'aide du banc d'optique de graduation 0,5 mm.

Il faut effectuer deux mesures de positions pour obtenir D (position des fentes et de l'écran) soit :

$$u(D) = \sqrt{2} * \frac{0,5}{6} = 0,1 \text{ mm en ne gardant qu'un seul chiffre significatif.}$$

- Mesure de i réalisée à l'aide du papier millimétré de précision 1mm.

Il faut effectuer deux mesures de positions pour obtenir i (repérage des deux franges successives de même nature) soit :  $u(i) = \sqrt{2} * \frac{1}{6} = 0,2 \text{ mm}$  en ne gardant qu'un seul chiffre significatif.

Remarque : si les candidats oublient de prendre en compte la racine de 2 dans le calcul, cela n'affectera pas les ordres de grandeurs obtenus et donc l'adéquation avec les valeurs utilisées pour les simulations de l'annexe 2.D (plus précisément la simulation 1).

**Q7.c)** Comme à la question précédente, on utilise des données sur les incertitudes de l'annexe 2.B.

L'incertitude-type sur  $\lambda = \frac{ax \cdot i}{D}$  s'écrit :  $u(\lambda) = \lambda \sqrt{\left(\frac{u(a)}{a}\right)^2 + \left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$

L'application numérique donne :  $u(\lambda) = 533 \cdot \sqrt{\left(\frac{10}{200}\right)^2 + \left(\frac{0,2}{4}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{1500}\right)^2} = 38 \text{ nm}$

Remarque : en accord avec les résultats de la simulation 1 de l'annexe 2.D

**Q7.d) Les candidats doivent être vigilants sur le nombre de chiffres significatifs à afficher dans l'écriture du résultat.** Pour l'incertitude, se limiter à 2 chiffres au maximum et pour le résultat, le dernier chiffre doit correspondre à celui de l'incertitude. Le résultat de la mesure s'écrit alors :  $\lambda = 533 \pm 38 \text{ nm} = (53 \pm 4) \times 10 \text{ nm}$

Encore une fois, la comparaison mobilisait les données sur les incertitudes de l'annexe 2.B.

La comparaison d'une mesure  $\lambda_{mes} = 533 \text{ nm}$  à une valeur de référence  $\lambda_{ref} = 532 \text{ nm}$  s'effectue en utilisant le quotient  $\frac{|\lambda_{mes} - \lambda_{ref}|}{u(\lambda)}$  où  $u(\lambda)$  est l'incertitude-type associée au résultat. L'application

numérique donne :  $\frac{533-532}{38} = 0,026$ . Cette valeur étant inférieure à 2, la mesure et la valeur de référence sont compatibles.

Toute conclusion cohérente est acceptée sans que le « inférieur à 2 » soit exigée.

**Q8.a)** Une confusion avec le fait de répéter plusieurs fois la mesure de l'interfrange entre deux franges successives s'est retrouvée dans de nombreuses copies.

Il s'agissait de mesurer une distance  $L$  comprenant  $N$  interfranges  $i$ .

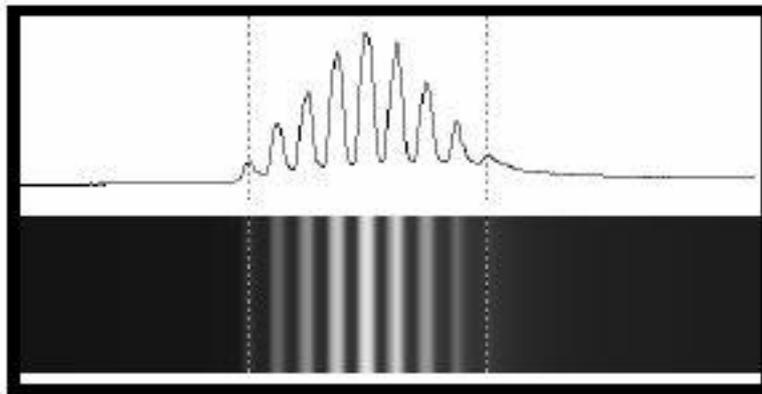
Par conséquent :  $L = N \cdot i$  et en utilisant des données sur les incertitudes de l'annexe 2.B.  $u(L) = N \cdot u(i)$  qui a la même valeur que l'incertitude sur  $i$  calculé à la question Q7.b).

Ainsi  $u(i) = \frac{u(L)}{N}$  et on minimise l'incertitude sur la mesure.

**Q8.b)** Peu de candidats ont pensé à exploiter le document réponse DR1. On dénombre  $N=10$  interfranges dans la tache centrale de diffraction. L'application numérique donne :  $u(i) = \frac{0,2}{10} = 0,02 \text{ mm}$ .

Remarque : en accord avec les résultats de la simulation 2 de l'annexe 2.D

**Q8.c)** Proposition de profil d'intensité pour la tache centrale de diffraction :



Des curseurs verticaux (en pointillés) permettent une mesure de la distance entre les pics d'intensité correspondant aux franges constructives.

La position de ces curseurs peut être précise au dixième de millimètre près (0,1mm) ce qui permet de minimiser d'un facteur 10 l'incertitude sur la mesure de  $i$  soit  $u(i) = 0,002 \text{ mm}$ .

Remarque : en accord avec les résultats de la simulation 3 de l'annexe 2.D

**Q9.a)** Le nom de la méthode est présente sur peu de copies. Il s'agit de la méthode de Monte-Carlo qui consiste à simuler numériquement la répétition de l'expérience. L'écart-type de l'ensemble des valeurs obtenues lors de ces répétitions fournit l'incertitude-type recherchée. La méthode de Monte-Carlo est très utile à mettre en œuvre dans le cas d'une propagation d'incertitudes, c'est-à-dire lorsque l'on souhaite déterminer l'incertitude-type sur une grandeur calculée à partir de grandeurs expérimentales, mesurées ou fournies.

**Q9.b)** Beaucoup d'erreurs, sur les unités notamment, concernant ce code.

```

i,u_i = 4*1e-3,0.2*1e-3 #Unité SI (en m)
D, u_D = 150*1e-2,0.1*1e-3 #Unité SI (en m)
return i*a/D*1e9 #Conversion en nm
i_sim=alea(i,u_i,N)
a_sim=alea(a,u_a,N)
D_sim=alea(D,u_D,N)

```

**Q9.c)** Question très peu traitée par les candidats qui portait sur l'étude des simulations de l'annexe 2.D.

Simulation 1 : méthode 1 de l'élève

Simulation 2 : méthode 2 (Q8.a))

Simulation 3 : méthode 3 (Q8.c))

L'augmentation du nombre de franges à prendre en compte pour la détermination de l'interfrange fait chuter l'incertitude-type de la longueur d'onde (quasiment de moitié).

Par contre l'utilisation d'un capteur optique, bien qu'ayant un impact sur la précision de la mesure de  $i$ , n'a pas d'effet sur celle de la longueur d'onde. Ceci s'explique par le poids de l'incertitude type relative de chaque variable dont dépend la longueur d'onde.

