



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

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Rapport du jury

Concours : CAPES / CAFEP externe et 3èmes concours associés

Section : Physique-Chimie

Session 2022

Rapport de jury présenté par :

Christie AROULANDA, enseignant-chercheur de l'Université Paris-Saclay, présidente du jury

- 1. Introduction**
- 2. Textes de référence pour la préparation du concours et définition des épreuves écrites et orales**
- 3. Informations statistiques et analyse globale de la session 2022**
 - 3.1. Composition du jury
 - 3.2. Statistiques et analyse globale des épreuves écrites
 - 3.3. Répartition femmes/hommes
 - 3.4. Répartition des candidats en fonction de leur profession
 - 3.5. Répartition des candidats en fonction de leur académie d'origine
- 4. Résultats et rapports des deux épreuves écrites**
 - 4.1. Résultats des deux épreuves écrites
 - 4.2. Rapport sur l'épreuve disciplinaire
 - 4.2.1. Sujet de l'épreuve
 - 4.2.2. Constats généraux et recommandations
 - 4.2.3. Rapport détaillé par question
 - 4.2.4. Éléments de correction de l'épreuve disciplinaire
 - 4.2.5. Conclusion
 - 4.3. Rapport sur l'épreuve disciplinaire appliquée
 - 4.3.1. Sujet de l'épreuve
 - 4.3.2. Constats généraux et recommandations
 - 4.3.3. Rapport détaillé par partie
 - 4.3.4. Rapport détaillé par question et éléments de correction
- 5. Résultats et rapports des deux épreuves orales**
 - 5.1. Résultats des deux épreuves orales
 - 5.2. Conseils aux futurs candidats concernant les épreuves orales d'admission
 - 5.2.1. Conseils aux futurs candidats concernant les épreuves orales d'admission
 - 5.2.2. Description de l'épreuve
 - 5.2.3. Exposé et entretien avec le jury
 - 5.2.4. Expérimentation
 - 5.2.5. Remarques spécifiques pour l'épreuve de leçon à dominante physique
 - 5.2.6. Remarques spécifiques pour l'épreuve de leçon à dominante chimie
 - 5.2.7. Traitement de la question courte
 - 5.2.8. Conclusion
 - 5.3. Rapport sur l'épreuve d'entretien : Constats généraux et recommandations
 - 5.3.1. Description de l'épreuve
 - 5.3.2. Conseils aux futurs candidats
 - 5.3.3. Première partie de l'épreuve : présentation du parcours et échange avec le jury.
 - 5.3.4. Seconde partie de l'épreuve : mises en situation professionnelles
 - 5.3.5. Exemples de mises en situation professionnelles relevant d'une situation d'enseignement ou dans la classe
 - 5.3.6. Exemples de mises en situation professionnelles relevant d'une situation de vie scolaire
- 6. À propos de la session 2023**

1. Introduction

La session 2022 du CAPES et CAFEP de physique-chimie, et 3èmes concours associés s'est déroulée selon le calendrier initialement prévu, en respectant les règles sanitaires en vigueur. Les deux épreuves d'admissibilité des CAPES et CAFEP, « épreuve disciplinaire » et « épreuve disciplinaire appliquée » ont eu lieu respectivement les 30 et 31 mars 2022. Les candidats se présentant au 3^{ème} concours public ou privé ne sont concernés que par la composition de l' « épreuve disciplinaire ». La session d'épreuves orales d'admission, « épreuve de leçon » et « épreuve d'entretien », a eu lieu à Lyon du 17 juin au 28 juin 2022 pour les candidats admissibles aux CAPES ou CAFEP, et les 28 et 29 juin 2022 pour ceux admissibles aux 3^{èmes} concours. Le site internet d'information mis en place lors de la session 2020 reste ouvert et actualisé ^[1]. Celui-ci a pour vocation de permettre aux candidats de retrouver facilement les informations réglementaires et utiles relatives aux concours du CAPES et du CAFEP de physique-chimie, et 3^{èmes} concours associés, et perdurera pour la session prochaine.

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 2022^[2].

La première épreuve, « épreuve disciplinaire », est d'une durée de cinq heures, et de coefficient 2. Elle est constituée de deux parties d'égale importance, l'une à dominante physique (EDP), l'autre à dominante chimie (EDC). Les candidats rendent deux copies séparées pour cette épreuve. Elle sera référée sous l'acronyme EDPC dans la suite de ce document.

La seconde épreuve, « 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, à l'aide 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 dans le cadre de la construction d'une séquence d'enseignement au niveau du collège ou du lycée, pouvant revêtir un caractère expérimental.

Le jury rappelle que des exemples de sujets ont été produits en amont de la session 2022, et sont disponibles en ligne sur le site « devenir enseignant » du ministère de l'éducation nationale^[3] ou sur le site internet^[1] des concours faisant l'objet de ce rapport. Les deux épreuves écrites d'admissibilité, font appel à des compétences scientifiques, disciplinaires, pédagogiques et didactiques des candidats dans les deux valences des concours, physique et chimie.

Chaque épreuve dure cinq heures. 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^[4] pour chaque candidat.

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

² <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000027361553&dateTexte=&categorieLien=id>

³ <https://www.devenirenseignant.gouv.fr/cid157873/sujets-zero-2022.html>

⁴ La moyenne arithmétique sera simplement dénommée « moyenne » dans tout le document.

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.

La première épreuve ou « épreuve de leçon » (L) est affectée d'un coefficient 5. Elle admet une durée de la préparation de trois heures. L'épreuve elle-même face au jury dure 70 minutes maximum, 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 d'une question courte et d'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 d'enseignement. Elle permet d'apprécier la maîtrise disciplinaire, la maîtrise de compétences pédagogiques et de compétences expérimentales. Le candidat élabore et présente une séance pédagogique à caractère expérimental à dominante physique ou chimie 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.

La seconde épreuve ou « épreuve d'entretien » (E) dure trente-cinq minutes, et est affectée d'un coefficient 3. 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. L'épreuve se déroule en deux parties. La première partie d'une durée de quinze minutes débute par une présentation par le candidat des éléments de son parcours, d'une durée de cinq minutes maximum. Cette présentation donne lieu à un échange avec le jury. La deuxième partie de l'épreuve, d'une durée de vingt minutes, doit permettre 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) 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 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. Le candidat est invité à s'asseoir face aux membres du jury afin de se positionner dans le cadre de cet entretien et à prendre des notes et/ou faire répéter le cas échéant l'énoncé des mises en situation professionnelles proposées afin de bien se les approprier et nourrir sa réflexion avant sa réponse et la discussion subséquente.

3. Informations statistiques et analyse globale de la session 2022

3.1. Composition du jury

Le jury compte cinquante-trois membres (vingt-deux femmes et trente-et-un hommes) et rassemble un inspecteur général de l'éducation, du sport et de la recherche, un enseignant-chercheur, dix-sept inspecteurs d'académie – inspecteurs pédagogiques régionaux (IA-IPR), un professeur de chaire supérieure, dix-sept professeurs agrégés et cinq professeurs certifiés. Neuf chefs d'établissement et deux personnels administratifs choisis en raison de leur expérience en matière de gestion de ressources humaines ont rejoint les membres du jury. Parmi l'ensemble des membres du jury, deux font partie de l'enseignement privé sous contrat.

3.2. Statistiques et analyse globale des épreuves écrites

Les principales informations statistiques de la session 2022, ainsi que les éléments de comparaison associés issus de la session 2021, figurent dans les tableaux 1 à 5. L'analyse de ces données est délicate en raison de l'adaptation des conditions des concours CAPES et CAFEP à leurs nouvelles modalités réglementaires. Certains indicateurs sont néanmoins significatifs. Ainsi, pour les deux concours, et de manière générale pour l'ensemble des concours de recrutement d'enseignement, une baisse significative des candidats inscrits est constatée, malgré un nombre de postes offerts aux concours en hausse pour le CAPES et pour le CAFEP. La participation effective aux deux épreuves (respectivement 46,4 % et 44,0 % pour le CAPES et le CAFEP en 2022) est également sensiblement en baisse par rapport à la session 2021. Ces données montrent également que les taux de pression et de sélectivité des deux concours sont en baisse par rapport à la session 2021 ; elles confortent une tendance observée *a minima* sur les quatre dernières sessions sans préjuger néanmoins de la qualité des candidats ayant composé, et ceux *in fine* admis, comme déjà évoqué dans les derniers rapports de jury.

Les troisièmes concours public et privé sont organisés également pour la session 2022 sans antériorité récente ; pour ces derniers, il est donc difficile de reporter des données comparatives pertinentes, et de procéder à une analyse réellement significative. L'organisation de ces concours a bénéficié à plus d'une centaine de candidats qui se sont vus offrir une opportunité, en dehors de toutes conditions de diplôme mais à condition d'avoir exercé durant au moins cinq années une activité professionnelle. 65 candidats se sont présentés pour saisir cette opportunité.

Tableau 1 : données générales relatives à la session 2022.

	CAPES	CAFEP
Nombre de postes mis au concours^a	425 (+10)	85 (+11)
Nombre de candidats inscrits	1018	393
Nombre de candidats présents aux deux épreuves écrites, taux de participation	471 46,4%	165 44,0%
Taux de pression^b	2,4	4,6
Taux de sélectivité^b	1,1	2,0

	3^{ème} concours public	3^{ème} concours privé
Nombre de postes mis au concours	25	8
Nombre de candidats inscrits	100	44
Nombre de candidats présents	36	10
Taux de pression	3,9	5,1
Taux de sélectivité	1,4	1,2

^a Les valeurs entre parenthèses permettent d'apprécier les variations des mêmes observables par rapport à la session 2021.

^b 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 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 affecté d'un poids inférieur (coefficient 2) à celui des épreuves orales, L et E, (coefficients 3 pour la leçon et 5 pour l'entretien) dans le calcul final des totaux d'admission pour les CAPES et CAFEP ; les candidats se présentant aux troisièmes concours ne composant pas l'épreuve disciplinaire appliquée (tableau 2). Le jury tient à féliciter les candidats qui ont été déclarés admissibles à l'issue des épreuves écrites, *ie*

336 au titre du CAPES, 110 au titre du CAFEP, 15 et 4 respectivement aux titres des troisièmes concours public et privé. Le jury estime que ces candidats se sont bien appropriés ces nouvelles épreuves, notamment l'épreuve disciplinaire appliquée qui se révélait *a priori* la plus différente en regard des épreuves d'admissibilité des sessions antérieures. Ces épreuves ont permis d'évaluer les compétences disciplinaires, pédagogiques et didactiques des candidats.

Le jury souhaite rappeler que la chimie comme la physique sont des disciplines dont le volet expérimental revêt un caractère primordial dans la compréhension des mécanismes scientifiques impliqués. À l'aune des épreuves orales d'admission suivant les nouvelles modalités, 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 orales, sans toutefois être absents et non évalués dans le cadre des épreuves écrites.

À l'issue des évaluations des épreuves écrites et orales, le jury a décidé d'attribuer 210 (dont 1 à titre étranger) des 425 postes offerts au titre du CAPES, 69 des 85 postes offerts au titre du CAFEP, et respectivement 8 et 2 aux titres des troisièmes concours public et privé. Aucune liste complémentaire n'a été établie. Le jury tient à souligner le sens des responsabilités des candidats admissibles dans la prise en compte des consignes de sécurité sanitaire strictes qui avaient été établies pendant toute la session, à l'identique ou presque de la session 2021 afin que celle-ci se déroule au mieux. Le jury souligne également que les auditeurs ont pu à nouveau être accueillis à des horaires identifiés les matins et après-midis au sein des établissements ^[1]. Le protocole d'accueil devrait être reconduit à l'identique pour la session 2023. Le jury félicite les candidats admis de cette session 2022, et encourage tous les autres 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. En outre, le jury encourage les candidats, en plus d'un travail régulier de fond d'acquisition et de consolidation des connaissances sur les phénomènes physiques et chimiques fondamentaux, à s'appuyer sur l'expérience et les capacités expérimentales associées pour les étayer. Enfin, le jury espère les candidats aux troisièmes concours, désireux de se projeter dans le métier de professeur, seront plus nombreux dès la session 2023.

Tableau 2 : résultats généraux relatifs à la session 2022

	CAPES	CAFEP
Moyenne obtenue par l'ensemble des candidats ayant composé (/20) les épreuves d'admissibilité	10,36	09,52
Nombre de candidats admissibles	336	110
Barre d'admissibilité (/20)	07,00	07,00
Moyenne obtenue par l'ensemble des candidats admissibles (/20)	10,93	10,09
Moyenne générale obtenue par les candidats admis (/20)	11,88	11,49
Moyenne générale obtenue par les candidats admis (/20) pour les épreuves d'admission	11,95	11,87
Nombre de candidats admis en liste principale	210 dont 1 à titre étranger	69
Moyenne du dernier admis en liste principale (/20)	08,43	08,72
Nombre de candidats en liste complémentaire	0	0
	3^{ème} concours public	3^{ème} concours privé
Moyenne obtenue par l'ensemble des candidats ayant composé (/20)	7,05	10,84
Nombre de candidats admissibles	15	4

Barre d'admissibilité (/20)	07,67	07,45
Moyenne obtenue par l'ensemble des candidats admissibles (/20)	11,91	10,80
Moyenne générale obtenue par les candidats admis (/20)	12,29	11,86
Moyenne générale obtenue par les candidats admis (/20) pour les épreuves d'admission	12,88	13,26
Nombre de candidats admis en liste principale	8	2
Moyenne du dernier admis en liste principale (/20)	09,60	10,55
Nombre de candidats en liste complémentaire	0	0

3.3. Répartition femmes/hommes

Les candidates représentent 37,6% des inscrits au CAPES et CAFEP, et 38,5% des inscrits aux 3^{èmes} concours associés. Elles constituent respectivement 55,7% des admis aux concours CAPES et CAFEP, et 40,0% aux 3^{èmes} concours associés. Les données reportées dans le tableau 3 permettent d'apprécier en nombre la parité à ces deux concours, ainsi que ceux des 3^{èmes} concours associés.

Tableau 3 : Nombre de candidates de la session 2022

	CAPES & CAFEP	3^{èmes} concours public et privé
Inscrites	605	57
Admises	117	4
Liste complémentaire	0	0

3.4 Répartition des candidats en fonction de leur profession

Pour cette session 2022, la majorité des candidats aux concours des CAPES et CAFEP sont des contractuels du second degré, Pour le CAPES, en quantité quasi équivalente, les candidats se déclarant étudiants d'INSPE, ou suivant une formation universitaire en présence ou à distance ou préparant de manière individuelle, constitue le second profil de candidats. En proportion, 58% des contractuels admissibles ont été admis et 71% des candidats admissibles qui se sont déclarés étudiants ont été admis. Pour le CAFEP, quasiment 67% des contractuels admissibles ont été admis ; il faut y ajouter 52% des maîtres auxiliaires admissibles qui ont poursuivi positivement leur concours, et 75% des candidats admissibles qui se sont déclarés étudiants ont été reçus.

L'analyse quantitative ou en proportions pour les 3^{èmes} concours, compte-tenu des flux, est peu significative. Qualitativement, comme il était possible de s'y attendre vu les modalités d'éligibilité des concours, la majorité des reçus se sont déclarés cadres du secteur privé, bien que certains d'entre eux se soient toutefois déclarés contractuels du second degré.

3.5. Répartition des candidats en fonction de leur académie d'origine

La répartition géographique des candidats renseignée au moment de leur inscription dans leur académie d'origine indique qu'ils émanent de toutes les académies.

4. Résultats et rapports des deux épreuves écrites

4.1. Résultats des deux épreuves écrites

Les résultats par épreuve écrite sont présentés dans le tableau 5 et les figures 1 et 2, pour les CAPES et le CAFEP. Le jury a utilisé la gamme complète des notes disponibles pour évaluer les épreuves d'admissibilité. En particulier, alors que l'épreuve disciplinaire appliquée était nouvelle, la plus inédite et lointaine du cadre des épreuves d'admissibilité des sessions précédentes, le jury a constaté un nombre significatif de bonnes copies. Il a par ailleurs souhaité donner la possibilité à un maximum de candidats de défendre leurs chances lors des épreuves d'admission, sans toutefois perdre de vue que l'ensemble des épreuves ont

pour objectif d'identifier les candidats possédant des compétences en devenir pour devenir professeur de physique et chimie. Compte-tenu du faible nombre de candidats aux 3^{èmes} concours, les mêmes statistiques ne sont pas reportés dans le rapport, d'autant que ces candidats ne composent que l'épreuve disciplinaire. En revanche, le jury précise que les remarques, conseils et recommandations valent pour l'ensemble des candidats des quatre concours.

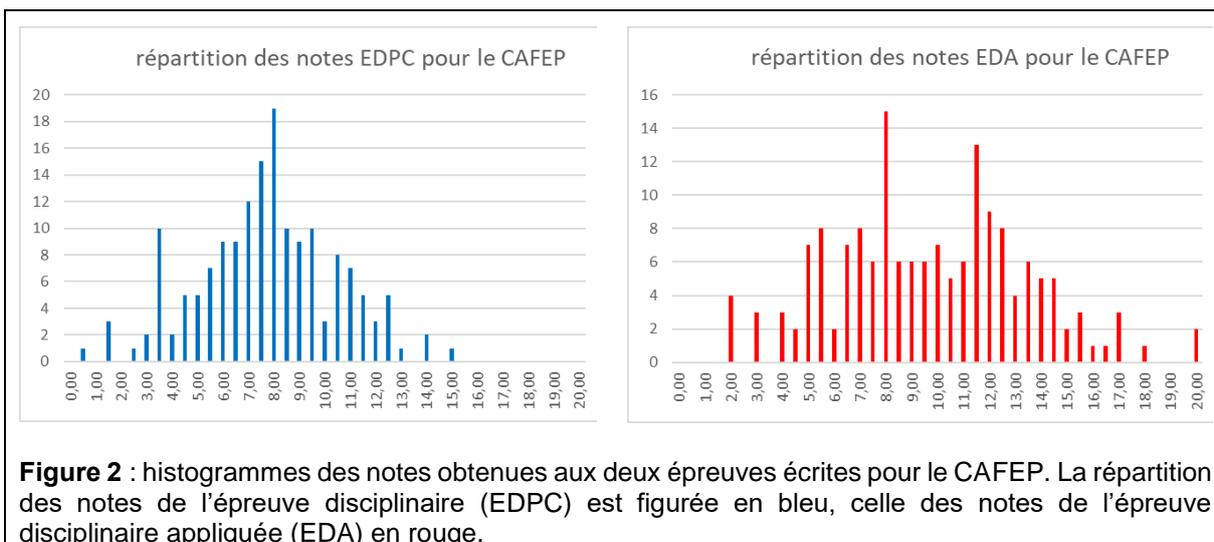
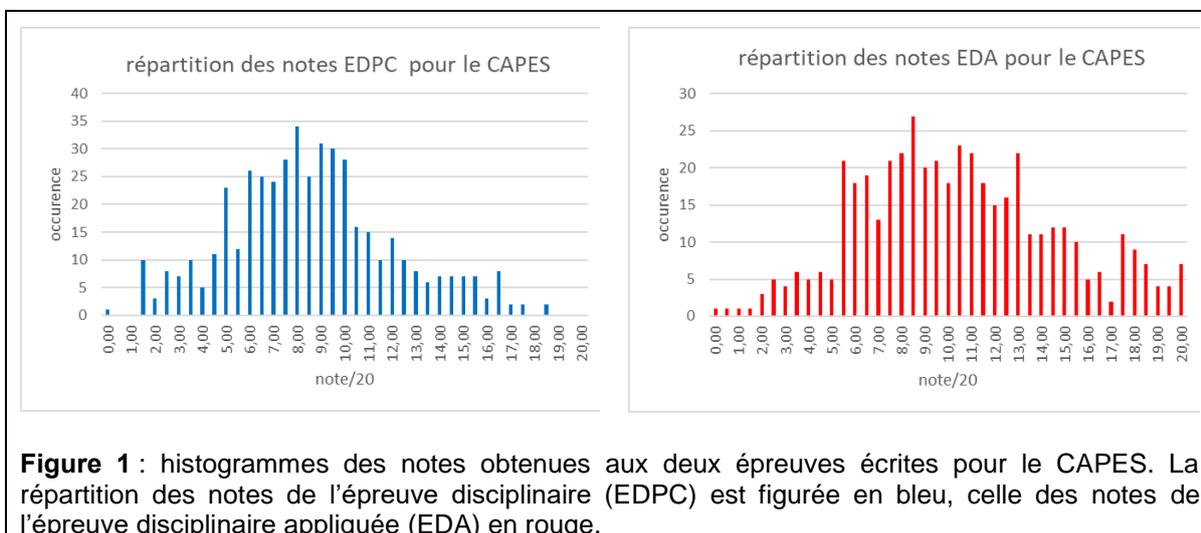


Tableau 5 : résultats obtenus aux épreuves écrites

Ensemble des candidats ayant composé l'ensemble des épreuves d'admissibilité				
	CAPES		CAFEP	
	EDPC ^b	EDA ^c	EDPC	EDA
Note minimale (/20)	0,00	0,00	0,33	1,56
Note maximale (/20)	18,37	19,67	14,92	19,58
Moyenne (/20)^a	8,34	10,20	7,48	9,52
Écart-type	3,52	4,21	2,75	3,74
Ensemble des candidats admissibles				
	CAPES		CAFEP	
	EDPC	EDA	EDPC	EDA
Note minimale (/20)	5,31	5,07	5,31	6,39
Note maximale (/20)	18,37	19,67	13,98	19,58
Moyenne (/20)	9,79	12,13	8,87	11,37
Écart-type	2,76	3,43	1,95	2,97

^a L'indicateur « moyenne » désigne la moyenne arithmétique pondérée calculée par candidat. ^b Épreuve disciplinaire.

^c Épreuve disciplinaire appliquée.

Ce rapport de jury est rédigé dans l'objectif premier d'aider les candidats à mieux s'approprier les exigences des épreuves écrites, comme orales. Les candidats sont invités à lire ce document attentivement afin d'adapter leur travail de préparation à ces concours. La dernière partie de ce rapport est plus spécifiquement tournée vers des conseils pour les épreuves de la session 2023.

4.2. Rapport sur l'épreuve disciplinaire

4.2.1. Sujet de l'épreuve

Le sujet comporte deux parties indépendantes. La première partie, à dominante physique est intitulée « Dans l'optique d'un voyage : des ondes pour observer, voyager et se réchauffer » et constituée de quatre sous-parties indépendantes les unes des autres. Ce sujet permet d'aborder les domaines de l'optique géométrique, des ondes électromagnétiques dans le vide et dans un plasma, de la mécanique du point, et de la thermodynamique. Plus de la moitié des questions relève du programme de lycée, l'autre partie relève du programme de l'enseignement supérieur. La seconde partie, à dominante chimie porte sur « Les acides α -aminés » et se décline en trois sous-parties indépendantes les unes des autres.

L'épreuve est construite avec l'objectif de s'assurer que le candidat maîtrise les connaissances et les compétences disciplinaires nécessaires à l'exercice serein de la fonction de professeur des lycées et collèges.

