



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

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Concours : CAPES / CAFEP et 3^{èmes} concours associés

Section : Physique-Chimie

Session 2023

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, définition des épreuves écrites et orales ; modalités de mise en œuvre pratique**
- 3. Informations statistiques et analyse globale de la session 2023**
 - 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 l'épreuve de leçon
 - 5.2.1. Conseils aux futurs candidats concernant les épreuves orales d'admission
 - 5.2.2. Exposé et entretien avec le jury
 - 5.2.3. Expérimentation
 - 5.2.4. Remarques spécifiques pour l'épreuve de leçon à dominante physique
 - 5.2.5. Remarques spécifiques pour l'épreuve de leçon à dominante chimie
 - 5.2.6. Traitement de la question courte
 - 5.2.7. Conclusion
 - 5.3. Rapport sur l'épreuve d'entretien : Constats généraux et recommandations
 - 5.3.1. Conseils aux futurs candidats
 - 5.3.2. Première partie de l'épreuve : présentation du parcours et échange avec le jury.
 - 5.3.3. Seconde partie de l'épreuve : mises en situation professionnelles
 - 5.3.4. Exemple de mises en situation professionnelles relevant d'une situation d'enseignement ou dans la classe
 - 5.3.5. Exemple de mises en situation professionnelles relevant d'une situation de vie scolaire
- 6. À propos de la session 2024**
- 7. Annexe**

1. Introduction

La session 2023 du CAPES et CAFEP de physique-chimie, et 3^{èmes} 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 23 et 24 mars 2023. 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 », s'est déroulée à Lyon du 18 juin au 28 juin 2023 pour les candidats admissibles aux CAPES ou CAFEP, et les 28 et 29 juin 2023 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 2023^[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. L'objectif de cette épreuve est double : i) s'assurer que le candidat possède des capacités d'analyse critique de documents qu'un professeur est amené à rencontrer dans l'exercice de sa fonction ; ii) s'assurer que le candidat possède les savoirs disciplinaires et didactiques associés à construction de séquences d'enseignement au niveau du collège ou du lycée.

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 sujets des sessions 2022 et 2023 sont disponibles sur le site « devenir enseignant ». Les deux épreuves d'admissibilité, font appel à des compétences scientifiques, disciplinaires, pédagogiques et didactiques des candidats dans les deux valences des concours, physique et chimie.

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>

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.

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 *sans préparation* 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. *Elle n'admet aucune durée de la préparation.* Cette épreuve a pour objectif d'évaluer la motivation du candidat et son aptitude à se projeter dans le métier de professeur au sein du service public de l'éducation. 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 et des expériences qui l'ont conduit à se présenter au concours en valorisant notamment ses travaux de recherche, les enseignements suivis, ses stages, son engagement associatif éventuel ou encore ses périodes de formation à l'étranger. Cette présentation, d'une durée de cinq minutes maximum, donne 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) identifier et s'approprier les valeurs de la République, dont la laïcité, et les exigences du service public (droits et obligations du fonctionnaire dont la neutralité, lutte contre 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.

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

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

3. Informations statistiques et analyse globale de la session 2023

3.1. Composition du jury

Le jury compte cinquante-trois membres (vingt-deux femmes et trente-et-un hommes) et rassemble deux inspecteurs généraux de l'éducation, du sport et de la recherche, deux enseignants-chercheurs, dix-huit inspecteurs d'académie – inspecteurs pédagogiques régionaux (IA-IPR), deux professeurs de chaire supérieure, quinze professeurs agrégés et deux professeurs certifiés. Dix chefs d'établissement et deux personnels administratifs choisis en raison de leur expérience en matière de gestion de ressources humaines font également partie du jury. Un membre du jury fait partie de l'enseignement privé sous contrat.

3.2. Statistiques et analyse globale des épreuves écrites

Les principales informations statistiques de la session 2023, ainsi que les éléments de comparaison associés issus de la session 2022, figurent dans les tableaux 1 à 5. L'analyse de ces données reste délicate en raison de l'adaptation des conditions des concours CAPES et CAFEP à la récente modification des modalités réglementaires, bien qu'il s'agisse de la seconde session régie par cette modification réglementaire. Certains indicateurs demeurent néanmoins significatifs. Ainsi, pour les deux concours une petite augmentation des candidats inscrits est constatée, tandis que le nombre de postes offerts aux concours est en très légère hausse pour le CAPES et en baisse le CAFEP. La participation effective aux deux épreuves (respectivement 50,8 % et 50,3 % pour le CAPES et le CAFEP en 2023) est sensiblement en hausse par rapport à la session 2022 ; cette observation est probablement à mettre en relation avec l'augmentation relative des candidats d'origine MEEF au sein du vivier global de candidats par rapport à la session 2022. Ces données post-réforme permettent d'afficher des taux de pression et de sélectivité pour cette session en hausse par rapport à la session 2022 et aux années antérieures ; bien que faibles, les tendances monotones observées *a minima* sur les cinq dernières sessions comme déjà évoqué dans les derniers rapports de jury sont brisées et permettent d'espérer l'initiation d'une période d'évolution positive d'attractivité et de qualité des candidats.

Les troisièmes concours public et privé sont organisés pour la session 2023 pour la seconde année consécutive ; pour ces derniers, il est donc difficile de procéder à une analyse réellement significative bien qu'il soit possible pour la session 2023 de reporter des données comparatives à la session 2022. Il est rappelé que ces concours sont proposés aux candidats désireux de devenir professeurs en dehors de toutes conditions de diplôme sauf à avoir exercé durant au moins cinq années une activité professionnelle. L'organisation de ces concours a bénéficié à près de deux cents candidats qui se sont vu offrir une opportunité, ce qui représente plus de cinquante candidats supplémentaires par rapport à la session 2022. 45 candidats se sont présentés pour saisir cette opportunité, ce qui est objectivement quasiment le même nombre que lors de la session 2022. Les nombres de postes offerts pour ces deux concours sont en nettes diminutions ; ces décroissances sont probablement à mettre en relation avec le faible nombre de candidats inscrits et admis lors de la session 2022, n'ayant pas permis de compléter significativement les postes offerts (pour rappel : 33 postes offerts

en 2022 pour 46 candidats présents à l'épreuve écrite et 10 postes pourvus à l'issue des épreuves orales). Notons enfin qu'il est délicat et peu significatif d'analyser les taux de participation, de pression et de sélectivité de ces concours en raison des faibles nombres de candidats participant à ces concours. De même, il est peu significatif de comparer ces observables à leur équivalents CAPES/CAFEP pour la même raison.

Tableau 1 : données générales relatives à la session 2023.

	CAPES	CAFEP
Nombre de postes mis au concours^a	429 (+4)	78 (-7)
Nombre de candidats inscrits	1212 (+194)	386 (-7)
Nombre de candidats présents aux deux épreuves écrites	616 (+154)	194 (+20)
Taux de participation	50,8% (46,4%)	50,3% (44,0%)
Taux de pression^b	2,8 (+0,4)	4,9 (+0,3)
Taux de sélectivité^b	1,4 (+0,3)	2,5 (+0,5)
	3^{ème} concours public	3^{ème} concours privé
Nombre de postes mis au concours	21 (-4)	4(-4)
Nombre de candidats inscrits	126 (+26)	63 (+19)
Nombre de candidats présents	24	21
Taux de participation	19,0% (36,0%)	33,3% (22,7%)
Taux de pression	6 (+2)	16 (+11)
Taux de sélectivité	1,1 (-0,3)	5,3 (-4,0)

^a Les valeurs entre parenthèses permettent d'apprécier les variations des mêmes observables par rapport à la session 2022.

^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, EDCP et EDA, est affecté d'un poids inférieur (coefficient 2) à celui des épreuves orales, L et E, (coefficients 5 pour la leçon et 3 pour l'entretien respectivement) dans le calcul final des totaux d'admission pour les CAPES et CAFEP ; les candidats se présentant aux troisièmes concours ne composent pas l'épreuve disciplinaire appliquée (tableau 2). Le jury tient à féliciter les candidats qui ont été déclarés admissibles *i.e.* 444 au titre du CAPES (pour 429 postes, +108 par rapport à la session 2022), 118 au titre du CAFEP (pour 78 postes, +8 par rapport à la session 2022), 10 et 9 respectivement aux titres des troisièmes concours public et privé pour respectivement 21 et 4 postes. Le jury estime à nouveau 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 à la réforme, et espère que la lecture du rapport de jury 2022 a également significativement secondé les candidats dans leur préparation, en plus de leur formation propre de quelque nature que ce soit. Ces épreuves ont permis d'évaluer les compétences disciplinaires, pédagogiques et didactiques des candidats. Les barres d'admissibilité pour l'ensemble des concours sont identiques et égales à 29/80 ; elles sont supérieures un point à celles de 2022, manifestation d'une meilleure réussite des épreuves écrites.

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 321 des 429 postes offerts au titre du CAPES soit un taux de remplissage de près de 75% des postes à comparer à 49% pour la session 2022 et une barre d'admission meilleure de 0,14 point. Concernant le CAFEP, les 78 postes offerts ont été pourvus, améliorant à nouveau le taux de remplissage des postes (100% à comparer à 81% pour la session 2022). L'évolution pour ces deux concours est donc plutôt positive et permet d'augurer une évolution positive pour la session 2024. Le jury regrette toutefois qu'un nombre important de candidats déclarés admissibles (environ 13%) ne se présente pas aux épreuves d'admission.

S'agissant des troisièmes concours public et privé, respectivement 6 et 4 candidats ont été admis en liste principale. Une liste complémentaire de 3 candidats a été établie pour le 3^{ème} concours privé.

Tableau 2 : résultats généraux relatifs à la session 2023

	CAPES	CAFEP
Nombre de candidats admissibles	444	118
Nombre de candidats admissibles présents	385	103
Barre d'admissibilité (/20)	7,25	7,26
Moyenne obtenue par l'ensemble des candidats admissibles (/20)	11,68	10,53
Moyenne générale obtenue par les candidats admis (/20)	12,31	11,65
Moyenne générale obtenue par les candidats admis (/20) pour les épreuves d'admission	12,35	11,91
Nombre de candidats admis en liste principale	321	78
Moyenne du dernier admis en liste principale (/20)	8,57	8,49
Nombre de candidats en liste complémentaire	0	0
	3^{ème} concours public	3^{ème} concours privé
Nombre de candidats admissibles	10	9
Nombre de candidats admissibles présents	8	7
Barre d'admissibilité (/20)	7,00	7,00
Moyenne obtenue par l'ensemble des candidats admissibles (/20)	11,47	9,87
Moyenne générale obtenue par les candidats admis (/20)	12,86	10,94
Moyenne générale obtenue par les candidats admis (/20) pour les épreuves d'admission	13,85	10,94
Nombre de candidats admis en liste principale	6	4
Moyenne du dernier admis en liste principale (/20)	9,40	9,47
Nombre de candidats en liste complémentaire	0	3

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, bien qu'allégées par rapport à celles établies lors des sessions 2021 et 2022. Le jury souligne que les auditeurs, comme pour la session 2022, ont également été accueillis à des horaires identifiés les matins et après-midis au sein des établissements ^[1]. Le jury félicite les candidats admis de cette session 2023, 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 continue à encourager 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.

3.3. Répartition femmes/hommes

Les candidates représentent 39,4% des inscrits au CAPES et CAFEP, et 41,3% des inscrits aux 3^{èmes} concours associés, en augmentation par rapport à la session 2022. Elles constituent respectivement 37,3% 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 2023

	Total	CAPES & CAFEP	3 ^{èmes} concours public et privé
Inscrites	708	630	78
Admissibles	222	217	5
Admises en liste principale	153	149	4
Liste complémentaire	0	0	0

3.4 Répartition des candidats en fonction de leur profession

Pour cette session 2023, la majorité des candidats aux concours des CAPES et CAFEP sont des étudiants de Master MEEF et 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. L'analyse pour les 3^{èmes} concours, compte-tenu des flux, est peu significative. Qualitativement, comme il est possible de s'y attendre vu les modalités d'éligibilité des concours, la majorité des reçus se déclarent cadres du secteur privé, bien que nombre d'entre eux s'identifient toutefois contractuels du second degré, ou maîtres auxiliaires. Le jury note quelques reconversions de personnels administratif et technique.

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 4 et respectivement les figures 1 et 2, pour les CAPES et le CAFEP, et figure 3 pour les 3^{èmes} concours. Malgré le faible nombre de candidats aux 3^{èmes} concours, le jury tient à reporter leurs résultats ; trivialement, les grandeurs statistiques associées à leurs ensembles sont bien entendu moins significatives que celles des deux autres concours pour lesquels les nombres de candidats sont largement plus élevés. Le jury a utilisé la gamme complète des notes disponibles pour évaluer les épreuves d'admissibilité. En particulier, le jury a constaté un nombre significatif de bonnes copies pour l'épreuve disciplinaire appliquée. Le jury 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 occuper la fonction de professeur de physique et chimie. Le jury précise que les remarques, conseils et recommandations valent pour l'ensemble des candidats des quatre concours, bien que les candidats des 3^{èmes} concours ne composent que l'épreuve disciplinaire.

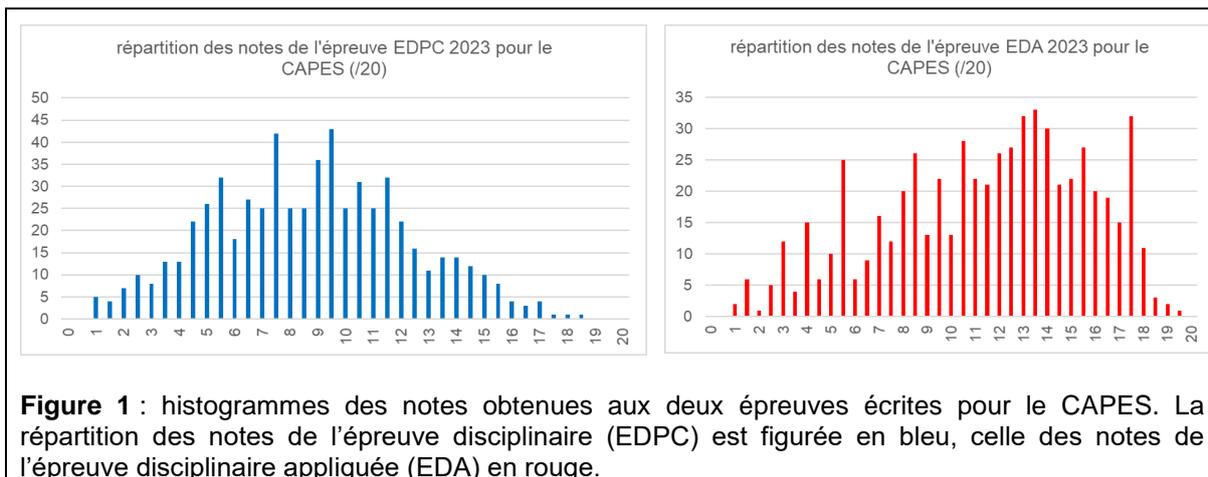


Figure 1 : histogrammes des notes obtenues aux deux épreuves écrites pour le CAPES. La répartition des notes de l'épreuve disciplinaire (EDCP) est figurée en bleu, celle des notes de l'épreuve disciplinaire appliquée (EDA) en rouge.

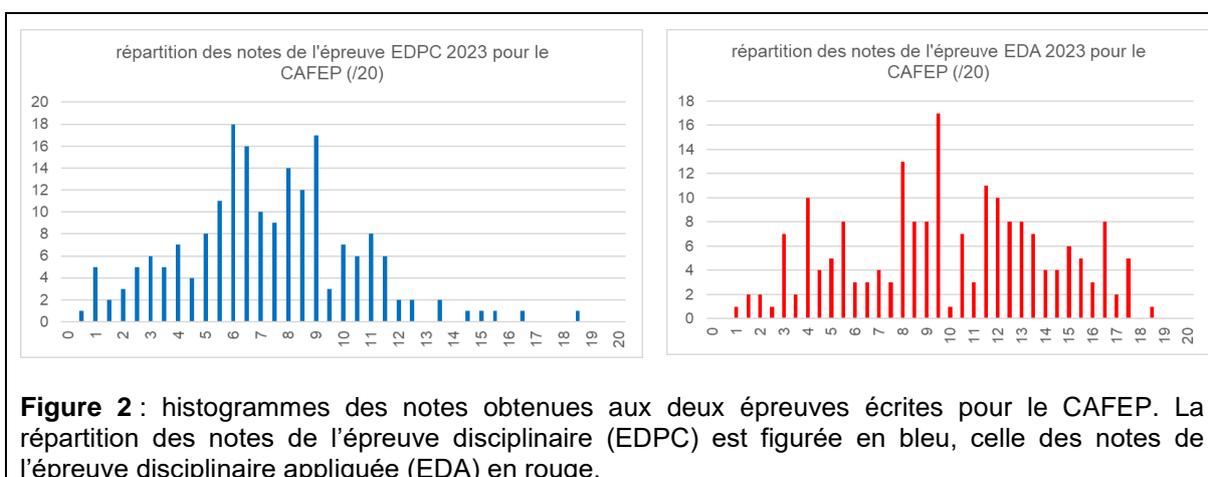


Figure 2 : histogrammes des notes obtenues aux deux épreuves écrites pour le CAFEP. La répartition des notes de l'épreuve disciplinaire (EDCP) est figurée en bleu, celle des notes de l'épreuve disciplinaire appliquée (EDA) en rouge.

