



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

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

## **Rapport du jury**

**Concours : CAPES / CAFEP**

**Section : physique-chimie**

**Session 2020**

Rapport de jury présenté par :  
Christie AROULANDA, enseignant-chercheur de l'Université Paris-Saclay,  
présidente du jury

- 1. Introduction**
- 2. Textes de référence pour la préparation du concours et définition des épreuves écrites**
- 3. Informations statistiques & analyse globale de la session 2020**
  - 3.1. Composition du jury
  - 3.2. Statistiques & analyse globale des épreuves écrites
  - 3.3. Parité homme/femme des candidats
  - 3.4. Moyenne d'âge des candidats
  - 3.5. Répartition des candidats en fonction de leur profession
  - 3.6. Répartition des candidats en fonction de leur académie d'origine
- 4. Résultats & rapports des deux épreuves écrites**
  - 4.1. Résultats des deux épreuves écrites
  - 4.2. Rapport sur l'épreuve de composition
    - 4.2.1. Partie sur la chute des corps
    - 4.2.2. Partie optique
    - 4.2.3. Partie thermodynamique :
    - 4.2.4. Partie électromagnétisme
    - 4.2.5. Conclusion
  - 4.3. Éléments de correction de l'épreuve de composition
  - 4.4. Rapport sur l'épreuve d'exploitation d'un dossier documentaire
    - 4.4.1. Le sujet
    - 4.4.2. Impression générale
    - 4.4.3. Rapport détaillé par question
    - 4.4.4. Synthèse concernant les savoirs disciplinaires
    - 4.4.5. Synthèse concernant les questions pédagogiques
    - 4.4.6. Conclusion
  - 4.5. Éléments de correction de l'épreuve d'exploitation documentaire
- 5. À propos de la session 2021**
  - 5.1. Programme de la session 2021
  - 5.2. Épreuves d'admissibilité
  - 5.3. Épreuves d'admission
  - 5.4. Conseils aux futurs candidats concernant les épreuves orales d'admission

## 1. Introduction

La session 2020 du CAPES et CAFEP de physique-chimie prévoyait originellement deux épreuves d'admissibilité, composition et exploitation d'un dossier documentaire attendues respectivement les 24 et 25 mars 2020. Deux épreuves orales d'admission, épreuve d'analyse d'une situation professionnelle et épreuve de mise en situation professionnelle étaient prévues. Compte-tenu de la situation sanitaire, les épreuves des concours ont été règlementairement réaménagées et reprogrammées. Ainsi, les épreuves d'admissibilité reportées aux 29 et 30 juin 2020 valent admission pour cette session conformément à l'arrêté du 15 mai 2020<sup>[1]</sup>. Au cours de la période de confinement, un site internet d'information a été mis en place<sup>[2]</sup>. 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 perdurera pour la session prochaine.

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

L'arrêté du 19 avril 2013 modifié par l'arrêté du 30 mars 2017 fixe les modalités d'organisation des concours du CAPES<sup>[3]</sup>. Les deux épreuves écrites composition (COMP) et l'exploitation d'un dossier documentaire (EXPLDOC), font appel à des compétences scientifiques, disciplinaires, pédagogiques et didactiques des candidats dans les deux valences des concours, physique et chimie. Les sujets des épreuves écrites de la session 2020 sont disponibles sur le site « devenir enseignant » du ministère de l'éducation nationale<sup>[4]</sup>. Chaque épreuve dure cinq heures. Les copies de chacune des deux épreuves sont évaluées sur 20 points et pondérées identiquement dans le calcul de la moyenne arithmétique<sup>[5]</sup> pour chaque candidat.

## 3. Informations statistiques et analyse globale de la session 2020

### 3.1. Composition du jury

Le jury est composé d'inspecteur général de l'éducation, du sport et de la recherche, d'enseignants-chercheurs, d'inspecteurs territoriaux (IA-IPR), de professeurs de chaire supérieure, de professeurs agrégés et de professeurs certifiés.

<sup>1</sup> <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000041894030&categorieLien=id>

<sup>2</sup> <http://www.capes-externe-physique-chimie.org/>

<sup>3</sup> <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000027361553&dateTexte=&categorieLien=id>  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000034519190&categorieLien=id>

<sup>4</sup> pour la composition :

[https://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/capes\\_externe/98/4/s2020\\_capes\\_externe\\_physique\\_chimie\\_1\\_130\\_4984.pdf](https://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/capes_externe/98/4/s2020_capes_externe_physique_chimie_1_130_4984.pdf);

pour l'exploitation d'un dossier documentaire :

[https://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/capes\\_externe/98/6/s2020\\_capes\\_externe\\_physique\\_chimie\\_2\\_130\\_4986.pdf](https://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/capes_externe/98/6/s2020_capes_externe_physique_chimie_2_130_4986.pdf).

<sup>5</sup> La moyenne arithmétique sera simplement dénommée « moyenne » dans tout le document.

La composition détaillée du jury est disponible sur le site « devenir enseignant » du ministère de l'éducation nationale<sup>[6]</sup>.

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

Les principales informations statistiques de la session 2020 des informations statistiques concernant les épreuves écrites de la session 2020, ainsi que les éléments de comparaison associés issus de la session 2019, figurent dans les tableaux 1 à 5. L'analyse de ces données est délicate en raison de la réadaptation des conditions des concours CAPES et CAFEP lors de la session 2020. Certains indicateurs sont néanmoins significatifs. Ainsi, pour les deux concours, et de manière générale pour l'ensemble des concours de recrutement d'enseignement, une baisse significative des candidats inscrits est remarquée (respectivement -198 et -52 pour le CAPES et le CAFEP), malgré un nombre de postes offerts aux concours en très légère baisse voire en hausse notable (-1,56 % et +14,2 % respectivement pour le CAPES et le CAFEP). Cependant, la participation effective aux deux épreuves est restée sensiblement stable (respectivement 55,1 % et 53,7 % pour le CAPES et le CAFEP) aux deux concours par rapport à la session 2019. Le jury constate ainsi que les candidats ont su garder leur motivation malgré la période de confinement. Ces données montrent également que les taux de pression et de sélectivité des deux concours sont en baisse par rapport à la session 2019, sans préjuger néanmoins de la qualité des candidats ayant composé, et ceux *in fine* admis.

**Tableau 1** : données générales relatives à la session 2020.

	<b>CAPES</b>	<b>CAFEP</b>
<b>Nombre de postes mis au concours</b>	379 (-6) <sup>a</sup>	80 (+10) <sup>a</sup>
<b>Nombre de candidats inscrits</b>	1822 (-198) <sup>a</sup>	560 (-52) <sup>a</sup>
<b>Nombre de candidats présents aux deux épreuves écrites, taux de participation</b>	1003; 55,1% (-102; 55,9%) <sup>a</sup>	301; 53,7% (-15; 53,6%) <sup>a</sup>
<b>Nombre de candidats présents à la première épreuve (COMP)</b>	1024	310
<b>Taux de pression<sup>b</sup></b>	4,8 (5,2) <sup>a</sup>	7,0 (8,7) <sup>a</sup>
<b>Taux de sélectivité<sup>b</sup></b>	2,6 (2,9) <sup>a</sup>	3,8 (4,7) <sup>a</sup>
<b>Nombre de copies pour la composition</b>	1329 + 5 copies blanches	
<b>Nombre de copies pour l'exploitation documentaire (EXPLDOC)</b>	1304 + 2 copies blanches	

<sup>a</sup> Les valeurs entre parenthèses permettent d'apprécier les variations des mêmes observables par rapport à la session 2019.