4.2.2. Constats généraux et recommandations

Partie de l'épreuve disciplinaire à dominante physique

Le jury constate l'existence d'un grand nombre de copies dont le contenu ne répond pas aux exigences portées par les programmes de lycée. La majorité des questions posées fait partie d'un socle de connaissances de base, ou de problèmes disciplinaires déjà rencontrés dans un cursus scientifique : étude d'une lunette de visée à l'infini, des orbites autour du Soleil, de la propagation d'une onde électromagnétique. Elles ne devraient donc pas constituer une surprise pour les candidats, mais devraient permettre de les mettre en confiance. On constate que ce n'est pas toujours le cas.

Partie de l'épreuve disciplinaire à dominante chimie

Ce sujet permet d'aborder, autour du thème des acides aminés et des protéines, de nombreux aspects de la chimie (équilibres acido-basiques, chimie organique, thermochimie, oxydo-

réduction et électrochimie, cinétique chimique expérimentale et étude des mécanismes). Le sujet se veut suffisamment court pour donner la possibilité aux candidats de répondre à l'ensemble des questions. De fait, si certaines d'entre-elles ont été moins souvent traitées, toutes ont été abordées par une partie des candidats. Toutefois, peu de copies montrent des candidats à l'aise dans l'ensemble des domaines abordés. Par ailleurs, on note un manque de rigueur et une maîtrise très insuffisante non seulement des notions et définitions relevant du niveau post-baccalauréat, mais également du niveau secondaire. On relève, entre autres, que la notion de pK_a est très rarement présentée de façon correcte.

Remarques générales communes aux deux parties

Sur le plan de la forme, les copies sont, dans l'ensemble correctement rédigées et soignées mais on note quelques copies illisibles et des candidats qui ne respectent pas la numérotation des questions. Sur le fond, la rédaction doit très généralement gagner en rigueur et en précision, elle doit parfois gagner en concision : la longueur des développements n'est pas un gage de pertinence. Lorsque les justifications élémentaires ne sont pas données, les points ne peuvent pas être attribués. Cette capacité à fournir une argumentation précise et synthétique s'appuie sur une connaissance des contenus disciplinaires, principes, théorèmes, et hypothèses pour les appliquer. Elle s'acquiert par l'entraînement, dès le lycée où l'accent est déjà mis sur son apprentissage.

Il est important de commenter un résultat, notamment numérique, en le comparant à une valeur donnée dans l'énoncé ou connue par ailleurs. Si le candidat remarque qu'il obtient un résultat aberrant ou inhomogène, un commentaire dans ce sens est valorisé.

Une lecture attentive de l'énoncé et une analyse précise de la situation suffisent pour traiter certaines questions. Néanmoins, on remarque que cette capacité à exploiter les informations données est correctement développée par les candidats montrant par ailleurs une réelle connaissance disciplinaire.

Si certains candidats s'illustrent par une bonne maîtrise des concepts et des notions disciplinaires, le jury constate néanmoins des lacunes dans de nombreuses copies. Elles concernent des notions relevant du post-baccalauréat, mais aussi, parfois des savoirs et des savoir-faire portant sur les niveaux du secondaire. En outre, le jury constate une grande hétérogénéité dans certaines copies concernant les savoirs disciplinaires selon les champs abordés.

Le temps nécessaire pour traiter chaque question peut être très différent selon la nature de celle-ci. Les résolutions de problème demandent un investissement important de la part des candidats afin de proposer une réponse précise et approfondie. Le barème est conçu en conséquence. Toute tentative pertinente de début de résolution des questions ouvertes est valorisée par le jury. Le candidat est invité, de sa propre initiative, à porter explicitement un regard critique (compétence VALIDER) sur le résultat qu'il obtient en statuant sur sa compatibilité avec les valeurs de références fournies. Le calcul d'un écart relatif à une valeur de référence n'est plus une notion inscrite dans les programmes officiels : il est préconisé de ne plus l'utiliser.

Le jury attend d'un candidat au CAPES ou au CAFEP qu'il applique à sa propre production les principes et les méthodes de la démarche scientifique qu'il aura à transmettre une fois en situation d'enseignant.

4.2.3. Rapport détaillé par question

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 les points à améliorer. Des éléments de correction de l'épreuve sont proposés dans une autre partie de ce rapport.

Partie de l'épreuve disciplinaire à dominante physique

Partie I. Au-delà de l'horizon

- Q1.** Le calcul de l'angle sous lequel est vu le muret est généralement correctement réalisé. La difficulté provient de la conversion entre radian ou degré et minute d'arc. Les candidats doivent savoir qu'on ne compare que des grandeurs exprimées dans la même unité. Dans un certain nombre de copies, on lit que le muret est très loin, et qu'il ne peut donc être vu à l'œil nu : aucun point n'est attribué pour une telle réponse, il est rappelé qu'une justification scientifique est toujours attendue.
- Q2.** On s'attend à ce que les candidats écrivent explicitement que l'image finale doit être à l'infini afin de permettre une observation sans accommodation par un œil emmétrope, et expliquer pourquoi cela impose que les foyers F_1' et F_2 soient confondus. Des phrases reprenant uniquement ce qui est dit dans l'énoncé sans apport de la part du candidat, ou sans logique dans l'argumentation, sont trop souvent lues, elles ne peuvent permettre d'attribuer des points. L'adjectif « afocal » est souvent connu.
- Q3.** Le tracé du trajet des rayons lumineux relève du programme du secondaire mais est parfois très mal traité. Un effort de concision dans la justification du tracé des rayons est attendu. Une confusion de vocabulaire est faite entre objet (ou image) à l'infini, et « rayons parallèles » : un objet ponctuel à l'infini donne un ensemble de rayons parallèles entre eux au niveau de la lentille, mais si l'objet n'est pas ponctuel deux rayons issus de deux points objets différents, à l'infini, ne sont pas parallèles entre eux. Pour qualifier l'image, très peu de candidats indiquent, ou comprennent, qu'elle est renversée.
- Q4.** L'expression du grossissement est parfois donnée sans la justification nécessaire. Les candidats ne voient que très rarement que le grossissement est négatif (l'image est renversée). Ce signe négatif apparaît dans le calcul en faisant attention à l'orientation des angles, le sens positif étant indiqué sur la figure 2. À la fin de cette question, les candidats sont amenés à calculer le nouvel angle sous lequel est vu le muret, et à le comparer à l'angle limite de résolution de l'œil. Encore une fois, il faut déterminer les valeurs numériques des angles dans la même unité afin de pouvoir les comparer.
- Q5.** Cette question a été correctement traitée.
- Q6.** Beaucoup de candidats ne comprennent pas que le point A peut être vu grâce à la réflexion de la lumière sur une interface à l'altitude e . Très peu comprennent que le point A est « très bien vu » car il y a une réflexion totale sur l'interface, ce qu'il faut justifier.
- Q7.** Peu de candidats indiquent que les lignes 19 et 20 permettent de définir les conditions aux limites nécessaires à la résolution numérique de l'équation différentielle. Préciser qu'il y a forcément deux conditions aux limites, étant donné l'ordre deux de l'équation différentielle, a été valorisé. Pour la ligne 34, une explication du rôle de l'instruction « while » dans le contexte du problème, c'est-à-dire en lien avec ce qui est fait dans les lignes 35 à 38, est valorisée. Le phénomène de mirage est assez bien identifié.

Partie II 1. Aller très vite sur Mars

- Q8.** Environ un quart des copies contient une réponse correcte. Il s'agit d'une question relevant de l'enseignement supérieur, mais suffisamment classique pour qu'un plus grand nombre de réponses correctes soit attendu.

- Q9.** La grande majorité des candidats ne connaît pas l'expression du vecteur de Poynting. Le calcul de la puissance surfacique moyenne a été fait par environ 15 % des candidats, ce nombre n'est pas négligeable étant donnée la plus grande difficulté de cette question.
- Q10.** Dans la mesure où il est écrit dans l'énoncé que $\|\langle \vec{P} \rangle\|$ est une puissance surfacique moyenne, cette question peut être traitée sans connaissance disciplinaire mais en exploitant correctement les informations fournies dans l'énoncé. Cela n'a été fait que par une minorité de candidats.
- Q11.** Beaucoup de confusions ont été relevées. Il est peu utile de rédiger un long paragraphe si l'on ne connaît pas le principe du laser.
- Q12.** Le résultat est donné dans l'énoncé, il ne s'agit donc pas de le réécrire mais de le justifier précisément. Il faut pour cela déterminer le volume dans lequel se trouvent les photons traversant la surface S pendant la durée Δt . Une démonstration introduisant un vecteur densité de courant de photons a été acceptée. Une partie des points a été attribuée si seule une analyse dimensionnelle est faite.
- Q13.** Il est rappelé qu'un photon n'a pas de masse, on ne peut donc écrire sa quantité de mouvement sous la forme $m\vec{v}$, ce qui est pourtant lu dans beaucoup de copies.
- Q14.** Cette question nécessite de définir très précisément le système auquel on applique la deuxième loi de Newton, puis d'appliquer le principe des actions réciproques. Les points n'ont pas été donnés si le candidat ne s'est manifestement pas posé la question du système sur lequel la force s'applique, mais s'est contenté de recopier un résultat donné dans l'énoncé. Pour l'expression de la force en fonction de la puissance du laser, une partie des points a été donnée pour une justification par analyse dimensionnelle.
- Q15.** Cette question se traite en appliquant la deuxième loi de Newton avec une seule force, constante. Elle relève donc de l'enseignement secondaire, mais a été peu traitée. La connaissance d'ordres de grandeur est nécessaire. Ici, typiquement, il faut savoir que l'ordre de grandeur de la puissance d'un réacteur nucléaire est le gigawatt.

Partie II 2. Aller sur Mars par l'orbite de Hohmann

- Q16.** Les candidats doivent savoir définir un référentiel galiléen, en énonçant le principe d'inertie. La question « préciser une manifestation du caractère non galiléen du référentiel géocentrique, ... » n'a pas été comprise : on ne demande pas d'expliquer pourquoi le référentiel géocentrique n'est pas galiléen, mais de donner une conséquence, une manifestation, de ce caractère non galiléen. Ici, l'exemple à connaître est l'existence des marées. Le même problème est apparu pour le caractère non galiléen du référentiel terrestre.
- Q17.** Cette question relève du programme de l'enseignement secondaire. Elle est traitée de manière partiellement satisfaisante dans un tiers des copies environ. Les candidats sont vivement encouragés à travailler la question du mouvement d'un corps dans un champ de gravitation newtonien.
- Q18.** Cette question a été traitée par moins de la moitié des candidats, alors que, comme précédemment, elle relève du programme de lycée, et doit permettre aux candidats de montrer qu'ils savent exploiter leurs connaissances au-delà de l'application directe de formules.
- Q19.** Cette résolution de problème a été peu traitée. Les pistes de recherche étant valorisées, les candidats sont invités à écrire leur démarche : identifier les grandeurs intermédiaires à déterminer, identifier les étapes pour y parvenir, écrire les lois et relations qui seront utilisées, mener les calculs, ne pas oublier de commenter le résultat obtenu en exerçant son esprit critique. Il n'est pas nécessaire de réussir toutes les étapes pour avoir une partie significative des points.

- Q20.** La troisième loi de Newton, principe des actions réciproques, est à invoquer dans cette question. Les développements non rigoureux sur la conservation de la quantité de mouvement, menant à des affirmations fausses dans le contexte du problème posé, sont à proscrire.
- Q21.** La majorité des candidats ayant abordé cette question l'a traitée correctement. Des erreurs proviennent d'une expression erronée du périmètre d'un cercle (trajectoire de la Terre).
- Q22.** Dans cette question, les candidats doivent écrire l'expression de l'énergie mécanique de la sonde comme la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle. Beaucoup d'erreurs proviennent d'une difficulté à donner l'expression de l'énergie potentielle gravitationnelle de la sonde au point T_1 .

Partie III. Communiquer avec la sonde spatiale

- Q23.** Cette question porte sur une partie du programme traitée dans l'enseignement supérieur. Elle a été peu abordée. Il est rappelé aux candidats que les équations de Maxwell constituent l'un des quelques postulats fondamentaux de la physique, à ce titre il est important de les connaître et d'en avoir une bonne compréhension. Une fois la relation de dispersion établie, peu de candidats savent en déduire le domaine de pulsations dans lequel l'onde électromagnétique ne peut se propager dans le plasma. La démarche est pourtant générale : quel que soit le type d'onde, $k^2 < 0$ implique que le vecteur d'onde est imaginaire pur et que l'onde ne peut se propager dans le milieu.
- Q24.** ω_p constitue une pulsation de coupure passe-haut, cela permet de comprendre une partie de la figure 9. Des points peuvent être obtenus par la simple analyse de la figure 9, car le domaine de longueurs d'onde des « ondes radio observables depuis la Terre » est précisé, ainsi que le domaine des « très grandes longueurs d'onde bloquées ». Le candidat doit alors uniquement lire une longueur d'onde en abscisse, et faire le lien entre longueur d'onde, pulsation et fréquence. Ce travail est valorisé. Il faut remarquer que l'échelle en l'abscisse est logarithmique.

Partie IV. Comment déterminer la puissance surfacique du rayonnement solaire sur Terre avec un thermomètre et un cylindre d'aluminium ?

- Q25.** Cette question nécessite en premier une analyse de la situation. Il faut repérer que l'équation différentielle est obtenue par application du premier principe de la thermodynamique, ce qui nécessite de définir précisément un système, de déterminer la variation d'énergie interne, et les transferts thermiques. Chaque étape est valorisée : encore une fois, les candidats sont invités à écrire leurs pistes de résolution, même si la question n'est pas traitée dans son intégralité.
- Q26.** Cette question a été traitée dans quelques bonnes copies, elle constitue une exploitation de la courbe expérimentale, en lien avec le modèle mathématique développé.
- Q27.** Les candidats doivent connaître l'ordre de grandeur de la valeur du flux surfacique solaire arrivant sur Terre, ce qui permet de porter un regard critique sur la valeur de φ déterminée expérimentalement dans le problème.

Partie de l'épreuve à dominante chimie

- Q1.** De nombreuses confusions entre fonction et groupe caractéristique sont mises en évidence dans cette question. On ne peut qu'engager les candidats à revoir la nomenclature avant d'aborder les épreuves écrites.
- Q2.** La question est globalement correctement traitée. On rappelle cependant qu'une formule de Lewis doit faire apparaître l'ensemble des liaisons et doublets non liants.
- Q3.** a) La question est très rarement traitée de façon satisfaisante, alors que la constante d'acidité est une notion essentielle en chimie. Il est rappelé qu'une constante d'équilibre

est une grandeur associée à une équation de réaction modélisant une transformation chimique qu'il faut impérativement donner (ici la réaction de l'acide avec l'eau) et qu'il ne faut pas confondre constante d'équilibre et quotient de réaction.

b) Si la formule de la forme zwitterionique est en général correctement écrite, la justification de sa prédominance est presque toujours erronée. En effet, un grand nombre de candidats évoquent le pH neutre de l'eau distillée pour justifier leur réponse comme si c'était l'eau qui imposait le pH du milieu. Pour comparaison cela reviendrait à dire que, comme le pH de l'eau est neutre, dans une solution d'acide éthanóique ($pK_a = 4,8$) la forme prédominante serait CH_3COO^- .

c) La question en général bien traitée.

Q4. Cette question est traitée par la plupart des candidats mais conduit souvent à des calculs maladroits pour aboutir, sans réelle justification, à la réponse donnée par l'énoncé. Il suffit pourtant d'exprimer l'égalité des concentrations des deux formes chargées positivement et négativement de la glycine.

Q5. La question est globalement mal abordée. Si une partie des candidats ayant traité cette question sait prévoir le sens de déplacement d'une espèce chargée dans un champ électrique en fonction du signe de sa charge, il n'en va pas de même lorsqu'il s'agit de prévoir le signe de l'acide aminé en fonction du pH. Le lien avec le pH isoélectronique n'est pas toujours réalisé (acide aminé chargé positivement lorsque $\text{pH} < \text{pI}$ et négativement dans le cas contraire).

Q6. Cette question, lorsqu'elle est traitée, met en évidence une grande confusion entre les notions de conductance et de conductivité.

Q7. a) C'est la seconde acidité de la glycine qui est dosée puisque le titrage est réalisé à partir du zwitterion, ce qu'une simple observation du pH initial du dosage permettait de comprendre. Peu de candidats écrivent rigoureusement l'équation modélisant le dosage en identifiant clairement les formes acide et basique de la glycine concernées.

b) La question est correctement traitée dans l'ensemble.

c) L'expression de la masse de glycine ne dépendant que du volume équivalent et de la concentration en réactif titrant, seules les incertitudes-type de ces deux grandeurs interviennent dans le calcul de l'incertitude-type sur la masse. Il est rappelé qu'il n'y a pas lieu de donner plus de deux chiffres significatifs à la valeur de l'incertitude.

d) Si la plupart des candidats ayant traité la question 7b) traitent cette question peu d'entre eux font explicitement appel à l'incertitude-type sur la masse de glycine obtenue pour justifier leur réponse.

Q8. Rares sont les candidats qui savent justifier le fait qu'à la demi-équivalence du dosage d'un acide faible par une base forte le pH est égal au pK_a .

Q9. La justification du classement des substituants selon les règles CIP est rarement rigoureuse. Il est rappelé que ce classement est fondé sur le numéro atomique des atomes à l'exclusion de tout autre critère (masses molaires, électronégativité...). Lorsque les isomères sont correctement donnés, la relation d'énantiométrie est en général identifiée.

Q10. Cette question est, dans l'ensemble, bien traitée.

Q11. Cette question est peu traitée dans l'ensemble des copies.

- Q12.** Cette question est diversement réussie. Certains candidats ont bien compris qu'il fallait identifier les étapes de protection, d'activation ou de déprotection en lien avec la stratégie de synthèse tandis que d'autres se sont contentés de décrire les réactions sans en expliquer le but.
- Q13.** L'écriture du mécanisme est souvent approximative. Il convient de rappeler que les doublets non liants doivent être représentés, que chaque flèche courbe doit partir d'un doublet et arriver sur un atome et que tous les mécanismes mettant en jeu des dérivés d'acide doivent faire apparaître une addition nucléophile (A_N) suivie d'une élimination (E), et jamais une substitution nucléophile.
- Q14.** Cette question est correctement traitée dans l'ensemble.
- Q15. a)** Cette question est globalement correctement traitée malgré quelques équations mal ajustées. Il convient cependant de préciser qu'une équation de réaction doit faire intervenir des constituants physico-chimiques et non des constituants chimiques : l'état physique des espèces impliquées doit être indiqué.
- b) et c)** Ces questions sont traitées par de nombreux candidats, mais sont peu réussies. Sont en cause le peu de rigueur dans la présentation des bilans énergétiques. Il existe une grande confusion entre les notions de transferts thermiques, de variation d'enthalpie, d'enthalpie de réaction...
- Q16. a)** La question est convenablement traitée pour les candidats l'ayant abordée.
- b)** La loi de Hess est souvent évoquée mais est mal utilisée, de nombreux candidats ne faisant intervenir que les enthalpies de formation des produits ou ne précisant pas de façon claire l'équation de la réaction à laquelle ils l'appliquent.
- Q17.** Les candidats ayant abordé cette question fournissent souvent des réponses vagues alors qu'il convenait ici d'effectuer une comparaison avec la valeur obtenue à la question précédente.
- Q18.** Cette question abordée par la plupart des candidats a très rarement donné lieu à l'attribution de la totalité des points. On observe en effet trop fréquemment des incohérences entre les divers éléments de réponse proposés. La polarité des électrodes, par exemple, est rarement cohérente avec la nature des réactions électrochimiques proposées (réduction ou oxydation) et la nature des électrodes (anode ou cathode). Le but de l'électrolyse étant la réduction de la cystine, cette réaction électrochimique doit se produire à la cathode et ne peut avoir lieu que si des électrons passent de l'électrode à l'électrolyte.
- Q19.** Cette question est peu traitée par les candidats. La définition de l'énergie électrique est rarement proposée.
- Q20.** Très peu de candidats répondent de manière satisfaisante à cette question. Il convient de préciser que l'AEQS ne s'applique pas à n'importe quelle espèce chimique mais seulement aux intermédiaires réactionnels qui doivent, en outre, être très réactifs. Les candidats sont invités revoir les énoncés et les conditions d'application des différentes approximations utilisées pour accéder à l'expression de la vitesse à partir d'un mécanisme.
- Q21.** Cette question abordée par une petite proportion des candidats n'a pas été traitée de façon satisfaisante. En effet, la vitesse est rarement définie de façon claire, les

approximations utilisées (AEQS, AER et AECL) sont rarement évoquées de façon précise avant d'être utilisées. Les copies laissent en général l'impression de relations proposées au petit bonheur plutôt que de raisonnements construits.

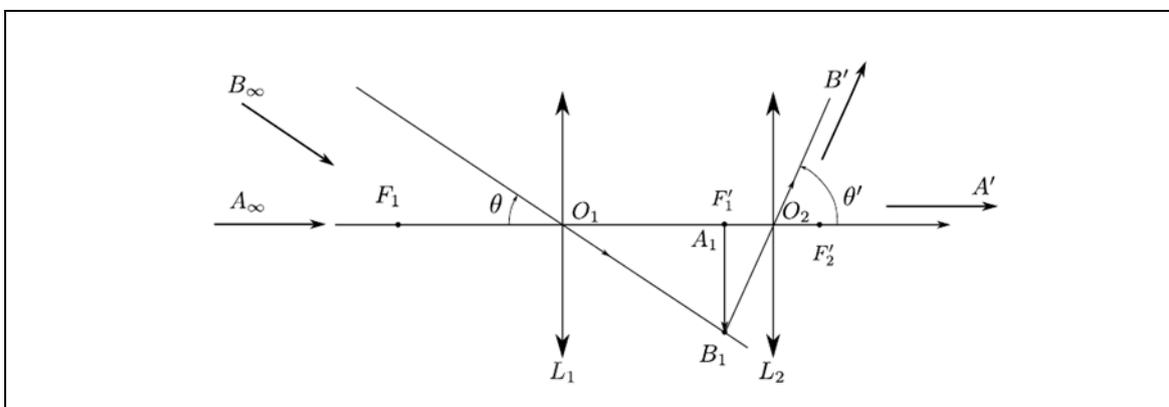
- Q22.** Les candidats ayant abordé cette question ont en général bien identifié une dégénérescence de l'ordre dans le cas de l'expérience 1, mais plus rarement les proportions stœchiométriques dans le cas de l'expérience 2. L'écriture de la loi cinétique résultante est rarement justifiée de façon rigoureuse, c'est-à-dire en commençant par une définition claire de la vitesse de disparition de la cystéine laquelle doit tenir compte de son coefficient stœchiométrique. Lorsque la loi cinétique est clairement identifiée, elle est alors correctement intégrée, la bonne fonction est tracée et la régression linéaire effectuée. En revanche, l'exploitation de la régression est rarement conduite avec rigueur. En effet, peu de candidats prennent la peine de préciser que c'est parce qu'une droite est obtenue que l'ordre est bien celui qui a été supposé.