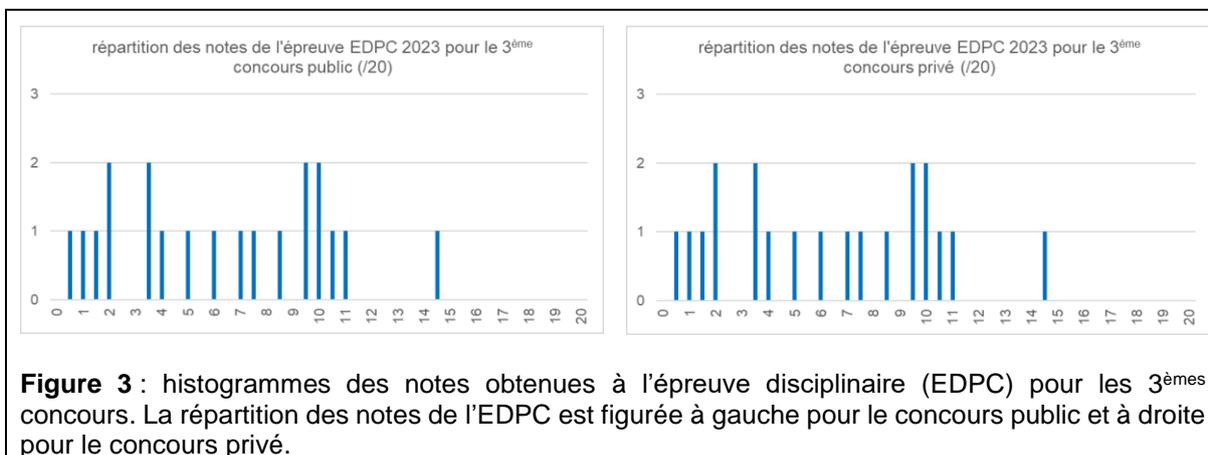


Figure 3 : histogrammes des notes obtenues à l'épreuve disciplinaire (EDCP) pour les 3^{èmes} concours. La répartition des notes de l'EDCP est figurée à gauche pour le concours public et à droite pour le concours privé.

Tableau 4 : résultats obtenus aux épreuves écrites

Ensemble des candidats ayant composé l'ensemble des épreuves d'admissibilité						
	CAPES		CAFEP		3 ^{ème} concours public	3 ^{ème} concours privé
	EDPC ^b	EDA ^c	EDPC ^b	EDA ^c	EDPC ^b	EDPC ^b
Note minimale (/20)	0,51	0,73	0,47	0,73	0,96	0,20
Note maximale (/20)	18,11	19,01	18,06	18,16	18,51	14,21
Moyenne (/20)^a	8,51	11,15	6,97	9,68	6,86	6,09
Écart-type	3,54	4,26	3,14	4,23	4,85	4,04

^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 2024.

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 « Observations de l'atmosphère : du sol à l'espace » ; elle est constituée de trois sous-parties indépendantes les unes des autres. Cette première partie aborde les domaines des ondes et des signaux, de la statique des fluides, de la mécanique du point et de l'optique géométrique et ondulatoire. La seconde partie, à dominante chimie porte sur les « Polluants de l'atmosphère » et est constituée de trois sous-parties indépendantes les unes des autres. De nombreuses questions relèvent du programme de lycée, les autres relevant du programme de l'enseignement supérieur. 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 de physique-chimie 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. Une grande partie des questions posées fait partie d'un socle de savoirs et savoir-faire de base, ou de problèmes disciplinaires et modèles classiques déjà rencontrés dans un cursus scientifique : propagation des ondes et effet Doppler, modèle du gaz parfait, poussée d'Archimède, relation fondamentale de la statique des fluides, modèle de l'atmosphère isotherme, orbites autour de la Terre, phénomène de diffraction. Ces questions ne devraient donc pas constituer une surprise pour les candidats, mais au contraire devraient permettre de les mettre en confiance. Le jury constate néanmoins que ce n'est pas toujours le cas. Le jury constate également des confusions entre la définition d'un phénomène et ses conditions d'observation ou encore entre les hypothèses d'un modèle et leurs conséquences. En outre, et même si la physique-chimie ne se résume évidemment pas à la seule maîtrise de l'outil mathématique, le jury regrette dans une part significative des copies un manque de rigueur lors des démonstrations avec notamment des difficultés avec les expressions vectorielles, leurs projections et leurs interprétations ou encore avec des résultats de base de géométrie et de trigonométrie.

Partie de l'épreuve disciplinaire à dominante chimie

Ce sujet permet d'aborder, autour du thème des polluants de l'atmosphère, de nombreux aspects de la chimie (chimie des solutions, titrage, chimie organique, cinétique chimique,

thermodynamique). Le traitement des incertitudes de mesure dans la forme récemment introduite dans les programmes est évoqué. 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 large partie des candidats. Toutefois, peu de copies montrent des candidats à l'aise dans l'ensemble des domaines abordés. Si les candidats ont dans l'ensemble été efficaces pour l'exploitation des données et courbes proposées, ils ont été plus en difficulté lorsque la maîtrise des concepts étaient indispensables. La partie de thermodynamique notamment pose de nombreux problèmes.

Remarques générales communes aux deux parties

Sur le plan de la forme, les copies sont, dans l'ensemble correctement rédigées et soignées même si certaines dénotent un manque de soin évident : écriture en dehors des lignes, réponse par une suite de mots, vocabulaire familier ; quelques copies illisibles et sans respect pour la numérotation des questions ont été soumises. Il est recommandé d'éviter d'écrire en dehors du cadre car la numérisation peut alors tronquer quelques mots. Un soin particulier à l'orthographe et aux fautes de français de manière générale est attendu dans le cadre du recrutement de futurs professeurs. Enfin, toute absence d'unité dans les applications numériques est nuisible. Sur le fond, la rédaction doit très généralement gagner en rigueur et en précision, parfois gagner en concision également : 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. Le jury rappelle que la 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 jugé étonnant ou inhomogène, un commentaire dans ce sens est valorisé : 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 ou connues. Le jury rappelle que 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.

Souvent, une lecture attentive de l'énoncé et une analyse précise de la situation suffisent pour traiter certaines questions. Le jury remarque que cette capacité à exploiter les informations données est correctement développée par les candidats montrant souvent 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 jury attend d'un candidat au CAPES, au CAFEP ou à l'un des 3^{èmes} concours qu'il applique à sa propre production les principes et les méthodes de la démarche scientifique qu'il aura à transmettre lorsqu'il sera 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 des 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

Q1a La propagation d'une perturbation est souvent mentionnée, celle de l'énergie l'est beaucoup moins. L'absence de transport de matière doit être mentionnée.

Q1b La majorité des candidats a répondu correctement à cette question. La seule mention $f(t - x/c)$ est insuffisante dans la mesure où il est demandé une expression pour une onde plane progressive sinusoïdale.

Q2a Le nom de l'effet, à savoir Doppler (-Fizeau), est généralement connu des candidats.

Q2b L'établissement de l'expression $f'_e = (1 + v/c) \cdot f_e$ est rarement bien mené, l'expression est souvent donnée sans démonstration. La démonstration est délicate mais classique et tout raisonnement correctement entamé est récompensé.

Q2c L'établissement de l'expression $f_r = f_e \cdot (c + v)/(c - v)$ est rarement bien mené, l'expression est souvent donnée sans démonstration ou retrouvée à partir d'un raisonnement erroné.

Q2d Si les expressions demandées aux questions précédentes ont été trouvées, le développement limité au premier ordre n'a généralement pas posé de difficulté.

Q3a La relation trigonométrique utile doit être connue ou retrouvée pour répondre à cette question. Le type de filtrage est souvent cité sans justification relative aux valeurs respectives des fréquences.

Q3b Lien entre fréquence du signal et vitesse n'est pas toujours compris alors qu'il s'agit de reprendre le résultat donné à la question 2d.

Q4a Beaucoup de candidats indiquent que $d_{max} = c \cdot \Delta t/2$ mais oublient d'indiquer que Δt est égal dans ce cas au temps de répétition des impulsions T_{RI} .

Q4b Le critère de Nyquist-Shannon est trop souvent inconnu des candidats.

Q4c Il s'agit à cette question de faire une synthèse des réponses précédentes.

Q4d Pas de remarques particulières pour cette question.

Q5a Les hypothèses qui fondent le modèle du gaz parfait ne sont pas toujours connues des candidats ou seulement partiellement. En revanche, l'équation d'état du gaz parfait est connue.

Q5b Une faute revient assez fréquemment : les candidats laissent la pression p_0 en bar dans l'application numérique et oublient ainsi de l'exprimer en pascal. Il y a également quelques oublis de conversion entre litre et mètre-cube. On peut regretter que l'absence de réflexion sur les ordres de grandeur ne permettent pas aux candidats de se corriger.

Q6a L'origine de la poussée d'Archimède est la résultante des forces de pression, le terme pression seul est insuffisant car la poussée d'Archimède est une action mécanique et non une pression.

Q6b L'expression vectorielle (ou scalaire) de la poussée d'Archimède est très souvent bien écrite mais on observe dans un certain nombre de copies des difficultés et confusions avec les notions de vecteur, composante, coordonnée, norme, etc.

Q6c La majorité des candidats a mené une démarche globalement correcte. Néanmoins, on lit dans de nombreuses copies l'écriture d'inégalités entre vecteurs.

Q7a L'équilibre thermodynamique entre l'hélium et l'air, qui implique une évolution de la pression de l'hélium avec l'altitude, n'est pas toujours exploité.

Q7b Une majorité des candidats exploite correctement la courbe, ce qui indique une bonne gestion des unités utilisées mais certains ne font pas le lien avec le résultat numérique qu'on peut obtenir grâce à la réponse donnée à la question précédente.

Q7c Pas de remarques particulières pour cette question.

Q8 Une minorité de candidat est capable de reproduire cette démonstration classique de statique des fluides.

Q9 Une majorité de réponses est fausse, les candidats oubliant que la masse volumique de l'atmosphère isotherme varie avec l'altitude z en raison de sa dépendance vis-à-vis de la pression $p(z)$.

Q10 Trop de candidats oublient d'évaluer la variation relative de pesanteur et se contentent de calculer deux valeurs, sans les comparer de façon pertinente.

Q11a Cette question n'a pas posé de problème particulier aux candidats.

Q11b Une majorité de réponse est fausse, les candidats oubliant que la masse volumique de l'atmosphère varie avec l'altitude z en raison de ses dépendances vis-à-vis de la pression $p(z)$ et de la température $T(z)$.

Q11c Pas de remarques particulières pour cette question qui exploite les réponses à la question précédente.

Q11d Pas de remarques particulières pour cette question.

Q12a La majorité des candidats n'évalue pas correctement l'incertitude-type ni même n'en donne un ordre de grandeur évalué par le demi-intervalle.

Q12b Une référence au Z-score (écart normalisé) et à un critère de comptabilité entre le modèle et les mesures sont ici demandés à l'image de ce qui est fait dans le programme de l'enseignement de spécialité physique-chimie en classe de terminale générale. Le critère retenu importe peu du moment qu'une comparaison explicite à l'incertitude-type est menée.

Q13a Les explications fournies pour justifier le caractère circulaire du mouvement du satellite qui plus est contenu dans le plan équatorial terrestre sont maladroites ou confuses : de nombreux candidats annoncent des résultats (moment cinétique constant / vitesse constante / mouvement circulaire / ...) mais ne les lient pas entre eux par de connecteurs logiques, ce qui montrent ainsi leur absence de maîtrise du sujet.

Q13b Cette question classique est souvent bien traitée. La référence au repère local de Frenet est satisfaisante, l'altitude 36 000 km est souvent bien retrouvée par les calculs.

Q14a Trop peu de candidats s'engagent dans cette question qui semble poser des problèmes de représentation (positionnement du satellite, zone observable) ou de définition (latitude).

Q14b Une connaissance minimale de la géographie et de l'orbite terrestres est nécessaire pour répondre à cette question et peut faire partie de la culture générale scientifique. Certains candidats ne tiennent pas compte du fait que le satellite est dans le plan équatorial, ce qui est pourtant dit dans l'énoncé.

Q14c Peu de candidats traitent cette question qui demande une bonne maîtrise du système de coordonnées sphériques ou un raisonnement en angles solides.

Q15 La question a été très peu traitée.

Q16 La question a été très peu traitée.

Q17 Peu de candidats s'engagent dans cette question qui demande de l'initiative. La partie qui consiste retrouver la taille d'un pixel à partir des données géométriques est beaucoup plus traitée que la partie consistant à trouver la relation de grandissement transversal par la lentille de l'objectif. Ce type de problème est pourtant assez classique.

Q18 Beaucoup de confusions entre la définition de la diffraction et ses conditions d'observation. De nombreux candidats énoncent une condition d'observation de la diffraction mais oublient de définir le phénomène par l'étalement angulaire de l'onde quand un obstacle limite son champ de propagation. Des confusions avec les phénomènes de réfraction et de dispersion ont aussi été lues dans nombre de copies.

Q19a Plusieurs éléments descriptifs peuvent être cités : forme de la figure (ici figure d'Airy), décroissance de l'intensité en s'éloignant du centre de la figure, largeur relative de la tache centrale par rapport aux taches périphériques. L'allure de la courbe de l'intensité en fonction de la distance au centre optique constitue aussi une réponse possible.

Q19b L'expression de l'ordre de grandeur de l'angle caractéristique n'est pas bien connue des candidats et sa relation à la largeur de la tache centrale rarement exprimée correctement ou le cas échéant sans aucune justification.

Q20a L'exploitation du critère de Rayleigh n'est quasiment jamais mentionnée et la question est globalement très peu traitée.

Q20b La question a été très peu traitée.

Partie de l'épreuve à dominante chimie

Q1 Ces questions simples liées à la structure électronique des atomes et des molécules dans le formalisme de Lewis ont été assez bien traitées.

Q2 La polarité des deux entités ne pouvait être une condition suffisante pour justifier la miscibilité. L'évocation de liaison hydrogène était attendue.

Q3 Cette question difficile nécessitait d'écrire une équation d'oxydo-réduction en prenant en compte les propriétés acido-basiques des espèces présentes. Le barème, assez généreux, valorisait indépendamment toutes les étapes du raisonnement.

Q4 Cette question relative à l'exploitation de la formation d'une espèce colorée pour réaliser un titrage a été assez mal traitée par les candidats. Parmi les erreurs courantes, on remarque la confusion entre un indicateur coloré utilisé pour indiquer la fin d'une transformation et un produit coloré qui provoquera l'apparition d'une couleur dès le début de la transformation ; cette confusion a conduit certains candidats à proposer un titrage colorimétrique. Par ailleurs, si nombre de candidats identifient l'importance d'avoir une transformation totale pour effectuer un titrage, peu soulignent que le réactif à titrer doit être limitant. La notion de courbe d'étalonnage pour effectuer un titrage spectrophotométrique était attendue.

Q5 La présence d'une charge formelle « + » à elle seule ne permet pas de justifier de l'électrophilie d'un composé comme le montre l'exemple de l'ion ammonium. La notion de lacune électronique est parfois confondue avec l'existence d'une charge formelle positive.

Q6 Cette question en lien avec les programmes actuels du secondaire n'a pas posé de problème à la majorité des candidats. Les flèches courbes doivent partir d'un doublet d'électrons.

Q7 Cette question a été bien traitée par la majorité des candidats.

Q8 Cette question ouverte nécessitait la conversion d'une concentration en masse dans un gaz en teneur exprimée en ppm ce qui a mis en difficulté de nombreux candidats. Lorsque la conversion a été réalisée, la comparaison avec la limite de détection lue sur la figure n'a

que rarement posé problème. Quelques candidats ont toutefois été gênés par l'échelle logarithmique.

Q9 Le calcul de l'écart normalisé à partir de la formule fournie a généralement été correctement effectué. La conclusion à partir de la valeur obtenue a , en revanche, donné lieu à de nombreux contre-sens. Rappelons ici que cette notion fait désormais partie des programmes du secondaire.

Q10 Cette question a été bien traitée par la majorité des candidats.

Q11 L'écriture d'un mécanisme réactionnel en chimie organique est assez inégalement maîtrisé. Le choix d'une substitution nucléophile bimoléculaire a été valorisée.

Q12 Cette question a récompensé les candidats capables de prendre du recul en chimie organique en identifiant les différentes réactions envisageables à partir des réactifs et en discutant de la réactivité de chaque entité.

Q13 Certains candidats ayant identifié les difficultés à la question précédente ont été capables de proposer une stratégie de synthèse efficace.

Q14 Certains candidats confondent la constante cinétique k et la constante d'équilibre thermodynamique K^0 . La maîtrise de l'outil mathématique a parfois fait défaut. L'utilisation de la loi de Van't Hoff appliquée à un processus élémentaire n'est pas toujours mentionnée.