Pour les différentes simulations les incertitudes types relatives des trois variables  $i$ ,  $a$  et  $D$  vérifient :

$$\text{Simulation 1 : } \frac{u(i)}{i} = \frac{0,2}{4} = 0,5 ; \frac{u(a)}{a} = \frac{10}{200} = 0,05 ; \frac{u(D)}{D} = \frac{0,1}{1500} = 0,00007$$

$$\text{Simulation 2 : } \frac{u(i)}{i} = \frac{0,02}{4} = 0,05 ; \frac{u(a)}{a} = 0,05 ; \frac{u(D)}{D} = 0,00007$$

$$\text{Simulation 3 : } \frac{u(i)}{i} = \frac{0,002}{4} = 0,005 ; \frac{u(a)}{a} = 0,05 ; \frac{u(D)}{D} = 0,00007$$

On remarque pour la simulation 3 c'est l'incertitude sur  $a$  qui limite la précision.

**Q9.d)** Question très peu traitée par les candidats qui portait sur l'étude des simulations de l'annexe 2.D.

L'augmentation de la précision de l'interfente «  $a$  » fait chuter l'incertitude-type de la longueur d'onde (quasiment de moitié) pour la méthode 1 : comparaison simulation 1 et 4.

L'augmentation de la précision sur la détermination de  $i$  (méthode 2) combinée à l'augmentation de la précision de l'interfente «  $a$  » fait chuter l'incertitude-type de la longueur d'onde (quasiment d'un facteur 10) : comparaison simulation 1 et 5.

L'utilisation d'un capteur optique a un léger effet sur l'incertitude-type de la longueur d'onde (on gagne 1 nm de précision) : comparaison simulation 5 et 6.

En conclusion, pour avoir la meilleure précision de la détermination de la longueur d'onde, il faut adapter le protocole expérimental en adoptant la méthode 2 pour déterminer l'interfrange et choisir le jeu de fentes de Young le plus précis. Cependant, l'utilisation d'un capteur optique n'augmentera pas dans ce cas la précision de la détermination de la longueur d'onde.

**Q10.** Le jury attire l'attention des candidats sur le fait de bien respecter les consignes données dans l'élaboration de la séquence pédagogique. On attend ici la réalisation de trois séances dont l'une

contient une évaluation formative sous la forme d'un QCM. Ce dernier doit être réalisé de façon détaillée et le choix des réponses multiples ne doit pas se limiter à deux propositions.

**Q11.** De nombreux candidats font une lecture partielle de la consigne, proposant une modification d'activité mais sans tenir compte de l'hétérogénéité du groupe décrite dans la question. Le jury attendait une modification permettant davantage de progressivité dans l'activité afin d'aider les élèves en difficulté et des questions supplémentaires pour les élèves les plus rapides.

Propositions de modification de l'activité pour permettre davantage de progressivité :

- dans la question 2, proposer aux élèves de commencer par écrire l'équation de la combustion du propane puis identifier oxydant/réducteur dans cette transformation.
- demander d'écrire les équations de réaction pour les autres alcanes proposés (méthane et butane) pour vérifier les acquis.
- demander ensuite l'équation de la réaction pour l'éthanol (et éventuellement un autre alcool non proposé ici pour vérifier les acquis)
- demander l'équation de réaction pour la stéarine

Propositions de modification concernant l'organisation du travail des élèves :

- constituer des groupes d'élèves hétérogènes pour faciliter l'entraide
- proposer un travail de recherche rapide sur un métier / une question en lien avec le sujet que les élèves les plus rapides pourront présenter à leurs camarades en fin d'heure - proposer aux élèves de construire une carte mentale / un bilan des notions à connaître

**Q12.a)** Il était attendu de justifier le signe négatif de l'énergie molaire de la réaction de combustion.

Convention de signe pour les énergies : lorsque le système étudié reçoit de l'énergie, celle-ci est comptée positivement. Lorsque le système perd de l'énergie, celle-ci est comptée négativement. Lors d'une combustion, il y a un dégagement d'énergie thermique donc une perte d'énergie (transformation exothermique) : l'énergie associée à une combustion est donc négative.

**Q12.b)** L'annexe **3.B** indique une méthode de calcul présentée aux élèves de première spécialité : elle permet de trouver la valeur de l'énergie molaire de la réaction de combustion à partir des énergies de liaisons :

$$2E_{C=C} + 3E_{C-C} + 2E_{C-O} + 8E_{C-H} + 15/2 E_{O=O} - (12E_{C=O} + 8E_{O-H}) = - 3,32 \cdot 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

On trouve une valeur négative comme attendu avec la convention de la question précédente.

Plusieurs candidats commettent l'erreur de considérer une liaison simple C-O dans la molécule de dioxyde de carbone.

**Q12.c)** Pour obtenir le pouvoir calorifique massique, il faut diviser l'énergie molaire de combustion (convertie en  $\text{MJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) par la masse molaire du DMF (convertie en  $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) pour obtenir une valeur en  $\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ , unité utilisée dans l'annexe 3.C.

$$M_{\text{DMF}} = 96 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 9,6 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$PC = \frac{3,32}{9,6 \cdot 10^{-2}} = 35 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

En comparant avec les données fournies à l'annexe **3.C**, on constate que la valeur est proche de celle du pouvoir calorifique de l'éthanol.

Ici, il convient de garder 2 chiffres significatifs pour le résultat, compte-tenu des données utiles pour le calcul.

Peu de candidats ont commenté l'écriture des données de l'annexe 3.C qui ne présente pas d'homogénéité en termes de précision des notations : certaines valeurs sont arrondies à l'unité, d'autres au centième, avec un nombre de chiffres significatifs variant de 2 à 4.

**Q13.a)** Cette question théorique nécessite une présentation rapide de la démarche et des hypothèses effectuées : de nombreux candidats juxtaposent des lignes de calcul sans expliciter le lien entre elles.

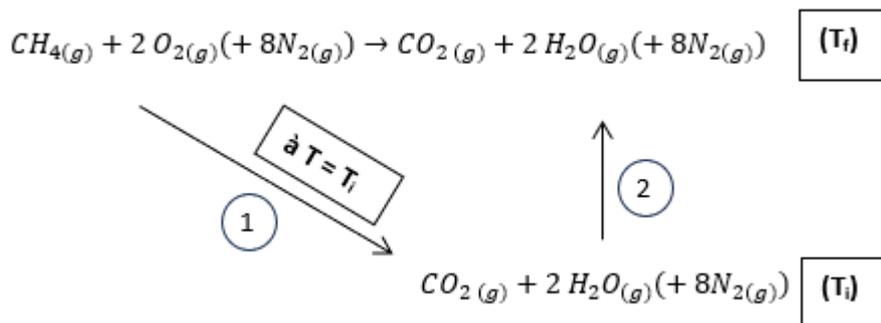
À partir de la définition de l'enthalpie  $H = U + PV$ , on peut écrire :  $dH = dU + PdV + VdP$  D'après le premier principe de la thermodynamique :  $dU = \delta W + \delta Q = -P_{ext}dV + \delta Q$ .

Pour une transformation à pression constante, le milieu extérieur impose sa pression au système donc  $P_{ext} = P$  et on obtient :  $dH = \delta Q_P$  soit une variation d'enthalpie  $\Delta H = Q_P$ .

Si on néglige les échanges énergétiques entre la flamme et l'extérieur, on considère la transformation comme adiabatique et on peut écrire :  $\Delta H = Q_P = 0$ .

**Q13.b)** L'énoncé de la question propose de considérer deux transformations fictives qui permettent de faire aboutir le calcul de la température de flamme pour lequel il ne faut pas oublier de prendre en compte le diazote présent dans l'air.