4.2.4.Éléments de correction de l'épreuve disciplinaire

Les éléments de correction proposés visent uniquement à aider les futurs candidats à se préparer au concours. **La solution proposée n'a donc aucune visée normative.**

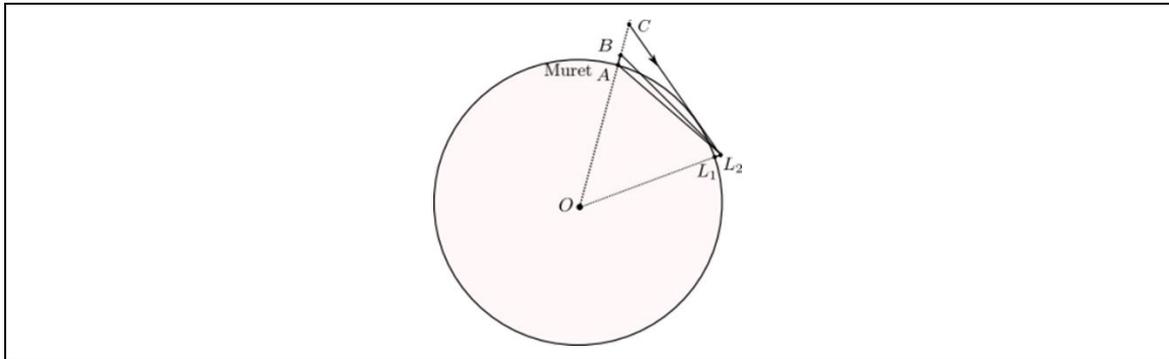
Partie de l'épreuve disciplinaire à dominante physique

- Q1.** Le muret est vu sous un angle $\theta \simeq \frac{\text{hauteur du muret}}{\text{distance}} = \frac{1,6}{16,7 \times 10^3} \times \frac{180 \times 60}{\pi} = 0,33'$. Cette valeur est inférieure à $1,5'$.
- Q2.** Avec une lunette astronomique on observe un objet à l'infini et on obtient une image à l'infini, qui permet une observation sans accommodation pour un observateur emmétrope. Pour cela on a : Objet à l'infini $A_\infty B_\infty \xrightarrow{L_1} A_1 B_1$ image intermédiaire dans le plan focal image de L_1 . Le plan focal image de L_1 doit être confondu avec le plan focal objet de L_2 de manière à obtenir une image finale à l'infini par L_2 : $A_1 B_1 \xrightarrow{L_2} A' B'$. Le système est appelé système afocal car le foyer objet et le foyer image sont à l'infini.
- Q3.** L_1 est la lentille objectif (elle est du côté de l'objet observé), L_2 est la lentille oculaire (elle est du côté de l'observateur), de manière à ce que la lunette soit grossissante, comme le montre la construction. L'image est renversée.
Une lunette d'observation terrestre comporte un dispositif redressant l'image finale, afin de voir une image droite, dans le même sens que l'objet initial.

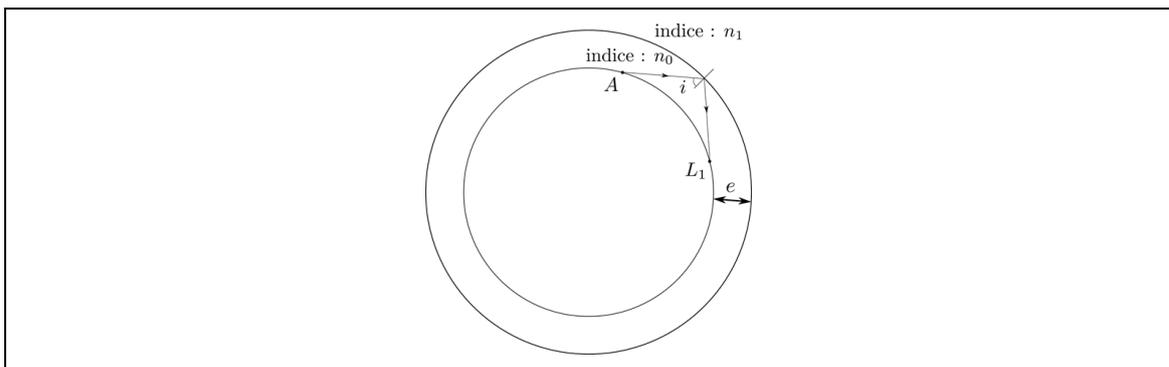


Q4. $G = \frac{\theta'}{\theta} \simeq \frac{\tan\theta'}{\tan\theta}$ et $\frac{\tan\theta'}{\tan\theta} = \frac{\frac{A_1B_1}{O_2F_2'}}{\frac{-A_1B_1}{O_1F_1'}}$ donc $G = -\frac{f_1'}{f_2}$. Il faut que $|G| > \frac{1,5}{0,33}$ soit $|G| > 4,6$. Or $|G| = \frac{700}{25} = 28$. La lunette convient très largement pour l'observation du muret.

Q5. On voit qu'en raison de la courbure la Terre, un rayon lumineux ne peut pas aller du bas du muret (point A) à L_2 , ni du haut du muret (point B) à L_2 : le muret ne peut être vu. Remarque : de L_2 on ne voit que les points au-dessus du point C.



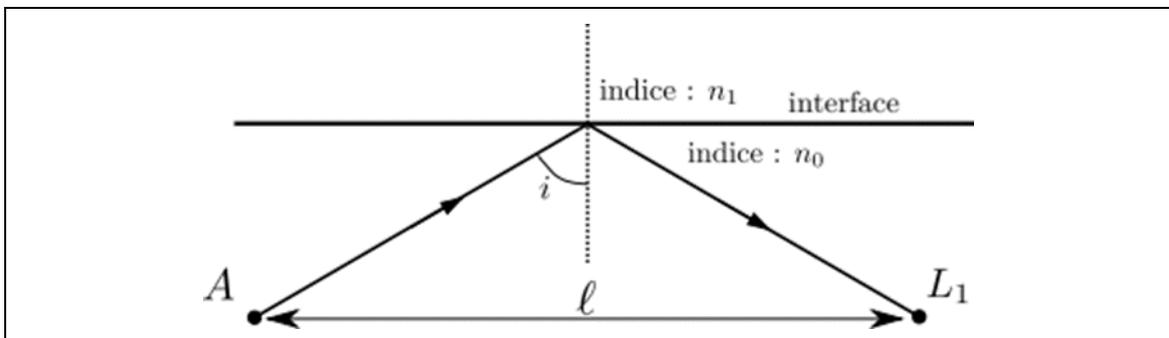
Q6. Une réflexion totale permet d'expliquer que le point A est vu de L_1 :



Quantitativement, il faut vérifier que l'angle i (cf. schéma ci-dessous) est supérieur à l'angle limite de réflexion totale (pour voir « très bien » le bas du muret, il faut que la réflexion soit totale.). Pour cela, on peut négliger la courbure de la Terre, ou pas.

• Si l'on néglige la courbure de la Terre

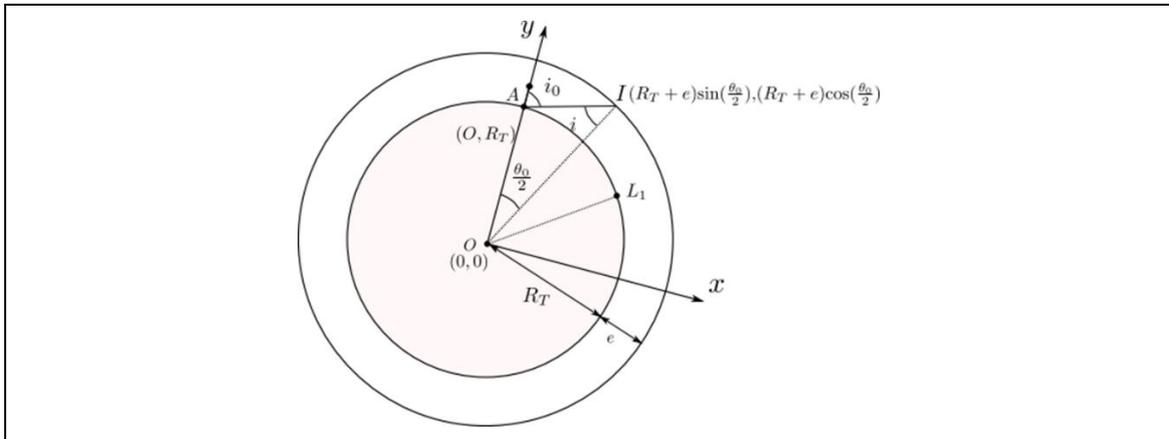
On appelle l la longueur du lac, A et L_1 étant à la même altitude le rayon issu de A et arrivant en L_1 se réfléchit au milieu du lac :



L'angle d'incidence sur l'interface est i tel que $\tan i = \frac{l}{2e}$. On trouve : $i = 89,9^\circ$. La réflexion sur l'interface est totale si $n_0 \sin i > n_1 \Rightarrow \sin i > \frac{n_1}{n_0} \Rightarrow i > i_m$ avec $i_m = \arcsin \frac{n_1}{n_0}$. On obtient $i_m = 89,6^\circ$, la condition est donc réalisée, A est vu en L_1 .

- Si l'on tient compte de la courbure de la Terre

$$\theta_0 = \frac{l}{2R}$$



$$(\vec{AI} \cdot \vec{OA} = AI \cdot OA \cos i_0) \Rightarrow \cos i_0 = \frac{\vec{AI} \cdot \vec{OA}}{AI \cdot OA} = \frac{x_{AI}x_{OA} + y_{AI}y_{OA}}{\sqrt{x_{AI}^2 + y_{AI}^2} \sqrt{x_{OA}^2 + y_{OA}^2}}$$

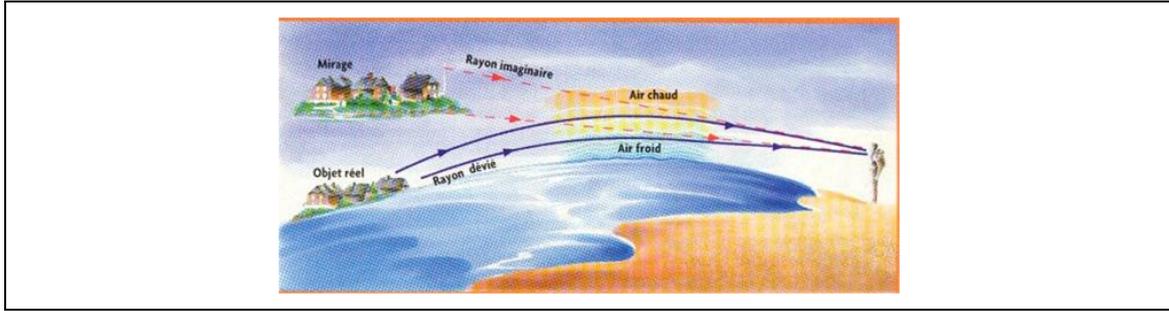
On obtient $i_0(^{\circ}) = \frac{\arccos(\cos i_0) \times 180}{\pi}$ et $\frac{\sin(\pi - i_0)}{R + e} = \frac{\sin i}{R} \Rightarrow \sin i = \left(\frac{R}{R + e}\right) \sin i_0$. Finalement $i \simeq 89,8^\circ$, $i > i_m$, la réflexion est totale. *Remarque : l'écart n'est cependant pas très important.*

Q7. La ligne 19 donne la valeur de l'altitude z du point de la trajectoire du rayon lumineux en $x = 0$, ce sont les coordonnées du bas du muret. La ligne 20 donne $\frac{dz}{dx}$ en $x = 0$ c'est à dire la dérivée première de la courbe de la trajectoire du rayon lumineux au bas du muret. Ces valeurs sont les conditions aux limites indispensables pour pour l'intégration de l'équation différentielle d'ordre 2 (il faut donc deux conditions aux limites).

La ligne 34 contient l'instruction « while » : les lignes indentées en dessous de cette instruction sont répétées *tant que* la condition indiquée après « while » n'est pas réalisée.

Ici, les lignes 35 à 38 seront répétées tant que l'abscisse x est inférieure ou égale à une abscisse finale, qu'on prendra égale à la longueur du lac : cela permet de déterminer la trajectoire d'un rayon de $x = 0$ au début du lac à $x = x_{fin}$ extrémité du lac où est la lunette. L'algorithme est l'algorithme d'Euler, appliqué à la résolution d'une équation différentielle d'ordre 2.

On constate que dans ce milieu où l'indice n'est plus uniforme, la trajectoire d'un rayon lumineux n'est plus une droite. La trajectoire permet bien de voir le point A de L_1 . Il s'agit d'un mirage (supérieur) dû au gradient d'indice orienté vers le bas, le lac étant plus froid que l'air au-dessus :



Q8. L'expression $\vec{B} = \frac{\vec{k} \wedge \vec{E}}{\omega}$ provient de l'équation de Maxwell-Faraday $\vec{\text{rot}} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$.

Q9. Soit le vecteur de Poynting $\vec{\Pi} = \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}}{\mu_0}$. Le flux du vecteur de Poynting à travers une surface est la puissance électromagnétique traversant cette surface. $\|\vec{\Pi}\|$ est en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, avec $\vec{B} = \frac{\vec{k} \wedge \vec{E}}{\omega}$, on a : $\vec{\Pi} = \frac{\vec{E}}{\mu_0} \wedge \left(\frac{\vec{k} \wedge \vec{E}}{\omega} \right)$, et on peut calculer $\vec{B} = \frac{\vec{k} \wedge \vec{E}}{\omega} = \frac{k \vec{u}_z \wedge E \vec{u}_x}{\omega} = \frac{E_0 k}{\omega} \cos(\omega t - kz) \vec{u}_y$ puis calculer $\vec{\Pi} = \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}}{\mu_0} = \frac{E_0^2 k}{\mu_0 \omega} \cos^2(\omega t - kz) \vec{u}_x \wedge \vec{u}_y$ avec $\omega = kc$. Ainsi, on obtient : $\vec{\Pi} = \frac{E_0^2}{\mu_0 c} \cos^2(\omega t - kz) \vec{u}_z$.

Il est aussi possible d'utiliser la formule $\vec{a} \wedge (\vec{b} \wedge \vec{c}) = (\vec{a} \cdot \vec{c})\vec{b} - (\vec{a} \cdot \vec{b})\vec{c}$. Comme $\langle \cos^2(\omega t - kz) \rangle_t = \frac{1}{2}$, $\|\langle \vec{\Pi} \rangle_t\| = \frac{E_0^2}{2\mu_0 c} = \frac{\varepsilon_0 c E_0^2}{2}$ car $\varepsilon_0 \mu_0 c^2 = 1$.

Q10. On a $E_0 = \sqrt{\frac{2\|\langle \vec{\Pi} \rangle_t\|}{\varepsilon_0 c}}$ avec $\|\langle \vec{\Pi} \rangle_t\| = \frac{4P}{\pi D^2}$ Avec la formule précédente on obtient $E_0 = 2,7 \times 10^5 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$.

$$\frac{E_0(\text{laser de TP})}{E_0(\text{D-STAR})} = \sqrt{\frac{\|\langle \vec{\Pi} \rangle_t\|(\text{laser de TP})}{\|\langle \vec{\Pi} \rangle_t\|(\text{D-STAR})}} = \sqrt{\frac{P(\text{laser de TP}) D_{(\text{D-STAR})}^2}{P(\text{D-STAR}) D_{(\text{laser de TP})}^2}}$$

En prenant $D_{(\text{laser de TP})} = 5 \text{ mm}$: $\frac{E_0(\text{laser de TP})}{E_0(\text{D-STAR})} = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-3} \times 30^2}{70 \times 10^9 \times (5 \times 10^{-3})^2}} = 7 \times 10^{-4}$; soit $E_0(\text{laser de TP}) \ll E_0(\text{D-STAR})$ est vérifiée.

Q11. L'émission de lumière par un atome a lieu lors du passage des atomes d'un état excité d'énergie E_2 à un autre état d'énergie E_1 moins excité, ou à l'état fondamental. La fréquence du photon émis est :

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

Ce passage d'un niveau d'énergie à un autre, plus bas, et l'émission du photon correspondant de fréquence ν peuvent résulter de deux processus différents : l'émission spontanée et l'émission induite ou stimulée.

L'émission stimulée de E_2 vers E_1 , n'a lieu que si l'atome est soumis à un champ électromagnétique de même fréquence ν que celle correspondant à la transition $E_1 \leftrightarrow E_2$. On peut dire qu'un champ électromagnétique, ou un photon incident d'énergie $h\nu$ provoque la désexcitation de l'atome de E_2 vers E_1 .

Le photon émis présente une propriété très remarquable : non seulement il a la même fréquence que celle du photon qui provoque l'émission, mais surtout il est émis en phase avec celui-ci, et dans la même direction. Par conséquent, après l'émission induite, rien ne permet de discerner le photon induit du photon inducteur. Ce phénomène est donc une véritable amplification du rayonnement inducteur.

Q12. Les photons arrivant sur S pendant Δt sont situés dans le cylindre droit de volume $(c\Delta t)S$ car $c\Delta t$ est la distance parcourue par un photon pendant la durée Δt . Il y en a donc $n(c\Delta t)S$.

Q13. $\vec{p}_i = \hbar\vec{k}$, avec $\vec{k} = \frac{2\pi}{\lambda}\vec{u}_z$ et $\vec{p}_r = -\hbar\vec{k}$. Pendant Δt la variation de quantité de mouvement d'un photon est $\Delta\vec{p}_1 = \vec{p}_r - \vec{p}_i$. Pour $n(c\Delta t)S$ photons, la variation de quantité de mouvement est $\Delta\vec{p} = -2ncS\Delta t\hbar\vec{k}$ avec $\omega = kc$ et $\omega = 2\pi\nu$, on obtient l'expression demandée.

Q14. On applique le principe fondamental de la dynamique dans le référentiel héliocentrique (galiléen) aux $n(c\Delta t)S$ photons se réfléchissant pendant la durée Δt , on a : $\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = \vec{F}_{r \rightarrow p}$ où $\vec{F}_{r \rightarrow p}$ est la force exercée par le réflecteur sur les photons. Par le principe des actions réciproques $\vec{F} = -\vec{F}_{r \rightarrow p}$, donc $\vec{F} = 2nSh\nu\vec{u}_z$.

L'énergie du photon de fréquence ν est $E = h\nu$. L'énergie des $nc\Delta tS$ photons est donc $nc\Delta tSh\nu$. C'est l'énergie traversant une surface S perpendiculaire à \vec{u}_z pendant Δt . La puissance est l'énergie traversant S par unité de temps, c'est donc $P = ncSh\nu$, or $\vec{F} = 2nSh\nu\vec{u}_z$ donc $\vec{F} = 2\frac{P}{c}\vec{u}_z$.

Q15. On applique le principe fondamental de la dynamique au vaisseau dans le référentiel héliocentrique (galiléen) : $m\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} \Rightarrow m\frac{dv}{dt} = 2\frac{P}{c} = \text{Cte}$ donc $v = \frac{2P}{mc}t$ en prenant une vitesse nulle à $t = 0$. La distance parcourue est $L(t)$, $\frac{dL}{dt} = v(t)$, donc $L = \frac{Pt^2}{mc} \Rightarrow t_{TM} = \sqrt{\frac{mL_{TM}}{P}}$ est la durée du trajet Terre-Mars. On obtient $t_{TM} = 2$ jours et 3,4 heures. La vitesse maximale est $v = \frac{2P}{mc}t_{TM}$. Elle est de $8,6 \times 10^5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Commentaires

Le projet est présenté avec un laser de 70 GW.

- On peut noter que la puissance d'un réacteur nucléaire est, en ordre de grandeur, d'environ 1 GW : en comparaison, on voit que la puissance du laser est extrêmement importante.
- Le projet propose d'alimenter le laser par des cellules photovoltaïques éclairées par le Soleil. Les cellules sont sur une surface d'environ $10^4 \times 10^4 \text{ m}^2$. Si la distance Soleil / laser est la même que la distance Soleil / Terre, la puissance surfacique du rayonnement solaire au niveau des cellules photovoltaïques est de $1,4 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$. La puissance reçue de la part du Soleil sur le réseau de cellules est donc $1,4 \times 10^3 \times 10^8 \text{ W} = 1,4 \times 10^{11} \text{ W}$
- La puissance du laser étant de 70 GW, le rendement défini par $r = \frac{\text{puissance du laser}}{\text{puissance solaire reçue}}$ doit valoir $r = \frac{70}{140} = 0,5$. Cette valeur doit être suffisamment réaliste pour que P. Lubin développe son projet.
- Le réflecteur de 30 m de diamètre reçoit une puissance 70 GW, soit environ $100 \text{ MW}\cdot\text{m}^{-2}$. Il est fondamental que le réflecteur réfléchisse cette puissance très

importante sans l'absorber pour ne pas être endommagé. C'est l'un des enjeux technologiques.

- La durée du trajet Terre – Mars est d'environ trois jours avec les puissances proposées, mais on peut noter que le projet reste intéressant avec un laser de puissance plus faible : la durée du trajet est $t_{TM} = \sqrt{\frac{m c L_{TM}}{P}}$, si la puissance du laser est divisée par 100 la durée du trajet est multipliée par 10, elle est donc d'environ 30 jours. Cela reste intéressant en comparaison avec la durée actuelle de presque 300 jours sur l'orbite de Hohmann (cf. questions suivantes).
- On constate que l'hypothèse non relativiste est vérifiée sur le trajet Terre - Mars ;
- La sonde devrait s'arrêter sur Mars, ce dont on ne tient pas compte dans ce calcul, les concepteurs du projet ont imaginé qu'un deuxième laser identique est stationné au niveau de Mars et permet de freiner la sonde (en rotation sur elle-même). La durée du voyage Terre – Mars est alors augmenté mais l'ordre de grandeur reste le même.
- Un référentiel galiléen est un référentiel dans lequel tout objet isolé est en translation rectiligne uniforme. Le référentiel héliocentrique (de Kepler) est le référentiel dans lequel le centre d'inertie du Soleil est fixe, et dont les axes pointent vers trois étoiles fixes. Il constitue une excellente approximation d'un référentiel galiléen.
- Le référentiel géocentrique est le référentiel en translation par rapport au référentiel de Kepler, et dans lequel le centre d'inertie de la Terre est fixe.
- Le référentiel terrestre est le référentiel lié à la Terre : localement, en un point de la Terre, il est pratique de le définir au moyen de deux vecteurs unitaires dirigés l'un selon l'axe Nord - Sud, l'autre vers le zénith (selon la verticale du lieu où l'on est), et on complète cette base orthonormée directe par un troisième vecteur dirigé selon l'axe Est – Ouest.
- Les marées sont expliquées en tenant compte du caractère non galiléen du référentiel géocentrique en translation circulaire par rapport au référentiel de Kepler.
- Le mouvement d'un pendule de Foucault, le mouvement des vents géostrophiques, la déviation vers l'ouest ou l'est d'un projectile lancé selon la verticale ascendante ou descendante sont expliqués par le caractère non galiléen du référentiel terrestre en rotation par rapport au référentiel géocentrique.