Q15 Cette question nécessitait d'intégrer la formule précédente et de relier les expressions obtenues pour les deux cas étudiés. Une fois la relation établie, l'utilisation du tracé pour déterminer la constante de vitesse n'a pas posé de réelles difficultés.

Q16 L'application de la méthode déterminée à la question précédente a souvent été effectuée avec succès.

Q17 L'établissement de l'expression de la durée de vie à partir de la constante de vitesse et de la concentration en radical hydroxyle, et l'application numérique associée, ont été correctement effectués par les candidats ayant réussi la question précédente. Les commentaires sont parfois peu judicieux ou en contradiction avec les données (fiches de sécurité des produits de dégradation).

Q18 Cette question nécessitait de comprendre le script Python utilisé et d'identifier les variables utilisées. Il fallait ensuite déterminer les expressions mathématiques du quotient réactionnel et de l'avancement maximal puis de les traduire sous forme de code. Dans l'écriture de la fonction Q_r , l'absence de la variable x a été systématiquement sanctionnée.

Q19 Si beaucoup de candidats identifient la courbe B comme celle qui correspond à l'exécution du programme fourni dans l'Annexe 4.4 dans le cas considéré ici car ayant un quotient réactionnel initial nul et correspondant à un état final d'équilibre, peu de candidats ont néanmoins pris la peine de justifier ce dernier point.

Q20 Le bilan de matière requis servait à définir le système pour la question suivante. Beaucoup de candidats considèrent que la quantité de matière se conserve au cours d'une transformation chimique ce qui conduit à des erreurs.

Q21 Cette question visait à évaluer la capacité des candidats à mener un raisonnement complet pour établir le bilan enthalpique d'une transformation. Elle a très rarement été correctement traitée en intégralité. Toute partie du raisonnement a été toutefois valorisée. *A contrario*, les résultats fondés sur une analyse dimensionnelle ou une succession d'équations non justifiée ou bien contenant des termes non explicités n'ont pas donné lieu à l'attribution de points.

Q22 Cette question qualitative a été très peu traitée. Parmi les quelques réponses, les aspects cinétiques sont souvent évoqués. L'influence de la température et de la pression sur l'état d'équilibre du système a rarement été traitée correctement.

Q23 Cette question ouverte a été très souvent réalisée avec succès dès lors que la notion de moyenne journalière était comprise.

Q24 Quelques candidats ont été capables de tracer un diagramme de Perrin-Jablonski simplifié. Les réponses expliquant le décalage de longueur d'onde entre le rayonnement d'excitation et le rayonnement de fluorescence (déplacement de Stokes) ont été récompensées.

Q25 La précision de la verrerie n'est pas indiquée par le nombre de « 0 » dans l'écriture. L'analyse du protocole est donc indispensable pour déterminer la verrerie nécessaire. Précisons par ailleurs qu'indiquer le matériel utile pour le protocole est différent de décrire le protocole.

Q26 Tracer des droites modélisant les courbes est différent de tracer des tangentes ou d'utiliser la « méthode des tangentes ». La justification de l'allure de la courbe n'était pas demandée. Pour déterminer l'incertitude sur le volume équivalent, toute méthode argumentée et fondée sur l'analyse de la figure 9 a été acceptée.

Q27 La détermination de la concentration à partir de la condition d'équivalence a souvent été bien réalisée. L'incertitude-type associée a également souvent été calculée correctement. Cependant l'écriture du résultat final en mettant en cohérence les chiffres significatifs et l'incertitude-type a été beaucoup plus rarement obtenue.

Q28 La prise en compte i) du volume d'air utilisé et ii) de la transformation totale du dioxyde de soufre en ion sulfate n'a pas toujours été effectuée avec succès.

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. Le jury insiste sur le fait que **les solutions proposées** en annexe (paragraphe 7) pour les deux parties de l'épreuve disciplinaire, tout d'abord la partie à dominante physique, puis à dominante chimie, **n'ont donc aucune visée normative**.

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 néanmoins 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 3^{èmes} 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 2023 comporte trois parties indépendantes, chacune portant sur une thématique différente des programmes de physique-chimie de l'enseignement secondaire. Les questions posées interrogent à la fois les savoirs disciplinaires et les analyses didactiques, d'autres s'intéressent à des dispositifs pédagogiques usuellement mis en œuvre en situation de classe. Quelques questions testent la capacité du candidat à analyser des productions d'élèves, à repérer et formaliser des conceptions erronées. Deux questions conclusives portent sur l'élaboration d'une séquence d'enseignement. Comme indiqué dans le rapport de jury de la session 2022, première session d'épreuve disciplinaire appliquée, le jury a notablement réduit 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

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

Comme déjà indiqué, il est attendu des candidats souhaitant devenir enseignant une rédaction soignée et rigoureuse : qualité des explications, présentation des raisonnements, orthographe correcte... Le candidat doit veiller à s'exprimer dans un langage suffisamment juste et adapté à une réponse écrite afin de permettre au correcteur d'apprécier la réponse sans ambiguïté. Par exemple, « la température augmente plus » peut conduire à deux interprétations contraires : « la température augmente davantage » ou « la température n'augmente plus ». Outre l'expression, le jury est particulièrement sensible à la présentation de la copie, ainsi qu'à la lisibilité de l'écriture qui se dégrade parfois en cours d'épreuve obligeant le correcteur à des efforts de déchiffrement dispendieux.

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

Remarques générales

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

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

- Définition d'un concept.
- Choix didactique ou pédagogique (à proposer ou à justifier).
- Choix expérimental.
- Observation prévue, protocole, technique utilisable...

- Démonstration d'un résultat.
- 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. En revanche, des développements justes ne dispensent pas de conclure et d'apporter une réponse claire à la question posée. Dans la première question du sujet, il est ainsi demandé d'affecter quatre situations à un des ensembles situés 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, de rédiger une fiche « méthode » 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 ou formuler des diatribes, non contextualisées.

Au sujet des conceptions de séquences

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

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

Une contextualisation vise à susciter l'intérêt des élèves. Proposer une situation 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 l'intérêt et l'envie d'apprendre. Une problématique est à distinguer d'une résolution de problème. En proposant une séquence d'enseignement, s'il est fait appel à une description des modalités pédagogiques ou d'organisation de classe, il est pertinent de mener une réflexion sur la place des élèves lors des tâches proposées. La différenciation peut être évoquée à ce titre mais ne doit pas devenir un outil systématique constituant un alibi pour ne pas préciser les objectifs et les contenus. Enfin, un candidat introduisant une ou plusieurs évaluations au cours de la séquence est invité à en décrire brièvement le format et le contenu.

4.3.3. Rapport détaillé par partie

La première partie du sujet comporte quatorze questions et sous-questions en tout ; elle s'intéresse à la mise en œuvre de la simulation à travers des situations relatives à l'enseignement de la cinétique chimique d'une part, de la mécanique du point d'autre part. Elle teste la capacité des candidats à discuter la pertinence des simulations proposées (démarche et objectif, format, paramétrage, place de l'élève, ...) pour la construction des savoirs, en contexte. La seconde partie, constituée de six questions et sous-questions dont une résolution de problème et une construction de séquence, aborde l'introduction du concept d'énergie au cycle 4 se heurtant à certaines préconceptions en thermodynamique qu'il convenait d'identifier dans des productions d'élèves. Des confusions et un manque de justesse dans le vocabulaire ont été relevés dans plusieurs copies de candidats. La dernière partie est constituée de dix questions et sous-questions, dont une construction de séquence.

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

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.**

Q1 La question fait référence à l'annexe 1.A et appelle un choix argumenté parmi les trois démarches qui y sont décrites. De trop nombreuses copies présentent des développements qui, même s'ils sont fondés, ne répondent pas à la consigne. La démarche pédagogique 3 : « La simulation est dédiée à un thème précis portant sur des expériences difficilement réalisables en classe ou irréalisables » était attendue. Les deux simulations rendent compte de transformation chimique à l'échelle microscopique lors d'un acte élémentaire. Or les élèves de classe de terminale spécialité n'ont pas accès au niveau expérimental microscopique, seul le niveau expérimental macroscopique leur est accessible.

Q2a Concernant l'exemple 1, le lien entre « facteur de collision » et « température » n'est que trop rarement cité par les candidats. La définition donnée du facteur de collision n'aborde que l'efficacité et non la fréquence des collisions (simulée par le tirage aléatoire). Ainsi cette simulation n'approche que partiellement l'effet d'une variation de température. Dans l'exemple 2, au contraire, la modélisation approche l'effet de la température en termes de fréquence des collisions mais pas d'efficacité (posée totale). C'est donc là aussi une approche partielle. L'exemple n°2 de simulation illustre l'effet de la concentration, tandis que l'exemple n°1 ne l'illustre que partiellement (il s'agit ici de l'influence du nombre d'entités réactives par rapport au nombre total d'entités).

Q2b Les comparaisons entre les deux simulations proposées par les candidats est superficielle; dans la plupart des cas uniquement la différence d'aspect visuel est mentionnée.

- Quelques exemples d'avantages de l'exemple n°1 de simulation :
 - ✓ Le modèle de probabilité qui sous-tend la simulation est simple, il peut être dévoilé aux élèves *via* un codage en langage Python ou *via* un tableur qui est accessible ; l'effet « boîte noire » peut être évité.
 - ✓ L'efficacité des chocs est prise en compte.
 - ✓ Les élèves peuvent faire varier les différents paramètres : le nombre d'entités et le facteur de collision.
- Quelques exemples d'inconvénients de l'exemple n°1 de simulation :
 - ✓ Les élèves ne peuvent pas directement faire varier la température.
 - ✓ Le modèle proposé ne décrit pas toute une partie de la réalité expérimentale (pas de notion de chocs).
 - ✓ Le mode de représentation (uniquement sous forme de graphique) ne permet pas la création d'images mentales simples qui aident à conceptualisation.
- Quelques exemples d'avantages de l'exemple n°2 de simulation :
 - ✓ Le modèle qui sous-tend la simulation est plus proche de la réalité physique.
 - ✓ Les élèves peuvent faire varier les différents paramètres : concentration et température.
 - ✓ La simulation et l'animation associée permettent la création d'images mentales simples qui aident à conceptualisation.
- Quelques exemples d'inconvénients de l'exemple n°2 de simulation :
 - ✓ La notion d'efficacité n'est pas prise en compte.
 - ✓ Le codage du modèle n'est pas accessible aux élèves car plus complexe que pour l'exemple 1.

Q2c La consigne demande que l'énoncé proposé permette à l'élève de rédiger une synthèse institutionnalisant les savoirs de la partie du programme étudié ; bien souvent les propositions des candidats ne permettent d'aboutir qu'à une synthèse partielle. Les énoncés proposés par les candidats permettent rarement d'interpréter, à la fois, l'influence de la température sur la vitesse de l'acte élémentaire en termes de fréquence et d'efficacité de collision, et l'influence de la concentration sur la vitesse de l'acte élémentaire.

Exemple de consignes :

- Consigne commune aux deux exemples de simulation :
Modifier les différents paramètres et noter vos observations quant à l'évolution de la vitesse de l'acte élémentaire en fonction de ceux-ci.
- Consigne associée à l'exemple de simulation n°1 :
Sachant que l'efficacité d'une collision est reliée à l'énergie cinétique des entités réactives, déduire des observations précédentes l'influence de la température sur la vitesse de l'acte élémentaire. Expliquer l'ensemble des étapes qui vous ont permis d'aboutir à cette conclusion.
- Consigne associée à l'exemple de simulation n°2 :
À partir des observations précédentes et vos connaissances interpréter en termes de fréquence de collisions l'influence de la température sur la vitesse de l'acte élémentaire.
- Consigne associée aux deux exemples de simulation lors de la mise en commun :
Interpréter en termes de fréquence et d'efficacité de collision l'influence de la température et de la concentration sur la vitesse de l'acte élémentaire.

Q3a Le jury attendait du candidat une définition rigoureuse du vecteur vitesse respectant les contenus du programme de seconde générale et technologique et de l'enseignement de spécialité de première générale. La dérivée du vecteur position n'a donc pas été retenue. Pour ces deux niveaux d'enseignement, le vecteur vitesse d'un point est défini de façon approchée à partir du vecteur déplacement $\overrightarrow{MM'}$ où M et M' sont les positions successives du mobile à des instants voisins séparés de Δt :

$$\vec{v} \approx \frac{1}{\Delta t} \times \overrightarrow{M(t)M(t + \Delta t)}$$

Il est rappelé que le vecteur vitesse présente des caractéristiques qui ne se limitent pas à sa norme : la direction et le sens du déplacement doivent être mentionnés.

Q3b Le jury a valorisé les candidats ayant proposé plusieurs exemples concrets illustrant les nuances du terme « accélération » dans ses usages courant et scientifique.

Par exemple, dans la vie courante :

- accélérer signifie « augmenter sa vitesse » sans qu'aucune allusion à la durée de variation ne soit généralement prise en compte ;
- une accélération est associée à une action (exemples : appuyer sur la pédale d'accélérateur, tourner la poignée d'accélération, ...) ;
- pour une trajectoire non rectiligne à vitesse constante, la direction du véhicule est modifiée mais aucun lien à l'accélération n'est formulé ; c'est particulièrement problématique pour des mouvements uniformes non rectilignes, les élèves considérant que l'accélération est nulle.
- il n'est pas question d'associer une accélération à un véhicule qui freine et ralentit.

La difficulté est donc de faire accepter par l'élève le passage du concept restreint de « augmentation de la valeur de la vitesse » à « variation du vecteur vitesse », l'accélération permettant aussi bien de conserver, diminuer ou augmenter la valeur de la vitesse et/ou modifier sa direction.

Q3c Des confusions entre la base de Frenet et la base cylindro-polaire ont été notées.

Dans un repère de Frenet $(M, \vec{u}_N, \vec{u}_T)$ et pour un mouvement circulaire de rayon R , on définit

- le vecteur position : $\overrightarrow{OM} = -R \vec{u}_N$
- le vecteur vitesse : $\vec{v} = 0 \vec{u}_N + v \vec{u}_T$
- le vecteur accélération : $\vec{a} = \frac{v^2}{R} \vec{u}_N + \frac{dv}{dt} \vec{u}_T$

où \vec{u}_T désigne un vecteur unitaire tangent à la trajectoire en M ; \vec{u}_N désigne un vecteur unitaire orthogonal à la trajectoire en M et orienté vers le centre de courbure ; v est la composante (algébrique) du vecteur vitesse. Un schéma est fortement recommandé.

Q3d Avec la méthode *des points d'avant et après* (a), le vecteur vitesse est tangent à la trajectoire et le vecteur variation de vitesse est bien dirigé vers le centre de la trajectoire (accélération centripète) ce qui n'est pas le cas pour la méthode *du point d'après* (b). La construction de vecteurs vitesse et variation de vitesse par la méthode (b) entre parfaitement dans les exigences du programme ; en outre, elle est la forme approchée de la dérivée définie dans le cours de mathématiques et permet ainsi une meilleure harmonisation des langages disciplinaires. Ce n'est pas le cas de la méthode (a) qui s'appuie sur la définition de la dérivée en mathématique et à laquelle les élèves des niveaux concernés ne peuvent donner sens. Si cette première sous-question est en général bien réussie, rares sont les candidats ayant réalisé des développements limités à un ordre suffisant pour justifier l'efficacité de la méthode (a) utilisant *les points d'avant et après*, dans la seconde partie de cette question.

Pour justifier les écarts d'efficacité entre les deux méthodes, il est possible de montrer facilement d'une part que :

$$\frac{x(t_i+\Delta t)-x(t_i-\Delta t)}{2\Delta t} = \left(\frac{dx}{dt}\right)_{t_i} + \frac{1}{6}\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)_{t_i} \Delta t^2 + \frac{1}{2}(\varepsilon(t) - \varepsilon'(t))\Delta t^2, \text{ avec } \lim_{t \rightarrow t_i} \varepsilon(t) = 0 \text{ et } \lim_{t \rightarrow t_i} \varepsilon'(t) = 0 ;$$

et d'autre part que :

$$\frac{x(t_i+\Delta t)-x(t_i)}{\Delta t} = \left(\frac{dx}{dt}\right)_{t_i} + \frac{1}{2}\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)_{t_i} \Delta t + \frac{1}{6}\left(\frac{d^3x}{dt^3}\right)_{t_i} \Delta t^2 + \varepsilon(t)\Delta t^2.$$

Ainsi, l'expression approchée de $v(t) \simeq \left(\frac{dx}{dt}\right)_{t_i}$ est donc associée à une erreur d'ordre 2 en Δt pour la méthode (a) et à une erreur d'ordre 1 en Δt pour la méthode (b).

Le calcul de la dérivée par la méthode (a) fournit donc mathématiquement un résultat plus précis (erreur d'ordre 2 au lieu de 1), en plus de conduire à une direction plus en adéquation avec les attendus (vecteur vitesse tangent à la trajectoire et accélération centripète dans le cas circulaire) ; néanmoins, l'écart de précision entre les deux méthodes n'est pas réellement significatif dans la pratique.