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

<sup>6</sup>[https://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/capes\\_externes/19/3/a2020\\_capes\\_externes\\_physique\\_chimie\\_13031\\_93.pdf](https://media.devenirenseignant.gouv.fr/file/capes_externes/19/3/a2020_capes_externes_physique_chimie_13031_93.pdf). (+correctif)

S'agissant des deux épreuves écrites, il convient de rappeler que pour la session 2020, elles valent admission contrairement à la session 2019. Pour rappel, lors des sessions antérieures, le nombre d'admissibles avoisinait le double du nombre de poste offerts aux concours ; conséquemment, la moyenne à l'écrit des candidats admissibles ainsi que la barre d'admissibilité des sessions comportant des épreuves orales d'admission sont plus faibles que les mêmes indicateurs de la session 2020.

Par ailleurs, il convient également de rappeler que les coefficients des épreuves écrites, toutes deux identiques, sont affectées d'un poids inférieur (coefficient 1) aux épreuves orales (coefficient 2) dans le calcul final des moyennes d'admission. Le non-déroulement des épreuves orales affectent ces indicateurs utilisés pour définir la barre d'admission, comme constaté dans le tableau 2.

La chimie comme la physique sont des disciplines dont le volet expérimental revêt un caractère primordial dans la compréhension des mécanismes scientifiques impliqués. La maîtrise expérimentale des candidats n'a pas pu être évaluée à la hauteur qui lui est due lors de cette session. De même, la transmission d'informations, les qualités de communication, ainsi que les compétences pédagogiques et didactiques constituent en général des points de vigilance importants lors des évaluations des épreuves orales, sans toutefois être absents et non évalués dans le cadre des épreuves écrites. Compte-tenu de la réadaptation inédite du rôle des épreuves écrites, le jury s'est efforcé de les exploiter pour pallier ponctuellement au mieux l'absence d'épreuves orales.

À l'issue des évaluations des épreuves écrites, et compte-tenu de la qualité des copies observées et des résultats non significativement différents obtenus, le jury a décidé d'attribuer l'ensemble des postes offerts aux concours. Par ailleurs, pour le CAPES comme pour le CAFEP, des listes complémentaires ont été établies, respectivement de neuf et deux postes. Le jury félicite les candidats admis de cette session 2020 inédite, et encourage tous les autres à se mobiliser à nouveau, en s'appuyant notamment sur le rapport de jury pour mieux identifier et appréhender les difficultés rencontrées. En outre, le jury encourage tous les candidats, en plus du travail régulier de fond d'acquisition et de consolidation des connaissances sur les phénomènes physiques et chimiques fondamentaux, à s'appuyer sur l'expérience pour les étayer et à maîtriser les capacités expérimentales associées, afin de pouvoir asseoir sereinement la transmission des savoirs et savoir-faire dans le futur.

**Tableau 2 : résultats généraux relatifs à la session 2020**

	<b>CAPES</b>	<b>CAFEP</b>
<b>Moyenne obtenue par l'ensemble des candidats ayant composé (/20)</b>	8,16 (9,03) <sup>a</sup>	7,42 (7,97) <sup>a</sup>
<b>Moyenne de l'épreuve COMP obtenue par l'ensemble des candidats ayant composé (/20)</b>	7,70	6,84
<b>Moyenne de l'épreuve EXPLDOC obtenue par l'ensemble des candidats ayant composé (/20)</b>	8,64	8,03
<b>Moyenne obtenue par l'ensemble des candidats admissibles (/20)</b>	non définie (10,49) <sup>a</sup>	non définie (10,53) <sup>a</sup>
<b>Moyenne générale obtenue par les candidats admis (/20)</b>	11,05 (11,7) <sup>a</sup>	10,69 (11,6) <sup>a</sup>
<b>Moyenne de l'épreuve COMP obtenue par l'ensemble des candidats admis (/20)</b>	10,72	10,26
<b>Moyenne de l'épreuve EXPLDOC obtenue par l'ensemble des candidats admis (/20)</b>	11,37	11,13
<b>Nombre de candidats admis en liste principale</b>	379	80
<b>Moyenne du dernier admissible (/20)</b>	non définie (8,00) <sup>a</sup>	non définie (8,00) <sup>a</sup>
<b>Moyenne du dernier admis en liste principale (/20)</b>	8,98 (9,33) <sup>a</sup>	8,82 (9,27) <sup>a</sup>
<b>Nombre de candidats en liste complémentaire</b>	9	2
<b>Moyenne du dernier candidat en liste complémentaire (/20)</b>	8,92	8,75

<sup>a</sup> Les valeurs entre parenthèses permettent d'apprécier les variations des mêmes observables par rapport à la session 2019.

### 3.3. Répartition femmes/hommes

Les candidates représentent 37,57 % des inscrits au CAPES et 46,19 % au CAFEP. Elles constituent respectivement 33,94 % et 40,00 % des admis aux concours CAPES et CAFEP. Les données reportées dans le tableau 3 permettent d'apprécier en nombre la parité aux deux concours.

**Tableau 3 : répartition femmes/hommes de la session 2020**

	<b>CAPES</b>		<b>CAFEP</b>	
	candidates	candidats	candidates	Candidats
<b>Inscrits</b>	689	1145	261	304
<b>Admis</b>	130	253	32	48
<b>Sur liste complémentaire</b>	2	7	2	0

### 3.4. Moyenne d'âge

L'âge moyen des candidats aux deux concours est reporté dans le tableau 4.

**Tableau 4** : âge moyen des candidats de la session 2020

	<b>CAPES</b>	<b>CAFEP</b>
<b>Inscrits</b>	30 ans	32 ans
<b>Admis</b>	25 ans	28 ans

### 3.5. Répartition des candidats en fonction de leur profession

Concernant le concours du CAPES, les candidats se déclarant étudiant en INSPÉ représentent un peu plus de 28 % des candidats et les enseignants contractuels du second degré représentent quant à eux près de 22 % des candidats.

Concernant le concours du CAFEP, les candidats se déclarant étudiant en INSPÉ représentent un peu moins de 16 % des candidats, les maîtres auxiliaires représentent quant à eux près de 24 % des candidats et les enseignants contractuels du second degré près de 18 %.

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

La répartition géographique des candidats renseignée par leur inscription dans leur académie d'origine est reportée dans le tableau 5.

**Tableau 5** : répartition des candidats en fonction de leur académie d'origine

.	<b>Ins.<sup>a</sup></b>	<b>Ad.<sup>b</sup></b>	<b>Académie</b>	<b>Ins.<sup>a</sup></b>	<b>Ad.<sup>b</sup></b>
AIX-MARSEILLE	115	17	LYON	169	43
AMIENS	51	13	MARTINIQUE	20	1
BESANCON	26	3	MAYOTTE	14	0
BORDEAUX	102	25	MONTPELLIER	100	17
CAEN	33	7	NANCY-METZ	65	21
CLERMONT-FERRAND	36	9	NANTES	112	25
CORSE	5	0	NICE	58	10
CRETEIL-PARIS-VERSAILLES	510	86	NOUVELLE CALEDONIE	17	3
DIJON	42	14	ORLEANS-TOURS	84	17
GRENOBLE	85	16	POITIERS	40	2
GUADELOUPE	40	1	POLYNESIE FRANCAISE	16	2
GUYANE	15	1	REIMS	46	9
LA REUNION	46	3	RENNES	87	21
LILLE	165	31	ROUEN	62	9
LIMOGES	13	3	STRASBOURG	104	26
			TOULOUSE	121	23