Q17. On se place dans le référentiel héliocentrique. On étudie un système de masse m situé en M , uniquement soumis à la force gravitationnelle exercée par le Soleil en O . On se place, d'après l'énoncé, dans le cas d'un mouvement circulaire de période $T = \frac{2\pi}{\Omega}$. La trajectoire est un cercle de rayon a . En coordonnées polaires (ou cylindriques), on a : $\vec{OM} = a\vec{u}_r$. Le principe fondamental de la dynamique s'écrit en projection sur \vec{u}_r et sur \vec{u}_θ : $-m\dot{\theta}^2 = -\frac{mM_S G}{a^2}$ et $ma\ddot{\theta} = 0$. $\ddot{\theta} = 0 \Rightarrow \dot{\theta} = \text{Constante}$, le mouvement est donc circulaire uniforme. $\dot{\theta} = \Omega$ avec $T = \frac{2\pi}{\Omega}$, la projection sur \vec{u}_r donne : $\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S}$. Il s'agit de la troisième loi de Kepler : le quotient $\frac{T^2}{a^3}$ est le même pour toutes les planètes du système solaire.

Q18. La durée du transfert est $\frac{T_H}{2}$, demi-période de la trajectoire sur l'ellipse de Hohmann. On l'obtient par la troisième loi de Kepler appliquée à l'orbite de Hohmann : $\frac{T_H^2}{a_H^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S}$ avec $a_H = \frac{T_1 M_2}{2}$, où $T_1 M_2$ est la distance périhélie / aphélie de l'orbite de l'Hohmann, soit la longueur totale du grand axe de l'orbite de Hohmann. On en déduit que : $a_H = \frac{R_{ST} + R_{SM}}{2}$.

La grandeur R_{SM} , distance Soleil – Mars, est donnée dans l'énoncé mais R_{ST} la distance Soleil – Terre n'est pas donnée. En revanche on connaît la durée de l'année terrestre T_T (on peut prendre 365 jours), on peut ainsi appliquer la troisième loi de Kepler à l'orbite terrestre, on obtient : $R_{ST} = \left(\frac{GM_S T_T^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}}$. En faisant l'application numérique, on obtient $\frac{T_H}{2} = 260$ jours.

Q19. Le transfert ne peut se faire que lorsque $\widehat{TSM}_1 = \theta_0$, où θ_0 est l'angle pour lequel Mars est sur son orbite de manière à être en M_2 , aphélie de l'orbite de Hohmann après une durée de 260 jours. Soit Ω_T vitesse angulaire de révolution de la Terre, Ω_M vitesse angulaire de révolution de Mars.

Les angles θ_T et la Terre et θ_M de Mars sont :

- À $t = t_1 = 0$: la Terre est en T_1 , où $\theta_T = 0$, Mars est en M_1 repéré par l'angle $T_1 \hat{S} M_1 = \theta_0$.
- À t : la Terre est en $\theta_T(t) = \Omega_T t$, Mars est en $\theta_M(t) = \theta_0 + \Omega_M t$.

Un lancement peut de nouveau être effectué quand $\theta_M - \theta_T = \theta_0 - 2\pi n$ (signe « - » car la Terre est en retard sur Mars). On obtient $t = t_n = \frac{2\pi n}{\Omega_T - \Omega_M}$ avec $\Omega_M = \frac{2\pi}{T_M}$, T_M est déterminé par la troisième loi de Kepler appliquée à Mars. Entre deux lancements on doit attendre une durée de $\Delta t = \frac{2\pi}{\Omega_T - \Omega_M}$. En effectuant l'application numérique, on obtient une durée de 26 mois.

Q20. Le principe est celui des actions réciproques. On peut montrer la propulsion d'un véhicule grâce à l'air qui s'éjecte d'un ballon gonflable fixé sur la voiture.

Q21. Cette relation peut se montrer que plusieurs manières à ce stade du problème. On a vu que l'on avait : $\frac{T_T^2}{R_{ST}^3} = \frac{4\pi^2}{GM_S}$. Le mouvement étant circulaire uniforme, on a $2\pi R_{ST} = v_{T_1} T_T$ soit $v_{T_1} = \left(\frac{2\pi M_S G}{T_T}\right)^{\frac{1}{3}}$. L'application numérique permet d'obtenir : $v_{T_1} = 30$ km/s.

Q22 On étudie la sonde dans le référentiel héliocentrique (galiléen). Cette énergie est :

$$E_H = -\frac{1}{2} \frac{GmM_S}{a_H} \text{ avec } a_H = \frac{R_{ST} + R_{SM}}{2} \text{ et } R_{ST} = \left(\frac{M_S G T_T^2}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}}. \text{ En } T_1 \text{ cette énergie est}$$

$$E_H = \frac{1}{2} m v'_{T_1}{}^2 - \frac{mM_S G}{R_{ST}} \text{ avec } v'_{T_1} \text{ vitesse de la sonde sur l'orbite de Hohmann en } T_1.$$

Donc : $-\frac{1}{2} \frac{GmM_S}{a_H} = \frac{1}{2} m v'_{T_1}{}^2 - \frac{mM_S G}{R_{ST}}$, on obtient : $v'_{T_1} = \sqrt{M_S G \left(\frac{2}{R_{ST}} - \frac{1}{a_H}\right)}$. L'application numérique donne $v'_{T_1} = 33$ km/s.

L'incrément de vitesse pour la sonde passe de l'orbite terrestre à l'orbite de Hohmann est donc de 3 km/s. Il faut également donner un incrément de vitesse pour le passage de l'orbite de Hohmann à l'orbite martienne. Dans cette étude, la force de gravité exercée par la Terre sur la sonde n'a pas été prise en compte.

Q23. Les équations sont :

$$\text{div} \vec{B} = 0 \text{ Équation de Maxwell relative au flux magnétique}$$

$$\text{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \text{ Équation de Maxwell-Gauss}$$

$$\text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \text{Équation de Maxwell-Faraday}$$

$$\text{rot} \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad \text{Équation de Maxwell-Ampère}$$

Le champ électrique est transverse : $\vec{E}(M, t) = E_x(z, t) \vec{u}_x$, sachant qu'en coordonnées cartésiennes $\text{div} \vec{E} = \frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z}$, on a $\text{div} \vec{E} = 0$ donc la densité volumique de charges est nulle.

En prenant le rotationnel de l'équation de Maxwell-Faraday (MF), et en utilisant l'équation de Maxwell-Gauss (MG), on a : $-\Delta \vec{E} = -\frac{\partial}{\partial t} (\mu_0 \vec{j} + \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t})$. Avec $\vec{j} = \underline{\sigma} \vec{E}$ on obtient finalement : $\Delta \vec{E} = \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} + \mu_0 \underline{\sigma} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$

Pour obtenir la relation de dispersion on injecte l'expression de \vec{E} dans l'équation de propagation. On a : $\Delta \vec{E} = -k^2 \vec{E}$, $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = -\omega^2 \vec{E}$, et $\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = i\omega \vec{E}$.

Finalement : $k^2 c^2 = \omega^2 - \omega_p^2$. k^2 peut être négatif, cela doit poser un problème pour la propagation de l'onde : dans ce cas-là le vecteur d'onde est un imaginaire pur, l'onde n'est alors plus progressive.

Q24. La propagation se fait dans l'ionosphère si $k^2 > 0$ est un réel positif, soit $\omega^2 > \omega_p^2$, donc $\omega > \omega_p$. $\omega = 2\pi\nu$ où ν est la fréquence de l'onde, la gamme de fréquences de propagation est donc : $\nu > \nu_p$ avec $\nu_p = \frac{\omega_p}{2\pi}$, on obtient $\nu > 8,9$ MHz. La gamme de fréquences des ondes pouvant atteindre le vaisseau est $\nu > 8,9$ MHz. Pour des fréquences inférieures, l'onde ne se propage pas dans le plasma (mais se réfléchit).

Une pulsation de $\omega_p = 56 \times 10^6 \text{ rad.s}^{-1}$ correspond à une longueur d'onde $\lambda_p = c \frac{2\pi}{\omega_p}$, soit $\lambda_p = 34$ m. L'ionosphère est transparente pour les ondes si $\omega > \omega_p \Leftrightarrow \lambda < \lambda_p$. Une longueur de coupure λ_p apparaît : pour $\lambda > \lambda_p$ l'ionosphère est totalement opaque.

Sur le graphe, pour $30 \text{ mm} < \lambda < 30$ m, il est indiqué que les ondes sont observables depuis la Terre : l'ionosphère est donc transparente, alors que pour $\lambda > 30$ m l'ionosphère est totalement opaque.

Le graphe est donc en accord avec les résultats obtenus, les calculs précédents expliquent l'opacité atmosphérique pour des ondes de longueur d'onde supérieures à 30 m.

NB : Attention, l'échelle est semi-logarithmique.

Q25. Modélisation : l'augmentation de l'énergie interne du cylindre, par unité de temps, est $\frac{dU}{dt} = m_0 c \frac{dT}{dt}$ car c'est un solide. Cette augmentation est due à la puissance reçue par le cylindre, au niveau de sa surface $S = \frac{\pi d^2}{4}$, soit φS , mais la puissance $\frac{1}{R_{th}}(T - T_{air})$ est perdue (elle est proportionnelle à $(T - T_{air})$ comme le dit l'énoncé). Le premier principe de la thermodynamique appliqué au cylindre, permet d'effectuer un bilan d'énergie par unité de temps :

$$m_0 c \frac{dT}{dt} = \varphi S - \frac{1}{R_{th}}(T - T_{air})$$

Q26. Détermination de la résistance thermique :

$$\text{L'équation est } m_0 c \frac{dT}{dt} = \varphi S - \frac{1}{R_{th}}(T - T_{air}) \Rightarrow \frac{dT}{dt} + \frac{1}{m_0 c R_{th}}(T - T_{air}) = \frac{\varphi S}{m_0 c}$$

Le temps caractéristique est $\frac{1}{D} = m_0 c R_{th}$ donc $R_{th} = \frac{1}{D m_0 c} R_{th} = 38 \text{ K.W}^{-1}$

On peut aussi déterminer graphiquement le temps caractéristique τ et calculer $R_{th} = \frac{\tau}{m_0 c}$.

- Graphiquement $T(t) = A + B = 30,3 - 10,4e^{-1} = 26,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\tau \approx 1450 \text{ s}$)
- Méthode moins précise : en traçant la tangente à l'origine $\tau = \frac{1}{D} = m_0 c R_{th}$. $\tau \approx 1450 \text{ s}$ peut être retrouvé.

Détermination de φ :

Méthode 1 : On se place en $t \rightarrow \infty$: $m_0 c \frac{dT}{dt} = \varphi S - \frac{1}{R_{th}}(T - T_{air})$ devient

$$\varphi S - \frac{1}{R_{th}}(T_{final} - T_{air}) = 0, \text{ donc } \varphi = \frac{(T_{final} - T_{air})}{R_{th} S} = \frac{D m_0 c (T_{final} - T_{air})}{S}$$

Méthode 2 : On se place à $t = 0$, on a $\frac{1}{R_{th}}(T - T_{air}) = 0$ donc $m_0 c \frac{dT}{dt}(t = 0) = \varphi S$ donc

$\varphi = -\frac{m_0 c B D}{S}$, où B et D sont les paramètres renvoyés par le programme. **NB : comme**
 $B = T(t = 0) - T_{final} = T_{air} - T_{final}$, les deux expressions sont les mêmes.

Pour T_{final} :

- si l'on prend la courbe de la modélisation, on a $T_{final} = A = 30,3 \text{ }^\circ\text{C}$, et on obtient : $\varphi = 5,2 \times 10^2 \text{ W.m}^{-2}$; si l'on prend la courbe de températures mesurées, on a $T_{final} \approx 30 \text{ }^\circ\text{C}$, et on obtient : $\varphi = 5,0 \times 10^2 \text{ W.m}^{-2}$
- si l'on prend la formule avec $B = -10,3 \text{ }^\circ\text{C} = -10,3 \text{ K}$ (c'est une différence entre deux températures), on obtient une valeur intermédiaire entre les deux valeurs précédentes.

Q27. Exemple de commentaire sur la valeur de R_{th} :

On peut évaluer les dimensions de l'isolant, par exemple 36 mm de diamètre (on rajoute 1 cm au diamètre du cylindre) et de 40 mm de longueur (on rajoute 1 cm à la longueur du cylindre).

Si on considère pour la perte thermique, uniquement le phénomène de la convection à la surface du dispositif (on néglige l'influence de l'isolant), la formule de Newton peut servir à déterminer h .

On a : $R_{th} \approx \frac{1}{h S_{totale}}$, on en déduit $h = \frac{1}{R_{th} S_{totale}}$, avec $R_{th} = 38 \text{ K.W}^{-1}$ déterminée question 26, on obtient $h \approx 5 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, cette valeur est un peu faible, ce qui est normal car l'isolant est présent.

Remarque : Si on essaie de faire un modèle : on évalue la résistance de l'isolant autour du cylindre, en série avec une résistance en $1/(hS)$ correspondant à la conducto-convection (loi de Newton) autour. On tient aussi compte de la conducto convection au niveau du cylindre en contact avec l'air, ce qui rajoute une résistance en parallèle. En prenant $\lambda_{isolant} = 4 \times 10^{-2} \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ et $h = 10 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ (non donnés dans l'énoncé). On obtient : $R_{th} \approx 5 \times 10^1 \text{ K.W}^{-1}$. Si on évalue juste une résistance équivalente due au mécanisme de convection à la surface de tout le dispositif, on obtient : $R_{th} \approx 2 \times 10^1 \text{ K.W}^{-1}$. Si on évalue juste la résistance de l'isolant on obtient : $R_{th} \approx 4 \times 10^1 \text{ K.W}^{-1}$.

Exemple de commentaire sur la valeur de φ : Pour un bon ensoleillement, on a une valeur de $\varphi = 1 \times 10^3 \text{ W.m}^{-2}$. L'expérience se déroulant le 18 décembre, peut-être sous une couverture nuageuse, l'ordre de grandeur trouvé expérimentalement pour φ n'est pas aberrant.

Q7. c)
$$\frac{u(m)}{m} = \sqrt{\left(\frac{u(c_T)}{c_T}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{eq})}{V_{eq}}\right)^2} = 0,013, \text{ soit}$$

$$u(m) = 9,6 \times 10^{-2} \times 0,013 = 1 \times 10^{-3} g = 0,1 \times 10^{-2} g$$

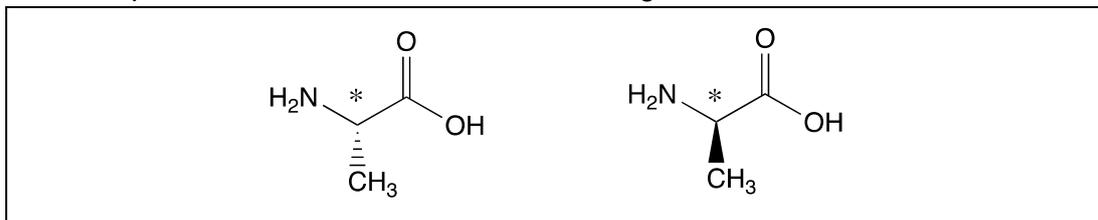
Q7. d) On obtient donc $m = (9,6 \pm 0,1) \times 10^{-2} g$,

soit $9,5 \times 10^{-2} g \leq m \leq 9,7 \times 10^{-2} g$, au lieu de $0,10 g$, la glycine n'est pas parfaitement pure.

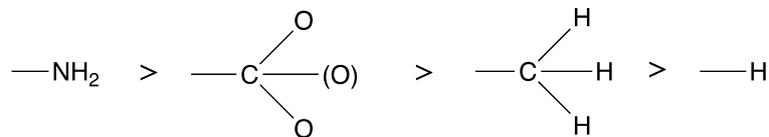
Q8. A la demi-équivalence : $V = \frac{V_{eq}}{2}$ on a $pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[AH]}$ avec $[A^-] = [AH]$ donc $pH = pK_a = 9,6$ obtenu par lecture graphique ici, on retrouve la valeur de pK_{a2} .

Partie 2 : Les protéines

Q9. L'alanine présente deux stéréoisomères de configuration, énantiomères entre eux.

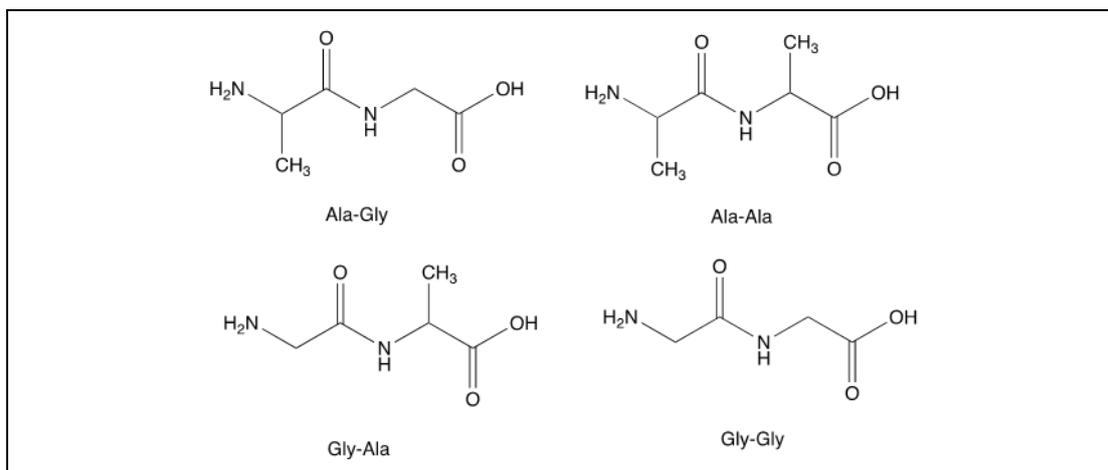


Chacun des deux stéréoisomères de configuration présente un unique atome de carbone stéréogène asymétrique. Le classement CIP des substituants de cet atome de carbone, donné ci-dessous, permet d'identifier une configuration absolue *S* pour l'isomère de gauche et *R* pour l'isomère de droite.



Q10. La fonction chimique créée lors de la formation du dipeptide est une fonction amide de structure chimique (-CO-NH-).

Q11. En faisant directement réagir les deux acides aminés sans protection préalable, un mélange de 4 dipeptides serait obtenu.



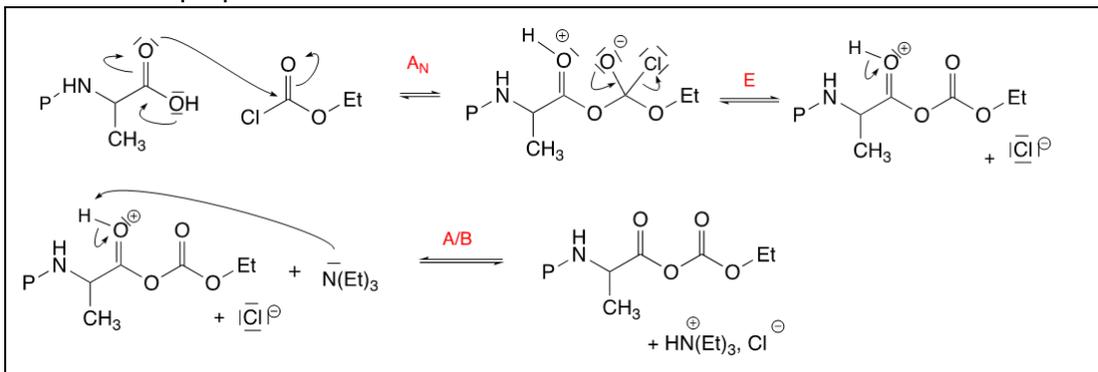
Il est donc nécessaire de protéger la fonction amine de l'alanine et la fonction acide de la glycine de façon à n'obtenir qu'un unique dipeptide. (Il est par ailleurs nécessaire de

procéder à une activation électrophile de la fonction acide de l'alanine afin de favoriser la formation de l'amide.)

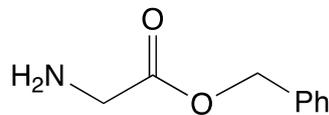
Q12. On retrouve, dans le document 1, les étapes de protection et d'activation dont la nécessité a été évoquée à la question **Q11**.

- Etape 1 : protection de la fonction amine de l'alanine ;
- Etape 2 : activation électrophile de la fonction acide carboxylique de l'alanine ;
- Etape 3 : protection de la fonction acide de la glycine ;
- Etape 4 : formation de la fonction amide (AN + E)
- Etape 5 : déprotection de la fonction amine ;
- Etape 6 : déprotection de la fonction acide carboxylique.

Q13. Mécanisme proposé



Q14. L'étape 3 est une estérification. Le produit **B** est l'ester suivant :



Q15.a) $C_{13}H_{16}N_2O_5(s) + \frac{29}{2} O_2(g) = 13 CO_2(g) + 8 H_2O(l) + N_2(g)$

Q15.b) Considérons le système constitué par l'enceinte calorifugée et son contenu.

Pour ce système $\Delta U_{i \rightarrow f} = Q = 0$.

En effet le système subit une transformation adiabatique isochore.

Par ailleurs, l'énergie interne étant une grandeur d'état dont la variation ne dépend pas du chemin suivi, il est possible de décomposer la transformation en deux étapes :

- Réaction de combustion ;
- Echauffement du système de T_i à T_f .

D'après la définition du pouvoir calorifique d'un aliment proposée dans le document 2 :

$$\Delta U = 0 = m_{eau} C_{eau} (T_f - T_i) - m_{peptide} PC_{peptide}$$

$$\text{soit } PC_{peptide} = \frac{m_{eau} C_{eau} (T_f - T_i)}{m_{peptide}}$$

$$\text{A.N. : } PC_{peptide} = \frac{2000 \times 4,18 \times 4,10}{2,00} = 17,1 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$$

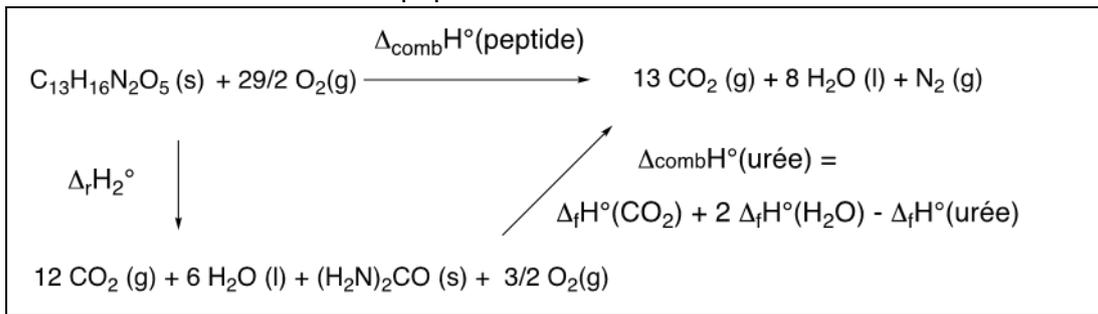
Q15.c) $\Delta_{comb} H^\circ = \Delta_{comb} U^\circ - \frac{1}{2} RT$, soit

$$\Delta_{comb} H^\circ(\text{peptide}) = -PC_{peptide} \times M_{peptide} - \frac{1}{2} RT \approx -PC_{peptide} \times M_{peptide}$$

$$\text{A.N. : } \Delta_{comb} H^\circ(\text{peptide}) = -17,1 \times 280 = -4,79 \cdot 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Q16.a) $C_{13}H_{16}N_2O_5(s) + 13 O_2(g) = 12 CO_2(g) + 6 H_2O(l) + (H_2N)_2CO(s)$ (2)

Q16.b) L'équation de la réaction (2) peut s'écrire comme une combinaison des réactions de combustion de l'urée et du dipeptide :



La loi de Hess donne :

$$\Delta_r H_2^\circ = \Delta_{\text{comb}}H^\circ(\text{peptide}) - \Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) - 2\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}) + \Delta_f H^\circ(\text{urée})$$

A. N. : $\Delta_r H_2^\circ = -4,79 \cdot 10^3 + 393,5 + 2 \times 285,5 - 333,1 = -4,16 \cdot 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Par conséquent, la valeur du pouvoir calorifique du dipeptide devient :

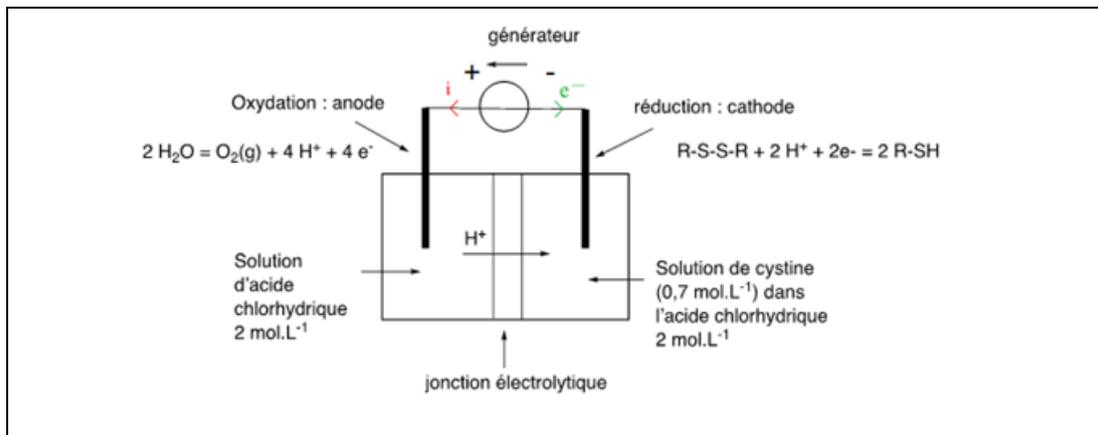
$$PC_{\text{peptide}} = -\frac{\Delta_r H_2^\circ}{M(\text{peptide})}$$

A. N. : $PC_{\text{peptide}} = -\frac{-4,16 \cdot 10^3}{280} = 14,9 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$.