Q3e Une fiche méthode se veut claire et complète, sans étape implicite. En particulier, l'allusion à une échelle de lecture de distance et une échelle de représentation du vecteur vitesse est indispensable. On peut par exemple proposer les étapes suivantes, à accompagner de schémas d'illustration :

Tracés des vecteurs vitesse :

Pour chaque position $i = 2$ à $N - 1$:

- on mesure graphiquement la distance $M_i M_{i+1}$ en tenant compte de l'échelle des longueurs/distances fournie ;
- on calcule puis on note au brouillon la valeur du rapport $M_i M_{i+1} / \Delta t$ homogène à une vitesse en précisant son unité ;
- on trace une flèche représentative du vecteur vitesse \vec{v}_i dont :
 - l'origine est M_i ,
 - la direction est donnée par la tangente à la trajectoire en M_i . *Astuce* : cette direction est sensiblement celle de la droite $(M_{i-1} M_{i+1})$
 - le sens est celui du mouvement c'est-à-dire de M_i vers M_{i+1} ;
 - la longueur est proportionnelle la valeur de la vitesse $v_i = M_i M_{i+1} / \Delta t$ calculée précédemment, selon un rapport d'échelle (fourni ou à choisir : par exemple 1 cm ↔ 1 m/s) ;
- on indique \vec{v}_i sur cette flèche ;

Il est indispensable de faire figurer l'échelle des vitesses choisie sur la représentation graphique de l'ensemble.

Tracés des vecteurs variation de vitesse :

Pour chaque position $i = 2$ à $N - 1$:

- on construit le vecteur $\vec{\Delta v}_i = \vec{v}_{i+1} - \vec{v}_i$ que l'on reporte au point M_i .

Q3f L'origine des différences observées n'est que rarement mentionnée ou justifiée. Il convient d'argumenter le choix de la trajectoire. À noter que le candidat ne doit pas confondre modèle et simulation ; c'est la simulation qui découle du modèle et non l'inverse.

Disposer d'un plus grand nombre de points (cas 90 images/s) pouvait sembler être une bonne idée ; pourtant, l'allure des vecteurs accélérations s'éloigne de la direction verticale attendue, car les incertitudes liées au pointage des positions ne sont pas négligeables devant les

distances séparant deux positions ; les calculs d'écart entre deux positions qui interviennent dans l'accélération donnent des vecteurs dont les directions semblent aléatoires. L'enseignant aura des difficultés à convaincre les élèves d'une relation entre la force subie par la balle et le vecteur variation de vitesse.

Dans la démarche de construction proposée en figure 1.C.2.b, les résultats pourraient sembler satisfaisants. Il n'est d'ailleurs pas rare que les manipulations réalisées avec ou devant les élèves soient mises au point pour fonctionner à tous les coups (quitte à masquer un certain nombre d'anomalies ou difficultés) de manière à bien mettre en évidence ce que l'enseignant veut montrer. Malheureusement, la démarche ne s'inscrit pas ici dans une démarche scientifique rigoureuse et il n'y a pas confrontation entre modèle et des données authentiques issus de l'expérience : on se contente de construire un modèle parabolique correspondant à une accélération verticale pour montrer que l'accélération... est verticale ! Il convient donc de rejeter cette proposition.

Dès lors, on peut imaginer que l'enseignant choisira d'exploiter les données chronophotographiques à 45 images/s. Même si l'allure n'est pas parfaitement conforme aux attendus, ce sera l'occasion de rappeler l'importance du soin accordé au pointage et à la mesure d'une manière générale.

Q4a L'équation du mouvement étant fournie, il convient d'exposer avec soin le raisonnement, allant de la description précise du système et des hypothèses de travail associées au modèle du pendule simple sans frottement, jusqu'à l'application rigoureuse d'un théorème mécanique où apparaissent explicitement les actions exercées sur le système. Le modèle du pendule simple peut être décrit par une masselotte assimilable à un point M de masse m , suspendu à un point fixe, noté O , par l'intermédiaire d'un fil inextensible de longueur L et sans masse.

Le système étudié est le point M , dans le référentiel lié au repère $(O, \vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$ supposé galiléen. En absence de frottement, le bilan des actions se réduit à deux forces : le poids $\vec{P} = m\vec{g}$, et la tension du fil $\vec{T} = -\|\vec{T}\|\vec{u}_r$. L'application de la 2nde loi de Newton en projection sur l'axe dirigé selon \vec{u}_θ permet d'éliminer la contribution de la tension $mL \frac{d^2\theta(t)}{dt^2} = -mg\sin\theta(t)$, soit $\frac{d^2\theta(t)}{dt^2} = -\frac{g}{L}\sin\theta(t)$. Le système étant conservatif, il est tout à fait envisageable d'appliquer un théorème énergétique permettant de supprimer là encore la contribution de la tension, qui ne travaille pas. L'application de la loi du moment cinétique au point O permet également de supprimer la contribution de la tension du moment nul en O , et conduit au résultat.

Q4b Le jury attend que le candidat précise explicitement la démarche pédagogique faisant référence au document 1.A. et argumente son choix. Il est possible d'inscrire cette approche dans la démarche 1 visant à confronter le comportement du pendule oscillant dans la pratique, au modèle du pendule simple et sans frottement tel que décrit à la question précédente.

Q4c On observe que : i) l'amplitude croît à chaque période ; ii) la période n'est pas constante. En supposant que l'étape suivante soit de calculer l'énergie mécanique E_m totale, on peut s'attendre à ce que les résultats ne fournissent pas une valeur E_m constante. Aussi, le schéma d'Euler et/ou le choix des paramètres n'est ici pas satisfaisant.

La raison provient du schéma d'Euler qui n'est pas invariant par renversement du temps, contrairement à l'équation du mouvement du pendule sans frottement. On peut s'arranger pour que les paramètres de la simulation masquent cet effet mais la démarche perd de son sens ; il pourrait être intéressant de montrer les limites de la simulation, d'autant plus lorsque ces limites sont en lien avec le thème abordé par l'enseignant : la conservation de l'énergie.

À noter qu'il n'est pas plus pertinent d'observer une diminution qu'une augmentation de l'amplitude dans ce modèle conservatif sans frottement.

Q5 Les réponses obtenues le plus souvent sont partielles, décrivant de façon superficielle la différence observée entre les deux schémas de résolution numérique uniquement et sans fournir d'interprétation.

Dans le cas présent, il s'agit de confronter deux résolutions numériques d'un même modèle d'une part, et confronter d'autre part ce même modèle théorique du pendule simple aux observations expérimentales, la question portant sur « la différence entre résultat expérimental et résultat issu d'une simulation ». Pour ce second point, il ne serait pas surprenant d'observer des écarts entre résultats simulés et résultats expérimentaux, non pas parce qu'on ne manipule pas correctement mais parce que la modélisation envisagée pour l'étude du mouvement de ce pendule n'est pas complète puisqu'on a, entre autres, négligé les frottements (à mettre en relation avec le domaine de validité et les limites d'un modèle). La simulation quant à elle, ne met pas le modèle à l'épreuve ; elle utilise le modèle. Aussi sophistiquée soit-elle, la simulation ne pourra jamais rendre réellement compte de la complexité des phénomènes physiques réels observés.

Attendu que les deux modes de résolutions numériques exploitent ici un même modèle sans frottement, on aurait pu espérer des résultats comparables. Cela montre qu'une simulation présente des limites ; elle s'appuie sur des calculs, sur un schéma de programmation adapté, et demande de fixer un grand nombre de paramètres ; si ces derniers ne sont pas correctement choisis, par exemple, ils peuvent conduire à des résultats incohérents.

Q6a Le jury n'a pas valorisé les assertions correctes assorties de justifications non convaincantes.

- Situation 1 : Le système évolue vers un état d'équilibre thermodynamique si bien qu'après un temps long, les températures du métal et de l'air intérieur seront identiques.
- Situation 2 : Les plaques de même puissance transfèrent une énergie $P \times \Delta t$ proportionnelle à la durée Δt de l'opération, sous forme thermique. Comme l'eau est restée deux fois plus longtemps sur la plaque, elle a emmagasiné deux fois plus d'énergie que l'alcool.
- Situation 3 : Le changement d'état d'un corps pur à pression constante s'effectue également à température constante (équilibre monovariant) ; au cours d'un changement d'état, le corps reçoit ou cède de l'énergie par transfert thermique. Au cours de l'ébullition, l'eau liquide reçoit de l'énergie pour passer à l'état de vapeur.

Q6b Un ou plusieurs exemples ne peuvent se substituer à une définition rigoureuse des termes « énergie » et « transferts thermiques ».

- L'énergie peut être définie comme une grandeur physique (unité : joule (J)) qui représente et quantifie la capacité d'un système à fournir du travail (transfert mettant en jeu une action mécanique ou électrique, par exemple) ou de la chaleur (transfert thermique).
- Un transfert thermique, appelé plus communément chaleur, est l'un des modes d'échange d'énergie thermique entre deux systèmes.

Q7a Rares sont les candidats s'appuyant sur les documents de l'annexe 2 proposés. La question demandait explicitement de relever les confusions en lien avec la liste des préconceptions fournies ainsi que les défauts d'application du principe de conservation.

Quelques exemples de ce que l'on pouvait relever :

- Situation 1 Groupe A : Le système et les instants entre lesquels est effectué le bilan d'énergie ont été définis. Une confusion sur la grandeur conservée d'après le principe de conservation ici appliqué au système {soupe + beurre} considéré comme isolé (ce qui n'est en réalité pas le cas car le beurre et la soupe échangent aussi de l'énergie par transfert thermique avec l'air extérieur) : il s'agit de conservation de l'énergie et non de la température (préconception erronée 1). De plus, la température du beurre ne s'élève pas parce qu'il y a changement d'état (préconception erronée 4) et la température n'est pas une grandeur qui s'échange (préconception erronée 3). En revanche, le beurre reçoit de l'énergie par transfert thermique de la part de la soupe.
- Situation 1 Groupe B : Le système et les instants entre lesquels est effectué le bilan d'énergie ont été définis. Le principe de conservation de l'énergie n'est pas pleinement exploité, même si la notion d'échange d'énergie par transfert thermique est avancée. Une confusion néanmoins entre la notion d'énergie et de transfert thermique ou plus exactement entre les modes de transferts et les formes d'énergie est commise.
- Situation 2 Groupe A : Le lien entre la conservation de l'énergie du système isolé et le constat d'une élévation de température n'est pas réalisé. Le système doit être mieux précisé : par « calorimètre » entend-on le contenant ou également son contenu ? Il faut préciser les formes d'énergie possédées. On note également un manque de justesse dans le vocabulaire ; il y a confusion entre le système (susceptible de se refroidir) et sa température ; la notion de « régulation » doit être précisée et « l'importance de la transformation » clarifiée, notamment en termes d'énergie produite : est-elle différente dans ces deux expériences ?
- Situation 2 Groupe B : Il y a confusion entre « chaleur » et « température » (conception erronée 1), et confusion entre « chaleur » (comme transfert) et « chaud » (préconception erronée 2). Il est nécessaire de bien identifier toutes les formes d'énergie possédées et expliciter leur sens de variation. Également, il est indispensable de préciser les systèmes entre lesquels sont réalisés les échanges d'énergie en précisant la nature des transferts.

Q7b Il convient d'utiliser un vocabulaire scientifique juste et mentionner précisément le choix du système. Par *calorimètre*, on entend le récipient (ou enceinte) calorifugé, empêchant tout transfert thermique vers l'extérieur, et non son contenu (accessoires, mélange réactionnel, ...). Des confusions entre *système fermé* et *système isolé* sont fréquentes. Le jury rappelle que le premier principe sous sa forme $\Delta U = Q + W$ traduit bien la conservation de l'énergie, même si $Q + W \neq 0$.

Pour les deux expériences, il convient de préciser le système {calorimètre, contenu et mélange réactionnel} et d'indiquer que le bilan d'énergie est réalisé entre l'instant où l'on introduit les réactifs et l'instant où l'on mesure la température d'équilibre. L'expérience 1 permet d'interpréter qu'il y a une transformation chimique, et qu'elle s'accompagne d'une libération d'énergie. L'énergie chimique du sous-système {mélange réactionnel} diminue. L'enceinte étant isolée thermiquement, l'énergie libérée au cours de la transformation ne peut pas s'évacuer vers l'extérieur du récipient. L'énergie est donc intégralement cédée par transfert thermique au sous-système {calorimètre et contenu}. Cette augmentation de l'énergie du sous-système se traduit par une élévation de la température. Ainsi, le système {calorimètre, contenu et mélange réactionnel} est isolé ; il n'y a pas de transfert thermique avec l'extérieur mais la température augmente. Dans l'expérience 2, le système {calorimètre, contenu et mélange réactionnel} n'est pas isolé et sa nature change puisqu'il est le siège d'une transformation chimique ; de l'énergie chimique est perdue par le mélange réactionnel. L'opération est

suffisamment lente pour que cette énergie soit cédée par transferts thermiques à l'extérieur du système et conduise par conséquent ce dernier à maintenir une température constante. Ainsi, même si l'énergie du système {calorimètre, contenu et mélange réactionnel} a diminué, la température reste constante.

Q8 La rédaction gagne, par tous moyens utiles, à rendre clairement compte des étapes du schéma de résolution choisi par le candidat. Plusieurs approches sont possibles. Il convient dans chaque cas de fournir une réponse quantitative assortie d'un commentaire visant à formuler une réponse claire à la problématique. Une réponse fournissant un nombre de panneaux considéré comme élevé n'a pas été valorisé.

- Appropriation : Il s'agit de déterminer la surface totale de panneaux solaires photovoltaïques nécessaires à la production d'électricité pour la France. Nous limiterons le calcul aux besoins en électricité pour 1 an.
- Analyse : D'après la problématique, la production d'électricité nécessaire en France pour 1 an est de l'ordre de 520.10^9 kW.h , ce qui correspond à une énergie totale E_{tot} : $E_{tot} = 520.10^9 \times 3,6.10^6 = 1,87.10^{18} \text{ J}$. D'après le paragraphe de contextualisation, 114 ha de panneaux à Moura permettent une capacité de production de 62 MW. D'après le document 1, Moura, ville du Portugal, reçoit un ensoleillement de l'ordre de 1900 kWh/m^2 tandis qu'il n'est que de 1100 à 1600 en France (soit $1900/1100 = 1,73$ à $1900/1600 = 1,19$ fois plus petit).
- Réalisation : Si l'énergie électrique totale à produire en France durant 1 an est $E_{tot} = 1,87.10^{18} \text{ J}$, alors la capacité de production doit être égale à $P_{France} = E_{tot}/\Delta t$ où $\Delta t = 1 \text{ an} = 365 \times 24 \times 3600 \text{ s}$, soit : $P_{France} = 59,4.10^9 \text{ W} = 59,4.10^3 \text{ MW}$. Comme $P_{Moura} = 62 \text{ MW}$, l'installation en France doit être $P_{France}/P_{Moura} = 957$ fois plus productive. A ensoleillement égal, il faudrait donc une surface 957 fois plus grande que la centrale solaire de Moura. Comme l'ensoleillement est 1,19 à 1,73 fois plus faible en France, il faudrait en réalité une surface comprise entre $1,14 \text{ km}^2 \times 1,19 \times 957$ et $1,14 \text{ km}^2 \times 1,73 \times 957$, c'est-à-dire une surface de panneaux comprise $1,29 \text{ } 10^3 \text{ km}^2$ et $1,88.10^3 \text{ km}^2$. Ainsi, dans la situation la plus défavorable en termes d'ensoleillement, il faudrait $1,88.10^3 \text{ km}^2$ de panneaux solaires.
- Validation : Le document 1 permet de donner une estimation de la surface de la France : 500.10^3 km^2 . Ainsi, avec cette estimation grossière, la centrale recouvrirait moins de 1% du territoire dans le pire des cas, sans nuire au paysage, au patrimoine, à la biodiversité, aux terrains agricoles... ; d'ailleurs, on pourrait même envisager d'exploiter les toits des habitations car le poids des panneaux le permettrait (une dizaine de kg pour 1 à 3 m² d'après le document 2 et la contextualisation). Néanmoins, cette opération nécessiterait le stockage de l'énergie dans des batteries car la production n'est pas constante sur l'année de même que la consommation. En outre, une telle opération nécessiterait une production colossale de panneaux et cellules photovoltaïques dont la durée de vie est limitée ; ainsi, au-delà des difficultés techniques d'acheminement et stockage, il faudrait que la production couvre aussi les besoins en fabrication de panneaux et batteries.

Q9 Bien qu'attendue de façon explicite, une adaptation au niveau cycle 4 de l'activité du document 2.C n'est que rarement proposée. Le jury rappelle que la notion de rendement n'est

pas mentionnée dans les programmes de cycle 4 ; sa définition n'est donc pas un prérequis pour cette activité.

Q10a La définition du titre massique n'est que très rarement connue des candidats. Des confusions fréquentes avec la concentration massique sont observées. Le jury rappelle à toutes fins utiles que l'appellation *concentration massique* a été abandonnée dans les programmes. Peu de candidats ont su choisir un indicateur coloré pertinent pour le titrage proposé et très peu ont su justifier ce choix. Des justifications étaient attendues pour l'estimation du volume équivalent, la dilution de la solution vinaigre ainsi que pour le choix de l'indicateur coloré.