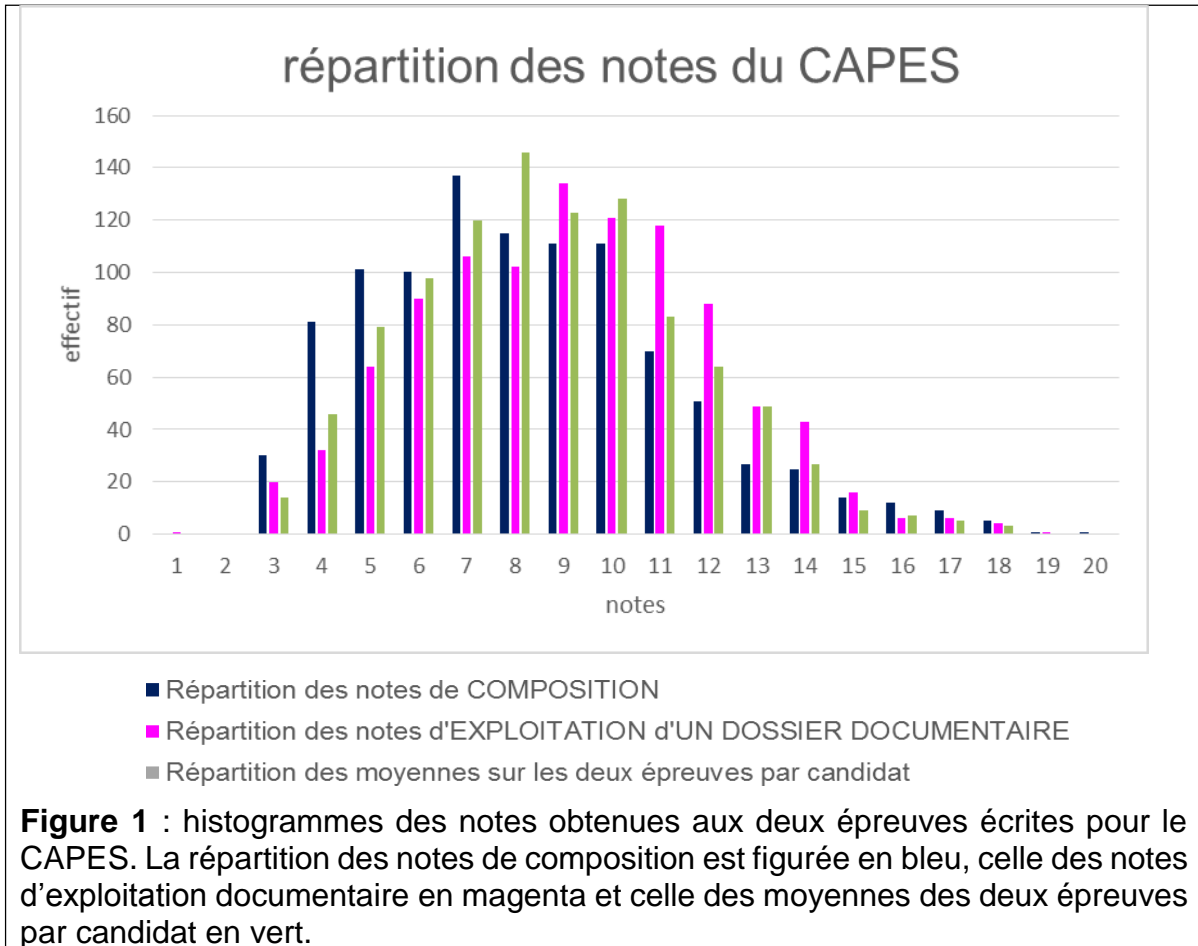
<sup>a</sup> Candidats inscrits aux deux concours ;

<sup>b</sup> Candidats admis au CAPES ou au CAFEP ;

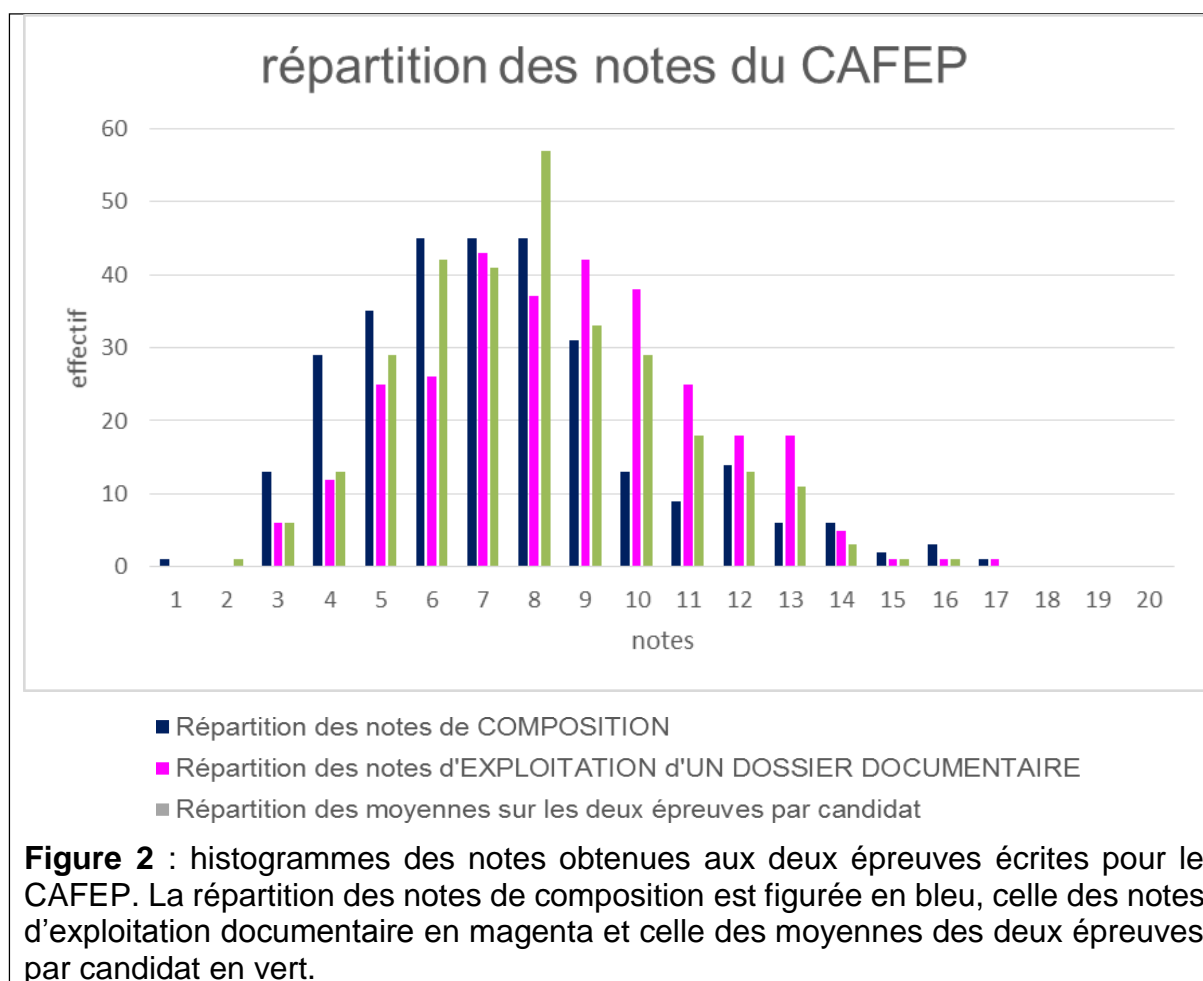
#### 4. Résultats et rapports des deux épreuves écrites

##### 4.1. Résultats des deux épreuves écrites

Les résultats par épreuve écrite sont présentés dans le tableau 6 et les figures 1 et 2, pour chacun des concours. Il apparaît clairement que les chances d'être admis augmentent lorsque les candidats présentent des notes les plus équilibrées dans les deux disciplines et élevées en valeur.