L'équation de la réaction de combustion du méthane s'écrit :



En considérant le découpage en deux transformations fictives et le passage aux grandeurs de réaction, la variation d'enthalpie s'exprime par :

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$$

$$\Delta H = \int_0^{\xi_{max}} \Delta r H_1^0 \cdot d\xi + \int_{T_i}^{T_f} C_p^0(\xi_{max}) \cdot dT = 0$$

Pour la combustion complète d'une mole de méthane, on aura  $\xi_{max} = 1 \text{ mol}$  et on utilise les capacités thermiques molaires considérées comme indépendantes de la température :

$$\Delta r H_1^0 + C_{p,m}^0(\xi_{max}) \cdot (T_f - T_i) = 0$$

D'après la loi de Hess,  $\Delta_r H_1^0 = \sum_i \nu_i \cdot \Delta_f H_i^0 = -8,03 \cdot 10^2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

De plus :  $C_{P,m}^0(\xi_{max}) = C_{P,m}^0(\text{CO}_2) + 2 C_{P,m}^0(\text{H}_2\text{O}) + 8 C_{P,m}^0(\text{N}_2)$

Donc on obtient :  $T_f = \frac{-\Delta_r H_1^0}{C_{P,m}^0(\text{CO}_2) + 2 C_{P,m}^0(\text{H}_2\text{O}) + 8 C_{P,m}^0(\text{N}_2)} + T_i$

AN :  $T_f = 2533 \text{ K}$

Lorsque le calcul aboutit à une valeur aberrante (température en Kelvin négative par exemple), le candidat est invité à l'indiquer sur sa copie.

**Q13.c)** Les échanges d'énergie entre la flamme et l'atmosphère environnante ne sont en réalité pas négligeables (et se manifestent par l'échauffement près d'une flamme) : cette hypothèse explique l'écart avec la valeur constatée expérimentalement.

**Q14.a)** De nombreux candidats identifient les erreurs de l'élève et font des commentaires pertinents pour annoter la copie sur le document-réponse DR2 :

Question1 : réponse juste

Question2 : réponse fausse. L'élève associe « oxydoréduction » à « espèces chargées » : lors d'une combustion, le dioxygène joue le rôle de l'oxydant et le combustible celui de réducteur. On ne « voit pas » le transfert d'électrons mais il existe.

Question3 : réponse partiellement juste. L'identification du dioxyde de carbone est connue par l'élève. Concernant l'eau, le terme « gouttelettes » ne suffit pas à identifier l'eau, on utilise le test au sulfate de cuivre anhydre.

Question4 : réponse fausse. Le tableau d'avancement se complète avec les quantités de matière des espèces chimiques. La notion de combustion complète permet d'accéder au réactif limitant qui est donc le propane. Il faut respecter la précision des données de l'énoncé et ne pas remplacer 1,00 kg par 1 kg. Il faut ajouter les états physiques des espèces dans l'équation de réaction.

**Q14.b)** L'utilisation du tableau d'avancement est maîtrisée par les candidats mais peu d'entre eux ont justifié l'identification du réactif limitant.

Proposition de correction pour cette question :

Calcul de la quantité de matière initiale de propane :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1,00 \cdot 10^3}{44,0} = 22,7 \text{ mol}$$

Tableau d'avancement :

	$\text{C}_3\text{H}_8 \text{ (g)} + 5 \text{ O}_2 \text{ (g)} \rightarrow 3 \text{ CO}_2 \text{ (g)} + 4 \text{ H}_2\text{O} \text{ (l)}$			
État initial	22,7	excès	0	0
État final	$22,7 - x_f$		$3 x_f$	$4 x_f$

La combustion est totale donc le propane est le réactif limitant et  $x_f = x_{max}$

On peut donc écrire que  $22,7 - x_{max} = 0$

Donc  $x_{\max} = 22,7 \text{ mol}$ .

On obtient à l'état final :

$n(\text{CO}_2)_f = 68,2 \text{ mol}$  soit une masse  $m(\text{CO}_2)_f = n \times M = 3,00 \times 10^3 \text{ g}$

$n(\text{H}_2\text{O})_f = 90,9 \text{ mol}$  soit une masse  $m(\text{H}_2\text{O})_f = n \times M = 1,64 \times 10^3 \text{ g}$

**Q14.c)** Dans cette question, il est nécessaire de s'appuyer sur la description de la partie de programme étudiée concernant les combustions et sur les exigibles attendus. Cela permet au candidat de cibler les questions à ajouter afin de compléter l'évaluation du DR2.

Proposition de questions à ajouter pour évaluer l'ensemble de la partie de programme : Question5)

Calculer l'énergie molaire de la réaction de combustion du propane. (DOC à ajouter : énergies molaires de liaisons)

Question6) À l'aide des connaissances, citer un autre combustible que celui de l'exercice et pour celui-ci, un exemple d'utilisation et les risques associés.

Question7) Écrire l'équation de la réaction de combustion complète du bioéthanol. (DOC à ajouter : présentation du bioéthanol comme carburant)

Question8) Expliquer en quoi l'utilisation de ce carburant peut s'inscrire dans une perspective de développement durable.

**Q15.** Le sujet propose d'aborder la fin de la partie sur les combustions par un travail sur l'oral. Le temps consacré à ce travail étant court en classe et à la maison et afin d'avoir une grande variété de domaines traités, il est suggéré de poser des questions ciblées en utilisant un seul mot-clé de l'annexe **3.E**. Toutefois, la formulation d'une question ciblée a entraîné pour certains candidats des erreurs de formulation avec des questions du type « quel est LE lien entre LA combustion et L'impact environnemental »

Cependant, l'objectif étant essentiellement l'entraînement à la prise de parole, la formulation sous forme de « problématique » n'était pas nécessairement attendue.

Exemples : - Comment une chaudière défectueuse peut-elle provoquer une intoxication au monoxyde de carbone ? - Quelle est l'origine principale des pluies acides ? - Comment les combustions permettent-elles une production d'électricité ? - En quoi le dihydrogène représente-t-il un combustible « nouvelle génération » ? - Comment le biogaz permet-il de valoriser les déchets organiques ?...

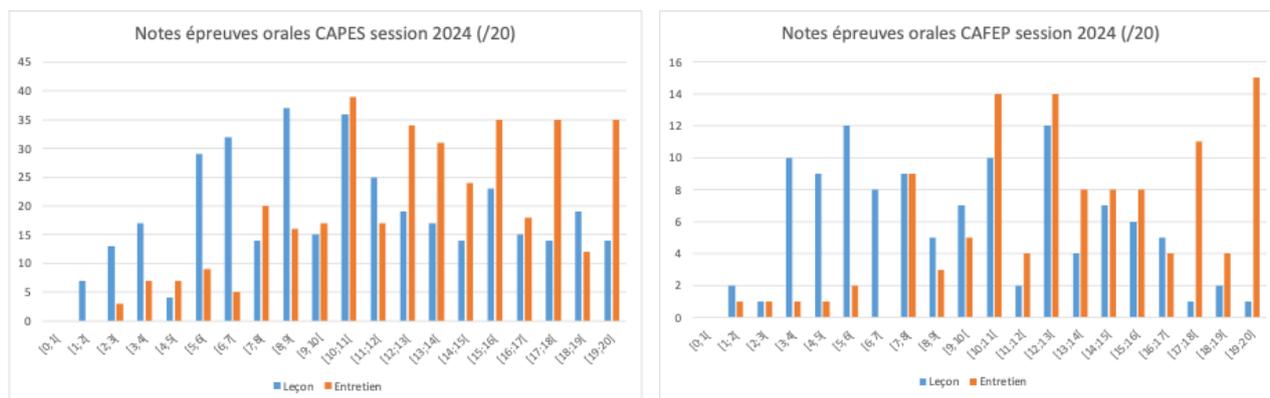
**Q16.** Le jury attire l'attention des candidats sur le fait de bien respecter les consignes données dans l'élaboration de la séquence pédagogique. On attend ici de rédiger la trace écrite à destination des élèves, éventuellement sous forme de carte mentale. Cette dernière possibilité devait permettre aux candidats pris par le temps de montrer l'intégration de l'ensemble des capacités exigibles de la partie étudiée à ce type de support.