Le titre massique t_{acide} en acide éthanóique correspond à la masse d'acide éthanóique pur apporté pour obtenir 100 g de solution de vinaigre. Pour obtenir la concentration C_{acide} en quantité de matière d'acide éthanóique, il est nécessaire de raisonner sur 1L de solution.

- Calcul préliminaire : $t_{acide} = \frac{m_{acide}}{m_{sol}} \times 10$, soit $m_{acide} = \frac{t_{acide}}{100} \times m_{sol}$.
- Calcul de masse m_{sol} correspondant à 1 L de solution : $\rho_{sol} = \frac{m_{sol}}{V}$ donc $m_{sol} = \rho_{sol} \times V$. Or $d_{sol} = \frac{\rho_{sol}}{\rho_{eau}}$ donc $m_{sol} = d_{sol} \times \rho_{eau} \times V$. En conséquence, pour 1 L, $m_{sol} = d_{sol} \times 1000 \text{ g.L}^{-1} \times 1 \text{ L} = d_{sol} \times 1000$.
- Calcul de la masse d'acide éthanóique pur apporté pour obtenir 1 L de solution de vinaigre : $m_{acide} = \frac{t_{acide}}{100} \times m_{sol} = \frac{t_{acide}}{100} \times d_{sol} \times 1000$.
- Calcul de la quantité de matière d'acide éthanóique pur apporté pour obtenir 1 L de solution de vinaigre : $n_{acide} = \frac{m_{acide}}{M_{acide}} = \frac{t_{acide}}{100 \times M_{acide}} \times d_{sol} \times 1000$, soit $n_{acide} = \frac{t_{acide}}{100 \times 60} \times 1,02 \times 1000 = \frac{t_{acide}}{5,89}$, ce qui signifie $C_{acide} = \frac{t_{acide}}{5,89}$.
- Élaboration de protocole : Avant de choisir la verrerie, on calcule la concentration en quantité de matière C_{acide} d'acide éthanóique dans le vinaigre et la compare à la concentration de soude pour savoir s'il faut diluer l'une des solutions. $C_{acide} = \frac{t_{acide}}{5,89} \approx \frac{6}{5,89} \approx 1 \text{ mol.L}^{-1}$. La solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) de concentration : $C_b = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$. Or d'après l'équation de titrage les ions hydroxyde et l'acide éthanóique réagissent mole à mole, selon : $\text{HO}^-(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$. Le bilan de matière à l'équivalence permet de calculer le volume équivalent V_E approximativement attendu. En effet, à l'équivalence : $n_{i,acide} = n_{E,\text{HO}^-}$. Cette condition se traduit par $C_a \times V_a = C_b \times V_E$; soit $V_E = \frac{C_a \times V_a}{C_b} \approx \frac{0,1 \times 10}{0,1} \approx 10 \text{ mL}$. Si on souhaite obtenir un volume V_E proche de 10 mL ce qui correspond presque à une demi-chute de burette et titrer 10 mL de la solution de vinaigre, il faut alors diluer 10 fois la solution commerciale de vinaigre, et opter pour une pipette de 10 mL et une fiole jaugée de 100 mL pour réaliser la dilution. Le pH à l'équivalence lors du titrage d'un acide faible par une base forte est supérieur à 7 : le rouge de crésol est l'indicateur coloré adéquat.
- Exemple de proposition de protocole : i) Prélever 10,0 mL de vinaigre avec une pipette jaugée, et les verser dans la fiole jaugée de 100 mL. Ajouter un peu d'eau, agiter. Compléter jusqu'au trait de jauge. Agiter. ii) Prélever 10,0 mL de vinaigre dilué avec une pipette jaugée, et les verser dans un bécher. Ajouter quelques gouttes de rouge de crésol et titrer avec la soude placée dans la

burette. Pour cela utiliser un agitateur et verser la soude jusqu'au changement de couleur de l'indicateur coloré.

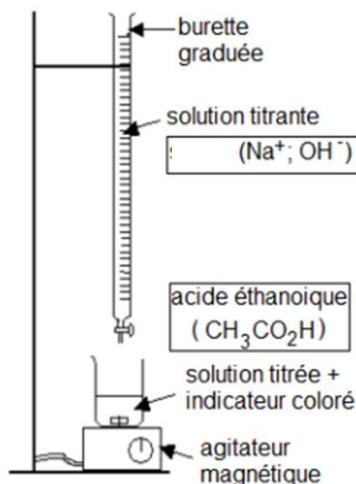


Schéma du montage

Q10b La question a été très peu traitée par les candidats. Le format attendu est celui d'une aide et non pas celui d'une réponse entièrement rédigée.

- Exemples d'aides rédigées en rapport avec la dilution du vinaigre.
 - ✓ Comparer la concentration en acide éthanóique de la solution commerciale de vinaigre et la concentration en hydroxyde de sodium. Comparer alors de volume de la prise d'essais et volume versé à l'équivalence. Proposer une manipulation qui permettrait de palier à ce problème.
 - ✓ Diluer dix fois la solution de vinaigre commercial. Choisir la verrerie appropriée pour réaliser cette manipulation.
- Exemple d'aide rédigé en rapport avec le choix de l'indicateur coloré
 - ✓ Sachant que la valeur du pK_a du couple acide éthanóique / ion éthanóate est égale à 4,8 et l'ion hydroxyde est une base forte, en déduire si le pH à l'équivalence est inférieur ou supérieur à 7.
 - ✓ Exemples d'aides rédigés en rapport avec le montage de titrage.
 - ✓ La solution titrante est dans la burette et la solution titrée est dans le bécher.
 - ✓ Placer le montage sous agitation et verser la solution d'hydroxyde de sodium jusqu' au changement de couleur dans le bécher.
 - ✓ Verser la solution d'hydroxyde de sodium goutte à goutte à partir de 1 mL avant l'équivalence.

Q11a Des confusions entre équilibre et équivalence.

La réponse correcte est celle donnée par 21 % des élèves à savoir « la réaction chimique se déroule du début de la courbe jusqu'à l'équivalence ». La réponse erronée majoritaire « la réaction se déroule uniquement à l'équivalence » peut être interprétée par le fait que les élèves ne considèrent pas le titrage comme suite de transformations mais une seule transformation qui aurait lieu uniquement à l'équivalence. L'allure de courbe renforce cette conception, en effet avant et après l'équivalence la courbe est presque horizontale, pH est presque constant donc pour les élèves interrogés il ne se passe rien, il n'y a pas de changement. Il n'y a donc pas de réaction. La réponse erronée donnée à 16 % « la réaction se déroule sur toute la courbe » peut être interprétée par le fait que les élèves considèrent la mise en contact de

diverses espèces comme entraînant forcément une transformation chimique, la notion d'équivalence associée au changement de réactif limitant n'est pas comprise. Le fait que l'on continue à ajouter une solution laisse penser que les espèces ajoutées vont réagir. De plus graphiquement l'allure de la courbe après l'équivalence est proche de celle avant l'équivalence, il n'y a pas de visualisation graphique de la transformation chimique. La réponse erronée à 14 % « la réaction se déroule autour à la demi-équivalence », vient d'une confusion entre la demi-équivalence où la quantité acide éthanoïque égale à la quantité d'ion éthanoate en solution et l'équivalence où les réactifs ici acide et base sont introduits en proportions stœchiométriques. À cette confusion s'ajoute la conception majoritaire.

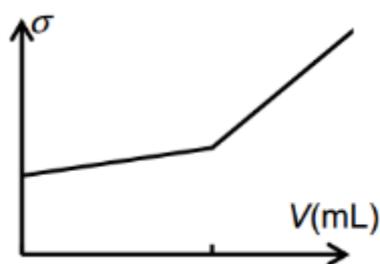
Q11b La question a été plutôt bien traitée par les candidats. Lors d'un titrage colorimétrique le changement de couleur de la solution titrée a lieu uniquement à l'équivalence. Les élèves associés changement de couleur à transformation chimique. Il s'agit ici d'un obstacle perceptif, les élèves se fondent uniquement sur leur perception ici changement de couleur pour savoir si les espèces ont réagi entre elles.

Q11c La question n'a pas été traitée correctement par la plupart des candidats, un grand nombre d'entre eux ce sont satisfaits de décrire l'allure de la courbe de titrage sans aucune justification.

Avant l'équivalence, les ions acétate CH_3COO^- et sodium Na^+ sont présents dans le bécher. Les ions HO^- ajoutés sont totalement consommés par l'acide acétique CH_3COOH au fur et à mesure de leur ajout, ils sont en défaut avant l'équivalence. D'après la loi de Kohlrausch la conductivité de la solution σ est : $\sigma = \lambda(CH_3COO^-) \times [CH_3COO^-] + \lambda(Na^+) \times [Na^+]$. Le terme $\lambda(CH_3COO^-) \times [CH_3COO^-]$ augmente au cours du titrage ; en effet les ions acétate CH_3COO^- apparaissent au fur et à mesure du titrage, ils sont formés par la réaction support du titrage. Le terme $\lambda(Na^+) \times [Na^+]$ augmente aussi au cours du titrage ; en effet les ions sodium Na^+ sont des ions spectateurs, ils sont ajoutés au fur et à mesure que la solution titrante est versée sans être consommés. Pour chaque ajout d'un ion sodium Na^+ dans le bécher un ion acétate CH_3COO^- est formé. La conductivité de la solution augmente donc avant l'équivalence.

Après l'équivalence, les ions acétate CH_3COO^- , sodium Na^+ et hydroxyde HO^- sont présents dans le bécher. D'après la loi de Kohlrausch la conductivité de la solution σ est égale à $\sigma = \lambda(CH_3COO^-) \times [CH_3COO^-] + \lambda(Na^+) \times [Na^+] + \lambda(HO^-) \times [HO^-]$. Le terme $\lambda(CH_3COO^-) \times [CH_3COO^-]$ reste constant (on néglige la dilution), les ions acétate ne sont plus formés car l'équivalence est dépassée, il n'y a plus de transformation chimique. En revanche, les termes $\lambda(Na^+) \times [Na^+]$ et $\lambda(HO^-) \times [HO^-]$ augmentent : on ne fait qu'ajouter des ions sodium Na^+ et hydroxyde HO^- . La conductivité de la solution augmente.

De plus, $\lambda(HO^-) > \lambda(CH_3COO^-)$: l'augmentation de la conductivité est plus importante après l'équivalence qu'avant l'équivalence. L'allure de la courbe est donnée ci-dessous :



Contrairement au titrage pH-métrique dans lequel le pH varie peu en fonction du volume versé avant l'équivalence, dans le cas d'un titrage conductimétrique il y a une variation (augmentation) notable de la conductivité que les élèves associent à la réaction chimique.

Q11b Si l'affranchissement de la dilution a été mentionné par bon nombre de candidats, peu d'entre eux ont proposé une justification rigoureuse. La conductivité corrigée permet de s'affranchir de la dilution due à l'ajout d'un volume V d'une solution titrante. En effet le volume total de la solution sera égal à $V_a + V$; lorsqu'on intresse aux concentrations, la quantité de matière est alors divisé par le volume total donc V intervient. La conductivité corrigée fait intervenir le facteur $\frac{V_a+V}{V_a}$ permettant de s'affranchir de la dilution. Le raisonnement se fait alors sur les quantités de matière au lieu de se faire sur les concentrations des espèces. Or l'évolution des quantités de matière des différentes espèces au cours du titrage en fonction du temps peut être représentée par des fonctions affines.

Q12a La question a été plutôt bien traitée, la signification des lignes de code a été comprise par la plupart des candidats. Vb est le volume d'hydroxyde de sodium versé, il est incrémenté de 1 mL. Pour chaque valeur de Vb , un nouvel élément qui lui est associé, est créé dans les listes de naf et nbf .

Ligne 21 : si $Cb \times Vb$ est inférieur à $Ca \times Va$

Ligne 22 : alors la quantité de matière de base finale est nulle

Ligne 23 : et $naf = \frac{Ca \times Va}{1000} - \frac{Cb \times Vb}{1000}$

Ligne 25 : si $Cb \times Vb$ n'est supérieure à $Ca \times Va$

Ligne 26 : alors $nbf = \frac{Cb \times Vb}{1000} - \frac{Ca \times Va}{1000}$

Ligne 27 : et la quantité de matière d'acide finale est nulle.

La condition $Cb \times Vb < Ca \times Va$ correspond à $nb < na$, l'acide acétique est le réactif en excès. L'équivalence n'est pas atteinte. L'acide acétique est consommé à chaque nouvel ajout de solution d'hydroxyde sodium. Les ions hydroxydes sont introduits en défaut leur quantité de matière reste donc nulle la transformation étant totale.

Q12b Les justifications proposées sont trop souvent partielles.

Quelques exemples de justifications :

- Quantité de matière finale d'acide éthanóïque naf avant l'équivalence (ligne 23) :

Attention Vb est en mL dans le programme, il faut diviser par 1000 pour le convertir en L d'où le terme $Vb/1000$

	$HO^- (aq) + CH_3COOH (aq) \rightarrow H_2O (l) + CH_3COO^- (aq)$	
EI	$Cb \times Vb / 1000$	$Ca \times Va / 1000$
en cours	$Cb \times Vb / 1000 - x$	$Ca \times Va / 1000 - x$
EF $xf = xmax$	0	$Ca \times Va / 1000 - Cb \times Vb / 1000$

Avant l'équivalence les ions hydroxydes sont le réactif limitant donc $xmax = Cb \times Vb / 1000$

Et comme la transformation est totale $xf = xmax$

- Quantité de matière finale d'ions hydroxydes *nbf* après l'équivalence (ligne 26) :

	$\text{HO}^- (\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COOH} (\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{l}) + \text{CH}_3\text{COO}^- (\text{aq})$	
EI	$Cb \times Vb / 1000$	$Ca \times Va / 1000$
en cours	$Cb \times Vb / 1000 - x$	$Ca \times Va / 1000 - x$
EF $xf = xmax$	$Cb \times Vb / 1000 - Ca \times Va / 1000$	0

Avant l'équivalence l'acide éthanóique est le réactif limitant alors $x_{max} = Ca \times Va / 1000$; et la transformation est totale, donc $xf = x_{max}$

Q13 La question a été plutôt bien traitée par la plupart des candidats.

Tout d'abord on déclare la liste qui va contenir les différentes valeurs des quantités de matière d'ion éthanóate :

```
18 npf=[]
```

Puis on insert le calcul de la quantité de matière d'ion éthanóate avant l'équivalence avec la ligne :

```
24 npf.append (Cb*Vb[i]/1000)
```

Et enfin on fait calculer la quantité de matière d'ion éthanóate après l'équivalence avec la ligne :

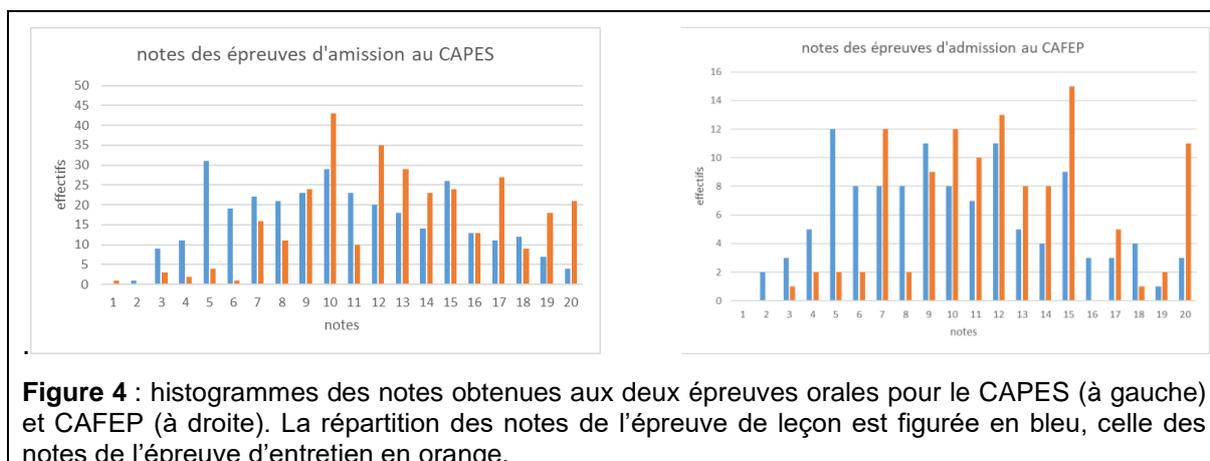
```
29 npf.append (Ca*Va/1000)
```

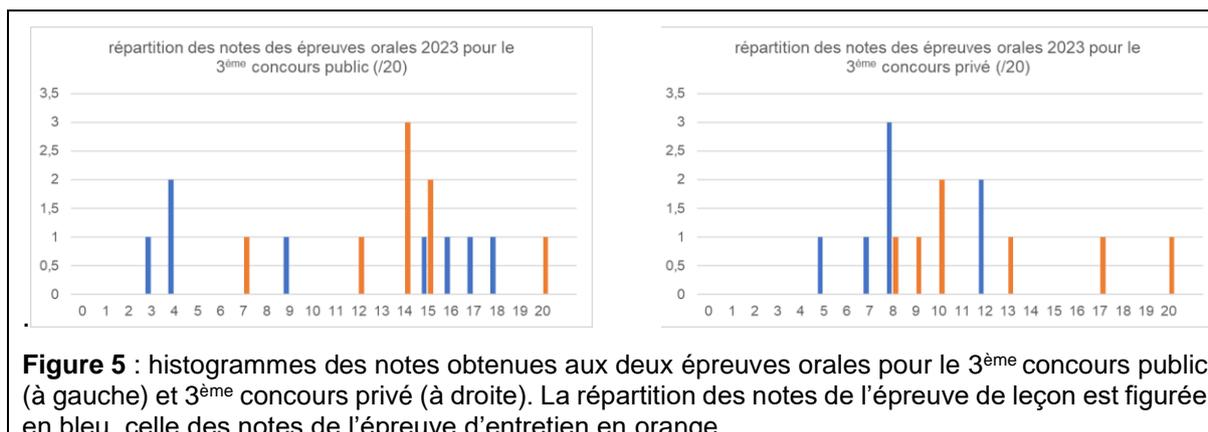
Q14 L'activité numérique a été rarement exploitée par les candidats. Une prise en compte des conceptions initiales des élèves abordées en **Q11a** aurait été appréciée par le jury.