**Tableau 6** : résultats obtenus aux deux épreuves écrites

	CAPES (1001 copies)			CAFEP (298 copies)		
	COMP	EXPLDOC	Moyenne des deux épreuves <sup>a</sup>	COM P	EXPLDOC	Moyenne des deux épreuves <sup>a</sup>
<b>Note minimale (/20)</b>	2,21	0,00	2,30	0,00	2,31	1,16
<b>Note maximale (/20)</b>	19,71	18,51	17,73	16,33	16,51	15,45
<b>Écart-type estimé</b>	3,14	2,95	2,82	2,84	2,67	2,52
<b>Note du dernier admis en liste principale (/20)</b>			08,98			08,82
<b>Note du dernier classé en liste complémentaire (/20)</b>			08,92			08,75

<sup>a</sup> L'indicateur « moyenne » désigne la moyenne arithmétique pondérée calculée par candidat.

Ce rapport de jury est rédigé dans l'objectif premier d'aider les candidats à mieux s'approprier les exigences des épreuves écrites, mais également orales même

si elles n'ont pas eu lieu lors de cette session. Les candidats sont invités à lire ce document attentivement afin d'adapter leur travail régulier de préparation à ces concours. La dernière partie de ce rapport est plus spécifiquement tournée vers des conseils pour les épreuves de la session 2021. De la même façon, et encore plus compte-tenu de la nature inédite de la session 2020, les candidats sont vivement invités à consulter les rapports des années précédentes disponibles sur le site <https://www.devenirenseignant.gouv.fr/>.

## **4.2. Rapport sur l'épreuve de composition**

L'épreuve propose l'étude de différentes expériences historiques en physique. Cette liste d'expériences, loin d'être exhaustive, est un support pour analyser quelques applications actuelles mais aussi questionner les candidats sur des situations professionnelles concrètes liées au métier d'enseignant. Dans ce rapport de jury, les commentaires apportés sont formulés pour constituer des conseils utiles aux futurs candidats souhaitant passer le concours, et mieux comprendre les attentes du jury.

### **4.2.1. Partie sur la chute des corps**

Cette partie porte sur la loi universelle de la chute des corps. Ce contexte permet d'interroger les candidats sur les remédiations possibles que l'on peut proposer à des élèves en difficulté face à ce résultat énoncé par Galilée sur la chute des corps. Le jury apprécie les réponses pertinentes des candidats sur les pistes proposées : elles sont le signe d'une prise de recul certaine sur la discipline, qualité indispensable au futur enseignant. Un enseignement de physique-chimie nécessite en effet de savoir énoncer des lois mais aussi d'en comprendre les concepts profonds afin de pouvoir les expliquer qualitativement et quantitativement.

Après l'étude d'un mouvement de chute sur un plan incliné, le sujet propose une question ouverte sur l'exploit de Felix Baumgartner. Le mouvement de chute permet aux candidats de montrer leur maîtrise d'un exercice de base de mécanique ainsi qu'une proposition de remédiation crédible pour leurs futurs élèves. La question ouverte est l'occasion pour de nombreux candidats de se mettre en valeur en proposant des démarches originales voire différentes de celles imaginées par les rédacteurs du sujet. Pour résoudre de telles situations, il est appréciable de conserver des expressions littérales clairement définies au cours du raisonnement et de préciser également l'intérêt de chaque étape de son calcul : il est demandé une démarche (ou un début de démarche) structurée. Un nombre appréciable de candidats propose une rédaction soignée sollicitant des connaissances en statique des fluides, en cinématique et en dynamique. Être en mesure de mobiliser différents champs disciplinaires des sciences physiques afin de résoudre une problématique est très apprécié du jury et valorisé.

#### **4.2.2. Partie optique**

Cette partie propose l'étude des interférences à deux ondes au moyen du dispositif des trous d'Young. Dans tous les champs de la physique et peut être encore davantage en optique, il est vivement encouragé d'illustrer ses démarches à l'aide de schémas clairs, simples et annotés assurant ainsi un support efficace pour une rédaction scientifique de qualité. Parallèlement, la maîtrise du vocabulaire scientifique facilite la compréhension de la réponse par le jury et évite également beaucoup de confusions. Il est par exemple essentiel de distinguer les phénomènes de diffraction, de dispersion, d'interférence et de diffusion.

Cette partie propose ensuite de réinvestir ces résultats d'optique ondulatoire afin d'expliquer la diffraction électronique. Dans la question ouverte associée, il est préférable de recourir à une analyse énergétique. Les candidats qui utilisent la conservation de l'énergie mécanique pour suivre un électron entre un état initial connu et un état final à déterminer aboutissent rapidement au résultat demandé. Le jury encourage donc les candidats à savoir identifier les situations pour lesquels l'analyse énergétique est préférable pour étudier le mouvement d'un système donné.

#### **4.2.3. Partie thermodynamique**

Cette partie propose l'analyse de l'expérience de Joule sur la conversion du travail mécanique en chaleur. Ce thème est bien réussi par de nombreux candidats. De manière assez générale, le jury souligne le soin à apporter aux applications numériques. Il convient d'analyser la valeur calculée d'une grandeur en la confrontant par exemple à une valeur de référence connue ou tout simplement en analysant son ordre de grandeur. De même, un résultat numérique doit naturellement s'accompagner d'une unité. Si une incertitude-type est à calculer, elle est alors souvent donnée avec un seul chiffre significatif en écriture scientifique, cela détermine le nombre de chiffres significatifs à conserver pour l'écriture du résultat. Le jury apprécie la rigueur dont certains candidats font preuve dans la réalisation du calcul d'incertitude.

Une fois un résultat numérique obtenu, il convient de le commenter. Les candidats qui expliquent pourquoi un rendement est inférieur à l'unité en analysant les origines des différentes pertes sont valorisés. De même, un calcul d'incertitude peut permettre d'apprécier la principale source d'incertitude sur un résultat final. À ce titre des commentaires fins sur les incertitudes composées sont très largement appréciés par le jury.

Le sujet propose la correction d'une copie, c'est une partie importante du travail d'un enseignant. Ce travail doit permettre de repérer les erreurs mais aussi d'aider l'élève dans sa progression. Le jury apprécie la présence de remarques pertinentes et encourageantes à destination de l'élève pour cette activité de correction. Il faut donc repérer les difficultés et les annoter pour aider l'élève à progresser, mais il convient également de souligner les éléments positifs de la copie d'un élève afin de valoriser son travail. Une correction ne peut donc se limiter à des ratures et des commentaires peu élogieux et donc peu constructif pour l'élève.

#### 4.2.4. Partie électromagnétisme

Cette partie traite de la propagation des ondes électromagnétiques dans l'air assimilé à du vide. Dans un premier temps, une description de l'expérience de F. Hertz est proposée. Après avoir obtenu l'équation de propagation des ondes électromagnétiques, le candidat est amené à décrire des ondes stationnaires obtenues par réflexion sur un métal. Certains candidats s'appuient sur une analogie possible avec le cas de la corde vibrante. Savoir repérer la transversalité de certains phénomènes dans différents champs de la physique révèle un excellent recul que le jury apprécie. Cette partie est l'occasion pour les candidats de montrer leur aisance à manipuler les fonctions et opérations mathématiques nécessaires dans le cadre de l'enseignement de la physique-chimie.