## 5. Résultats et rapports des deux épreuves orales

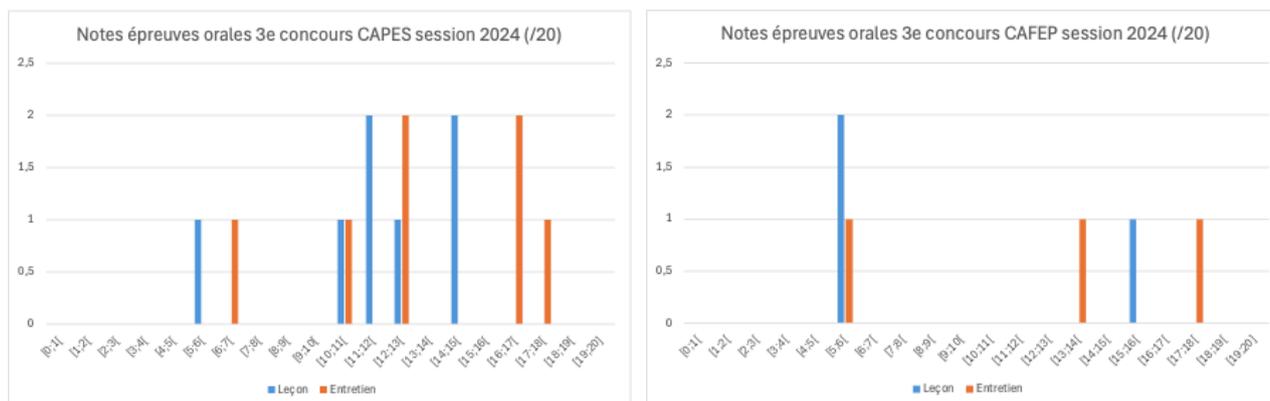
### 5.1. Statistiques des épreuves orales d'admission

Les résultats des épreuves d'admission sont reportés dans les figures 4 et 5 respectivement pour le CAPES et le CAFEP, et les 3<sup>èmes</sup> concours ainsi que le tableau 5. Compte-tenu du faible nombre de candidats aux 3<sup>èmes</sup> concours, ces mêmes statistiques ne sont pas toutes reportées dans le

rapport. En revanche, le jury souligne que les remarques, conseils et recommandations valent pour l'ensemble des candidats des quatre concours.



**Figure 4 :** histogrammes des notes obtenues aux deux épreuves orales pour le CAPES (à gauche) et CAFEP (à droite). La répartition des notes de l'épreuve de leçon est figurée en bleu, celle des notes de l'épreuve d'entretien en orange.



**Figure 5 :** histogrammes des notes obtenues aux deux épreuves orales pour les 3<sup>e</sup> concours du CAPES (à gauche) et du CAFEP (à droite). La répartition des notes de l'épreuve de leçon est figurée en bleu, celle des notes de l'épreuve d'entretien en orange.

**Tableau 5 :** résultats obtenus aux épreuves orales

	CAPES		CAFEP		3 <sup>ème</sup> concours public		3 <sup>ème</sup> concours privé	
	L <sup>b</sup>	E <sup>c</sup>	L <sup>b</sup>	E <sup>c</sup>	L <sup>b</sup>	E <sup>c</sup>	L <sup>b</sup>	E <sup>c</sup>
<b>Note minimale (/20)</b>	1	2	1	0	5	6	5	5
<b>Note maximale (/20)</b>	20	20	19	20	14	17	15	17
<b>Moyenne<sup>a</sup> (/20)</b>	10,1	12,6	10,1	12,6	11,0	12,7	8,3	11,7
<b>Écart-type</b>	4,9	4,4	4,9	4,4	3,1	3,9	5,8	6,1

<sup>a</sup> L'indicateur « moyenne » désigne la moyenne arithmétique pondérée calculée par candidat. <sup>b</sup> Épreuve de leçon. <sup>c</sup> Épreuve d'entretien.

## 5.2. Rapport sur l'épreuve de leçon

Enseigner au niveau du collège ou du lycée nécessite absolument une maîtrise des savoirs et savoir-faire afférents à un niveau supérieur. Si les leçons proposées relèvent des programmes des voies et filières de lycée, une prise de hauteur de niveau post-bac est absolument nécessaire.

Le jury recommande fortement aux candidats de s'appropriier les outils numériques à présent bien installés dans les programmes de lycée : mise en œuvre de microcontrôleurs et connaissances de bases du langage de programmation Python.

### Lors de la préparation le jour de la leçon

- Le jury conseille aux candidats de consacrer un temps suffisant pour relire le préambule général du programme officiel du niveau de la leçon à présenter, relire la partie du programme sur laquelle porte la leçon, identifier les concepts mis en jeu par le sujet et la manière dont ils s'articulent avec les autres éléments du programme. Le jury souligne ainsi l'importance de l'intitulé et du niveau de classe imposés pour éviter tout hors sujet. Il convient pour le candidat de distinguer la signification précise des verbes d'action : par exemple, la formulation « tester une loi » ne doit pas être confondue avec « utiliser une loi ».
- Les manuels scolaires peuvent être une source d'inspiration. Cependant, il est fondamental de prendre de recul pour s'approprier avec esprit critique les manipulations ou les activités qui y sont proposées. En outre, il est préférable de ne pas restreindre les consultations à un seul ouvrage et de se référer aussi à des ouvrages de l'enseignement supérieur. Pour certaines séries technologiques, des ressources numériques sont mises à la disposition des candidats, comme celles disponibles à l'adresse <https://spcl.ac-montpellier.fr/moodle/> pour la filière STL-SPCL.

### Lors de la présentation

- Le jury valorise l'identification claire des objectifs d'enseignement ainsi que des prérequis, en lien étroit avec les programmes officiels.
- La connaissance des champs de compétences (APP / RÉA / ANA-RAI / VAL / COM) de la démarche scientifique et d'exemples d'items d'évaluation associés est nécessaire. Cependant, il ne s'agit pas uniquement de les citer, mais de relier ces champs et leurs items identifiés aux différentes tâches proposées dans la leçon.
- Lorsqu'une évaluation par compétences est prévue par le candidat, il est attendu du candidat qu'il explicite *a minima* les niveaux de maîtrise visés et les indicateurs de réussite associés.
- Les problématiques d'organisation et de gestion du travail des élèves doivent être abordées sans pour autant occuper l'essentiel de la présentation. Le jury valorise les candidats qui décrivent clairement et de manière concise les tâches dévolues aux élèves, identifient les difficultés de mise en œuvre pédagogiques susceptibles d'être rencontrées, identifient les écueils / obstacles didactiques, identifient d'éventuelles préconceptions erronées chez les élèves et proposent des pistes concrètes de remédiation. Dans ce cadre, une réflexion sur la différenciation ou l'accompagnement des élèves à besoins éducatifs particuliers est également attendue lorsque cela est pertinent.
- Les contextualisations en lien avec la vie quotidienne, l'actualité scientifique, l'histoire des sciences ou le choix d'orientation des élèves, sont valorisées. Ces contextualisations gagnent à s'inscrire dans un thème en lien avec la filière précisée par le sujet et méritent encore d'être plus

authentiques, concises et mieux adaptées aux objectifs visés par le candidat lors de sa présentation.