Q17. Si l'on considère le pouvoir calorifique global du complément alimentaire, on obtient $16,40 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$, valeur légèrement supérieure à la valeur obtenue pour le dipeptide. Or, si le complément est principalement constitué de protéines (73 g pour 100g), elle contient également des glucides (12,75 g pour 100g) et des lipides lesquels ont un pouvoir calorifique plus élevé que les protéines puisque leur combustion est complète (contrairement à celle des protéines, qui s'arrête à l'urée).

Partie 3 : Production industrielle d'acides aminés – industrie pharmaceutique

Q18. Schéma



Q19. La production d'une mole de cystéine nécessite le transfert d'une mole d'électrons dans le cas d'un rendement faradique de 100%.

Par conséquent, $n_{\text{cystéine produite}} = \rho_F \times n_{\text{électrons transférés}}$, soit

$n_{\text{cystéine produite}} = \rho_F \times \frac{q}{F} = \rho_F \frac{I \Delta t}{F}$. L'énergie nécessaire pour produire une quantité de matière $n_{\text{cystéine}}^{\text{produite}}$ de cystéine est :

$$E = U \times I \times \Delta t = U \times \frac{n_{\text{cystéine produite}} \times F}{\rho_F}, \text{ soit pour produire une masse } m \text{ de cystéine :}$$

$$E = U \times I \times \Delta t = U \times \frac{m_{\text{cystéine produite}} \times F}{\rho_F \times M_{\text{cystéine}}}$$

A.N. L'énergie nécessaire pour produire 50 g de cystéine est $E = 3,0 \times \frac{50 \times 96500}{0,90 \times 121} = 133 \text{ kJ}$.

Q20. L'approximation des états quasi stationnaires est une approximation qui s'applique aux intermédiaires réactionnels très réactifs.

Soit un intermédiaire réactionnel IR formé par un ensemble de processus élémentaires (1), (2), (3)... et consommé par un ensemble de processus élémentaires (1'), (2'), (3')... Si l'un au moins des processus qui consomment IR est très "facile" devant l'ensemble des processus qui forment IR , alors on peut montrer qu'**après une période d'induction**, sa concentration, qui reste faible, est quasi-constante. IR est alors dans un état quasi-stationnaire, ce qui se traduit par :

$$\frac{d[IR]}{dt} \approx 0$$

Cette approximation permet d'exprimer la concentration des intermédiaires.

Les intermédiaires réactionnels mis en jeu dans le mécanisme présenté à la figure 6 sont RS^- et $RSOH$.

Seul $RSOH$ est suffisamment réactif (formation par une étape difficile et consommation par une étape facile) pour qu'on puisse lui appliquer l'AEQS.

Q21. $v = \frac{d[RSSR]}{dt} = k_3[RSOH][RS^-]$

Appliquons l'AEQS à $RSOH$:

$$\frac{d[RSOH]}{dt} = k_2[RS^-][H_2O_2] - k_3[RSOH][RS^-] \approx 0$$

soit $v = k_2[RS^-][H_2O_2]$. L'équilibre (1) étant un équilibre rapide, on peut considérer qu'il est réalisé à tout instant. Par conséquent, $K_{a2_{\text{cystéine}}} = \frac{[RS^-][H^+]}{[RSH]c^0} = \frac{k_1}{k_{-1}}$, soit $[RS^-] =$

$$\frac{K_{a2_{\text{cystéine}}}[RSH]}{[H^+]}c^0, \text{ et } v = \frac{k_2 \times c^0 \times K_{a2_{\text{cystéine}}}}{[H^+]} [RSH][H_2O_2]$$

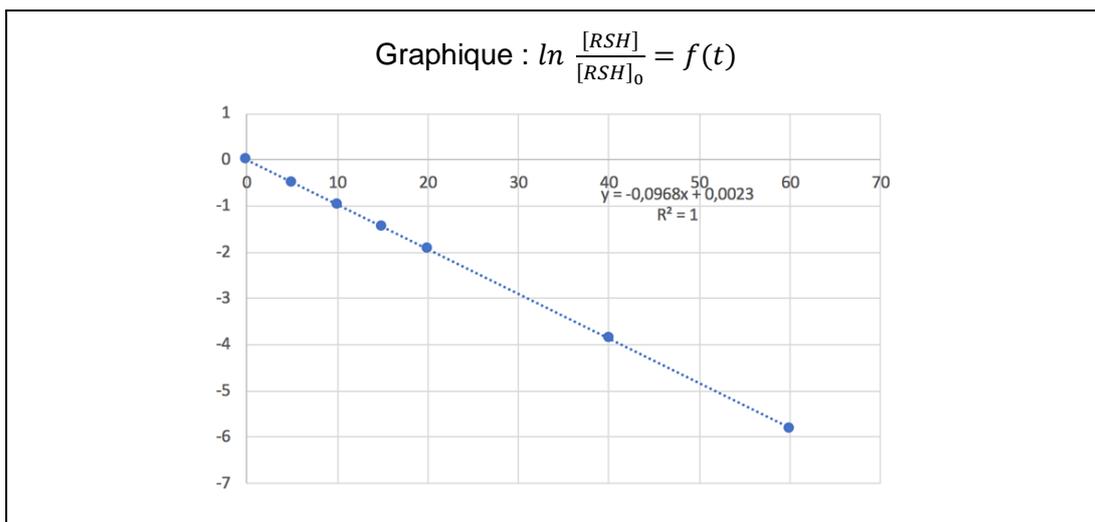
En milieu tamponné, la concentration $[H^+]$ est constante il est donc possible d'écrire $v = k[RSH][H_2O_2]$ avec $k = \frac{k_2 \times c^0 \times K_{a2_{\text{cystéine}}}}{[H^+]}$

Q22. *Étude de l'expérience 1.*

On constate que les conditions expérimentales sont telles que $[RSH]_0 \ll [H_2O_2]_0$. Les conditions sont donc celles d'une dégénérescence de l'ordre. On peut alors considérer que, pour tout t , $[H_2O_2] \approx [H_2O_2]_0$. La loi cinétique attendue s'écrit alors :

$$v = k_{app}[RSH] \text{ avec } k_{app} = k[H_2O_2]_0, \text{ soit } v = -\frac{1}{2} \frac{d[RSH]}{dt} = k_{app}[RSH]$$

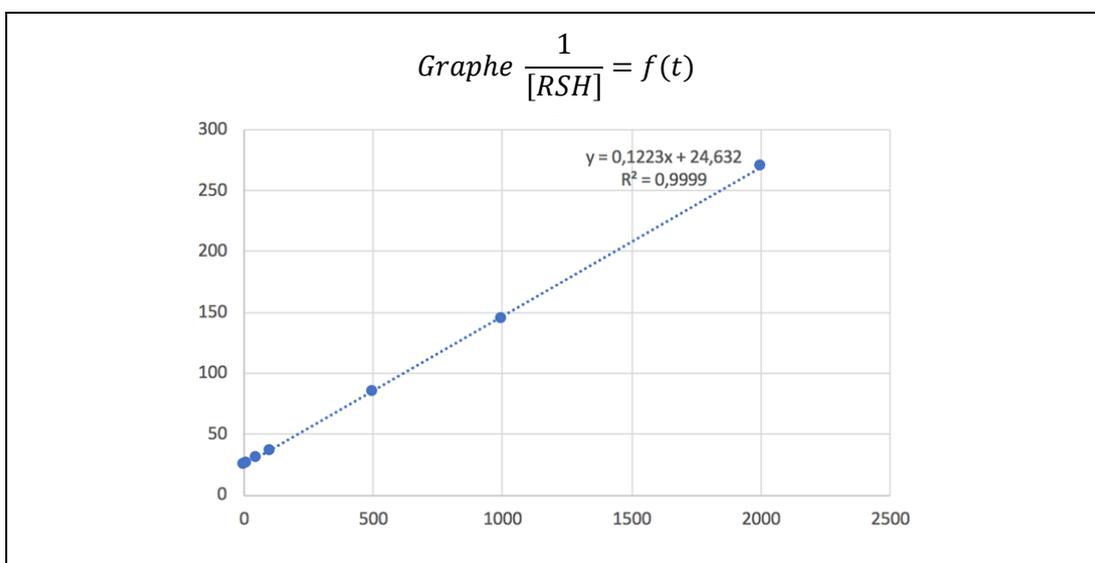
On obtient donc en intégrant cette équation différentielle : $\ln \frac{[RSH]}{[RSH]_0} = -2k_{app}t$. Par conséquent, pour vérifier que l'ordre partiel par rapport à RSH est bien égal à 1, il suffit de tracer $\ln \frac{[RSH]}{[RSH]_0} = f(t)$. Le tracé donne une courbe qui peut être modélisée par une droite d'équation : $y = -0,0968x + 0,0023$. L'ordre partiel 1 par rapport à RSH est confirmé et dans ces conditions : $k_{app} = 4,84 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$.



Étude de l'expérience 2.

Dans le cas de l'expérience 2, les conditions expérimentales sont telles que $[RSH]_0 = 2[H_2O_2]_0$. Les réactifs ont donc été introduits dans les proportions stœchiométriques et, pour tout t , $[RSH] = 2[H_2O_2]$. La loi cinétique obtenue à l'aide du mécanisme supposé s'écrit alors $v = \frac{k}{2}[RSH]^2$, soit $v = -\frac{1}{2} \frac{d[RSH]}{dt} = \frac{k}{2}[RSH]^2 \Rightarrow -\frac{d[RSH]}{dt} = k[RSH]^2$. En intégrant cette équation différentielle, on obtient donc $\frac{1}{[RSH]} - \frac{1}{[RSH]_0} = kt$. Par conséquent, pour vérifier que l'ordre partiel par rapport à RSH est bien égal à 1, il suffit de tracer $\frac{1}{[RSH]} = f(t)$.

Le tracé donne une courbe qui peut être modélisée par une droite d'équation $y = 0,1223x + 24,632$. L'ordre global 2 est confirmé et dans ces conditions $k = 1,22 \cdot 10^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{s}^{-1}$.



On peut également déterminer k_2 : $k_2 = \frac{k[H^+]}{c^0 \times K_{a2} \text{ cystéine}}$.

A.N. $k_2 = \frac{1,22 \cdot 10^{-1} \times 10^{-6}}{10^{-8,3}} = 24,3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{s}^{-1}$.

4.2.5. Conclusion

Le jury reprend des points déjà observés lors des sessions précédentes, indépendamment du changement de définition des épreuves. Ainsi, le jury a observé des points de satisfaction sur le souci des candidats d'essayer de traiter en profondeur toutes les questions du sujet. Le jury tient à souligner l'existence de quelques très bonnes copies. De nombreuses prestations gardent cependant encore un niveau disciplinaire insuffisant, ce qui conduit le jury à attribuer des notes basses aux candidats concernés. Il est conseillé aux futurs candidats de se préparer en travaillant en profondeur les aspects disciplinaires, de manière à disposer d'une maîtrise des notions enseignées dans l'enseignement secondaire et de leurs prolongements dans le premier cycle universitaire.

Le jury rappelle que la démarche de modélisation, colonne vertébrale des « nouveaux programmes » de l'enseignement secondaire, est une entrée intéressante pour préparer l'écrit (et l'oral) de ces concours. Travailler sur les modèles permet à la fois d'interroger le champ disciplinaire, mais aussi de s'exercer aux pratiques didactiques et pédagogiques courantes. La relation entre le monde réel et le monde des modèles est inhérente aux disciplines expérimentales telles que la physique et la chimie.

Le jury rappelle l'existence des ressources citées dans le(s) rapport(s) de jury précédent(s) : elles sont toujours pertinentes malgré la modification de la définition des épreuves des concours CAPES, CAFEP et 3èmes concours associés.

Le jury tient à féliciter les candidats qui ont réussi à démontrer leur maîtrise des savoirs disciplinaires à travers l'épreuve disciplinaire.

4.3. Rapport sur l'épreuve disciplinaire appliquée

4.3.1. Sujet de l'épreuve

Le sujet de la session 2022 comporte cinq 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 la production d'élèves, dont une demande de correction formative d'un extrait de copie d'élève. Trois questions conclusives portent sur l'élaboration d'une séquence d'enseignement. À l'issue de cette première session d'épreuve disciplinaire appliquée, le jury entend réduire dès la session 2023 la taille du sujet en trois parties indépendantes au lieu de cinq, afin de valoriser l'implication des candidats dans toutes les parties proposées.

4.3.2. Constats généraux et recommandations

Présentation et rédaction

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 – ce point est primordial lors de la phase de correction dématérialisée des copies – et de mettre en valeur les résultats obtenus.

Il est par ailleurs attendu des candidats souhaitant devenir enseignant une rédaction soignée et rigoureuse : qualité des explications, présentation des raisonnements, orthographe correcte. 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. Dans l'ensemble, peu de candidats semblent l'avoir compris

alors que ce langage scientifique dédié à la discipline physique-chimie constitue un outil essentiel au futur professeur dans l'exercice de son métier.

Description de l'épreuve

Le jury rappelle que « *L'épreuve s'appuie sur un corpus varié de documents (extraits d'ouvrage, d'article, productions d'élèves, etc.). Elle vise à évaluer les capacités d'analyse critique de documents puis l'aptitude des candidats à mobiliser des savoirs disciplinaires et didactiques dans le cadre de la construction d'une séquence d'enseignement au niveau du collège ou du lycée, pouvant revêtir un caractère expérimental. L'épreuve porte sur les deux parties (physique et chimie) du champ disciplinaire du concours. Durée: cinq heures. Coefficient 2. L'épreuve est notée sur 20. Une note globale égale ou inférieure à 5 est éliminatoire* »⁵.

L'objectif de cette épreuve est double :

- 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 ;
- 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.

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.

On peut ainsi lister 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.
- Valeur, ordre de grandeur.
- Interprétation de valeurs ou de résultats.
- Consignes aux élèves ou énoncés d'activité.
- Conceptions initiales des élèves et interprétation de productions d'élèves.
- Fiche de synthèse à destination des élèves.
- Corrigé à destination des élèves.
- Énoncé d'évaluation.
- Correction formative d'un extrait de copie.

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. Dans la première question du sujet, il est ainsi demandé d'affecter quatre situations à un des ensembles situés

⁵Arrêté du 25 janvier 2021 fixant les modalités d'organisation des concours du certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement du second degré

dans une figure. Il n'était pas dit que chaque ensemble devait se voir attribuer une situation, ce que beaucoup de candidats se sont imposés.

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...).

Enfin, lorsque la consigne demande au candidat de présenter la correction d'une activité ou 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.

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 faut bien veiller à repérer si cette insertion est obligatoire ou optionnelle).

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

Une contextualisation vise à susciter l'intérêt des élèves. Proposer une situation courante classique n'est généralement pas suffisant (comme par exemple « pourquoi ce bateau flotte ? »). Elle gagne à ne pas être trop artificielle. Surtout, toute contextualisation s'accompagne d'une problématique. La question associée vise aussi à susciter intérêt et 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 objectifs et contenus.

4.3.3. Rapport détaillé par partie

La **première partie** du sujet (comportant en tout 19 questions et sous-questions) aborde l'activité de modélisation. Elle vise à analyser des ressources pédagogiques du point de vue de la démarche de modélisation et à proposer des situations pédagogiques la suscitant. Il ne s'agit pas pour autant d'évaluer des connaissances relevant de l'épistémologie (les connaissances nécessaires étant fournies dans un des documents) mais plutôt de tester

la capacité des candidats à repérer quelques étapes significatives de l'activité de modélisation en contexte (en l'occurrence celui des ondes et des piles).

La définition d'une onde est souvent formulée de manière incomplète ou de façon erronée.

La détermination de la capacité de la pile est souvent erronée du fait de l'oubli par les candidats de la relation entre la quantité de matière d'électrons échangés et celle du réactif limitant.

Une manipulation pertinente pour la mesure de la capacité d'une pile est souvent proposée par les candidats mais ceux-ci se contentent souvent de la nommer sans expliquer comment celle-ci doit être exploitée.

L'usure de la pile par consommation des réactifs est souvent énoncée par les candidats, cependant le lien entre électricité et réactifs et la notion de transformation non spontanée ou forcée sont peu évoqués.

La **deuxième partie** (comportant 7 questions ou sous-questions) porte sur la poussée d'Archimède. Des documents pédagogiques donnant lieu à une activité expérimentale sont proposés. Ils peuvent être exploités pour la séquence à proposer. Les candidats doivent proposer, comme dans une situation pédagogique réelle, une fiche synthèse exposant le savoir à maîtriser sur le sujet. Peu de candidats respectent les éléments à faire figurer dans cette fiche (origine physique, expressions vectorielles, conditions de validité). La plupart des candidats réussissent à mener à bien un calcul élémentaire de la valeur de la masse volumique, sans toujours penser à la commenter (alors que la consigne est explicite).

Une des questions demande d'interpréter des prévisions erronées d'élèves et de rédiger une correction de l'activité. En pareil cas, il convient d'être précis et explicite dans le raisonnement supposé des élèves et dans la correction qui gagne à être rédigée comme elle le serait si elle était fournie à des élèves.

La **troisième partie** (7 questions ou sous-questions en tout) a pour objectif de mettre les candidats face aux différentes étapes que rencontre le professeur lors de l'élaboration d'une activité expérimentale au cours de la création d'une séquence pédagogique sur le quotient de réaction à l'état final. Elle demande la rédaction d'une partie de l'activité à destination des élèves et interroge également sur les choix expérimentaux faits et sur les impacts que ceux-ci peuvent avoir sur l'apprentissage des élèves. Elle traite également de l'exploitation de résultats obtenus lors du test de la manipulation par l'enseignant et se conclut par l'élaboration d'une séquence pédagogique incluant cette activité.

Les candidats identifient très souvent la raison du choix de la longueur d'onde en dehors du maximum d'absorption, cependant rares sont ceux qui justifient rigoureusement la nécessité dans le cas général de se placer à cette longueur d'onde.

Les limites de la loi de Beer-Lambert sont rarement exposées clairement.

La rédaction de la première partie de l'activité expérimentale est souvent bien traitée.

La détermination du quotient de réaction pour la solution S1 est souvent traitée par les candidats, mais avec des réussites très diverses. Peu de candidats utilisent une régression linéaire ou une représentation graphique pour déterminer la concentration en quantité de matière à partir du dosage par étalonnage, se contentant d'une simple relation de proportionnalité. L'expression du quotient de réaction final à partir des concentrations est correcte pour la majorité des candidats mais l'expression à partir de l'avancement molaire est souvent erronée.

La variabilité des valeurs du quotient réactionnel résultant notamment du choix de la longueur d'onde n'est que très rarement abordée par les candidats.

L'élaboration de la séquence pédagogique est traitée par de nombreux candidats, cependant la trace écrite institutionnalisant les savoirs est rarement proposée. Les candidats manquent

de rigueur dans les notations associées à la constante thermodynamique d'équilibre et au quotient de réaction. La notion d'équilibre dynamique est rarement évoquée dans la trace écrite tout comme le taux d'avancement final d'une réaction.

La **quatrième partie** (8 questions ou sous-questions en tout) porte sur le concept d'énergie, du collège au lycée. Elle interroge des difficultés potentielles d'apprentissage liées à l'usage courant du terme énergie. Après avoir corrigé une activité de terminale STL, les candidats doivent l'adapter pour en faire une évaluation de fin de cycle 4. Les dernières questions traitent du premier principe de la thermodynamique et des transferts thermiques.

La correction de l'activité est abordée par de nombreux candidats, mais rarement de manière exacte, en particulier pour l'identification des transferts. L'énergie et le travail ou transferts thermiques sont souvent confondus, l'algébrisation des travaux et transferts thermiques n'est pas toujours indiquée. La chaîne énergétique complète est rarement représentée correctement.

Rares sont les candidats qui proposent une adaptation de l'activité portant sur une évaluation du niveau cycle 4 et quand cette question est traitée, les candidats se contentent très souvent de recopier l'énoncé ou de le commenter en termes de compétences au lieu de proposer une modification de l'énoncé adaptée aux capacités du cycle 4. De nombreux candidats confondent capacités évaluées et compétences de la démarche scientifique.

L'activité de terminale proposée au sujet des formes d'énergie prédominant dans les différents réservoirs d'énergie est rarement traitée correctement. Les difficultés prévisibles des élèves sont peu citées.

La **cinquième partie** (6 questions ou sous-questions en tout) traite de l'optimisation de synthèse organique dans le cadre de la synthèse d'une molécule odorante le Berryflor. Le candidat est invité à construire une séquence d'enseignement sur cette notion à l'aide de documents pédagogiques qu'on lui propose d'analyser et de compléter. Le candidat est également amené à corriger un extrait de compte-rendu d'un élève.

La correction de l'activité documentaire est correctement traitée par de nombreux candidats, l'équation de réaction doit toutefois être ajustée en indiquant les formules chimiques des molécules et non le nom de celles-ci.