Par la suite, le sujet propose d'analyser un scénario pédagogique visant à introduire la notion d'affaiblissement d'un signal au moyen d'un coefficient d'atténuation. Beaucoup de candidats savent exploiter l'abaque fournie et ainsi identifier les difficultés relatives à sa lecture et savent critiquer la pertinence de ce document au regard du programme actuel de la classe de terminale S.

Cette partie évoque ensuite la transmission hertzienne de l'information en s'appuyant sur la notion de spectre. L'analyse spectrale est un outil essentiel en physique et il est donc important que les candidats puissent réinvestir leurs connaissances pour apprécier l'encombrement spectral d'un signal ou même élaborer la synthèse d'un filtre au gabarit fixé.

#### 4.2.5. Conclusion

De manière globale, le jury apprécie la propreté des copies, des schémas ainsi que leur lisibilité. Les copies avec des schémas de circuits électriques qui indiquent les grandeurs utilisées (tension d'entrée et de sortie par exemple), des schémas optiques tracés au moyen d'une règle et répondant aux problématiques posées sont valorisés. L'effort fait par les candidats pour proposer des démarches structurées pour les questions ouvertes est souligné.

De très bons candidats se mettent en valeur en démontrant leurs solides connaissances scientifiques, leurs capacités à mener des résolutions de problèmes et également en proposant des remédiations pertinentes aux différents scénarios ou contextes pédagogiques imposés.

### 4.3. Éléments de correction de l'épreuve de composition

La solution proposée vise uniquement à aider les futurs candidats à se préparer au concours. Elle constitue simplement une proposition. Concernant notamment les questions pédagogiques, d'autres approches sont possibles et ont été pleinement valorisées par le jury. **La solution proposée n'a donc aucune visée normative.**

**Q1.** Le système considéré est le poids matériel de masse  $m$ , dans le référentiel terrestre supposé Galiléen. Les forces qui s'appliquent sur le système sont le poids  $m\vec{g}$  et la réaction normale au support  $\vec{R}_N$ . Dans le repère  $(0, x, z')$ , la relation fondamentale de la dynamique,  $m\vec{a} = \sum \vec{F}_{\text{ext}}$  est appliquée. La projection suivant l'axe  $Ax$  donne  $m\ddot{x} = mg\sin\alpha$ , soit :  $\ddot{x} = g\sin\alpha$ .

**Q2.** Du résultat précédent, on obtient la vitesse horizontale, puis la position  $x(t)$ . Par intégration de l'accélération, il est obtenu :  $\dot{x} = g \sin(\alpha) \times t + cste$ . La bille est lâchée sans vitesse initiale,  $\dot{x}(0) = 0$ , ainsi la constante est nulle.

Par intégration de la vitesse, il est obtenu :  $x(t) = \frac{1}{2} g \sin(\alpha) \times t^2 + cste$ . La position initiale de la bille est  $x(0) = 0$ , ainsi la constante d'intégration est nulle.

$x'(t) = \frac{1}{2} g \sin(\alpha) \times t^2 = \frac{gh}{2l} t^2$ , Donc  $t_0 = \sqrt{\frac{2}{gh}} \times l$ , le temps de chute ne dépend pas de la masse.

**Q3.** Raisons :

Les élèves ont l'habitude de voir tomber plus rapidement les objets les plus lourds. On peut évoquer Alexandre Koyré : « le pari de la physique est d'expliquer le possible (le réel) par l'impossible » (le monde dé-coïncide avec ce qu'il nous montre). Expérimentalement, l'effet de l'air sur le mouvement de chute conduit effectivement à observer une vitesse potentiellement plus grande pour les objets les plus massifs... il faut donc un réel travail cognitif pour accepter la loi de chute universelle des corps.

Il est également possible d'évoquer le fait que l'enseignant se confronte ici, malgré le recours à une démonstration, aux idées préconçues de l'élève qu'il n'a pas réussi à faire évoluer.

Remédiation :

Niveau 1 : « Faire parler la formule » afin d'insister sur le fait que le mouvement de chute dans un champ gravitationnel est indépendant de la masse du corps (la masse se simplifie au cours de la démonstration).

Niveau 2 : « Confronter l'élève à l'expérience, l'élève réalise la manipulation en classe ou va observer, le cas échéant, une expérience dans un musée scientifique. ».

**Q4.** Le champ de pesanteur est supposé uniforme. Les étapes du raisonnement sont les suivantes :

- 1<sup>e</sup> étape : identifier que le mouvement de chute libre est associé à une vitesse qui évolue linéairement avec le temps ;
- 2<sup>e</sup> étape : identifier l'instant à partir duquel la vitesse n'est plus une fonction linéaire du temps : on peut estimer cet instant à  $t_1 = 25$  s ;
- 3<sup>e</sup> étape : utiliser la relation distance-temps pour ce mouvement uniformément accéléré  $\delta = \frac{gt_1^2}{2} \approx 3,1$  km.

**Q5.** Les étapes proposées de la résolution sont les suivantes.

- 1<sup>e</sup> étape : obtenir la force de frottement :  $\vec{f} = \frac{1}{2} C_p(z) A v^2 \vec{u}_z$  ;
- 2<sup>e</sup> étape : écrire la relation fondamentale de la dynamique :

$$m \frac{dv}{dt} = \frac{1}{2} C_p(z) A v^2 - mg$$

- 3<sup>e</sup> étape : repérer les situations où  $\frac{dv}{dt} = 0$  :  $\begin{cases} \frac{1}{2} C_p(z_0) A v_{\max}^2 = mg \\ \frac{1}{2} C_p(z_1) A v_f^2 = mg \end{cases}$

- 4<sup>e</sup> étape :  $\frac{v_{\max}^2}{v_f^2} = \frac{\rho(z_1)}{\rho(z_0)}$

- 5<sup>e</sup> étape : lire  $\frac{v_{\max}^2}{v_f^2} \approx 27$
- 6<sup>e</sup> étape : utiliser la loi des gaz parfait pour obtenir la masse volumique :

$$\rho(z_1) = \frac{P(z_1)M}{RT_0} = 0,2 \frac{P(z=0)M}{RT_0}$$

- 7<sup>e</sup> étape : en déduire la relation  $\rho(z_0) = 1,2 \times 10^{-2} \text{kg.m}^{-3}$  : la densité est faible (1% de la densité au sol : le mur du son est « mou »), il est donc logique que les auteurs affirment que l'onde de choc ne soit pas accompagnée d'une signature phonique importante.

8<sup>e</sup> étape : utiliser le modèle de l'atmosphère isotherme :  $\frac{d\rho}{dz} + \frac{\rho}{\delta} = 0$ , soit

$$\rho = \rho(z_1) e^{-\frac{(z-z_1)}{\delta}} \text{ avec } \delta = \frac{RT_0}{Mg} ; \text{ il vient } z_0 = z_1 - \delta \ln\left(\frac{\rho(z_0)}{\rho(z_1)}\right) = 31 \text{km.}$$

**Q6.** Plusieurs méthodes sont possibles pour exprimer la différence de marche, en voici une (avec O' point milieu entre S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub>).

$$\overrightarrow{S_1M} = \overrightarrow{S_1O'} + \overrightarrow{O'M} \text{ et } \overrightarrow{S_2M} = \overrightarrow{S_2O'} + \overrightarrow{O'M}$$

$$\text{Ainsi : } S_1M^2 = \left(y - \frac{a}{2}\right)^2 + x^2 + D^2, \text{ et : } S_2M^2 = \left(y + \frac{a}{2}\right)^2 + x^2 + D^2.$$

Il vient alors :  $S_2M^2 - S_1M^2 = 2ay$ . En supposant  $|x| \ll D$ ,  $|y| \ll D$  et sachant que  $a \ll D$ , il vient  $S_2M - S_1M \approx \frac{2ay}{2D}$  donc  $\delta \approx \frac{ya}{D}$ .