- La préparation d'un support visuel peut aider le candidat à structurer son exposé. Certaines présentations fluides et dynamiques, s'achevant par une conclusion proposant un retour sur la consigne du sujet ont été particulièrement remarquées et valorisées. Elles témoignent ainsi du recul du candidat sur l'architecture globale de sa leçon.
- Les écrits doivent être soignés ; une attention particulière doit être accordée à l'orthographe. Les sources nécessitent d'être citées lorsqu'un document est vidéoprojeté.
- Les modalités d'utilisation du tableau sont voisines de celles du contexte de la classe : calculs menés de façon explicite depuis l'expression littérale jusqu'à l'application numérique. L'utilisation de la calculatrice est fortement déconseillée lorsque ce n'est pas indispensable.
- Une véritable maîtrise de la syntaxe et l'utilisation d'un vocabulaire précis et rigoureux sont attendues. Il convient ainsi de ne laisser aucun doute sur la compréhension des phénomènes physiques ou chimiques, ou sur l'interprétation des grandeurs manipulées. Le jury encourage également le candidat à faire l'usage de notations correctes (vecteur ou scalaire,  $\Delta$  ou  $\delta$  ou  $d$  ou  $\partial$ , ...) et à vérifier la pertinence des relations introduites au cours de la présentation par vérification de l'homogénéité ainsi que l'influence qualitative des différents paramètres.
- Le candidat doit veiller à conserver en toutes circonstances un niveau de langue et une posture adaptés à la fonction de professeur. Ainsi, bien qu'il ne convienne pas de s'adresser aux membres du jury comme s'ils étaient des élèves, le candidat doit se positionner comme un enseignant.
- Une présentation trop courte n'est pas toujours signe d'une maîtrise insuffisante du sujet mais elle révèle souvent une prise en compte incomplète des consignes ou une exploitation trop partielle des contenus proposés. Le jury recommande aux candidats d'utiliser la quasi-totalité du temps imparti pour répondre à l'ensemble des attendus et présenter de façon suffisamment approfondie les différents aspects de leur réflexion.

#### Lors de l'entretien

- Le jury rappelle qu'il n'a pas vocation à répondre aux interrogations du candidat pour valider un choix ou la pertinence d'une réponse et engage ce dernier à écouter attentivement les questions afin de construire un véritable temps d'échange.
- Le candidat doit avoir à l'esprit que les questions du jury visent entre autres à éclaircir certains passages de sa présentation. C'est un nouveau moment qui est offert au candidat pour affirmer sa maîtrise des savoirs et savoir-faire, pour utiliser un vocabulaire précis et rigoureux, pour justifier ses choix scientifiques, didactiques et pédagogiques et pour valoriser ainsi sa démarche réflexive autour du sujet proposé.

#### **Conseils aux futurs candidats pour le traitement de la question courte et l'échange avec le jury**

La thématique de la question courte et son contexte sont présentés sur la première page du sujet, ainsi que les consignes qui s'adressent aux candidats. Il s'agit de s'approprier ces consignes, présentant parfois deux tâches distinctes, dans un temps raisonnable. Le candidat est invité ensuite à prendre le temps d'une première lecture du sujet présenté sur une seconde page en lien avec les consignes de la première page.

Le candidat expose ensuite les réponses aux questions posées de façon argumentée et structurée, le jury devant s'assurer à la fois de la bonne maîtrise des concepts disciplinaires s'y rattachant et

des capacités de réflexion et d'analyse du candidat. Lorsqu'il y a lieu, le candidat est encouragé à prendre le temps d'effectuer les applications numériques soigneusement, et de les exprimer avec un nombre de chiffres qui soit significatif, en précisant bien l'unité.

L'épreuve ne se limite aucunement à un écrit au tableau ; aussi, le jury s'autorise à intervenir à tout moment au cours de cette partie de l'épreuve, pour demander des précisions sur les réponses formulées par le candidat ou pour élargir le champ du questionnement.

Selon la nature de la question courte, le candidat doit adapter son mode d'expression écrite et orale et adopter des réflexes didactiques et pédagogiques semblables à ceux qu'il proposerait dans le contexte d'une séance de cours. Aussi, l'absence d'un temps de préparation pour cette épreuve n'autorise pas le candidat à prendre des raccourcis pour fournir des réponses non argumentées.

Enfin, si le temps le lui permet, le candidat peut porter un regard critique sur l'activité proposée quelle qu'en soit la nature, émettre quelques commentaires à la fois sur la forme et le contenu. Toute proposition pertinente de prolongement de l'activité ou d'éventuelles pistes de remédiation et différenciation pédagogique est valorisée.

### **Conseils spécifiques aux futurs candidats pour la mise en œuvre d'expériences**

#### Remarques générales

Comme indiqué dans la description de l'épreuve de leçon, le jury insiste sur le respect des conditions de sécurité lors de la mise en œuvre d'expériences. Le candidat justifie ses choix et met en œuvre des expériences de manière authentique, dans le respect des conditions de sécurité ; il propose une exploitation pédagogique approfondie pour les classes de collège ou de lycée en se conformant à l'intitulé de la leçon. Les tâches dévolues aux élèves, les difficultés susceptibles d'être rencontrées et les apports théoriques attendus doivent être clairement explicités.

Les expériences qui sont présentées doivent s'insérer dans une démarche scientifique construite, prenant en compte les préconceptions éventuelles des élèves, et ne pas se limiter à un aspect purement illustratif. Une réflexion quant au choix et à la place de chacune de ces expériences dans la présentation est indispensable. Le candidat doit être en mesure d'argumenter ses choix, et, à l'instar de ce qu'il pourrait proposer en classe, décrire le dispositif, mettre en œuvre l'expérience et l'exploiter de manière complète et rigoureuse avant confrontation au modèle. Autrement dit, la présentation ne peut pas se réduire à une suite d'expériences décorrélées d'un contexte d'enseignement.

Comme indiqué dans l'arrêté du 25 janvier 2021, il est attendu la réalisation et l'exploitation complète **d'au moins une expérience quantitative**, et **une au moins doit mobiliser l'outil numérique pour l'acquisition ou le traitement de données**. Le jury attire néanmoins l'attention des candidats sur le fait que les simulations ne permettent pas la confrontation entre réel et modèle, inhérente à la démarche scientifique.

Pour aider les candidats, l'ensemble des notices techniques est à leur disposition. Le jury invite les candidats à se familiariser avec les principes physiques mis en jeu dans un capteur donné et utilisé pendant la leçon.

L'utilisation d'un logiciel d'acquisition est courante, il est important que le candidat choisisse correctement et justifie les paramètres d'acquisition (nombre de points, durée d'acquisition, fréquence d'échantillonnage, échelles, etc.).

Lors de la présentation, il est attendu que le candidat puisse reproduire quelques mesures devant le jury. Ce dernier rappelle, cette année encore, qu'une différence claire doit être faite entre les résultats attendus d'une part et les résultats obtenus d'autre part ; en effet, l'analyse des écarts est indispensable pour rendre compte de la manière dont les savoirs scientifiques se construisent. Ceci participe également du développement de l'esprit critique chez les élèves.