5. Résultats et rapports des deux épreuves orales

5.1 Résultats des deux épreuves orales

Les résultats des épreuves d'admission sont reportés dans les figures 4 et 5 respectivement pour le CAPES et le CAFEP, et les 3^{èmes} concours ainsi que le tableau 5. Compte-tenu du faible nombre de candidats aux 3^{èmes} 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.





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 5 : résultats obtenus aux épreuves orales

	CAPES		CAFEP		3 ^{ème} concours public		3 ^{ème} concours privé	
	L ^b	E ^c	L ^b	E ^c	L ^b	E ^c	L ^b	E ^c
Note minimale (/20)	2	1	2	3	3	7	5	8
Note maximale (/20)	20	20	20	20	18	20	12	20
Moyenne^a (/20)	10,5	13,0	10,0	12,2	10,8	13,9	8,6	12,4
Écart-type	4,4	4,1	4,5	4,2	6,5	3,6	2,6	4,5

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

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

5.2.1. Conseils aux futurs candidats

Le jury conseille aux candidats de garder présent à l'esprit qu'enseigner au niveau du collège ou du lycée nécessite absolument une maîtrise des notions afférentes à un niveau supérieur. Il est également nécessaire de 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, le jury leur conseille 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 s'agit explicitement et précisément de relier 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. Le jury rappelle que 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 adaptées aux objectifs visés par le candidat lors de sa présentation.

La préparation d'un support visuel peut aider le candidat à structurer son exposé. Certaines présentations fluides et dynamiques, s'achevant par une conclusion proposant un retour sur la consigne du sujet ont été particulièrement remarquées et valorisées.

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 : il est attendu que les calculs soient 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 d'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. Les réponses argumentées, 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. 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 propose une exploitation pédagogique approfondie pour les classes de collège ou de lycée en se conformant à l'intitulé de la leçon. Les tâches dévolues aux élèves, les difficultés susceptibles d'être rencontrées et les apports théoriques attendus doivent être clairement explicités.

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.

5.2.3. 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 expérimental, 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 construire. Cette démarche 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 maîtrisé. 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 le 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 décorrelées 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.

5.2.4. 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.

5.2.5. 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 encore 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.

5.2.6 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. 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.

5.2.7. 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. Conseils aux futurs candidats

La fiche individuelle de renseignements n'est pas évaluée ; 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. Son format n'est pas proposé par le jury.

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.

5.3.2. 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 : il n'est pas possible de 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.

5.3.3. 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 pour s'assurer de l'avoir bien saisie avant de répondre permet de ne pas réaliser 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.

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 les notions d' « égalité » et d' « 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 extérieurs, 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 cependant 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 deux exemples de mise en situation professionnelles, l'une relevant d'une situation d'enseignement (« dans la classe »), et l'autre relevant de situations de vie scolaire (« hors la classe »).

5.3.4. Exemple de mises en situation professionnelles relevant d'une situation d'enseignement ou dans la classe

Exposé de la situation

« Vous êtes professeur de physique-chimie en classe de terminale en enseignement scientifique. Vous étudiez avec vos élèves les différentes sources d'énergie en France. Lors de la séance, un élève vous interpelle violemment en vous accusant de faire de la propagande pro-nucléaire. »

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

5.3.5. Exemple de mises en situation professionnelles relevant d'une situation de vie scolaire

Exposé de la situation

« Vous êtes professeur de physique-chimie dans un collège. Alors que des élèves circulent dans le couloir, vous voyez deux élèves lancer des boules de papier. Vous leur demandez d'arrêter : ils refusent en vous répondant textuellement que « ce n'est pas grave puisque des personnes sont payées pour nettoyer le couloir ».

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

6. À propos de la session 2024

Le programme des épreuves de la session 2024 est identique à celui de la session 2023 ; 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 2023.

7. Annexe

Les solutions proposées pour les deux parties de l'épreuve disciplinaire, tout d'abord la partie à dominante physique, puis à dominante chimie, **n'ont aucune visée normative.**

Q1. (a) Une onde progressive est un phénomène de propagation d'une perturbation avec transport d'énergie mais sans transport de matière.

(b) $s(x, t) = s_m \cos\left(2\pi f\left(t - \frac{x}{c}\right) + \varphi\right)$.

Q2. (a) L'effet Doppler(-Fizeau).

(b) Si l'émetteur (E) émet un état de vibration de l'onde à l'instant $t_{E1} = 0$ quand la zone de précipitation (P) est à la distance d , l'état de vibration arrive en (P) à l'instant t_{P1} quand la zone de précipitation (P) est à la distance $d - vt_{P1}$. La relation entre le temps de vol de l'onde et la distance parcourue par la zone de précipitation est $ct_{P1} = d - vt_{P1}$ d'où $t_{P1} = \frac{d}{v+c}$.

L'émetteur émet ensuite le même état de vibration à l'instant $t_{E2} = t_{E1} + T_e = \frac{1}{f_e}$ quand (P) est à la distance $d - vT_e$ et cet état arrive en (P) en t_{P2} quand (P) est à la distance $d - vt_{P2}$. La relation entre le temps de vol et la distance parcourue est $c(t_{P2} - T_e) = d - vt_{P2}$ d'où $t_{P2} = \frac{d}{v+c} + \frac{c}{v+c}T_e$.

La période de l'onde électromagnétique émise par (E) mesurée dans le référentiel lié à (P) est $T'_e = t_{P2} - t_{P1} = \frac{c}{v+c}T_e$ et sa fréquence est $f'_e = \frac{1}{T'_e} = \frac{v+c}{c} \frac{1}{T_e}$ donc $f'_e = \left(1 + \frac{v}{c}\right) f_e$.

(c) Avec des raisonnements similaires à ceux de la question précédente mais en tenant compte des sens de déplacement maintenant identiques de l'onde et de la zone de précipitation dans la phase de retour, on trouve $T_r = \frac{c-v}{c}T'_e$ d'où $f_r = \frac{c}{c-v}f'_e = \frac{c+v}{c-v}f_e$.

(d) On a donc $\Delta f = f_r - f_e = f_e \frac{c+v}{c-v} - f_e = f_e \frac{2v}{c-v} = 2f_e \frac{v}{c} \frac{1}{1-\frac{v}{c}} \approx 2f_e \frac{v}{c} \left(1 + \frac{v}{c}\right) \approx 2f_e \frac{v}{c}$.

Q3. (a) Si on note $s_m \cos(2\pi f_e t)$ le signal électrique qui alimente l'émetteur et $s'_m \cos(2\pi f_r t + \varphi)$ le signal généré par la réception, on a en sortie du multiplieur un signal :

$s(t) = s_m \cos(2\pi f_e t) \times s'_m \cos(2\pi f_r t + \varphi)$ qui peut se réécrire :

$s(t) = \frac{1}{2} s_m s'_m (\cos(2\pi(f_e + f_r)t + \varphi) + \cos(2\pi(f_r - f_e)t + \varphi))$.

On peut mettre en œuvre un filtrage passe-bas pour isoler le terme spectral souhaité car $f_e + f_r \approx 2f_e \gg f_r - f_e \approx 2f_e \frac{v}{c}$.

(b) On lit sur la courbe $3T = 0,008 \text{ s}$ d'où $\Delta f = \frac{1}{T} = 375 \text{ Hz}$.

Or on a $v = \frac{c\Delta f}{2f_e}$ et $\frac{c}{f_e} = \lambda$ d'où $v = \frac{\lambda\Delta f}{2}$. A.N. : $v = 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

On obtient bien une vitesse $v \ll c$ qui respecte l'hypothèse de travail.

Q4. (a) Pour un aller-retour, $\Delta t = \frac{2d}{c}$. Il n'y a pas d'ambiguïté si la durée de l'aller-retour reste inférieure à la durée entre l'émission de deux impulsions consécutives, c'est-à-dire $\Delta t = \frac{2d}{c} \leq T_{RI}$. On en déduit que $d_{max} = \frac{cT_{RI}}{2}$.

(b) Il faut respecter le critère de Nyquist-Shannon : $f_{RI} \geq 2f_s$.

Le signal échantillonné ayant une fréquence $f_s = \Delta f = 2\frac{v}{c}f_e$, on en déduit $\frac{1}{T_{RI}} \geq 4\frac{v}{c}f_e$ d'où

$v_{max} = \frac{c}{4f_e T_{RI}}$.

(c) D'après les deux questions précédentes $\frac{2d}{c} \leq T_{RI} \leq \frac{c}{4f_e v} = \frac{\lambda}{4v}$.

(d) On a $T_{RI} = 2\frac{d_{max}}{c}$ et $T_{RI} = \frac{\lambda}{4v_{max}}$. On en déduit que $d_{max} = \frac{\lambda c}{8v_{max}} = 80 \times 10^3 \text{ m} = 80 \text{ km}$.

Q5. (a) — volume propre occupé par les entités négligeable devant le volume du gaz.
— interactions entre entités négligées (sauf lors des chocs).

$$- \boxed{pV = nRT}.$$

(b) Masse volumique. $\rho_{He} = \frac{m_{He,sol}}{V_0} = \frac{n_{He,sol} M_{He}}{V_0} = \frac{M_{He} p_0}{RT_0}$.

Masse. $m_{He,sol} = \rho_{He} V_0 = \frac{M_{He} p_0}{RT_0} V_0$

A.N. : $m_{He,sol} = 16,6 \text{ kg}$.

Q6. (a) C'est la résultante des forces de pression exercées par le fluide sur le corps immergé.

(b) La poussée d'Archimède au sol est $\vec{\Pi} = -m_{air}^* \vec{g}$ où m_{air}^* est la masse d'air déplacée par le système au sol. Ici : $m_{air}^* = \rho_{air} V_0$. D'où, en prenant $\vec{g} = -g\vec{u}_z$:

$$\vec{\Pi} = \rho_{air} V_0 g \vec{u}_z = \frac{M_{air} p_0}{RT} V_0 g \vec{u}_z.$$

(c) Pour que le ballon décolle il faut que la résultante du poids et de la poussée d'Archimède soit orientée vers le haut. On a $\vec{P} + \vec{\Pi} = (m_{He} + m' - m_{air}^*) \vec{g}$. En projection sur \vec{u}_z , on

cherche : $(\vec{P} + \vec{\Pi}) \cdot \vec{u}_z > 0$ soit $m' < m_{air}^* - m_{He} = \frac{(M_{air} - M_{He}) p_0}{RT_0} V_0$.

A.N. : $m' < 103,7 \text{ kg} = 104 \text{ kg}$ (pour $M_{air} = 29 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$).

Q7. (a) À une altitude z , on a $(\vec{P} + \vec{\Pi}) \cdot \vec{u}_z = \left(\frac{(M_{air} - M_{He}) p(z)}{RT(z)} V_0 - m' \right) g$. La force ascensionnelle s'annule donc pour z^* tel que $\frac{(M_{air} - M_{He}) p(z^*)}{RT(z^*)} V_0 - m' = 0$ ou encore $\frac{p(z^*)}{T(z^*)} = \frac{m' R}{V_0 (M_{air} - M_{He})}$.

(b) En prenant l'air dans une composition modèle de 80 % de diazote et 20 % de dioxygène, on a $M_{air} = 28,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

On calcule $\frac{m' R}{V_0 (M_{air} - M_{He})} = 33,5 \text{ Pa} \cdot \text{K}^{-1}$.

On convertit $33,5 \text{ Pa} \cdot \text{K}^{-1} = 33,5 \times 10^{-5} \text{ bar} \cdot \text{K}^{-1} = 0,000 335 \text{ bar} \cdot \text{K}^{-1}$.

On lit sur la courbe $\frac{p}{T} = 33,5 \times 10^{-5} \text{ bar} \cdot \text{K}^{-1}$ pour $z > 12 \text{ km}$ ce qui est suffisant pour obtenir un profil complet de la troposphère.

(c) Les frottements. Pertes progressives d'hélium.

Q8. Particule de fluide de volume mésoscopique $d\tau = dx dy dz$ centrée autour d'un point $M(x, y, z)$.

Pour la face perpendiculaire à (Oz) , située à la cote $z + \frac{dz}{2}$ et de surface $dx dy$, la force de pression subie est $-p(x, y, z + \frac{dz}{2}) dx dy \vec{u}_z$.

Pour la face perpendiculaire à (Oz) , située à la cote $z - \frac{dz}{2}$ et de surface $dx dy$, la force de pression subie est $p(x, y, z - \frac{dz}{2}) dx dy \vec{u}_z$.

Pour ce couple de faces perpendiculaires à (Oz) , on a une résultante :

$$- \left(p(x, y, z + \frac{dz}{2}) - p(x, y, z - \frac{dz}{2}, x, y) \right) dx dy \vec{u}_z = - \left(\frac{\partial p}{\partial z} \right)_{x,y} dx dy dz \vec{u}_z = - \left(\frac{\partial p}{\partial z} \right)_{x,y} d\tau \vec{u}_z$$

Pour les couples de faces perpendiculaires à (Oy) , respectivement (Ox) , on a une résultante :

$$- \left(\frac{\partial p}{\partial y} \right)_{x,z} d\tau \vec{u}_y, \text{ respectivement } - \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right)_{x,y} d\tau \vec{u}_x$$

Expression du poids élémentaire : $d\vec{P} = \rho d\tau \vec{g}$.

Au repos dans le référentiel d'étude la seconde loi, de Newton appliquée à la particule de fluide donne :

$$\vec{0} = - \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right)_{y,z} d\tau \vec{u}_x - \left(\frac{\partial p}{\partial y} \right)_{x,z} d\tau \vec{u}_y - \left(\frac{\partial p}{\partial z} \right)_{x,y} d\tau \vec{u}_z + \rho d\tau \vec{g}$$

On simplifie par $d\tau$, on obtient bien $\left(\frac{\partial p}{\partial x} \right)_{y,z} \vec{u}_x + \left(\frac{\partial p}{\partial y} \right)_{x,z} \vec{u}_y + \left(\frac{\partial p}{\partial z} \right)_{x,y} \vec{u}_z = \rho \vec{g}$.

Q9. En projection sur les axes, le principe fondamental de la statique des fluides donne $\left(\frac{\partial p}{\partial x} \right)_{y,z} = 0$,

$$\left(\frac{\partial p}{\partial y} \right)_{x,z} = 0 \text{ et donc } \left(\frac{\partial p}{\partial z} \right)_{x,y} = \frac{dp}{dz} = -\rho(z)g.$$

On en déduit, pour une atmosphère isotherme à T_0 : $\forall z, \frac{dp}{dz} = -\rho_{air}(z)g = -\frac{M_{air}p(z)}{RT_0}g$ puis $\frac{dp}{p} = -\frac{M_{air}g}{RT_0}dz$.

On intègre $\int_{p_0}^{p(z)} \frac{dp}{p} = \int_0^z -\frac{M_{air}g}{RT_0} dz$ d'où $\forall z \geq 0, p(z) = p_0 e^{-\frac{M_{air}gz}{RT_0}}$

Q10. Pour une Terre à répartition de masse sphérique, on a, à une altitude z , une intensité du champ gravitationnel qui s'exprime $\|\vec{G}\| = \frac{GM_T}{(R_T+z)^2}$. Entre le sol ($z = 0$) et une altitude $z = h$, la variation relative de ce champ est $\frac{\Delta\|\vec{G}\|}{\|\vec{G}\|} = 1 - \frac{R_T^2}{(R_T+h)^2}$.

Si on néglige les effets des forces d'inertie dues à la rotation de la Terre, on a $\|\vec{G}\| \approx g$ et

$$\frac{\Delta g}{g} \approx 1 - \frac{R_T^2}{(R_T+h)^2} \approx \frac{2h}{R_T}.$$

Pour $h = 12 \text{ km}$, on trouve $\frac{\Delta g}{g} = 3,8 \times 10^{-3} = 0,38 \%$. Cette variation relative ne semble pas en mesure d'expliquer l'écart tendanciel observé sur la courbe.