L'éclairement  $\varepsilon(M)$  au point M est donné par :  $\varepsilon = K \underline{s}(M) \times s^*(M)$ , soit

$$\varepsilon = K \left( \left( \underline{s}_1(M) + \underline{s}_2(M) \right) \times \left( \underline{s}_1^*(M) + \underline{s}_2^*(M) \right) \right).$$

Il vient  $\varepsilon = K S_0^2 + K S_0^2 + 2K S_0^2 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0} \delta\right) = 2K S_0^2 (1 + \cos\Delta\phi)$ , soit  $\varepsilon = 2\varepsilon_0 (1 + \cos\Delta\phi)$ , avec  $\Delta\phi$  la différence de phase entre les deux rayons, tel que  $\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda_0} \delta(y)$  et  $\varepsilon_0$  l'éclairement d'une source prise isolément. En théorie, on observe une périodicité spatiale de l'éclairement ne dépendant que de y.

**Q7.** Le modèle précédent décrit des franges d'interférences parallèles d'extension spatiale infinie. Ici on observe l'effet de la diffraction par les trous sources de rayon b : on a une modulation spatiale de la figure d'interférence par la diffraction (tache d'Airy). Ici, il n'est pas possible d'évoquer un problème de cohérence temporelle compte-tenu de l'hypothèse d'une source monochromatique.

**Q8.** Afin de minimiser les incertitudes, une mesure utilisant 19 interférences est effectuée : la distance occupée est  $L = 1,9 \text{ cm}$ . En utilisant directement  $i = \frac{\lambda D}{a}$  il vient  $\lambda \approx 5 \times 10^{-7} \text{ m}$ . La formule de la diffraction par un trou permet d'obtenir b en repérant l'annulation du contraste de la figure d'interférence :  $\theta_{\text{diff}} \approx 0,61 \frac{\lambda}{b} \approx \frac{y_{\text{min}}}{D}$ , soit  $b \approx 0,61 \times \frac{ia}{y_{\text{min}}} \approx 0,61 \times \frac{2ia}{19L}$  (avec cette 2<sup>e</sup> expression, il n'est pas utile d'utiliser l'échelle). On obtient  $b \approx 3 \times 10^{-5} \text{ m}$ .

**Q9.** On a  $\Delta y \approx d$  et  $\Delta p_y \approx \theta p \approx \frac{\theta h}{\lambda_e}$ . En utilisant la relation d'indétermination, à la limite inférieure :  $d \frac{\theta h}{\lambda_e} \approx \frac{h}{4\pi}$ , donc  $\theta \approx \frac{\lambda_e}{4\pi d}$

**Q10.** Il est supposé que les électrons sont non relativistes. Les étapes de la résolution proposée sont les suivantes.

- 1<sup>e</sup> étape : utiliser la conservation de l'énergie mécanique. Pour des électrons initialement immobiles, il vient en utilisant le théorème de l'énergie mécanique :  $E_c = eU$ , d'où  $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$  ;
- 2<sup>e</sup> étape : utiliser la longueur d'onde de Broglie. Or  $\lambda_e = \frac{h}{mv}$  d'où  $U = \frac{1}{2em} \left(\frac{h}{\lambda_e}\right)^2$  ;
- 3<sup>e</sup> étape : estimer  $\lambda_e$ . L'énoncé précise que la longueur d'onde doit être de l'ordre d'environ un ordre de grandeur plus petit que la distance interatomique : on choisit donc  $\lambda_e = 10^{-11}$  m. ;
- 4<sup>e</sup> étape : réaliser l'application numérique :  $U = 10$  kV ;
- 5<sup>e</sup> étape : critiquer de l'hypothèse non-relativiste. On calcule  $v$  avec  $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$  et on trouve  $\left(\frac{v}{c}\right)^2 \approx 0,04$ . Les corrections relativistes étant quadratiques en  $\frac{v}{c}$ , l'hypothèse est jugée acceptable.

**Q11.** On obtient  $A = \frac{W}{Q} = \frac{20mgH}{C\Delta T} = 4$  J/cal. On a ici un facteur qui rend compte (aux approximations près) de la conversion 1 cal (énergie nécessaire pour augmenter la température d'un gramme d'eau d'un degré Celsius) égale 4 J. Cette valeur est celle associée à la capacité thermique d'un gramme d'eau.

**Q12.** Les éléments de correction proposés sont les suivants :

### Analyser

Il faut identifier la conversion du travail électrique  $W_{elec}$  en énergie thermique par effet Joule. L'énergie thermique  $Q$  n'est qu'en partie utile au chauffage (en raison des pertes avec l'extérieur et du chauffage des parois de la bouilloire elle-même). Donc  $\eta Q$  est l'énergie thermique « efficace » pour chauffer l'eau de la bouilloire.

### Réaliser

L'eau est une phase condensée idéale, donc en utilisant le premier principe de la thermodynamique appliqué à l'eau  $\eta Q = mc(T_f - T_i)$ , et  $W_{elec} = P\Delta t = Q$ . Il s'agit donc de mesurer la puissance, le temps de chauffage, la masse d'eau chauffée et la variation de température.

### Valider

On définit le rendement de bouilloire par :  $\eta = \frac{mc(T_f - T_i)}{P\Delta t}$ . L'incertitude est donnée par :

$$\frac{\Delta \eta}{\eta} = \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta c}{c}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{2}\Delta T}{(T_f - T_i)}\right)^2 + \left(\frac{\Delta P}{P}\right)^2 + \left(\frac{\Delta(\Delta t)}{\Delta t}\right)^2}$$

$$\frac{\Delta\eta}{\eta} = \sqrt{\left(\frac{5}{1670}\right)^2 + \left(\frac{1}{4189}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{2} \cdot 0,5}{18,5}\right)^2 + \left(\frac{5}{2515}\right)^2 + \left(\frac{0,5}{67}\right)^2} \quad \text{Il vient} \quad \frac{\Delta\eta}{\eta} \approx \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2} \cdot 0,5}{18,5}\right)^2 + \left(\frac{0,5}{67}\right)^2},$$

soit  $\eta = (77 \pm 3)\%$ .

**Communiquer**

L'incertitude est essentiellement liée à la mesure de la température. Le rendement est bon mais il est vrai qu'une partie de l'énergie fournie est cédée à la bouilloire elle-même et à l'extérieur.

**Q13.** Ci-après un exemple de corrigé est proposé.

Détermination du rendement d'une bouilloire

**A) Dispositif**

*Bon schéma*

**B) Mesures**

Je mesure une masse  $m$  d'eau.

*il faut prêter le temps d'analyse sur valeurs numériques*

$m = (1523 \pm 14) \text{ kg.}$  *c'est beaucoup!*

Je mesure la température initiale  $T_i$  et la température finale  $T_f$  en attendant l'ébullition de l'eau.