Un regard critique doit être porté sur les valeurs numériques obtenues et exprimées avec un nombre de chiffres qui soit significatif. Afin de donner un meilleur impact à la contextualisation envisagée, il convient donc d'avoir en tête des ordres de grandeurs des grandeurs mesurées (puissances d'appareils électriques, vitesses caractéristiques, etc.)

Le jury attend dès que possible une réflexion cohérente sur la thématique « mesure et incertitudes » en référence aux préconisations des programmes officiels et des ressources associées. Il rappelle ainsi qu'un calcul d'écart relatif n'est plus la démarche préconisée par les nouveaux programmes de physique-chimie de lycée. Des confusions entre les termes « écarts relatifs » et « écarts-type » sont d'ailleurs relevées. Les candidats doivent être capables d'identifier puis de mettre en œuvre le type d'évaluation la plus adaptée aux mesures réalisées. Le calcul d'un Z-score est aussi attendu.

Le jury valorise les candidats qui intègrent le langage de programmation Python ou encore l'usage de microcontrôleurs. En revanche, cet exercice requiert d'être maîtrisé. Sur ces thèmes comme sur les autres, une préparation rigoureuse en amont des épreuves orales est incontournable.

### Sécurité et environnement

- Une attention particulière est attendue quant au respect des consignes de sécurité, s'appuyant sur les phrases de risques associées aux pictogrammes et sur l'analyse des fiches de sécurité, que ce soit pour les appareils, les instruments ou pour l'utilisation des substances chimiques nécessitant des précautions particulières. En particulier, l'utilisation de solvants ou réactifs classés CMR doit être évitée au maximum et les éléments de verrerie contenant ces solvants doivent être fermés hermétiquement.
- Ainsi si des candidats explicitent clairement les précautions à observer avant de manipuler un laser, ils évitent ainsi de diriger le faisceau vers des personnes, mais certains oublient qu'il faut aussi tenir compte des réflexions du faisceau lumineux sur les différents obstacles (miroirs, support de fentes, etc.) et qui constituent également un risque.
- De même, le bon usage des équipements de protection individuelle (EPI) doit être raisonné. Ainsi, l'utilisation de certains équipements de protection tels que les gants, doit être réfléchi et justifiable, et prendre en compte les risques associés à leur utilisation (porosité, contact avec des sources de chaleur...). En outre, il n'est pas judicieux de les conserver pendant certaines phases de la présentation telles que l'utilisation d'un ordinateur ou la notation d'informations au tableau.
- Il est attendu du futur professeur de former les élèves au respect de ces consignes de sécurité. Il convient donc, pour le candidat, d'adopter une attitude exemplaire en gardant la blouse fermée, en portant correctement les lunettes de protection ou en évitant de s'asseoir ou s'accroupir pour manipuler.

- Enfin, la problématique de la gestion des déchets inhérents à la manipulation doit également être pleinement intégrée et faire l'objet d'une réflexion du candidat en amont de la présentation.

### Numérique

- Le cahier des charges de l'épreuve indique qu'une au moins des expériences doit mobiliser l'outil numérique pour l'acquisition ou le traitement de données. Néanmoins, l'usage d'une feuille de calcul dans un logiciel tableur dans le seul but d'effectuer une opération mathématique réalisable avec une simple calculatrice ne constitue pas réellement un traitement de données.
- Les exploitations pédagogiques ne valorisent pas toujours l'utilisation du langage de programmation Python, pourtant explicitement formulée dans les programmes. Les candidats recourent parfois à des méthodes d'exploitation traditionnelles, là où Python offrirait une vraie plus-value. *A contrario*, il est regrettable de constater l'utilisation de programmation Python sans mettre en avant son avantage (ou son inconvénient) par rapport à des traitements standards. Les candidats doivent donc s'interroger sur la pertinence de l'utilisation d'un langage de programmation.

### Histoire des sciences

Le jury encourage le recours à l'histoire des sciences pour introduire ou illustrer une leçon, mais regrette que le candidat se limite à citer une expérience historique sans préciser en quoi elle fut déterminante pour l'avancée des connaissances scientifiques. De plus, le jury félicite particulièrement les candidats qui font preuve d'une culture historique scientifique solide et riche.

### Modélisation

Le jury rappelle aux candidats que l'activité de modélisation est au cœur de la discipline physique-chimie. Les allers-retours entre monde des modèles/théories et monde des objets gagnent à être explicités par les candidats au cours de la leçon car ils sont souvent source de difficultés pour les élèves, difficultés dont un futur enseignant doit avoir *a minima* conscience.

En particulier lorsque le titre de la leçon fait référence à un modèle, il convient de s'interroger sur la mise en regard du modèle avec le réel (lunette astronomique, appareil photographique,...). Les conditions simplificatrices qui permettent d'utiliser le modèle doivent être explicitées, les limites du modèle doivent également être discutées.

## **Remarques spécifiques pour l'épreuve de leçon à dominante physique**

### Thermodynamique

- Il est indispensable qu'une définition claire du système étudié soit donnée avant tout bilan d'énergie ou d'enthalpie.
- Le jury attend que le ou la candidate sache appliquer le premier principe de la thermodynamique pour le système thermodynamique considéré et utiliser convenablement les termes : transferts thermiques, température, énergie ou encore puissance thermique.

### Optique

- Une méconnaissance des bonnes pratiques expérimentales concernant la formation des images ou des instruments d'optique courants tels que la lunette astronomique, le microscope, l'appareil photographique a pénalisé certains candidats. Les conditions de Gauss sont rarement citées.

Les termes stigmatisme ou aplanétisme méritent d'être également une attention particulière de la part des candidats. Le rôle de la diffraction qui limite la résolution des instruments d'optique doit également être mieux maîtrisé.

- Il paraît raisonnable qu'un candidat fasse *a minima* une construction explicite et soignée utilisant des rayons lumineux dans le cadre d'une leçon en lien avec la formation des images.
- Le candidat doit être en mesure de distinguer les phénomènes physiques mis en jeu dans l'utilisation d'un prisme ou d'un réseau et d'utiliser les termes de dispersion, réfraction et diffraction avec discernement.
- Pour une leçon où le concept de spectres d'émission est abordé, il est indispensable de connaître la nature de la « lumière blanche ».

### Mécanique newtonienne

Le candidat est invité à modéliser les situations physiques (chute libre, chute dans un fluide visqueux, pendule simple, etc.) en y faisant figurer le repère d'espace utilisé muni de vecteurs unitaires ainsi que chaque action mécanique identifiée qui s'exerce sur le système et modélisée par une force qui sera représentée par un vecteur.

### Électricité

- Il convient de schématiser au tableau les montages électriques mis en œuvre.
- Le jury valorise un montage électrique réalisé pas à pas devant lui, avec un choix pédagogique des couleurs de fils de connexion.
- Une grande vigilance sur les problèmes de masse doit être observée.
- Une réflexion sur les paramètres d'acquisition (échantillonnage, seuil de déclenchement, temps total comparé au temps caractéristique du phénomène physique étudié déterminé à partir des caractéristiques du système physique utilisé par exemple) (permettrait aux candidats d'éviter des déconvenues sur les acquisitions prévues.

### **Remarques spécifiques pour l'épreuve de leçon à dominante chimie**

Il s'agit d'un exposé à caractère expérimental, des manipulations sont donc attendues, dont *a minima* une expérience quantitative. Le jury doit être en mesure d'apprécier la maîtrise des gestes expérimentaux.