Si la chromatographie sur couche mince est bien citée par les candidats comme technique de caractérisation possible au lycée, les candidats proposent souvent des techniques non réalisables par des élèves du secondaire (chromatographie en phase gazeuse) ou non adaptée au produit étudié (mesure d'une température de fusion pour le produit liquide à température ambiante).

Peu de candidats proposent un document additionnel à destination des élèves pour la compréhension des titrages. Lorsque celui-ci est rédigé, les candidats proposent souvent une correction et non un guide pour les élèves.

Lors de la correction de la copie d'élève, peu de candidats repèrent la confusion entre la quantité d'acide restant et la quantité d'acide consommé. Les candidats ayant proposés des commentaires avec des connotations particulièrement négatives, assortis d'aucun conseil pour que l'élève puisse progresser sont pénalisés.

Les candidats proposent très rarement une séquence pédagogique et pour les candidats l'ayant traité, le temps de remédiation demandé n'est pas intégré ou ne porte pas sur les difficultés de l'élève.

4.3.4. Rapport détaillé par question et éléments de correction

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.**

Partie 1 – La modélisation en physique-chimie

Q1. a) Une « échelle de perroquet » (ou ondoscope) dont on déplace une des extrémités : B
Une vague arrivant sur une plage : A
Un grondement de tonnerre : A
Une succession de vagues observées grâce à une « cuve à ondes » : B

Q1. b) Définition d'une onde : phénomène de propagation d'une perturbation d'un milieu sans transport global de matière (mais avec transport d'énergie).

Q1. c) Corrigé de l'activité, à destination des élèves.

1. Exemples de situations : tremblement de terre, perception d'un son, utilisation d'un four micro-onde, utilisation du Bluetooth, du wifi, de la téléphonie mobile (et plus largement ondes électromagnétiques) ...

2. Ondes : situations 1, 2, 4, 5, 6 (8 éventuellement).

Situation 3 : il n'y a pas de propagation.

Situation 7 : il n'y a pas de propagation, tout phénomène périodique ne donne pas lieu à une onde.

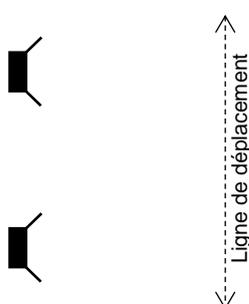
Remarque : La situation 8 peut donner lieu à discussion (milieu détruit, propagation irréversible...)

Q1. d) Le choix est fait de partir du modèle (en l'occurrence ensemble C) pour confronter la définition à différentes situations, qu'elles relèvent de situation « de physique » ou de situations courantes. Le choix est donc fait d'une activité de modélisation par exploration du champ de validité du modèle.

Q2. Une représentation courante consiste à penser que la propagation d'un son s'accompagne d'un déplacement du milieu (en l'occurrence d'un courant d'air). Cette représentation est construite par des observations dans le domaine sonore : il y a de l'air qui sort de notre bouche quand on parle (car on expire), on peut sentir un déplacement d'air devant une enceinte puissante.

Q3. a) L'élève va percevoir des variations du niveau d'intensité sonore au cours de son déplacement.

Q3. b) Schéma de la situation :



Pour pouvoir interpréter cette situation, les élèves doivent savoir que le signal perçu en un point donné de l'espace dépend de la distance à la source car, du fait de la propagation, la phase dépend de la distance à la source. Les notions de signaux en phase ou en opposition de phase doivent être maîtrisées, ainsi que le lien avec la longueur d'onde.

Q3. c) On note S_1 et S_2 les deux sources d'onde, M un point de l'espace quelconque. Il convient alors de donner du sens à la longueur d'onde et d'utiliser la notion de propagation puisque la longueur d'onde est la plus petite distance au bout de laquelle

on retrouve, pour une source donnée, deux signaux en phase. Les deux sources étant ici en phase, il y a interférences constructives si les deux ondes reçues en M sont en phase. Il faut donc que la différence de distance parcourue $|S_2M - S_1M|$ soit un nombre entier de longueur d'onde.

Q3. d) On peut estimer la distance entre deux points consécutifs d'interférences constructives situés sur une ligne parallèle à S_1S_2 (figure de la question b) : il s'agit de ce qu'on appelle en optique l'interfrange. En notant b la distance S_1S_2 , D la distance entre le milieu de $[S_1S_2]$ et le plan de déplacement, et x le déplacement par rapport à la médiatrice de S_1S_2 , on montre que $|S_2M - S_1M| \approx \frac{b \cdot x}{D}$. L'expression de l'interfrange est $i \approx \frac{\lambda D}{b}$. Pour un son de 1 kHz, $\lambda = 34$ cm. À 10 m des haut-parleurs, on obtient 1,7 m, soit un peu moins d'un mètre entre une zone de forte perception et une zone de faible perception. On peut souligner que les hypothèses nécessaires pour conduire le développement limité utilisé afin d'établir l'expression de l'interfrange pourraient être reconsidérées.

Q4. a) Les lieux d'interférences constructives sont les lieux où l'amplitude est grande, donc les lieux où les variations de niveau d'eau sont importantes. Lorsque l'amplitude est grande, l'intensité lumineuse moyennée sur un temps long est forte, les lois de Descartes relatives à la réfraction de la lumière permettent de le justifier.

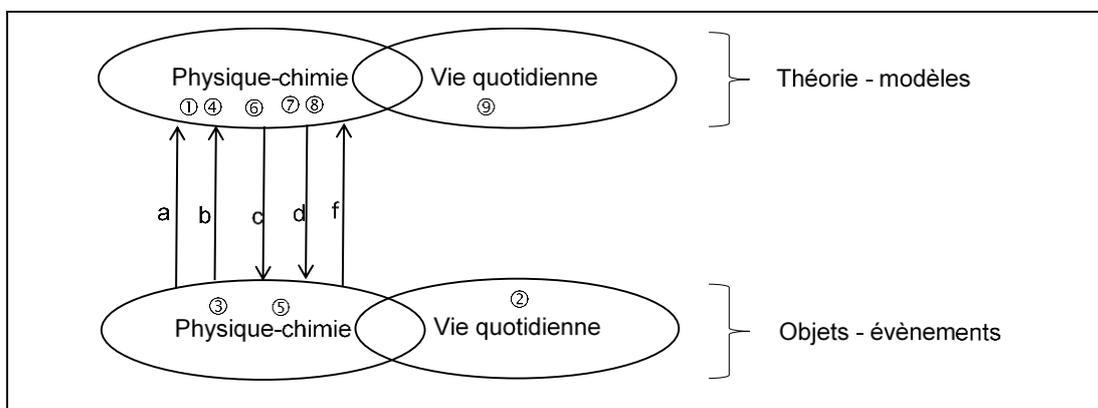
Q4. b) Condition d'interférences constructives : $|S_2M - S_1M| = k \times \lambda$. Les points M sont donc disposés sur des **hyperboles**. La condition sur le paramètre a impose ici pour les hyperboles possibles : $k \times \lambda < S_1S_2$: cohérent au regard des photos avec le fait qu'on observe entre 4 hyperboles au-dessus et 4 en-dessous de la médiatrice du segment $[S_1S_2]$.

Q4. c) Exemple de question : À l'aide d'au moins deux points de votre choix, montrer que la condition d'interférence constructive est vérifiée sur la ligne n°1 puis sur la ligne n°2.

Réponse attendue : La première photo permet de mesurer la longueur d'onde : $\lambda = 1,3$ cm. La deuxième photo permet de mesurer $|S_2M - S_1M|$ sur la ligne 1 puis sur la ligne 2. Des mesures sans utilisation de l'échelle des photos sont possibles mais la méthode doit être justifiée.

Q4. d) Pour estimer l'interfrange pour les ondes à surface de l'eau il faudrait se positionner sur un segment parallèle au segment formé par les deux sources. Les intersections de deux hyperboles consécutives avec ce segment permettraient d'évaluer l'interfrange.

Q5. a) et b)



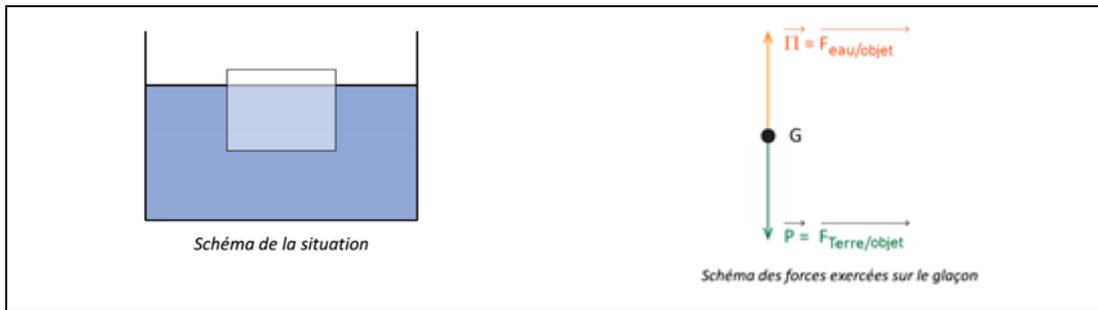
- Q5. c)** La masse $m = 15$ g de zinc contient une quantité $n = m/M_{Zn} = 0,23$ mol. La modélisation du fonctionnement de la pile a permis d'écrire qu'à l'électrode de zinc avait lieu une transformation (au pôle négatif, il y a départ des électrons donc oxydation) modélisée par l'équation de réaction : $Zn_{(s)} \rightarrow Zn_{(aq)}^{2+} + 2e^-$. Cela permet d'affirmer que la quantité d'électrons échangés au cours de la consommation totale de cette masse est deux fois plus importante que la quantité de zinc consommée. On peut en déduire le nombre d'électrons circulant dans le circuit ($2 \times n \times N_A$) puis, chaque électron ayant une charge e , la charge circulant dans le circuit pendant la durée totale de fonctionnement est donc $Q = 2 n N_A e = 4,4 \times 10^4 C$.
- Q5. d)** Il est possible de fait débiter la pile jusqu'à usure complète (c'est-à-dire consommation du zinc en supposant que ni les ions cuivre ni le pont salin ne limitent le fonctionnement). La mesure de l'intensité du courant débité au cours du temps (ou la tension aux bornes d'un conducteur ohmique de résistance de valeur connue) permettrait par intégration d'estimer la valeur de la charge débitée ($Q = \int i dt$).
- Q5. e)** La modélisation permet de justifier qu'une pile s'use par consommation de réactifs comme dans toute transformation chimique. Lorsqu'on recharge une pile, le courant électrique, modélisée comme une circulation de charges, on apporte les charges qui permettent de réaliser les transformations chimiques dans le sens non spontané. On produit ainsi les réactifs qui vont de nouveau pouvoir réagir.
- Q6.** Modèle de l'atome, modèle de la liaison covalente, modèle du pendule simple, modèle du gaz parfait, modèle de la lentille mince, modèle du rayon lumineux, Modèle de la flèche courbe en chimie organique.

Partie 2 – Étude de la poussée d'Archimède

Q7. a)

1. Le cylindre est soumis à deux forces verticales et de sens opposé (\vec{P} et \vec{T}) et est à l'équilibre. Le principe d'inertie donne alors $\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$. On en déduit $P = T$.
 2. Le cylindre remonte un peu. Il subit donc une nouvelle force vers le haut.
 3. Le cylindre étant à nouveau immobile, on peut écrire : $\vec{P} + \vec{T}' + \vec{\Pi} = \vec{0}$. Par projection sur un axe vertical, on en déduit $\Pi + T' = P$ or $P = T$ donc $\Pi = T - T'$.
 5. Il faut réaliser plusieurs mesures de T et T' en modifiant le volume du système. Il faut donc utiliser les cylindres de volumes différents mais constitués du même matériau, par exemple dans de l'eau distillée. On observe alors si la poussée d'Archimède augmente ou diminue lorsque le volume augmente.
 7. Il faut réaliser plusieurs mesures de T et T' en ne modifiant que la masse du système. Il faut donc utiliser les cylindres de même volume constitués de matériaux différents, plongés dans le même liquide. On observe alors si la poussée d'Archimède varie lorsque la masse varie.
- Q7. b)** La poussée d'Archimède est la force qu'exerce un fluide (c'est-à-dire un liquide ou un gaz) sur un objet totalement ou partiellement immergé. La loi fondamentale de la statique des fluides indique que pour un tel objet la pression du fluide est plus forte dans la partie inférieure de l'objet que dans la partie supérieure. Ceci permet de comprendre qualitativement pourquoi l'objet subit une force liée à cette variation de pression en fonction de l'altitude et pourquoi celle-ci est dirigée vers le haut. La poussée d'Archimède est verticale, dirigée vers le haut et sa norme est égale $\rho V g$ où ρ est la masse volumique du fluide, V le volume immergé, et g la valeur du champ de pesanteur. Cette norme

correspond à celle du poids du fluide déplacé. En notant $\vec{\Pi}$ la poussée d'Archimède, on peut écrire $\vec{\Pi} = -\rho V \vec{g}$.



- Q8. a)** Tout énoncé cohérent qui conduit à réaliser des mesures est valorisé.
1. À l'aide du matériel disponible et de l'expression de la poussée d'Archimède, proposer un protocole qui permet, en réalisant plusieurs mesures, de déterminer la masse volumique de l'eau salée saturée.
 2. Réaliser ce protocole et en déduire une valeur de la masse volumique. Commenter.
 3. Proposer une méthode qui permet d'illustrer que la valeur déterminée par le protocole choisi ne dépend pas de l'objet utilisé.
- Q8. b)** $\rho = \frac{P-T'}{Vg}$. L'incertitude est importante sur la valeur de $P - T'$. On trouve $P - T' = 0,3$ N et $\rho = 1,2 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, qui est en accord avec la valeur fournie en début d'activité mais qui est entachée d'une forte incertitude.
- Q9. a)** Pour les élèves faisant une prévision erronée, seule l'eau et le récipient sont responsables de l'indication de la balance, comme si une balance ne pouvait mesurer que le poids de ce qui est posé (et en l'occurrence l'objet immergé n'est pas considéré comme posé sur la balance). La poussée d'Archimède n'affectant que l'eau et la balle, celle-ci n'affecterait pas la force exercée sur le plateau de la balance. Ces élèves raisonnent de façon séquentielle ou par objets deux à deux. Le fait d'immerger l'objet dans l'eau ne concernerait que l'interaction entre l'eau et la balle.
- Q9. b)** Avant de plonger l'objet dans l'eau, le système {récipient + eau} est soumis à son poids et à l'action du plateau de la balance : la balance indique le poids du système {récipient + eau} (ceci même si elle affiche une masse). Après avoir immergé l'objet, l'eau subit une force supplémentaire qui en vertu du principe des actions réciproques est égale à l'opposé de la poussée d'Archimède. Le système {récipient+eau} subit donc une force supplémentaire dirigée vers le bas en restant immobile : la norme de la force dirigée vers le haut modalisant l'action du plateau de la balance sur le système {récipient+eau} augmente donc et l'indication de la balance augmente.
Formulation de la question posée aux élèves : montrer que l'objet immergé exerce une force supplémentaire sur le système {récipient + eau} que l'on caractérisera (sens, norme...).
- Q10. Quelques suggestions non rédigées pour alimenter la séquence pédagogique.**
- Contextualisation : une piscine auto-portante posée sur une terrasse.
- Problématique : on peut se poser la question de savoir si la terrasse risque de céder si la piscine accueille davantage de baigneurs.

Séance 1	<p>Objectif : mettre en évidence la poussée d'Archimède et estimer qualitativement les grandeurs d'influence.</p> <p>Contenus :</p> <ul style="list-style-type: none"> - expression vectorielle de la poussée d'Archimède ; - l'activité de l'annexe 2A peut être exploitée (éventuellement partiellement) ; - <u>Institutionnalisation</u> : origine et expression de la poussée d'Archimède.
Séance 2	<p>Objectifs : exploiter l'expression de la poussée d'Archimède</p> <p>Contenus :</p> <ul style="list-style-type: none"> - activité expérimentale permettant de susciter la motivation avec une prévision (exemple : situation de l'annexe 2A mais aussi par exemple la prévision quant à l'éventuelle variation du niveau d'eau lorsqu'un glaçon fond) ; - <u>déroulé</u> : prévision, réalisation de l'expérience (si possible), résolution à l'aide de l'expression de la poussée d'Archimède et d'un bilan de forces.

La tâche complexe peut s'inspirer de l'activité présentée en annexe 2.B.

Partie 3 – Quotient de réaction à l'état final

Q11. a) On choisit comme longueur d'onde de travail la longueur d'onde correspondant au maximum d'absorption pour limiter l'incertitude sur les mesures. Au maximum d'absorption $dA/d\lambda = 0$. Une légère variation de la longueur d'onde du faisceau incident a peu d'impact sur la valeur de l'absorbance.

Q11. b) La longueur d'onde choisie pour l'activité expérimentale est de 580 nm, cela ne correspond pas au maximum du spectre d'absorption, cela n'est pas en adéquation avec la règle précédente donnée et expliquée aux élèves. Cependant, la valeur d'absorbance au maximum d'absorption est très élevée et les ions fer (III) absorbent également, ce qui explique le choix de la longueur d'onde de travail qui résulte donc d'un compromis.

Q11. c) L'enseignant fait en sorte que les valeurs d'absorbance ne dépassent pas 1,5 afin d'éviter la saturation de l'appareil. Au-delà des aspects techniques on observe des écarts à la loi de Beer-Lambert pour des concentrations élevées. Ne pas dépasser 1,5 permet de rester dans la zone de validité de la loi de Beer-Lambert. À 580 nm pour une concentration de $5,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en ion $[\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]$, l'absorbance vaut 0,3. Pour ne pas dépasser 1,5 on peut donner $2,5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ comme borne supérieure pour la concentration en ion $[\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]$.

Q12. Exemple d'énoncé

1. Rappeler la loi de Beer-Lambert en précisant le nom des grandeurs et leurs unités.

2. Quelle solution doit-on utiliser ici pour faire le blanc ? Justifier.

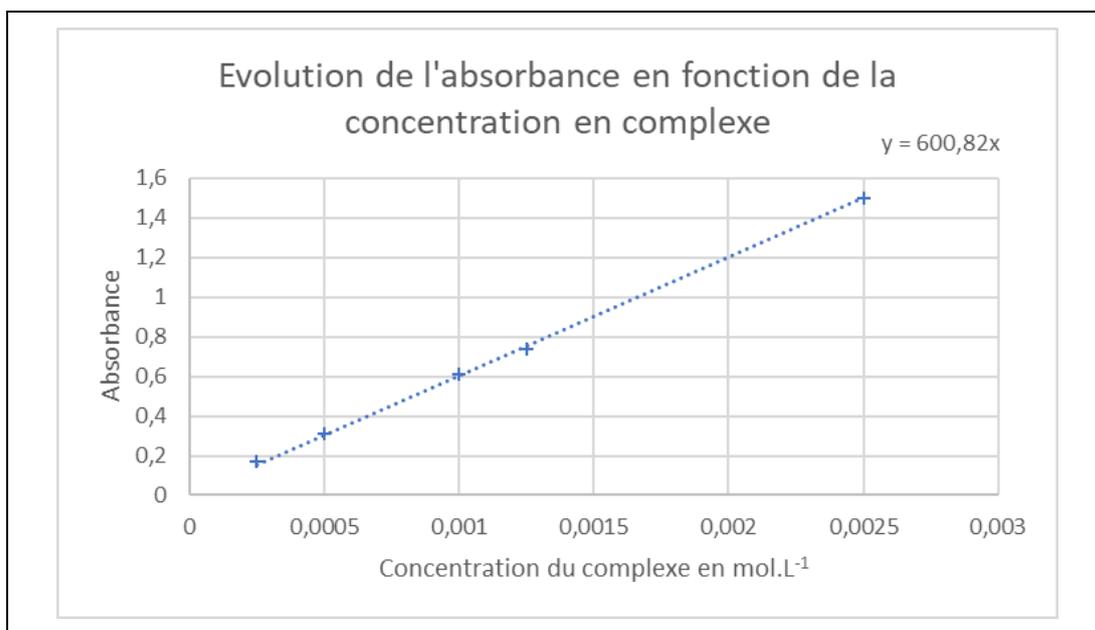
À partir d'une solution mère en ions $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ de concentration en quantité de matière de $2,5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, réaliser une gamme étalon en introduisant à l'aide d'une pipette jaugée le volume de solution mère adapté dans une fiole jaugée de 50 mL puis en complétant avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Les valeurs de volume seront les suivantes :

Solution	SE1	SE2	SE3	SE4	SE5
Volume de solution mère à prélever en mL	5	10	20	25	-
Concentration de solution fille de $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$					2,5
Absorbance					

3. Calculer les concentrations en quantité de matière des solutions filles obtenues et compléter le tableau ci-dessus.
4. Relever l'absorbance A_x de chacune des solutions filles à la longueur d'onde 580nm. Compléter la dernière ligne du tableau.
5. Tracer et modéliser la courbe d'étalonnage : $A = f([\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}])$.

Q13. a) D'après la loi de Beer-Lambert : $A = \epsilon \times \ell \times [\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]$.

On trace la droite d'étalonnage $A = f([\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}])$ à partir des valeurs fournies dans le document 3B :



La pente de la droite vaut : $\epsilon \times \ell = 600,82 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$. À l'aide de la valeur de l'absorbance de la solution S1 on peut calculer : $[\text{FeSCN}]_f^{2+} = \frac{A}{\epsilon \times \ell} = 1,1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$

Tableau d'avancement :

	$\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$	+	$\text{SCN}^{-}_{(\text{aq})}$	\rightarrow	$[\text{FeSCN}]^{2+}_{(\text{aq})}$
État initial	$n(\text{Fe}^{3+})_i$		$n(\text{SCN}^{-})_i$		0
État final	$n(\text{Fe}^{3+})_i - x_f$		$n(\text{SCN}^{-})_i - x_f$		x_f

$$Q_{r,f} = \frac{[\text{FeSCN}^{2+}]_f \times c^0}{[\text{Fe}^{3+}]_f \times [\text{SCN}^{-}]_f} = \frac{\frac{x_f}{V} \times c^0}{\frac{(n_{\text{Fe}} - x_f)}{V} \times \frac{(n_{\text{SCN}} - x_f)}{V}} = \frac{x_f \times V \times c^0}{(n_{\text{Fe}} - x_f) \times (n_{\text{SCN}} - x_f)}$$

avec $x_f = [\text{FeSCN}]_f^{2+} \times V_{\text{tot}} = 22,0 \mu\text{mol}$. On obtient : $Q_{r,f} = 201$

Q13. b) La principale source d'incertitude est la mesure de l'absorbance compte tenu du choix de la longueur d'onde de travail ; cela explique la variabilité des valeurs du quotient réactionnel à l'état final obtenues expérimentalement.

Q14. Quelques suggestions non rédigées pour alimenter la séquence pédagogique.

Séance 1	<p>Objectif : Mettre en évidence le caractère non total d'une transformation.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Activité expérimentale permettant de mettre en évidence la présence de tous les réactifs à l'état final et la non-consommation intégrale du réactif limitant.
----------	--

Séance 2	Objectif : Institutionnaliser les savoirs et illustrer l'évolution spontanée du système chimique. <ul style="list-style-type: none"> - Institutionnalisation – transformation non totale et quotient de réaction. - Activité documentaire illustrant la prévision du sens de l'évolution spontanée d'un système chimique. - Institutionnalisation – prévision du sens de l'évolution spontanée.
Séance 3	Objectif : Déterminer expérimentalement la valeur du quotient de réaction à l'état final. <ul style="list-style-type: none"> - Activité expérimentale de l'annexe 3.A
Séance 4	Objectif : Évaluer les connaissances et les capacités associées à cette partie du programme. <ul style="list-style-type: none"> - Évaluation formative suivi d'une remédiation si nécessaire.