$T_i = (25,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$

$T_f = (100,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$  *ici*

*Non! Une partie du travail électrique mis en jeu sert à la vaporisation (et pas au chauffage)*



*on a mesuré une puissance électrique  $P$  :*  
 $P = (2530 \pm 5) \text{ W}$

*on a mesuré également un temps de chauffage  $\Delta t$  :*  
 $\Delta t = (127 \pm 1) \text{ s}$

**C) Détermination du rendement.**

*Le rendement c'est ce qu'on veut / ce qui se coûte*  
*à mesurer :*  
 $\Delta T (\text{K}) = \Delta T (^\circ\text{C})$   
*Tu as subi la capacité thermique de la température n'est pas une énergie!*  
 Donc ici : rendement =  $\frac{(T_f - T_i) + 273}{P \times t}$

Soit : rendement =  $10,5\%$

**D) Calcul d'incertitude**

$\left(\frac{\Delta \text{rendement}}{\text{rendement}}\right) = \sqrt{\left(\frac{\Delta T}{(T_f - T_i)}\right)^2 + \left(\frac{\Delta P}{P}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2}$

$\frac{\Delta \text{rendement}}{\text{rendement}} = 0,01$

*Donc : rendement =  $(10,5 \pm 0,1)\%$*   
*Le rendement de cette bouteille n'est pas très bon.*

*Qui, effectivement mais cela provient surtout de la mauvaise lecture de ta mesure*

*Il y a aussi une puissance de 1% avec les valeurs*  
*montré expression par cette incertitude relative en variant la température.*

Dans le corrigé-type doivent être mentionnées l'erreur d'unité (kg) ainsi que l'erreur expérimentale qui consiste à avoir atteint l'ébullition.

Les compétences exigibles sont les suivantes :

- connaître et exploiter la relation entre la variation d'énergie interne et la température pour un corps dans un état condensée :  
 $\Delta U = mc_{\text{eau}} (T_f - T_i) = \eta Q$  ;
- établir un bilan d'énergie faisant transfert thermique et travail :  $W_{\text{elec}} = P\Delta t = Q$  ;
- évaluer l'incertitude d'une mesure unique obtenue à l'aide d'un instrument de mesure : mesures de températures, masse d'eau, temps de chauffage et puissance électrique ;
- évaluer à l'aide d'une formule fournie, l'incertitude d'une mesure obtenue lors de la réalisation d'un protocole dans lequel interviennent plusieurs sources d'erreur ;

- maîtriser l'usage des chiffres significatifs. Associer l'incertitude à cette écriture ;
- repérer la conversion inexacte de la température et l'oubli de la capacité thermique ;
- repérer l'application numérique erronée et l'expression inexacte de l'incertitude sur la température.

**Q14.** On rappelle les équations de Maxwell dans le vide :

$$\operatorname{div} \vec{E} = 0, \operatorname{div} \vec{B} = 0, \operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \operatorname{rot} \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

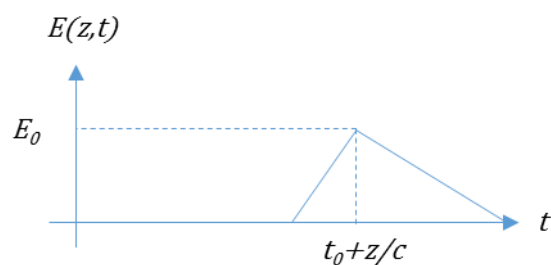
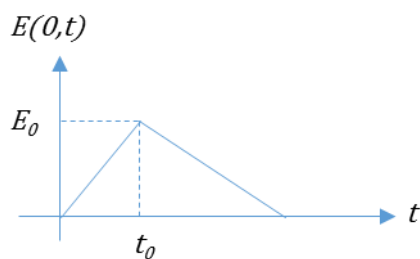
**Q15.** A partir de  $\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ , est obtenue :  $\operatorname{rot}(\operatorname{rot} \vec{E}) = \operatorname{grad}(\operatorname{div} \vec{E}) - \Delta \vec{E} = -\frac{\partial \operatorname{rot} \vec{B}}{\partial t}$ . On posera  $c = \sqrt{\frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}}$ , d'où  $\Delta \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \vec{0}$ .

**Q16.** En utilisant les relations fournies, il est obtenu :  $\frac{\partial^2 E}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0$

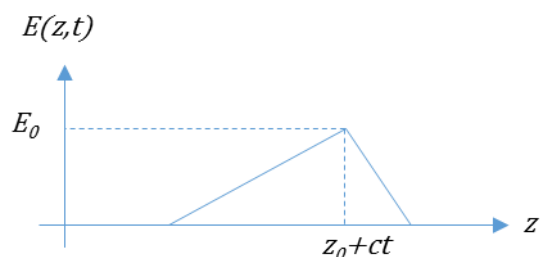
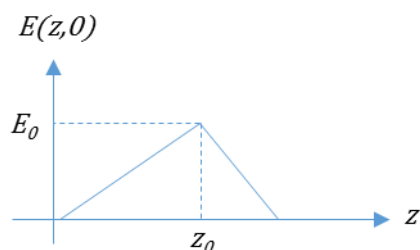
**Q17.**  $E(z,t) = f\left(t - \frac{z}{c}\right)$  décrit :

- une onde plane car les surfaces d'onde sont des plans de cote  $z$  donnée ;
- une progressive qui se propage sans déformation à vitesse constante suivant les  $z$  croissants.

En effet, la fonction  $f\left(t - \frac{z}{c}\right)$  est une fonction retard : chaque perturbation émise en  $z = 0$  sera ressentie en  $z$  après un temps de propagation  $\frac{z}{c}$ . Considérons l'émission d'une impulsion en  $z = 0$  dont le profil est défini par la fonction  $f(t)$ .



La perturbation en  $z = 0$  détermine totalement l'état vibratoire en tout point à tout instant. De même, on a :



**Q18.** La nullité du champ électrique dans le métal à tout instant impose en  $z = 0$  :

$E_0 e^{j(\omega_0 t)} \vec{u}_x + E_{0,r} e^{j(\omega_0 t + \phi)} \vec{u}_x = \vec{0}$  donc  $E_0 = -E_{0,r} e^{j\phi}$ . Comme  $E_0$  est réel il vient  $\begin{cases} E_0 = -E_{0,r} \\ \phi = 0 \end{cases}$ . Ainsi

l'onde électrique  $\vec{E}$  totale dans l'espace  $z < 0$  s'écrit alors comme une onde stationnaire :

$$\begin{aligned} \vec{E} &= E_0 e^{j(\omega t - kz)} \vec{u}_x - E_0 e^{j(\omega t + kz)} \vec{u}_x \\ \vec{E} &= E_0 e^{j(\omega t)} (e^{j(-kz)} - e^{j(kz)}) \vec{u}_x \\ \vec{E} &= -2j E_0 e^{j(\omega t)} \sin(kz) \vec{u}_x \\ \vec{E} &= 2E_0 \sin(kz) \sin(\omega t) \vec{u}_x \end{aligned}$$

On obtient l'expression du champ magnétique à l'aide de l'équation de

Mawxell-Faraday :  $\vec{\text{rot}} \vec{E} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{\partial}{\partial z} \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} E \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = 2E_0 k \cos(kz) \sin(\omega t) \vec{u}_y = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ . Avec une

constante d'intégration nulle en régime d'onde, il vient  $\vec{B} = \frac{2E_0}{c} \cos(kz) \cos(\omega t) \vec{u}_y$ .

**Q19.** Si  $k_0 a \ll 1$  alors  $\frac{a}{\lambda_0} \ll 1$  ainsi le cadre perçoit un champ spatialement quasi-uniforme avec  $z \approx z_c$ .

**Q20.** D'après la loi de Faraday :

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = \pm \frac{2E_0}{c} \omega_0 \cos(k_0 z_c) a^2 \sin(\omega_0 t)$$
 selon le choix effectué pour l'orientation du circuit.

**Q21.** Les maxima vérifient encore  $k_0 z_c = m\pi$ . La distance entre deux maxima est donc égale à  $\frac{\lambda_0}{2}$ .