Ainsi le candidat veillera à :

- s'organiser pour présenter tout ou partie de certaines manipulations, même si elles ont été réalisées en préparation ;
- s'assurer de la bonne compréhension des différentes étapes de la manipulation et des notions associées ;
- réfléchir sur les quantités utilisées en lien avec la toxicité, la sécurité, le coût des produits.

Par ailleurs, le candidat est responsable de sa manipulation et des actions du personnel technique.

### Choix des expériences, utilisation de la verrerie et des appareils de mesure

- Certains candidats qui ont suivi de manière automatique les protocoles proposés dans un ouvrage sont incapables d'en justifier les différentes étapes ni les choix opérés. Cette pratique risque de pénaliser le candidat qui doit faire preuve d'analyse et d'esprit critique. Le candidat doit être capable de justifier, entre autres, ses choix quant aux prises d'essai (volume et

concentration), aux masses des réactifs introduits, au choix d'un indicateur coloré, d'un éluant pour une chromatographie sur couche mince (CCM), à la transformation chimique effectuée lors d'une synthèse, à la réaction chimique support d'un titrage ou encore à la méthode de suivi lors d'une étude cinétique.

- Il est attendu du candidat d'être capable de justifier le choix de la verrerie utilisée (pipette jaugée ou graduée, burette graduée, fiole jaugée, bécher, erlenmeyer), et d'en connaître le bon usage (ajustage du volume d'une pipette à la descente, lecture d'un volume en burette à l'aide du ménisque et de la bande photophore, fiole pour un volume interne et non externe).
- Les principes de fonctionnement et l'étalonnage des appareils de mesures doivent être maîtrisés et les choix justifiables au regard de l'expérience proposée. Ainsi, une connaissance des différentes électrodes et cellules utilisées en pH-métrie et en conductimétrie est nécessaire et en spectrophotométrie, le principe du spectrophotomètre doit être connu.

### Exploitations des expériences et présentation orale

Le candidat doit veiller à utiliser la terminologie retenue dans les programmes en vigueur pour certains concepts (concentration en masse, concentration en quantité de matière, nombres stœchiométriques, ajuster une équation de réaction) et éviter toute forme d'appropriation à l'oral (« ma burette », « mon bécher », etc.).

### **Conclusion**

Le jury a eu le plaisir d'assister à de bonnes voire très bonnes prestations qui montrent des candidats :

- leur parfaite assimilation des savoirs et savoir-faire disciplinaires ;
- leur capacité à transmettre dans le contexte de l'enseignement en lycée et collège, en utilisant un vocabulaire et une syntaxe précis, rigoureux et adaptés, en utilisant le tableau et l'outil numérique à très bon escient.

*A contrario*, le jury regrette le manque de préparation de certains candidats et constate également chez certains candidats la présence de lacunes importantes relatives à des notions disciplinaires de niveau collège ou lycée. Le jury rappelle que les épreuves de leçon sont publiques, assister à quelques-unes d'entre elles avant ses propres oraux peut être intéressant pour mieux s'imprégner du format de l'épreuve et de l'exigence requise pour réussir efficacement le concours.

## **5.3. Rapport sur l'épreuve d'entretien**

### **Conseils aux futurs candidats**

Pour l'épreuve d'entretien, les candidats doivent fournir en amont de celle-ci une fiche individuelle de renseignements (FIR). Celle-ci n'est pas évaluée en tant que telle ; elle permet au jury de disposer des éléments du parcours du candidat et des expériences qui l'ont amené à se présenter au concours. Elle contient notamment deux encadrés : le premier est relatif à la formation initiale, tandis que le second concerne les formations, stages et expériences diverses. Il s'agit donc d'un document qui sert d'appui à la première partie de l'épreuve d'entretien. Il est particulièrement apprécié que les éventuelles expériences du candidat dans l'enseignement soient mises en valeur. De manière générale, mais plus particulièrement lors de l'épreuve d'entretien, les candidats doivent veiller à leur posture : ils doivent se positionner comme des enseignants agissant en professionnels et représentant l'institution. Certaines attitudes nonchalantes, tenues négligées ou remarques triviales doivent être évitées. Le vocabulaire et les expressions utilisés doivent correspondre à ce qui est

attendu dans un contexte professionnel. Les candidats doivent s'abstenir de commenter la qualité des questions posées par les membres du jury.

L'attention des candidats est attirée sur le fait que, lors des échanges avec le jury, il est préférable de demander à repréciser l'objet de la question posée en cas de doute plutôt que de s'égarer dans une digression. Tout au long de l'entretien, les réponses données gagnent à être concises et argumentées. Le jury pose le cas échéant une question supplémentaire s'il juge nécessaire que le candidat développe tel ou tel point.

Enfin, il est recommandé aux candidats d'acquérir une culture suffisante leur permettant d'échanger avec le jury de façon fluide. Certains sigles et leur signification sont à connaître, même si le jury peut les expliciter en cas de besoin (par exemple : CA, CVL ou CVC, REP+). Les prestations des candidats qui, au cours de l'échange, démontrent par leurs propos une bonne connaissance du fonctionnement d'un établissement scolaire et du système éducatif français sont valorisées.

### **Première partie de l'épreuve : présentation du parcours et échange avec le jury.**

La plupart des candidats ont manifestement préparé cette présentation avec soin. Ils savent y exposer les étapes importantes de leur cursus de formation, en lien avec leurs études de physique-chimie et avec leur expérience éventuelle dans l'enseignement. Peu nombreux sont ceux qui n'utilisent pas les cinq minutes qui leur sont attribuées ; rares sont ceux qui doivent être interrompus à la fin du temps imparti car ils vont le dépasser.

La présentation des candidats demande à être travaillée sans donner l'impression d'être apprise par cœur. Il est recommandé de structurer le propos afin de présenter son parcours tout en le mettant en perspective avec les compétences professionnelles attendues chez les enseignants. La lecture du référentiel des compétences professionnelles et des métiers du professorat et de l'éducation peut constituer une bonne base pour le candidat (BO du 25 juillet 2013). Les motivations personnelles pour le métier sont souvent présentées sans introspection réelle et se résument parfois à un facteur déclenchant : par exemple un enseignant que le candidat aurait eu au cours de sa propre scolarité ou une expérience d'aide à des élèves. Les candidats qui ont fait les meilleures prestations ont porté en amont des épreuves du concours une réflexion pédagogique et didactique de qualité, ce qui leur a permis d'envisager avec beaucoup de maturité leur entrée dans le métier.

Il est inutile de chercher à fournir le maximum d'informations dans les cinq minutes imparties puisque le jury dispose de la fiche individuelle de renseignements dont il peut se servir pour initier l'échange. Le jury a spécialement apprécié les présentations de candidats qui, en ayant renoncé à l'exhaustivité, ont sélectionné avec pertinence leurs travaux de recherche, stages ou engagements associatifs les plus significatifs.

Les déclarations pouvant amener le jury à douter de la franchise du candidat doivent être évitées. Ainsi, le renoncement à un parcours dédié à la recherche, quelle qu'en soit la raison, peut être légitimement assumé. En revanche, le candidat gagne, par exemple, à montrer en quoi son expérience de chercheur peut enrichir la pratique du nouveau métier qu'il choisit. Dans le même registre, certains « accidents » de parcours peuvent être mentionnés s'ils sont susceptibles de permettre au jury de mieux appréhender la motivation réelle pour le métier de professeur de physique-chimie. Sans développement inutile, le candidat peut par exemple mentionner un échec précédent à un concours de recrutement ou évoquer, s'il a une expérience de l'enseignement, des difficultés de gestion de classe en début d'année ; il lui est alors demandé de montrer qu'il est capable d'analyser sa pratique et d'expliquer comment il a surmonté les obstacles. Il est également

souhaitable que les candidats ayant réussi un concours interne au cours de l'année le précisent dans la fiche individuelle de renseignements et l'évoque lors de la présentation.