Q11. (a) On intègre l'expression proposée et on trouve $\forall z \geq 0, T(z) = T_0 - az$.

(b) — Pour une atmosphère anisotherme $\frac{dp}{dz} = -\rho(z)g = -\frac{M_{air}p(z)}{RT(z)}g$ puis $\frac{dp}{p} = -\frac{M_{air}g}{RT(z)}dz$. On en déduit $\frac{dp}{p} = -\frac{M_{air}g}{R(T_0 - az)}dz$.

— On intègre : $\int_{p_0}^{p(z)} \frac{dp}{p} = \int_0^z -\frac{M_{air}g dz}{R(T_0 - az)} = \frac{M_{air}g}{Ra} \int_0^z \frac{-\frac{dz}{T_0}}{1 - \frac{az}{T_0}}$ d'où

$$\ln\left(\frac{p(z)}{p_0}\right) = \frac{M_{air}g}{Ra} \ln\left(1 - \frac{az}{T_0}\right) = \ln\left(1 - \frac{az}{T_0}\right)^{\frac{M_{air}g}{Ra}}$$

et

$$\forall z \geq 0, p(z) = p_0 \left(1 - \frac{az}{T_0}\right)^{\frac{M_{air}g}{Ra}}$$

— On identifie $\alpha = \frac{a}{T_0}$ et $\beta = \frac{M_{air}g}{Ra}$.

(c) $a = \alpha T_0 = 0,006 \text{ K}\cdot\text{m}^{-1}$ ou $a = \frac{M_{air}g}{R\beta} = 0,006 \text{ K}\cdot\text{m}^{-1}$ ou $a = \sqrt{\frac{M_{air}gT_0}{R} \frac{\alpha}{\beta}} = 0,006 \text{ K}\cdot\text{m}^{-1}$.
 a est le gradient de température, c'est-à-dire le taux de variation de la température en fonction de l'altitude. La valeur de a trouvée correspond à une variation de 1°C tous les $1,6 \times 10^2 \text{ m}$ environ.

(d) Pour $z \ll \frac{RT_0}{M_{air}g}$, on a $p(z) = p_0 \left(1 - \frac{az}{T_0}\right)^{\frac{M_{air}g}{Ra}} \approx p_0 \left(1 - \frac{M_{air}g}{Ra} \frac{az}{T_0}\right) = p_0 \left(1 - \frac{M_{air}g}{RT_0} z\right)$.

Pour $z \ll \frac{RT_0}{M_{air}g}$, on a $p(z) = p_0 e^{-\frac{M_{air}gz}{RT_0}} \approx p_0 \left(1 - \frac{M_{air}g}{RT_0} z\right)$.

Les évolutions prévues par les deux modèles sont donc bien identiques au premier ordre à basse altitude.

Q12. (a) Pour un modèle de probabilité uniforme dans un intervalle de largeur 4 hPa , on a une incertitude-type $u(p) = \frac{4 \text{ hPa}}{2\sqrt{3}} = \frac{2 \text{ hPa}}{\sqrt{3}} = 1,15 \text{ hPa} = 115 \text{ Pa}$.

(b) On retient comme critère de compatibilité entre le modèle et les mesures des écarts inférieurs à deux incertitudes-types.

Sur la courbe tous les écarts sont inférieurs à $2u(p) = 230 \text{ Pa}$. Le modèle proposé est donc compatible avec les mesures.

- Q13.** (a) Dans le référentiel géocentrique supposé galiléen, il s'agit d'un mouvement à force centrale de centre le centre de la Terre (T) donc le mouvement est à moment cinétique évalué en (T) stationnaire.

La trajectoire est donc plane et le plan de la trajectoire est perpendiculaire au moment cinétique et contient le centre de force, donc le centre de la Terre.

Le satellite étant géostationnaire, il est, dans le référentiel géocentrique, toujours à la verticale et à la même distance d'un point donné du globe terrestre et a donc une trajectoire circulaire dont le plan est perpendiculaire à l'axe de rotation de la Terre.

Le seul plan perpendiculaire à l'axe de rotation de la Terre et contenant le centre de la Terre est le plan équatorial.

- (b) Pour une trajectoire circulaire, décrite en coordonnées polaires dans le référentiel géocentrique (\mathcal{R}_g), on a $\vec{T}\dot{S} = r\vec{u}_r$, $\vec{v}_{S/\mathcal{R}_g} = r\dot{\theta}\vec{u}_\theta$ et $\vec{a}_{S/\mathcal{R}_g} = -\frac{\|\vec{v}_{S/\mathcal{R}_g}\|^2}{r}\vec{u}_r + r\ddot{\theta}\vec{u}_\theta$

On applique la seconde loi de Newton au satellite, supposé ponctuel en S et de masse m : $m\vec{a}_{S/\mathcal{R}_g} = \vec{F}_{T \rightarrow S}$ soit $m(-\frac{\|\vec{v}_{S/\mathcal{R}_g}\|^2}{r}\vec{u}_r + R_T\ddot{\theta}\vec{u}_\theta) = -\frac{GM_T m}{r^2}\vec{u}_r$.

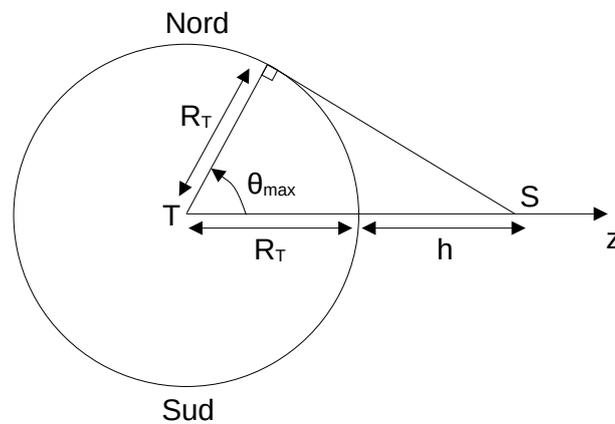
En projection sur la base polaire, on trouve $\|\vec{v}_{S/\mathcal{R}_g}\| = \sqrt{\frac{GM_T}{r}}$ et $\ddot{\theta} = 0$.

D'autre part, le satellite étant géostationnaire, il a dans le référentiel géocentrique une vitesse angulaire de rotation $\dot{\theta}$ égale à celle de la Terre $\Omega_T = \frac{2\pi}{T_T}$ (où $T_T = 1$ jour) et $\|\vec{v}_{S/\mathcal{R}_g}\| = r\Omega_T = \frac{2\pi r}{T_T}$.

Finalement, $r = \sqrt[3]{\frac{GM_T T_T^2}{4\pi^2}} = 42,2 \times 10^6 \text{ m} = 42,2 \times 10^3 \text{ km}$.

L'altitude h du satellite géostationnaire est donc $h = r - R_T = 35,6 \times 10^6 \text{ m} = 35,6 \times 10^3 \text{ km}$.

- Q14.** (a) Schéma :



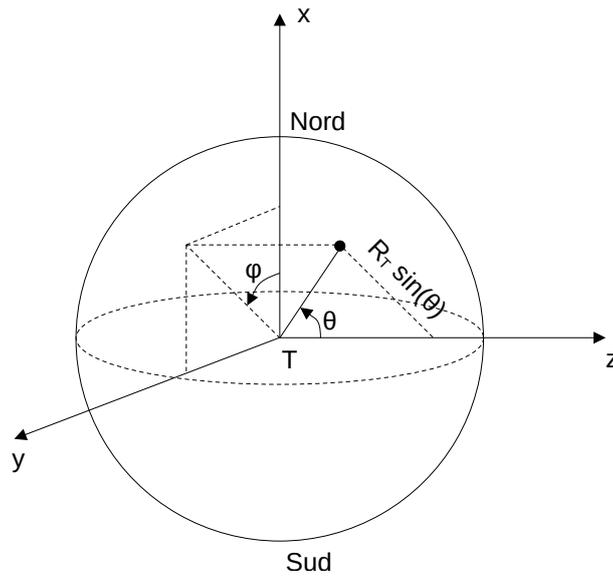
En notant θ la latitude, $\cos(\theta_{max}) = \frac{R_T}{R_T+h}$ et $\theta_{max} = \arccos\left(\frac{R_T}{R_T+h}\right)$.

A.N. : $\theta_{max} = 81,32^\circ$.

- (b) Il n'est pas possible d'observer les pôles qui sont à la latitude 90° .

Il est possible d'observer des régions situées au-delà du cercle polaire car : $\theta_{max} > 90^\circ - 23,5^\circ = 66,5^\circ$.

(c)



En coordonnées sphériques (r, θ, φ) l'élément de surface à la distance $r = R_T$, s'exprime : $d^2S = R_T^2 \sin(\theta) d\theta d\varphi$.

On intègre : $S_{\text{visible}} = R_T^2 \int_0^{\theta_{\text{max}}} \sin(\theta) d\theta \int_0^{2\pi} d\varphi = 2\pi R_T^2 (1 - \cos(\theta_{\text{max}}))$.

La surface de la Terre est $4\pi R_T^2$. On en déduit que $\%S = \frac{S_{\text{visible}}}{4\pi R_T^2} = \frac{1}{2}(1 - \cos(\theta_{\text{max}}))$.

Compte tenu de $\cos(\theta_{\text{max}}) = \frac{R_T}{R_T+h}$, on trouve bien $\%S = \frac{1}{2} \frac{h}{R_T+h}$.

A.N. : $\%S = 0,42 = 42\%$.

Q15. Le point est à une distance $R_T \cos(\theta)$ de l'axe de rotation. En notant T_T la période de révolution de la Terre autour de son axe (1 jour), il a une vitesse angulaire de rotation $\Omega_T = \frac{2\pi}{T_T}$. Pendant la période de révolution T du satellite, il parcourt la longueur $L = R_T \cos(\theta) \frac{2\pi}{T_T} T$.

Q16. Une latitude moyenne correspond à 45° . On a alors $L = 2,01 \times 10^6 \text{ m} = 2,01 \times 10^3 \text{ km}$. La largeur de zone observée par le satellite étant de 2800 km, un point à une latitude moyenne est dans la zone observée en phase montante pas plus de deux fois par jour.

Q17. En notant $\varepsilon_{\text{capteur}}$ la longueur d'un côté du pixel sur le capteur, N_ℓ et N_L les nombres de pixels dans le petit côté (longueur ℓ) et dans le grand côté du capteur (longueur L) et \mathcal{F} le facteur de forme, on a :

$$\mathcal{F} = \frac{\ell}{L} = \frac{N_\ell}{N_L}$$

$$\text{Diagonale : } d = \sqrt{\ell^2 + L^2} = \sqrt{(N_\ell \varepsilon_{\text{capteur}})^2 + (N_L \varepsilon_{\text{capteur}})^2} = \sqrt{\mathcal{F}^2 + 1} N_L \varepsilon_{\text{capteur}}$$

$$\text{Nombres de pixel : } N = N_\ell N_L = \mathcal{F} N_L^2 = \frac{N_\ell^2}{\mathcal{F}^2} \text{ d'où } N_\ell = \sqrt{N \mathcal{F}} \text{ et } N_L = \sqrt{\frac{N}{\mathcal{F}}}$$

$$\text{Taille d'un pixel : } \varepsilon_{\text{capteur}} = \frac{d}{\sqrt{\mathcal{F}^2 + 1} \sqrt{\frac{N}{\mathcal{F}}}} = 3,2 \mu\text{m}.$$

Relation de conjugaison. Soit A un point du sol et A' un point du capteur. On a $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$.

$$\text{Grandissement. } \gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{f'}{OA + f'}$$

Avec h l'altitude du satellite, $\gamma = \frac{f'}{-h+f'}$ et en utilisant $h \gg f'$, $\gamma \approx \frac{f'}{-h} = -7,32 \times 10^{-7}$.

La résolution r est la taille transversale d'un objet au sol dont la taille transversale de l'image sur le capteur est $\varepsilon_{\text{capteur}}$. On en déduit donc que $\frac{f'}{h} \approx |\gamma| = \frac{\varepsilon_{\text{capteur}}}{r}$.

Finalement, la résolution est $r = \left| \frac{\varepsilon_{\text{capteur}}}{\gamma} \right| \approx \frac{h}{f'} \frac{d}{\sqrt{\mathcal{F}^2 + 1} \sqrt{\frac{N}{\mathcal{F}}}} = 4,36 \text{ m}$.

Q18. Phénomène d'étalement angulaire d'une onde lorsque son étendue est limitée par un obstacle.

Q19. (a) Figure d'Airy constituée de taches à symétrie circulaire, concentriques, centrées sur la position de l'image géométrique ($X_i = 0$). La tache centrale est d'intensité maximale importante. Les périphériques sont d'intensités maximales beaucoup plus faibles et décroissantes quand on s'éloigne de la position de l'image géométrique. La tache centrale est deux fois plus large que les taches périphériques.

(b) En notant α l'angle par rapport à l'axe optique, l'ordre de grandeur de l'étalement angulaire est, pour λ faible devant D : $\Delta\alpha \sim \frac{\lambda}{D}$.

Dans le plan focal de la lentille, on a $X_i \sim f'\alpha$ d'où en ordre de grandeur $\Delta X_i \sim \frac{\lambda f'}{D}$.

Remarque : pour une ouverture circulaire, on a $\Delta X_i \approx 2,44 \frac{\lambda f'}{D}$.

Q20. (a) En tenant compte de $NO = \frac{f'}{D}$ et en supposant que l'objet (le sol) est à l'infini, on peut réutiliser les résultats précédents. $\Delta X_i \sim \lambda NO$ (ou $\Delta X_i \approx 2,44 \lambda NO$).

Si les images de deux points au sol sont séparées sur le capteur d'une distance inférieure à la demi-largeur de la tache centrale de diffraction alors on ne peut pas séparer les images (critère de Rayleigh), c'est-à-dire si $\lambda NO > \varepsilon_{\text{capteur}}$, c'est la diffraction qui limite la résolution quelle que soit la taille des pixels du capteur et diminuer la taille du pixel n'est pas pertinent. Sinon ($\lambda NO < \varepsilon_{\text{capteur}}$), il peut être pertinent de diminuer la taille du pixel (jusqu'à la limite précédente).

Exemples :

— Pour $\lambda = 350 \text{ nm}$, $\lambda NO = 1,96 \times 10^{-6} \text{ nm}$ (ou $2,39 \times 10^{-6} \text{ nm}$). C'est inférieur à la taille d'un pixel, il peut donc être pertinent de réduire la taille d'un pixel du capteur.

— Pour $\lambda = 790 \text{ nm}$, $\lambda NO = 4,42 \times 10^{-6} \text{ nm}$ (ou $5,40 \times 10^{-6} \text{ nm}$). C'est supérieur à la taille d'un pixel, il n'est donc pas pertinent de réduire la taille d'un pixel du capteur.

(b) $r \approx \left| \frac{\varepsilon_{\text{capteur}}}{\gamma} \right| \approx \frac{h}{f'} \frac{d}{\sqrt{\mathcal{F}^2 + 1} \sqrt{\frac{N}{\mathcal{F}}}}$, on peut donc augmenter la focale f' (mais cela augmente aussi l'effet de la diffraction) ou diminuer l'altitude du satellite (problème pour la stabilité de l'orbite). Augmenter le diamètre de l'ouverture ou limiter les grandes longueurs d'onde permet de limiter l'effet de la diffraction.

1 Les oxydes d'azote

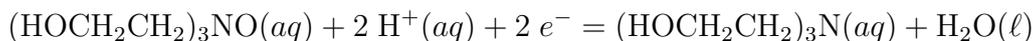
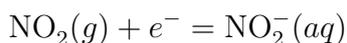
1.1 Titrage à l'aide de tube échantillonneur

Q1- H : $1s^1$; N : $1s^2 2s^2 2p^3$; O : $1s^2 2s^2 2p^4$

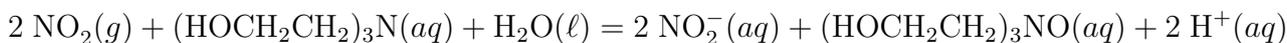


Q2- Ce sont deux entités polaires pouvant former des liaisons hydrogènes donc les espèces sont miscibles.

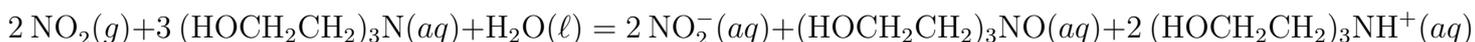
Q3- Les demi-équations électronique sont :



On obtient l'équation de réaction suivante.