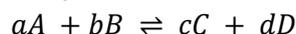
Proposition de trace écrite institutionnalisant les savoirs

Transformation non totale

- ✓ Dans le cas d'une transformation chimique non totale, à l'état final :
 - les quantités des espèces ne varient plus ;
 - tous les réactifs et tous les produits coexistent.

L'état final est appelé état d'équilibre chimique.

- ✓ Une transformation chimique non totale est modélisée par deux réactions chimiques de sens opposés. L'équation associée s'écrit alors :

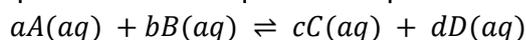


- ✓ Un état d'équilibre chimique est qualifié d'équilibre dynamique : macroscopiquement les deux transformations ne cessent pas d'avoir lieu mais macroscopiquement les quantités de matière des différentes espèces chimiques sont constantes.
- ✓ Le taux d'avancement final d'une réaction chimique, noté τ , est le quotient de l'avancement final par l'avancement maximal : $\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$.

Évolution spontanée d'un système

- ✓ Quotient de réaction

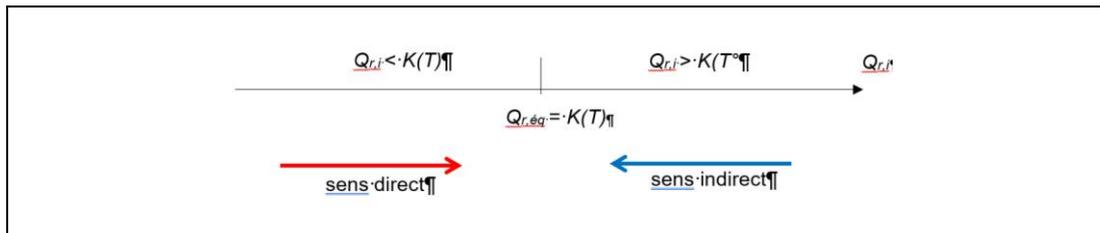
Pour une réaction chimique en solution aqueuse d'équation :



Le quotient de réaction Q_r s'écrit dans un état donné du système : $Q_r = \frac{(\frac{[C]}{c^\circ})^c \times (\frac{[D]}{c^\circ})^d}{(\frac{[A]}{c^\circ})^a \times (\frac{[B]}{c^\circ})^b}$, avec

$c^\circ = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Par convention, l'eau, solvant, n'intervient pas dans l'écriture du quotient de réaction même si elle figure dans l'équation de la réaction.

- À l'état d'équilibre, le quotient de réaction $Q_{r,éq}$ associé à une équation de réaction est indépendant de la composition initiale du système. Cette grandeur ne dépend que de la température, elle est appelée constante thermodynamique d'équilibre : $K(T) = Q_{r,éq}$
- Un système chimique évolue spontanément dans le sens qui modifie la valeur du quotient de réaction de façon à ce qu'elle s'approche de la constante d'équilibre $K(T)$:



Partie 4 – Le concept d'énergie : enjeux et continuité

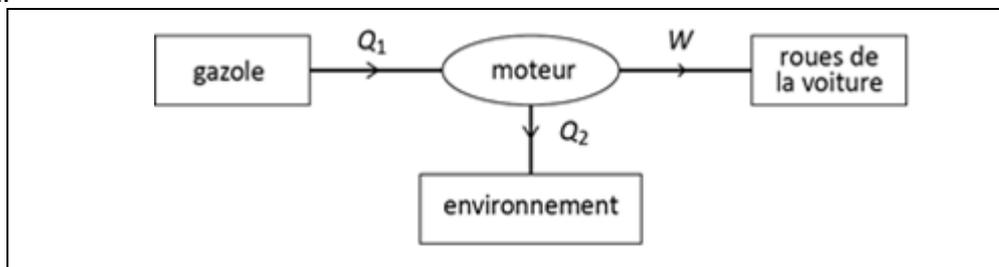
Q15. « Je n'ai pas l'énergie de », « l'énergie du désespoir », « quelle énergie ! » ; « Je surveille ma consommation d'énergie », « nous ne produisons pas assez d'énergie », « nous devons avoir recours à des énergies vertes ».

La justification des choix devra faire apparaître les tensions entre la propriété principale de conservation en physique et les expressions qui font de l'énergie quelque chose qui peut apparaître, disparaître, ou qui se comporte comme un fluide. L'association entre énergie et mouvement peut aussi être évoquée selon les expressions.

Q16. Comme tous les concepts, l'énergie n'est ni tangible ni concrète. Mais contrairement à d'autres concepts, il n'a pas de correspondant observable évident (la vitesse, le volume, la température correspondent par exemple de façon assez intuitive à des observations). De plus c'est un concept transversal qui n'est pas cantonné à une thématique particulière mais qui peut servir dans des domaines très divers.

Q17. a)

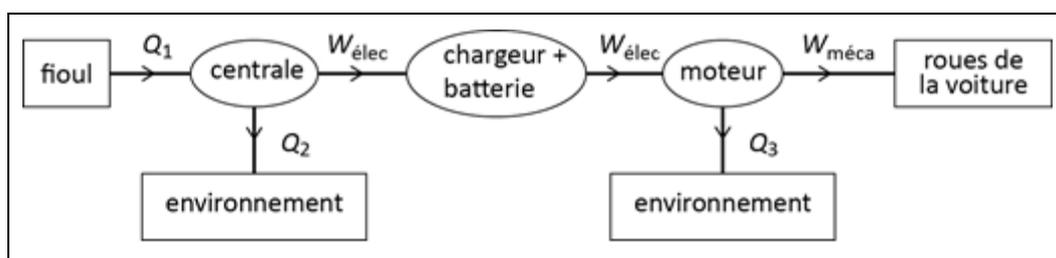
1. Le gazole est un réservoir d'énergie chimique puisqu'il est le réactif de la réaction de combustion.
- 2.



3. $W = 72 \text{ MJ}$ (valeur présente dans les données)

$$Q_1 = \frac{W}{\eta_{moteur}} = 0,17 \text{ GJ (ou 171 MJ)}$$

4. Volume de gazole consommé : $V = 171/37 = 4,6 \text{ L}$
5. Chaîne énergétique complète :



6. L'ensemble chargeur + batterie est considéré comme un convertisseur (de rendement 100%). Il peut aussi être représenté par un rectangle si on privilégie sa fonction de stockage

$$7. \quad W_{\text{élec}} = \frac{W_{\text{méca}}}{\eta_{\text{moteur}}} = 80 \text{ MJ}$$

$$8. \quad Q_1 = \frac{W_{\text{élec}}}{\eta_{\text{centrale}}} = 205 \text{ MJ}$$

9. Volume de fioul consommé : $V' = 205/37 = 5,5 \text{ L}$: le volume est supérieur au volume de gazole calculé à la question 4.

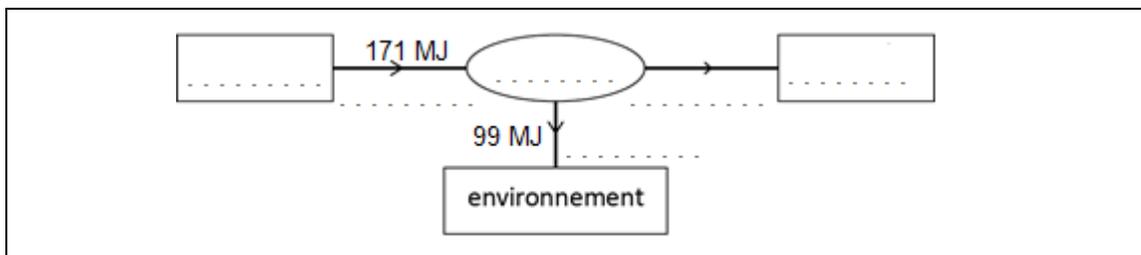
10. Si l'on tient compte du rendement (en fait inférieur à 1) de l'ensemble chargeur + batterie, on trouve un volume de fioul encore un peu plus élevé : le résultat est accentué.

Q17. b) Proposition d'adaptation en évaluation de fin de cycle 4

On considère une hypothèse caricaturale selon laquelle la totalité de l'électricité produite dans un pays fictif provient de centrales thermiques **au fioul**. Il s'agit de centrales qui exploitent l'énergie issue de la combustion du fioul pour produire de l'électricité. Le gazole, carburant qu'on utilise pour les voitures diesel, est quasiment identique au fioul.

1.1.1 1^{ère} partie : 100 km en voiture diesel

On envisage tout d'abord un parcours de 100 km dans une voiture diesel satisfaisant les valeurs moyennes données ci-dessus. La chaîne énergétique qui représente cette situation est :



1. Recopier la chaîne énergétique en légendant les réservoirs et les transferts.
Connaissances et capacités évaluées : identifier les différents éléments d'une chaîne énergétique et nommer les différents transferts en jeu.

2. Indiquer la forme sous laquelle est stockée l'énergie dans le gazole ainsi que la forme d'énergie associée au mouvement de la voiture.

Connaissances et capacités évaluées : identifier les différentes formes d'énergie.

3. Calculer la valeur de l'énergie fournie par le moteur aux roues de la voiture.

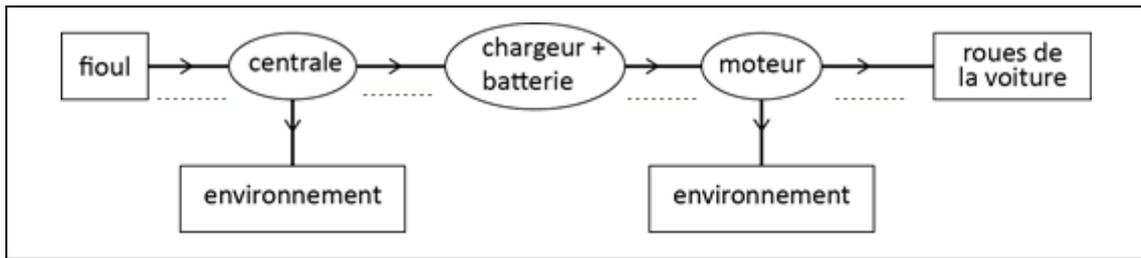
Connaissances et capacités évaluées : établir un bilan énergétique pour un système simple

4. Sachant qu'un litre de gazole peut libérer 37 MJ par combustion, calculer le volume de carburant consommé durant le parcours.

Connaissances et capacités évaluées : exploiter des informations pour calculer une valeur, utiliser des unités de manière pertinente.

1.1.2 2^{ème} partie : 100 km en voiture électrique

On étudie désormais le même parcours, mais effectué par une voiture électrique. On considère, pour simplifier, que la batterie et son chargeur donne toute l'énergie reçue (ils ne stockent rien). La chaîne énergétique complète correspondant à ce parcours est donnée ci-dessous.



5. Compléter la chaîne énergétique en légendant les quatre transferts indiqués (pointillés à compléter).

Connaissances et capacités évaluées : identifier les différents éléments d'une chaîne énergétique et nommer les différents transferts en jeu.

6. Expliquer pourquoi, même si 90 % de l'énergie reçue par le moteur électrique est fournie aux roues (ce qui est bien meilleur qu'avec le moteur diesel), il est possible de devoir utiliser davantage de fioul pour faire ces 100 km.

Connaissances et capacités évaluées : exploiter une chaîne énergétique pour faire un bilan.

7. Sachant qu'il faudra dans ce cas 5,5 L de fioul, calculer l'énergie fournie par le fioul.

Connaissances et capacités évaluées : exploiter des informations pour calculer une valeur, utiliser des unités de manière pertinente.

8. Indiquer si l'utilisation de voitures électriques à la place de voitures diesel serait de ce point de vue bénéfique dans un tel pays qui produirait toute son électricité à l'aide du fioul.

Q18. a) Par transfert mécanique : une reproduction de l'expérience de Joule : agiter fortement un liquide. Par transfert électrique : chauffer de l'eau avec une bouilloire.

Q18. b)

	Cinétique	Potentielle
Énergie macroscopique	4	2 – 5
Énergie microscopique	3	1 – 6

L'énergie interne regroupe les **contributions microscopiques**, aussi bien cinétique que potentielle : ce sont donc les systèmes essence, radiateur et stère de bois qui contiennent de l'énergie interne comme forme principale d'énergie.

Difficultés prévisibles :

- difficulté à repérer la forme prédominante ;
- difficulté à donner du sens à l'énergie potentielle microscopique ;
- possible confusion entre forme qui prédomine et forme qui peut potentiellement correspondre à l'usage ultérieur.

Q19. a)

1. Réponse juste : ② l'envelopper de laine

2. Réponse juste : ② l'envelopper de laine (ou d'aluminium)

Une idée courante consiste à penser que la laine a la propriété de « tenir chaud ». Elle aurait donc un rôle différent qu'on se situe dans le cas d'un corps chaud à protéger d'un thermostat extérieur plus froid et qu'on se situe dans le cas inverse (un corps froid à protéger d'un thermostat chaud) : avec ce point de vue, la laine ne convient pas pour la première situation. Le fait qu'on parle également d'un « pull chaud » peut conduire

certain élèves à penser que la laine a intrinsèquement la propriété d'être chaude : elle ne conviendrait pas pour la première situation.

Si la laine n'est pas davantage choisie pour la situation 2 c'est qu'elle n'est pas jugée utile pour « chauffer » un corps déjà chaud.

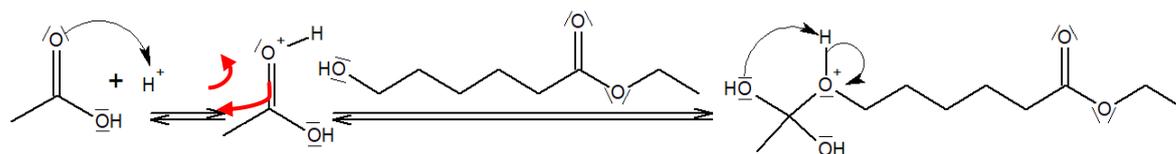
Ces propriétés attribuées à la laine ne le sont pas à l'aluminium qui, en tous les cas au toucher, est considéré comme quelque chose de froid, qui peut donc « maintenir au froid » le glaçon. Le recours à l'aluminium pour la situation 2 ne semble pas faire appel à la même propriété. Soit c'est la propriété de réflexion des rayonnements qui est utilisée (à juste titre) soit c'est la connaissance commune qu'il est courant d'envelopper des aliments dans de l'aluminium quand on les met au four.

- Q19. b)** Concepts nécessaires : flux thermique, résistance thermique, température. La loi de Newton décrivant le transfert thermique conducto-convectif est également nécessaire pour modéliser convenablement ces situations. La connaissance des différents types de transferts thermiques est également utile.

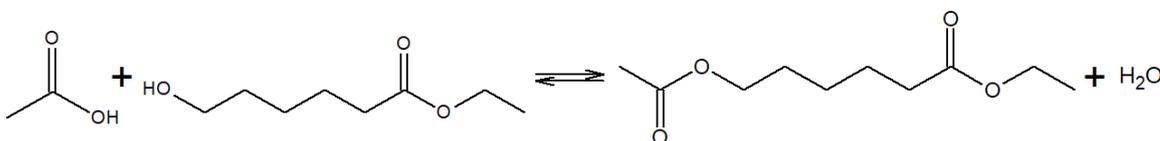
Partie 5 – Optimisation de la synthèse d'un arôme de framboise

Q20.

1. Le mécanisme comporte 5 étapes.
- 2.



3. 2^{ème} étape : addition ; 3^{ème} étape : réaction acide-base ; 4^{ème} étape : élimination
4. Équation de la réaction :



5. Le catalyseur de la réaction est H^+ .

Q21. Chromatographie sur couche mince.

- Q22.** Lors du titrage acido-basique, les ions hydroxydes HO^- vont réagir avec l'acide acétique restant après la réaction d'estérification mais également avec l'acide sulfurique qui est le catalyseur de la réaction.

Afin de déterminer uniquement la quantité de matière restante en acide acétique, on se propose ici de travailler par différence :

- Premier titrage : on titre l'acide acétique et l'acide sulfurique avant la réaction d'estérification, on obtient $V_{\text{éq1}}$;
- Deuxième titrage : on titre l'acide acétique restant et l'acide sulfurique après la réaction d'estérification, on obtient $V_{\text{éq2}}$;
- En faisant la différence ($V_{\text{éq1}} - V_{\text{éq2}}$), on aura le volume équivalent correspondant à l'acide acétique consommé lors de la réaction d'estérification (l'acide sulfurique étant le catalyseur, sa quantité de matière reste identique avant et après la réaction) ;
- On en déduit alors, à l'aide de la relation à l'équivalence, la quantité de matière d'acide acétique consommée après la réaction.

À partir d'un tableau d'avancement, déterminer :

- Le réactif limitant et la quantité de matière théorique attendue ;
- La quantité de matière d'ester formée expérimentalement à l'aide de la quantité de matière consommée en acide acétique.

Calculer le rendement de la synthèse et conclure.

Q23. On peut repérer trois erreurs majeures sur le rendement, la confusion entre réactif restant et consommé, et l'absence d'unité concernant les quantités de matière. On pourra aussi repérer quelques imprécisions de l'élève.

Q24. Un montage utilisant un appareil Dean Stark a pour but d'éliminer au fur et à mesure un produit de la réaction et ainsi déplacer l'équilibre dans le sens direct. Cela permet d'illustrer le déplacement d'équilibre par élimination d'un produit. Dans une estérification, l'eau est un sous-produit qui peut être éliminé à l'aide d'un appareil Dean Stark. Lors du chauffage l'eau va être entraînée dans les vapeurs du solvant puis condensée dans l'appareil Dean Stark. L'eau retombera alors dans le décanteur et n'étant pas miscible avec le solvant utilisé, formera la phase inférieure dans le décanteur.

Q25. Quelques suggestions non rédigées pour alimenter la séquence pédagogique.
Contextualisation de la séquence : synthèse d'une molécule odorante utilisée dans la parfumerie, les cosmétiques, les savons : le Berryflor.

Problématique : Comment optimiser la synthèse du Berryflor ?

Séance 1	Objectif : Étude de la synthèse du composé odorant et amener la problématique de l'optimisation de la synthèse. - Activité documentaire proposée dans l'annexe 5.A. - Institutionnalisation des savoirs sur les déplacements d'équilibres
Séance 2	Objectif : Mettre en évidence expérimentalement un déplacement d'équilibre par ajout d'un réactif en excès. - Activité expérimentale proposée dans l'annexe 5.B.
Séance 3	Objectif : Aider les élèves en difficultés sur l'exploitation de l'activité expérimentale de la séance précédente et illustrer un autre procédé de déplacement d'équilibre pour les élèves en réussite. - Remédiation : exercice sur un titrage acido-basique indirect ; Ou - Pour aller plus loin : exercice sur une synthèse utilisant un montage Dean Stark.

Remédiation : exercice portant sur un titrage acido-basique indirect permettant de calculer un rendement.

L'élève devra :

- identifier les réactifs limitants avant et après l'équivalence ;
- décrire ce qu'il se passe avant et après l'équivalence pour le système étudié ;
- établir la relation à l'équivalence puis déterminer la quantité de matière inconnue ;
- calculer le rendement de l'étape de synthèse étudiée.

5. Résultats et rapports des deux épreuves orales

5.1 Résultats des deux épreuves orales

Les résultats des épreuves d'admission sont reportés dans la figure 3 pour le CAPES et le CAFEP ainsi que le tableau 6. Compte-tenu du faible nombre de candidats aux 3èmes concours, les mêmes statistiques ne sont pas reportés dans le rapport. En revanche,

le jury précise que les remarques, conseils et recommandations valent pour l'ensemble des candidats des quatre concours.

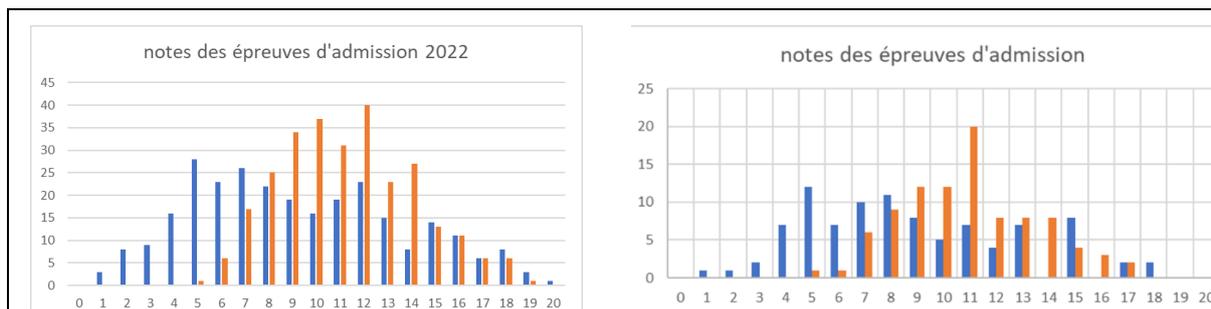


Figure 3 : histogrammes des notes obtenues aux deux épreuves orales pour le CAPES (à gauche) et CAFEP (à droite). La répartition des notes de l'épreuve de leçon est figurée en bleu, celle des notes de l'épreuve d'entretien en rouge.

Le jury constate qu'à l'exception de la note 00/20, éliminatoire, les plages complètes ou quasi-complètes de notes ont été utilisées pour les deux épreuves d'admission. L'épreuve d'entretien, qui pouvait sembler plus difficile à s'approprier, a donc été convenablement réussie par les candidats. En outre, le jury constate et félicite les candidats qui ont réussi l'une et l'autre des épreuves.

Tableau 6 : résultats obtenus aux épreuves orales

	CAPES		CAFEP	
	Leçon	Entretien	Leçon	Entretien
Note minimale (/20)	1,00	3,00	1,00	4,00
Note maximale (/20)	20,00	20,00	18,00	20,00
Moyenne (/20)	9,26	12,93	8,77	13,37
Écart-type estimé	4,39	4,01	3,92	4,30

5.2 Rapport sur l'épreuve de leçon : constats généraux et recommandations

5.2.1. Conseils aux futurs candidats

Les candidats doivent garder présent à l'esprit qu'enseigner au niveau du collège ou du lycée nécessite une maîtrise des notions afférentes à un niveau supérieur. Les candidats doivent également s'approprier les nouveaux outils numériques présents dans les programmes de lycée : mise en œuvre de microcontrôleurs et connaissances de bases du langage de programmation Python.

Le jour de l'oral, il leur est conseillé pour l'épreuve de leçon de dégager durant la phase de préparation un temps suffisant pour relire les programmes, identifier les concepts mis en jeu par le sujet et réactiver le cas échéant les savoirs et savoir-faire associés.