Des candidats souhaitant démarrer une deuxième carrière ont souvent su expliciter comment ils pourraient transposer à l'enseignement les compétences précédemment construites. Leur attention est attirée sur la nécessité d'analyser cette transposition avec esprit critique : une classe ne se gère pas exactement comme une équipe d'ingénieurs ou d'ouvriers. Enfin, lors de cette présentation et lors de l'entretien de manière générale, il n'est pas attendu de développement spécifique relatif à des informations personnelles qui relèveraient de la sphère privée.

On peut regretter que la place particulière des sciences en général, et de la physique-chimie en particulier, ne soit parfois pas assez présente dans les réflexions des candidats sur la formation des élèves aux valeurs de la République. Les excellents candidats incarnent et portent déjà lors de cette présentation des valeurs et des convictions très fortes et l'échange avec le jury permet de voir leur réflexion quant à la transposition de celles-ci à court terme dans leur pratique d'enseignant et de membre de la communauté éducative au service de la construction des futurs citoyens.

### **Seconde partie de l'épreuve : mises en situation professionnelles**

Pour débiter cette phase, le jury lit les quelques phrases contextualisant la première situation professionnelle soumise au candidat, liée à une situation d'enseignement. Après traitement de celle-ci (10 minutes maximum), le jury lit les phrases décrivant la situation de vie scolaire. De manière globale, on ne constate pas d'écart évident dans l'aisance à traiter l'une ou l'autre situation.

Le candidat ne doit pas hésiter à s'assurer auprès du jury de sa bonne compréhension des situations proposées. Il est fortement déconseillé de tenter de prendre l'intégralité de la contextualisation sous la dictée. Il est au contraire recommandé de prendre quelques notes durant la lecture de la situation professionnelle par un membre du jury, bien que cela ne soit en rien une obligation. Le jury propose également une seconde lecture de la situation permettant au candidat de compléter sa prise de notes. Globalement, le contexte d'ensemble de la situation professionnelle est bien perçu par le candidat et peu de confusions ont été relevées. Il est souvent constaté que les candidats consacrent une part trop importante de leur temps de réponse à reformuler la mise en situation initiale. Cette pratique entraîne une réduction significative du temps alloué à l'analyse, rendant alors difficile une interrogation approfondie dans le délai imparti. La reformulation n'est pas une obligation et doit, si elle a lieu, rester très concise.

Malgré une bonne compréhension d'ensemble des situations proposées, de nombreux candidats ne répondent que partiellement aux consignes données dans le sujet. Les valeurs de la République et/ou les principes juridiques ne sont pas toujours cités alors qu'ils sont systématiquement demandés dans les consignes.

S'il est apprécié que le candidat connaisse les textes fondamentaux encadrant les actions des enseignants, une énumération visant à montrer des connaissances qui ne sont pas en lien avec la situation n'a cependant aucun intérêt. En revanche, de nombreux candidats font référence en premier lieu au règlement intérieur des établissements : il serait nécessaire que la hiérarchie des textes normatifs (traités internationaux, constitution, déclaration des droits de l'homme et du citoyen, droits de l'enfant, lois, décrets, ...) soit mieux connue. Cela permettrait aux candidats d'avoir davantage de discernement et d'assurance sur les valeurs qui sont en jeu, au-delà du seul contexte d'une étude de cas.

Les candidats sont invités à montrer qu'ils sont conscients de leur future responsabilité en tant qu'enseignants et qu'ils sauront gérer une situation sans différer exagérément son traitement ni le déléguer excessivement à d'autres. Trop de candidats se reposent exclusivement sur le chef d'établissement ou le conseiller principal d'éducation (CPE), quelle que soit la nature et la gravité de la situation. Lorsqu'il est fait appel à des partenaires extérieurs, il est nécessaire de faire état du véritable travail dans la classe ou dans l'établissement pour inclure l'intervention dans un projet de classe ou d'établissement. Les candidats doivent toujours montrer leur intention de vérifier que les intervenants extérieurs qu'ils envisagent de solliciter sont bien qualifiés et agréés par l'institution. Les solutions engageant l'équipe éducative dans sa globalité doivent également être étudiées. Le candidat doit montrer au jury qu'il a compris qu'il existe une corrélation positive entre la qualité du climat scolaire dans une classe et celle des apprentissages des élèves.

Quand la situation professionnelle met en jeu une opposition ou un conflit entre deux élèves ou entre un élève et un groupe d'autres élèves, un seul point de vue est souvent envisagé par le candidat.

Les notions de liberté d'expression et de respect des opinions ou croyances des élèves mettent en difficulté certains candidats. Ils doivent montrer que, s'ils étaient réellement confrontés à une contestation ponctuelle de leur enseignement, ils sauraient réagir de manière professionnelle.

La connaissance du système éducatif et du fonctionnement des établissements scolaires et de leurs instances principales est indispensable. L'existence des Réseaux d'Éducation Prioritaire doit être connue. Le rôle et les responsabilités de chaque personnel de l'établissement doivent être connus ainsi que les différentes personnes référentes. Les candidats proposent en effet souvent, à raison, de s'appuyer sur les personnels ressources de l'établissement public local d'enseignement (EPLE) pour traiter une situation problématique. Cependant, le jury rappelle qu'au-delà du CPE et du chef d'établissement, il existe d'autres membres de l'équipe éducative qu'il est possible de mobiliser : par exemple, l'équipe médico-sociale, les référents (laïcité, EDD (éducation au développement durable), harcèlement, égalité filles-garçons, ...). Les références aux approches et dispositifs transverses et interdisciplinaires tels que le socle commun de connaissances, de compétences et de culture, le dispositif « Devoirs faits », les parcours éducatifs, les projets d'évaluation doivent pouvoir être évoquées et développées. L'attention des candidats est enfin attirée sur le fait que le rôle du professeur de sciences n'est pas forcément de « démontrer » un fait scientifique avéré (exemples : la rotondité de la Terre ou l'héliocentrisme) en argumentant mais, après avoir cité un certain nombre d'expériences historiques clés, notamment des expériences instrumentées, d'expliquer comment les connaissances scientifiques se construisent.

Pour conclure, il convient de souligner que, de manière générale, les candidats doivent adopter une attitude réflexive : certaines situations proposées n'appellent pas forcément une seule réponse et le jury apprécie de voir un candidat réfléchir et envisager diverses pistes de solutions.

## **6. À propos de la session 2025**

Le programme des épreuves de la session 2025 est identique à celui de la session 2024 ; il est constitué des programmes de physique et de chimie du collège, du lycée (voies générale et technologique) et des enseignements post-baccalauréat (sections de techniciens supérieurs et classes préparatoires aux grandes écoles) en vigueur. Les notions traitées dans ces programmes doivent pouvoir être abordées au niveau M1 du cycle master. L'arrêté du 25 janvier 2021 fixe les modalités d'organisation des concours du certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement du second degré à partir de la session 2022, comme indiqué précédemment. La définition des épreuves d'admissibilité comme d'admission seront donc identiques à celles de la session 2024.