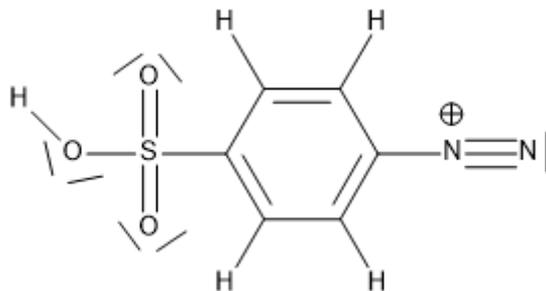


En tenant compte de la basicité de l'amine :

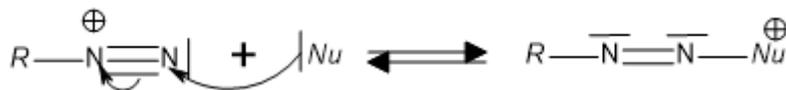


Q4- La concentration en colorant azoïque peut être déterminée par une mesure d'absorbance (titrage par étalonnage). Si les transformations modélisées sont totales et que l'acide nitreux est le réactif limitant, la quantité de colorant azoïque formé est égale à celle introduite en ions nitrite. On peut ainsi déterminer la concentration initiale en ion nitrite.

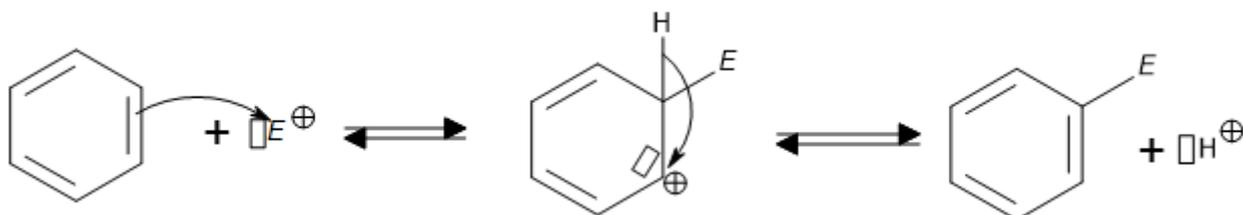
Q5-



Pour justifier son caractère électrophile, on envisage sa réaction avec un nucléophile.

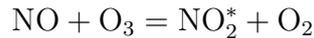


Q6- Une flèche courbe schématise le déplacement d'un doublet électronique.



1.2 Dosage par chimiluminescence

Q7-



Q8- Considérons 1 m³ d'air. La quantité de matière de dioxyde d'azote pour ce seuil est

$$n_{\text{NO}_2} = \frac{m_{\text{NO}_2}}{M_{\text{NO}_2}}$$

$$n_{\text{NO}_2} \approx 8,7 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

Calculons la quantité de matière totale dans le gaz considéré comme parfait. On considère une pression de 1 bar et une température de 298 K.

$$n_{\text{gaz}} = \frac{pV}{RT}$$

$$n_{\text{gaz}} \approx 40 \text{ mol}$$

On obtient donc pour ce seuil

$$\frac{n_{\text{NO}_2}}{n_{\text{gaz}}} \approx 2 \times 10^{-8}$$

Le seuil correspond à environ 20 ppb donc d'après la courbe fournie, on est au-dessus de la limite de détection (environ 3 ppb).

On peut imaginer que la technique a été améliorée depuis et que cette limite de détection est désormais plus faible.

Q9- On calcule l'écart normalisé à l'aide de la formule fournie :

$$z \approx 0,83$$

Cet écart est inférieur à 2 donc les deux mesures sont compatibles.

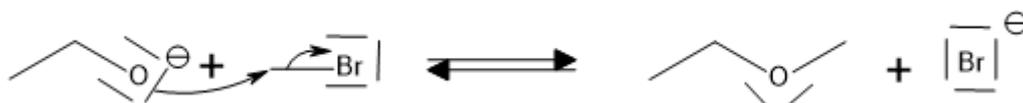
2 Les composés organiques volatils

2.1 Synthèse de l'ETBE

Q10- La fonction chimique créée est la fonction étheroxyde.

Q11- Pour une synthèse de Williamson d'un étheroxyde, on envisage un mécanisme de substitution nucléophile.

Le bromométhane est un dérivé primaire donc on privilégie un mécanisme de type S_N2 car l'ion carbénium formé ne serait pas assez stable.



Q12- Pour un halogénoalcane tertiaire, les substitutions nucléophiles sont plus difficiles (problème d'encombrement). Comme l'ion éthanolate est une base assez forte, il sera possible d'observer une élimination formant du méthylpropène. On n'obtiendra donc pas un bon rendement de synthèse de l'ETBE de cette manière.

Q13- Pour contourner ce problème, il faut envisager une synthèse de Williamson en prenant un halogénoalcane moins substitué. On propose donc de faire réagir le bromoéthane avec l'ion 2-méthylpropan-2-olate.

2.2 Méthode de la cinétique relative

Q14- Pour un acte élémentaire, la loi de van't Hoff permet d'écrire :

$$v = k_A \times [A] \times [\text{HO}\bullet]$$

Par ailleurs,

$$v = -\frac{d[A]}{dt}$$

Donc

$$\frac{d \ln([A])}{dt} = \frac{1}{[A]} \times \frac{d[A]}{dt} = -k_A \times [\text{HO}\bullet]$$

Q15- De la même façon que précédemment, on obtient

$$\frac{d \ln([Ref])}{dt} = -k_{ref} \times [\text{HO}\bullet]$$

On en déduit :

$$\frac{d \ln([A])}{dt} = \frac{k_A}{k_{ref}} \times \frac{d \ln([Ref])}{dt}$$

Après intégration, on obtient

$$\ln \left(\frac{[A]_0}{[A]} \right) = \frac{k_A}{k_{ref}} \times \ln \left(\frac{[Ref]_0}{[Ref]} \right)$$

2.3 Application à l'étude de l'ETBE

Q16- On estime la pente de la droite $a \approx 1,75$.

On peut donc proposer $k_{\text{ETBE}} = 9,8 \times 10^{-12} \text{ cm}^3 \cdot \text{molecule}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

Q17-

$$\tau = \frac{[\text{ETBE}]}{-\frac{d[\text{ETBE}]}{dt}} = \frac{1}{k_A \times [\text{HO}\bullet]}$$
$$\tau \approx 10^5 \text{ s}$$

La durée de vie de l'ETBE est assez courte mais il faut regarder les produits formés lors de sa dégradation. Dans la liste de produits de dégradations, on trouve notamment le méthanal, produit très toxique et de durée de vie assez importante.

3 Le dioxyde de soufre

3.1 Synthèse du trioxyde de soufre

Q18- Ligne 18 :

`return ((nSO3_0+x)*math.sqrt(ntot_0-1/2*x)/((nSO2_0-x)*math.sqrt(nO2_0-0.5*x))`

On peut ajouter le terme `*math.sqrt(1/P)` qui permet de tenir compte de la pression mais ce n'était pas exigé.

Ligne 26 :

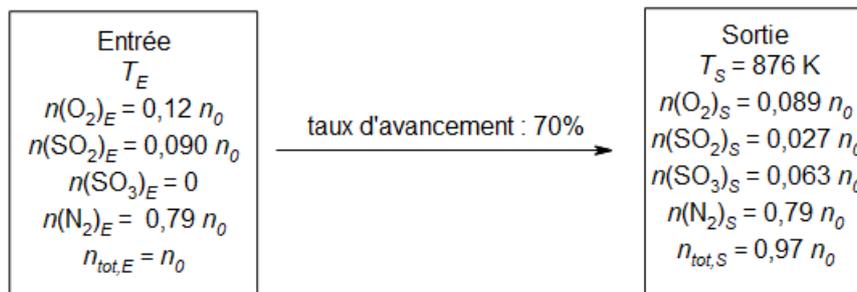
`ximax = min(nSO2_0,2*nO2_0)`

Q19- Ici le quotient réactionnel initial est plus petit que la constante d'équilibre donc on élimine les figures 3 et 4.

Comme il s'agit d'une transformation en phase gazeuse, l'état final sera un état d'équilibre tel que $Q_r = K^\circ$ donc on choisit la courbe 2.

Q20- On détermine facilement $n(\text{N}_2)_E = 0,79 n_0$.

On identifie le dioxyde de soufre comme réactif limitant. Un taux d'avancement de 70% correspond donc à $\xi \approx 0,063 n_0$.



Q21- La transformation est adiabatique et monobare entre deux états d'équilibre mécanique donc $\Delta H = 0$.

On imagine un état intermédiaire I de température T_S mais de composition égale à celle de l'entrée (il est préférable ici d'imaginer d'abord l'élévation de température et ensuite la transformation chimique car cela permet d'utiliser l'enthalpie standard de réaction à la température où elle est donnée).

Pour la transformation entre l'état d'entrée et l'état intermédiaire : variation de température isobare pour un système de composition fixe.

$$\Delta_{E \rightarrow I} H = C_p \times (T_S - T_E)$$

$$C_p = n_0 \times (0,12 C_{p,m}^\circ(\text{O}_2(g)) + 0,090 C_{p,m}^\circ(\text{SO}_2(g)) + 0,79 C_{p,m}^\circ(\text{N}_2(g)))$$

Pour la transformation entre l'état intermédiaire et l'état de sortie : transformation chimique isotherme et isobare.

$$\Delta_{I \rightarrow S} H = \Delta_r H^\circ \times \xi$$

L'enthalpie est une fonction d'état donc $\Delta H = \Delta_{E \rightarrow I} H + \Delta_{I \rightarrow S} H$.

On en déduit :

$$T_E = T_S + \frac{\Delta_r H^\circ \times \xi}{C_p}$$

$$T_E \approx 700 \text{ K}$$

Remarque : avec un cycle avec d'abord la transformation chimique puis le changement de température et en considérant que $\Delta_r H^\circ$ est indépendant de la température, on obtient $T_E \approx 698 \text{ K}$.

Q22- La quantité de matière gazeuse diminue au cours de la synthèse donc cette transformation est favorisée à haute pression. Les réacteurs industriels correspondant fonctionnent cependant à des pressions proches de la pression atmosphérique. On peut supposer que des problèmes de coûts et de sécurité des réacteurs interviennent.

La transformation étant exothermique, elle est défavorisée à haute température. Cependant pour des raisons cinétiques un chauffage est nécessaire. On va alors utiliser plusieurs lits catalytiques avec un refroidissement entre chaque réacteur pour que la température finale ne soit pas trop élevée et que le rendement soit satisfaisant.

Pour ne pas trop chauffer, on utilise un catalyseur permettant d'augmenter la vitesse de réaction.

3.2 Dosage par fluorescence

Q23- De manière rapide, on constate que la moyenne horaire de 120 ppb correspond à une intensité de fluorescence proche de 12. On en conclut que la moyenne horaire maximale autorisée n'est pas atteinte au cours de cette journée.

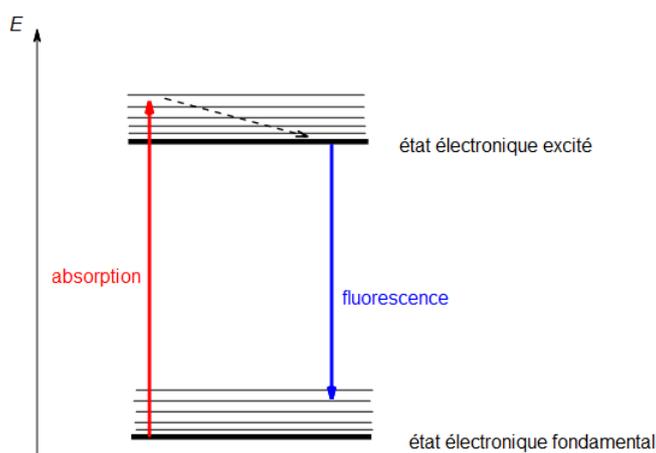
Il faut cependant calculer la moyenne journalière. Comme il y a un intervalle plus grand que les autres (20 h \rightarrow 4 h), il faut pondérer les valeurs ou estimer une intensité associée à minuit.

On obtient une intensité moyenne sur la journée égale à 6,3 soit une concentration de SO_2 supérieure à 60 ppb.

Remarque : une moyenne non pondérée donne une intensité de 6,4 ce qui ne change pas la conclusion.

Cette valeur étant supérieure à la moyenne journalière autorisée, il est nécessaire d'alerter la population d'un pic de pollution pour cette journée.

Q24- La fluorescence correspond à l'émission d'une onde électromagnétique par un matériau sous l'effet d'une irradiation. Par absorption d'une onde électromagnétique, une entité passe d'un état électronique fondamental à un état électronique excité. Celui-ci se désexcite vers l'état fondamental par émission d'une onde électromagnétique d'énergie plus faible que l'onde incidente.



Remarque : la phosphorescence correspond à un phénomène similaire mais l'état excité initialement formé (de même spin que l'état fondamental) subit d'abord une conversion vers un autre état excité de spin différent qui se désexcite vers l'état fondamental, cette désexcitation étant plus lente que celle par fluorescence.

3.3 Titrage conductimétrique

Q25- Le volume V_0 doit être connu avec précision donc on utilise une pipette jaugée et une poire à pipeter.

Le volume d'eau ajoutée n'a pas besoin d'être connu avec précision donc on peut utiliser une éprouvette graduée, un bécher ou toute autre verrerie rapide d'utilisation.

La solution de chlorure de baryum sera ajoutée avec une burette graduée (soutenue par une potence) pour être précis.

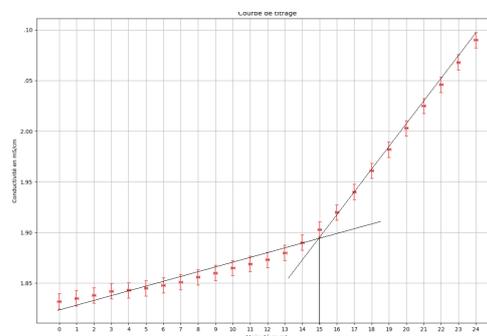
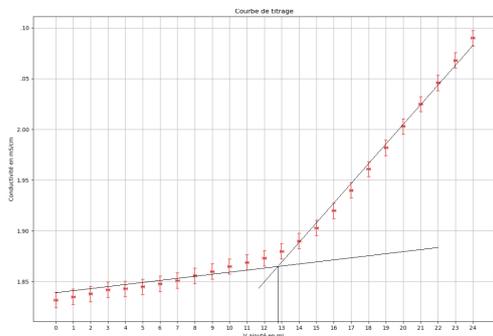
Il faudra un bécher de volume supérieur à 200 mL ainsi qu'un agitateur et un barreau aimanté.

Pour les mesures, on a besoin d'un conductimètre et d'une cellule conductimétrique.

Q26- Le volume équivalent est déterminé par l'intersection de deux droites modélisant la courbe avant et après l'équivalence.

Ce qui suit est une proposition et ne doit pas être considéré comme prescriptif. D'autres méthodes sont acceptables pour estimer l'incertitude sur le volume équivalent.

On peut estimer un intervalle pour ce volume équivalent en traçant les droites modèles limites (droites de pente la plus grande et la plus petite passant par les barres d'incertitudes).



On obtient ainsi $V_{\text{éq}} \in [12,8 \text{ mL}; 15,0 \text{ mL}]$.

On considérant une distribution uniforme, on obtient

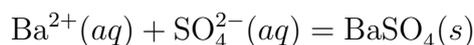
$$u(V_{\text{éq}}) = \frac{V_{\text{éq,max}} - V_{\text{éq,min}}}{2\sqrt{3}}$$

$$u(V_{\text{éq}}) = 0,64 \text{ mL}$$

En prenant le centre de la distribution, $V_{\text{éq}} = 13,90 \text{ mL}$.

Remarque : un traitement des données expérimentales par une méthode de Monte-Carlo donne un volume équivalent de 13,94 mL et une incertitude de 0,21 mL.

Q27- L'équation de la réaction modélisant la transformation support du titrage est



À l'équivalence

$$[\text{SO}_4^{2-}]_0 = \frac{c_1 \times V_{\text{éq}}}{V_0}$$

$$u([\text{SO}_4^{2-}]_0) = [\text{SO}_4^{2-}]_0 \times \sqrt{\left(\frac{u(c_1)}{c_1}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{\text{éq}})}{V_{\text{éq}}}\right)^2 + \left(\frac{u(V_0)}{V_0}\right)^2}$$

En considérant que le volume V_0 a été prélevé avec une pipette jaugée, $u(V_0) = 0,029 \text{ mL}$.

$$[\text{SO}_4^{2-}]_0 = 6,95 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad \text{avec} \quad u([\text{SO}_4^{2-}]_0) = 0,32 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Q28- Je note $V_i = 1$ L le volume de la solution S_0 formée par barbotage.

D'après l'équation de réaction fournie et en considérant une transformation quasi-totale (peroxyde d'hydrogène en excès), on aura $n(\text{SO}_2) = n(\text{SO}_4^{2-})$. On en déduit une quantité de SO_2 dans l'air :

$$n(\text{SO}_2) = [\text{SO}_4^{2-}]_0 \times V_i$$

$$[\text{SO}_2]_{\text{air}} = \frac{[\text{SO}_4^{2-}]_0 \times V_i}{V_{\text{air}}}$$

$$[\text{SO}_2]_{\text{air}} \approx 6,95 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$$

On en déduit une concentration en masse, $c \approx 44,5 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Remarque : la comparaison des quantités de matière avec celle de la question **Q8** donne un ordre de grandeur de 20 ppb.