Au cours de la présentation, les objectifs d'enseignement nécessitent d'être clairement identifiés en lien étroit avec les programmes officiels. La connaissance des compétences de la démarche scientifique est nécessaire : il ne s'agit pas uniquement de les citer mais de relier précisément chacune d'elle aux différentes tâches proposées. Lorsqu'une évaluation par compétences est prévue par le candidat, il est attendu qu'il explicite 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 susceptibles d'être rencontrées et proposent des pistes concrètes de remédiations.

Une première réflexion sur la différenciation ou l'accompagnement des élèves à besoins éducatifs particuliers est également attendue lorsque cela est pertinent.

Si les manuels scolaires peuvent être source d'inspiration, il est essentiel de s'appropriier avec esprit critique les manipulations ou les activités qui y sont proposées. De façon générale, 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 à la disposition des candidats.

Les contextualisations en lien avec la vie quotidienne, l'actualité scientifique, l'histoire des sciences ou le choix d'orientation des élèves, sont valorisées. De manière générale, les contextualisations proposées gagnent à être authentiques, concises et bien adaptés 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.

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 déconseillée lorsque ce n'est pas indispensable.

Une véritable maîtrise de la syntaxe et l'utilisation d'un vocabulaire précis et rigoureux sont attendues. Le candidat doit veiller à conserver en toutes circonstances un niveau de langue adapté à la fonction de professeur.

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. Le jury recommande aux candidats à utiliser la quasi-totalité du temps imparti pour répondre à la totalité des attendus et présenter de façon suffisamment approfondie les différents aspects de leur réflexion.

Au cours de l'entretien qui suit les présentations, le jury recommande au candidat d'écouter attentivement les questions afin de construire un véritable temps d'échange. Des réponses concises et précises sont les plus appréciées et valorisées par le jury.

Enfin, le jury déconseille aux candidats de s'autoévaluer à l'issue d'une épreuve et leur recommande de se présenter aux deux épreuves quand bien même la première épreuve ne leur aurait pas donné satisfaction.

5.2.2. Description de l'épreuve

Le jury rappelle que l'arrêté du 25 janvier 2021 fixe les modalités de cette nouvelle épreuve d'admission dite « épreuve de leçon ». Après une durée de préparation de trois heures, l'épreuve elle-même, affectée d'un coefficient 5, prévoit une durée de 70 minutes. Elle est constituée de trois parties :

- une présentation de 30 minutes maximum suivie d'un entretien avec le jury consécutif à la présentation de 20 minutes maximum ;
- la résolution d'une question courte dans la partie du champ disciplinaire (physique ou chimie) n'ayant pas fait l'objet du sujet de la leçon et d'un échange avec le jury sur la question courte pendant 20 minutes maximum *sans préparation*.

5.2.3. Exposé et entretien avec le jury

La présentation a pour objet la conception et l'animation d'une séance d'enseignement. Elle permet d'apprécier le niveau de maîtrise des compétences disciplinaires, pédagogiques et expérimentales. Le candidat élabore et présente une séance pédagogique à caractère expérimental à dominante physique ou à dominante chimie sur un sujet proposé par le jury. Ce dernier souligne l'importance de l'intitulé et du niveau de classe imposés pour éviter tout hors sujet.

La séance proposée par le candidat gagne à s'organiser dans le cadre d'une séquence pédagogique structurée et construite dans l'esprit des programmes tels qu'ils sont décrits dans le bulletin officiel relatif à la classe et à la discipline ; il est d'ailleurs souhaitable que le candidat identifie l'extrait du bulletin officiel en lien avec la leçon afin d'éviter tout oubli et/ou erreur dans l'interprétation de la leçon désignée, et connaisse la signification précise des verbes d'action ; par exemple, la formulation « tester une loi » ne doit pas être confondue avec « utiliser une loi ». La contextualisation proposée par le candidat gagne à s'inscrire dans un thème en lien avec la filière précisée par le sujet.

Le candidat justifie ses choix et met en œuvre des expériences de manière authentique, dans le respect des conditions de sécurité ; il en ~~fait~~ 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.

À l'issue de la présentation, l'entretien avec le jury permet au candidat de justifier ses choix scientifiques, didactiques et pédagogiques et de valoriser ainsi sa démarche réflexive autour du sujet proposé.

Pour cette épreuve, le jury conseille au candidat d'utiliser un vocabulaire précis ne laissant aucun doute sur la compréhension des phénomènes physiques ou chimiques, ou l'interprétation des grandeurs manipulées ; il encourage également le candidat à faire l'usage de notations correctes (vecteur ou scalaire, Δ ou δ ou d ou ∂ , ...) 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 jury attend l'usage d'un vocabulaire scientifique, pédagogique et didactique précis et adapté. Au cours de sa présentation, le jury recommande au candidat d'identifier les compétences travaillées par les élèves dans le cadre de la démarche scientifique, ceci sans pour autant en faire un objet spécifique d'étude. Le candidat est invité à présenter les critères d'évaluation des différentes activités présentées et éventuellement les actions de différenciation pédagogique qui pourraient être mises en place. Il est également attendu que les candidats, lors de leur présentation, se projettent dans une situation réelle d'enseignement. 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 : la forme des supports (utilisant le tableau ou la vidéo-projection) doit être réfléchie, soignée et proche de celle présentée à une classe, et les expériences doivent être visibles par les membres du jury situés à quelques mètres.

5.2.4. Expérimentation

Les expériences présentées doivent s'insérer dans une démarche scientifique construite. 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 ce 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.

Il est attendu la réalisation et l'exploitation complète d'au moins une expérience quantitative lors du temps de préparation, et une au moins doit mobiliser l'outil numérique pour l'acquisition ou le traitement de données. Le candidat pourra également faire le choix d'introduire et exploiter des données issues de simulations, à condition que l'outil de simulations ne se substitue pas aux expérimentations.

Pour aider les candidats, l'ensemble des notices techniques sont à leur disposition. 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 éventuels écarts comme d'une compatibilité est indispensable et est consubstantiel de la manière dont les savoirs scientifiques de 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.

Il convient d'exposer au jury la démarche ayant conduit le candidat à faire un choix de paramètres. Par exemple, des arguments justifiant le réglage de la durée d'une acquisition et le choix de la fréquence d'échantillonnage, sont attendus.

Le jury valorise toute réflexion cohérente sur la thématique « mesure et incertitudes ». À l'inverse, qu'un calcul d'écart relatif associé à une valeur « à ne pas dépasser » (fixée à 1 %, 5 % ou même 10 %) fasse le plus souvent office de critère de « Validation » n'est pas 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.

De façon générale, le jury invite donc les candidats à se référer aux préconisations des programmes officiels et des ressources associées pour, par exemple, estimer l'incertitude-type sur le résultat d'une mesure.

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

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

De nombreux candidats ne présentent pas d'expérience quantitative accompagnée du traitement numérique des mesures. Le jury souligne que de nombreuses expériences présentées par les candidats sont directement issues de manuels scolaires, sans être adaptées au sujet et sans être totalement maîtrisées. Par ailleurs, la présentation ne peut pas se réduire à une suite d'expériences décorrélées d'un contexte de classe.

Le jury souligne que certains candidats font peu mention des mises en situations pratiques en classe lors de leur présentation, ce qui ne permet pas de répondre totalement aux attendus de cette épreuve. Le jury apprécie en effet que le candidat ait réfléchi aux questions d'organisation au sein de la classe. D'une manière générale, le jury attend qu'un futur

enseignant connaisse un certain nombre de préconceptions chez l'élève et ait amorcé une démarche réflexive sur quelques procédés didactiques visant à dépasser les obstacles associés pour celui-ci.

5.2.5. Remarques spécifiques pour l'épreuve de leçon à dominante physique

Pour les épreuves à dominante physique, le jury présente ci-dessous quelques remarques spécifiques.

En thermodynamique, il est attendu une définition claire du système étudié avant tout bilan d'énergie ou d'enthalpie, une bonne maîtrise dans l'application du premier ainsi qu'un usage convenable des termes transferts thermiques, température, énergie ou encore puissance thermique.

En optique, une méconnaissance des bonnes pratiques expérimentales concernant la formation des images ou des instruments courants tels que lunette, microscope, appareil photographique... a pénalisé certains candidats. En outre, le jury estime que 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. Enfin, il ne paraît pas raisonnable qu'un candidat se dispense d'une construction explicite et soignée utilisant des rayons lumineux dans le cadre d'une leçon en lien avec la formation des images.

En mécanique, le candidat est invité à réaliser des schémas complets des modèles (chute libre ou dans un fluide visqueux, pendule simple...) introduits au cours de sa présentation, en y faisant figurer les axes de projection ainsi que les grandeurs physiques introduites, notamment celles modélisées par des vecteurs.

De même, il convient de représenter schématiquement tout montage électronique mis en œuvre dans le cadre de la leçon.

5.2.6. Remarques spécifiques pour l'épreuve de leçon à dominante chimie

Pour les épreuves à dominante chimie, le jury présente ci-dessous quelques remarques spécifiques.

Les principes de fonctionnement et l'étalonnage des appareils de mesures doivent être maîtrisés. Ainsi, une connaissance des différentes électrodes utilisées en pH-métrie et en conductimétrie est nécessaire. En spectrophotométrie, le principe doit être connu.

Les règles de sécurité au laboratoire ainsi que les informations relatives à la dangerosité des produits chimiques doivent être connues et appliquées. L'utilisation de solvants CMR doit être raisonnée et les éléments de verrerie contenant ces solvants doivent être fermés hermétiquement. Par ailleurs, la question de la gestion des déchets doit être envisagée. L'utilisation de certains équipements de protection tels que les gants doit être réfléchi, 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.

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. Un candidat doit être capable de justifier, entre autres, ses choix quant aux prises d'essai, aux masses des réactifs introduits, à l'éluant retenu pour une CCM, à la transformation chimique effectuée lors d'une synthèse, à la réaction chimique support d'un titrage ou à la méthode de suivi lors d'une étude cinétique.

Il s'agit d'un exposé à caractère expérimental, donc des manipulations sont attendues, dont a

minima une expérience quantitative. Une expérience quantitative doit être réalisée et exploitée. Les candidats doivent se conformer aux programmes en matière de détermination d'incertitude-type et non se contenter d'un calcul d'écart relatif. Le jury doit être en mesure d'apprécier la maîtrise des gestes expérimentaux : 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, l'usage raisonné des gants. Les blouses à manches courtes sont à proscrire. Le candidat est responsable de sa manipulation et des actions du personnel technique. Il peut être intéressant de réfléchir au scénario de la séance et à son organisation pratique en classe (constitution de groupes, chronologie ...). Le candidat doit veiller à sa posture, qui correspond à l'exposé d'une situation d'enseignement dans laquelle les élèves doivent être pris en compte.

La présentation se doit d'être structurée et globale en lien avec la thématique, sans se limiter à une activité expérimentale. Le candidat doit savoir s'orienter vers plusieurs ouvrages pour nourrir son exposé, même s'il traite le sujet dans une série donnée.

5.2.7 Traitement de la question courte

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'élève...) proposée par le jury sur le champ disciplinaire – la chimie pour la leçon à dominante physique et la physique pour la leçon à dominante chimie – n'ayant pas fait l'objet du sujet de l'exposé, avec un échange avec le jury sur cette question.

La thématique de l'activité 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 dans un temps raisonnable.

Le candidat est invité à prendre le temps d'une première lecture du sujet pour s'approprier les consignes d'une part et le contexte de la question courte d'autre part. Il 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 réflexions et d'analyse du candidat. Le candidat est invité à proposer des éléments de réponse sur la thématique même si la réponse « exacte » ou certaines notions ou formules ne sont pas connues. S'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, le candidat peut parfaitement s'autoriser à porter un regard critique sur l'activité proposée qu'elle qu'en soit sa nature, et, si le temps le lui permet, à 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.

5.2.8. Conclusion

Le jury félicite les candidats ayant démontré une parfaite assimilation des notions disciplinaires et de leurs transmissions dans le contexte de l'enseignement en lycée et collège, c'est-à-dire la compréhension des phénomènes physiques s'y rattachant, une bonne maîtrise des compétences expérimentales et une amorce réflexive liée à quelques procédés didactiques courants. *A contrario*, le jury regrette le manque de préparation de certains candidats, pour lesquels un ou plusieurs de ces critères ont fait défaut ; il déplore également chez certains candidats la présence de lacunes importantes relatives à des notions disciplinaires de niveau collège ou lycée.

5.3. Rapport sur l'épreuve d'entretien, constats généraux et recommandations

5.3.1. Description de l'épreuve

Le jury rappelle que l'épreuve dure trente-cinq minutes, et le candidat se présente au jury sans préparation. Préalablement, et de manière réglementaire et éliminatoire en cas d'absence, le candidat admissible transmet préalablement une fiche individuelle de renseignement 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. L'épreuve d'entretien avec le jury porte sur la motivation du candidat et son aptitude à se projeter dans le métier de professeur au sein du service public de l'éducation.

L'entretien comporte une première partie d'une durée de quinze minutes débutant par une présentation, d'une durée de cinq minutes maximums, par le candidat des éléments de son parcours et des expériences qui l'ont conduit à se présenter au concours en valorisant notamment ses travaux de recherche, les enseignements suivis, les stages, l'engagement associatif ou les périodes de formation à l'étranger. Cette présentation donne lieu à un échange avec le jury. La deuxième partie de l'épreuve, d'une durée de vingt minutes, doit permettre au jury, au travers de deux mises en situation professionnelle, l'une d'enseignement, la seconde en lien avec la vie scolaire, d'apprécier l'aptitude du candidat à :

- 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 les discriminations et stéréotypes, promotion de l'égalité, notamment entre les filles et les garçons, etc.) ;
- faire connaître et faire partager ces valeurs et exigences.

5.3.2. Conseils aux futurs candidats

La fiche individuelle de renseignements n'est pas notée ; elle est simplement mise à la disposition du jury. Elle n'appelle aucun développement mais la seule indication des études et formation initiale dans le premier encadré puis des formations, stages et expériences professionnelles dans le second.

Tout au long de l'entretien, les réponses gagnent à être concises. Le jury pose le cas échéant une question supplémentaire s'il juge nécessaire que le candidat développe tel ou tel point. Les techniques d'évitement qui consistent à développer à l'excès des réponses à des questions simples pour échapper à des questions plus difficiles n'ont pas lieu d'être et leur usage dessert le candidat. L'entretien doit être préparé en veillant à ce que le propos reste authentique. Un recours excessif à des éléments de langages supposés satisfaire le jury risque de vider le discours de son sens. De façon générale, le candidat doit veiller à rester attentif aux questions du jury afin de permettre la construction d'un véritable échange.

Le candidat est appelé à se projeter dans le métier d'enseignant et il doit donc adopter en toute circonstance une posture adaptée. Il lui est recommandé d'éviter les attitudes trop relâchées, de choisir un niveau de langue correspondant à celui attendu d'un professeur s'exprimant devant une classe, des collègues ou des parents, et d'avoir une tenue correcte.

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 s'ils peuvent être, si nécessaire, explicités par le jury (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 des collèges et des lycées sont valorisées.

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

La présentation par le candidat des éléments de son parcours et des expériences qui l'ont conduit à se présenter au concours ne doit pas forcément donner lieu à la récitation d'un texte appris par cœur. Des candidats qui prennent le risque d'un exercice d'éloquence en tout début d'épreuve peuvent se trouver très déstabilisés si leur mémoire vient à défaillir, bien que le jury se montre compréhensif et bienveillant.

Le jury constate que les présentations manquent régulièrement de structure. En particulier, l'explicitation des motivations et leur analyse sont très souvent peu développées. Il peut être intéressant de proposer une structure de présentation non chronologique mais plutôt orientée au regard des compétences professionnelles du métier de professeur. Sur ce point, la lecture du référentiel des compétences professionnelles et des métiers du professorat et de l'éducation peut constituer une aide pour le candidat (BO du 25 juillet 2013).

Il est également inutile de chercher à fournir le maximum d'information dans les cinq minutes imparties puisque le jury dispose de la fiche de renseignement et qu'il doit ensuite initier l'échange. Le jury a spécialement remarqué les présentations de candidats ayant renoncé à l'exhaustivité mais ayant 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 que soit la raison de celui-ci, peut être assumé et le candidat gagne davantage à montrer en quoi son expérience de chercheur peut enrichir la pratique du nouveau métier qu'il choisit qu'à tenter de persuader le jury qu'il a toujours voulu enseigner en collège. De la même façon, certains « accidents » de parcours peuvent être mentionnés s'ils sont susceptibles de permettre au jury de mieux appréhender la motivation du candidat. 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 dès lors qu'il est capable d'analyser sa pratique pour expliquer comment il les a surmontées.

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 de traiter de cette transposition avec esprit critique : manager n'est pas enseigner et l'on ne peut gérer une classe comme une équipe d'ingénieurs ou d'ouvriers.

Enfin lors de l'entretien, il n'est pas attendu de développement spécifique relatif à des informations personnelles relevant de la sphère privée. Le candidat doit exploiter les compétences acquises et les mettre en perspective avec le métier de professeur.

5.3.4. Seconde partie de l'épreuve : mises en situation professionnelles

Quelques phrases contextualisent la situation professionnelle. Elles sont lues au candidat. Celui-ci ne doit pas hésiter à s'assurer de sa bonne compréhension auprès du jury. Il est fortement déconseillé de tenter de prendre l'intégralité de la contextualisation sous la dictée, mais recommandé de prendre quelques notes durant la lecture par un membre du jury. Sans que ce soit obligatoire, reformuler une situation qu'on n'est pas certain d'avoir bien saisie avant de répondre permet de ne pas faire de contresens en offrant au jury la possibilité de préciser le contexte.

Un candidat qui choisit occasionnellement le silence pour s'approprier une question montre

ses qualités d'écoute et de réflexion.

Parce que cette partie de l'épreuve a notamment pour objectif d'apprécier l'aptitude du candidat à s'approprier les valeurs de la République, il est attendu du candidat qu'il reconnaisse les situations où telle valeur ou tel principe juridique est mis en jeu. Le jury note cependant une fréquente confusion entre égalité et équité de même qu'une mention trop fréquente de la laïcité. Ainsi, la prise en compte des élèves à besoins particuliers ne relève pas de la laïcité. Rares sont les candidats qui ne réduisent pas la discrimination au racisme ou qui convoquent à bon escient la valeur de neutralité et savent expliquer qu'un professeur qui porte les valeurs républicaines est dans l'action. Les excellentes prestations de candidats capables de manier ces notions avec aisance et de citer les textes de référence sont toujours remarquées et largement valorisées.

Le jury regrette que les candidats proposent trop souvent l'externalisation du traitement de bon nombre d'incivilités, mal-être ou manquements. Envoyer l'élève chez l'infirmière ou l'infirmier, demander un traitement du problème par le conseiller principal d'éducation (CPE) ou le chef d'établissement, ne doivent pas être les seules solutions proposées. Lorsqu'il est fait appel à des partenaires extérieures, il est nécessaire de mener un véritable travail dans la classe ou dans l'établissement pour inclure l'intervention dans un projet de classe ou d'établissement. 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.

Les domaines du socle commun de connaissances, de compétences et de culture et les objectifs en termes de compétences transversales, en particulier en lien avec les valeurs de la République sont souvent méconnus des candidats. Il est également recommandé aux candidats d'identifier les parcours éducatifs (Santé, Avenir, Citoyen, Éducation artistique et culturelle).

Il convient que les candidats adoptent 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 solution. Le cas échéant, les candidats pourront rapprocher la situation proposée d'une situation vécue pour l'analyser brièvement en veillant à ne pas la raconter sans mise à distance

Le jury apprécie que les candidats qui ont déjà enseigné illustrent leur propos de façon brève par des références à cette expérience. Ces candidats doivent préparer l'entretien notamment en analysant le fonctionnement de leur établissement ; il leur faut rester vigilant afin de distinguer ce qui est général (ex : relation directe avec le professeur principal, présence d'un CPE) de ce qui est une pratique locale (ex : relation directe avec le chef d'établissement, présence permanente de psychologue...).

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 (ex : 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.

Dans la mesure du possible, dans l'analyse des situations, le jury recommande aux candidats de s'appuyer sur les documents à disposition sur le site EDUSCOL autour des valeurs de la République. Le jury souhaite par ailleurs proposer ci-dessous six exemples de mise en situation professionnelles, trois relevant d'une situation d'enseignement (« dans la classe »), et trois autres relevant de situations de vie scolaire (« hors la classe »).

5.3.5. Exemples de mises en situation professionnelles relevant d'une situation d'enseignement ou dans la classe

Exemple 1

Exposé de la situation

« Vous êtes professeur de physique-chimie en lycée. Vous repérez une élève qui manipule peu. Elle vous indique qu'elle présente des troubles du développement de la coordination (dyspraxie), diagnostiqués l'année passée.

- Énoncer les valeurs de la République et/ou les principes juridiques mis en jeu dans cette situation.
- Analyser cette situation et proposer des pistes de solution à mettre en œuvre. »

Exemple 2

Exposé de la situation

« Vous êtes professeur de physique-chimie en charge de l'enseignement de spécialité en classe de terminale. Malgré les consignes de répartition des tâches vous constatez que ce sont systématiquement les filles qui nettoient le matériel de chimie à l'issue des séances de travaux pratiques.

- Énoncer les valeurs de la République et/ou les principes juridiques mis en jeu dans cette situation.
- Analyser cette situation et proposer des pistes de solution à mettre en œuvre. »

Exemple 3

Exposé de la situation

« Vous êtes enseignant en lycée et vous montrez l'expérience de Galilée effectuée par les astronautes (Mission Apollo 15), sur la Lune. Un élève réagit et déclare : « C'est un fake, tout le monde le sait ! ».

- Énoncer les valeurs de la République et/ou les principes juridiques mis en jeu dans cette situation.
- Analyser cette situation et proposer des pistes de solution à mettre en œuvre. »

5.3.6. Exemples de mises en situation professionnelles relevant d'une situation de vie scolaire

Exemple 1

Exposé de la situation

« Vous êtes professeur de physique-chimie. Vous vous inquiétez d'un changement soudain du comportement et des résultats d'une élève de terminale. Elle relate une situation relevant de la maltraitance dans le cercle familial et vous demande de garder le secret, redoutant des représailles.

- Énoncer les valeurs de la République et/ou les principes juridiques mis en jeu dans cette situation.
- Analyser cette situation et proposer des pistes de solution à mettre en œuvre. »

Exemple 2

Exposé de la situation

« Vous êtes professeur de physique-chimie en classe de terminale générale. Vous organisez un voyage scolaire de plusieurs jours avec votre classe. Une élève souhaite participer au voyage mais demande s'il est possible de pratiquer son culte et de porter des signes religieux en dehors des activités collectives prévues dans le cadre de ce voyage.

- Énoncer les valeurs de la République et/ou les principes juridiques mis en jeu dans cette situation.
- Analyser cette situation et proposer des pistes de solution à mettre en œuvre. »

Exemple 3

Exposé de la situation

« Vous êtes professeur en classe de quatrième. Dans le couloir, vous apercevez un élève en train de taguer sur le mur des insultes homophobes.

- Énoncer les valeurs de la République et/ou les principes juridiques mis en jeu dans cette situation.
- Analyser cette situation et proposer des pistes de solution à mettre en œuvre. »

6. À propos de la session 2023

Le programme des épreuves de la session 2023 est identique à celui de la session 2022 ; 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 celle de la session 2022.