**Q22.**  $d = \frac{\lambda_0}{2} = \frac{c}{2\nu_0}$ , il vient  $\nu_0 = \frac{c}{2d} = 30$  MHz.

**Q23.** « Évaluer l'affaiblissement d'un signal à l'aide du coefficient d'atténuation. »

**Q24.** Résolution de l'exercice :

1)  $A = -20 \log\left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right) = -20 \log\left(\frac{c}{4\pi f d}\right) = 131$  dB

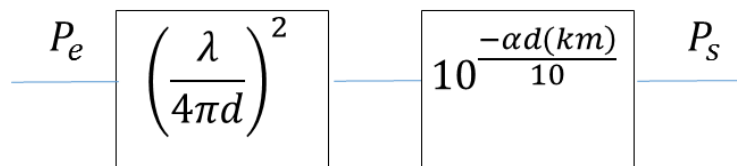
2)  $A' = 131 + 16 = 147$  dB

Des améliorations à apporter au regard des difficultés rencontrées peuvent être :

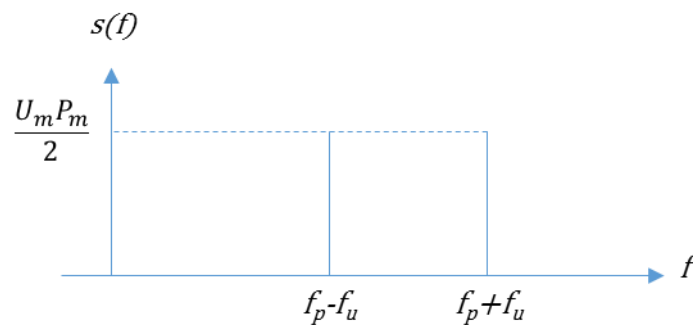
Difficultés	Améliorations
Le coefficient d'atténuation linéique n'est pas défini formellement, ce qui est délicat pour une activité introductive sur ce point.	Il est possible de donner la définition ou d'insister sur les unités $A(\text{dB}) = \alpha(\text{dB/km}) \times d(\text{km})$ .
La lecture du diagramme est délicate.	Un exemple de diagramme analogue peut être proposé au préalable.

<p>Le document A évoque le rapport <math>\frac{P_s}{P_e}</math> et ensuite l'affaiblissement utilise <math>\frac{P_e}{P_s}</math> afin de manipuler des grandeurs positives ; il y a aussi des éventuels problèmes avec les puissances de 10 ; la relation <math>\lambda = \frac{c}{v}</math> n'est pas rappelée.</p>	<p>Un rappel sur la fonction log et une uniformisation des notations peuvent être proposés. Selon les objectifs visés, la relation entre <math>\lambda</math>, <math>c</math> et <math>v</math> peut être rappelée.</p>
---	---

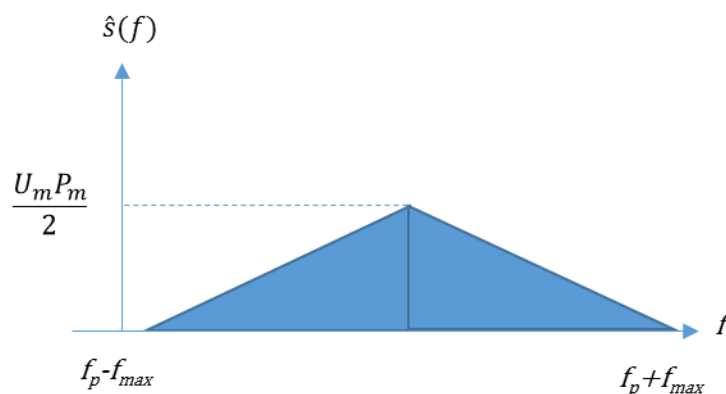
Un schéma « bloc » aurait aussi aidé à mieux comprendre les deux sources d'atténuation :



**Q25.** On a donc  $s(t) = u(t) \times p(t) = \frac{U_m P_m}{2} (\cos(\omega_p - \omega_u) t + \cos(\omega_p + \omega_u) t)$

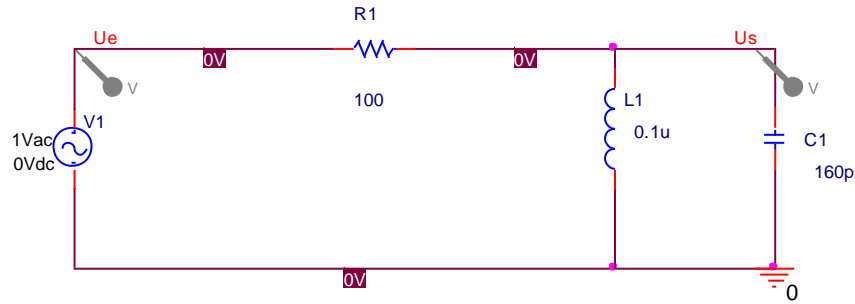


**Q26.** On obtient, par linéarité, le spectre suivant



**Q27.** On peut proposer deux circuits RLC :

1<sup>er</sup> montage :



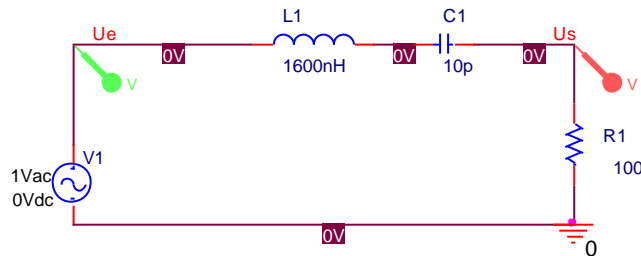
$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{Z_{eq}}{R+Z_{eq}} = \frac{jL\omega}{R(1+(jLC\omega)^2)+jL\omega} = \frac{\frac{jL\omega}{R}}{(1+(j\omega)^2LC)+\frac{jL\omega}{R}} = \frac{\frac{j\omega}{Q\omega_0}}{\left(1+\left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2\right)+\frac{j\omega}{Q\omega_0}}$$

$$= \frac{1}{\left(\frac{1}{\frac{j\omega}{Q\omega_0}} - \frac{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{\frac{j\omega}{Q\omega_0}}\right)+1} = \frac{1}{1+jQ\left(\frac{-1}{\frac{\omega}{\omega_0}} + \frac{\omega}{\omega_0}\right)} = \frac{1}{1+jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

La fréquence centrale est  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  et le facteur de qualité est  $Q = R\sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{f_0}{\Delta f} = 4$ . On se fixe  $R = 100 \Omega$  et on peut remarquer que  $Qf_0 = \frac{R}{2\pi L} = 16 \times 10^7 \text{ Hz}$

$$\begin{cases} L \approx 0,1 \mu\text{H} \\ C \approx 160 \text{ pF} \end{cases}$$

2<sup>nd</sup> montage possible :



La fréquence centrale est  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  et le facteur de qualité est  $Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{f_0}{\Delta f} = 4$ . On se fixe  $R=100\Omega$  et on peut remarquer que  $Qf_0 = \frac{1}{2\pi RC} = 16 \times 10^7 \text{ Hz}$

$$\begin{cases} L \approx 1,6 \mu\text{H} \\ C \approx 10 \text{ pF} \end{cases}$$

#### 4.4. Rapport sur l'épreuve d'exploitation d'un dossier documentaire

##### 4.4.1. Le sujet

Le sujet comporte trois parties indépendantes autour de la thématique de l'eau. L'épreuve est construite avec un double objectif : d'une part s'assurer que le candidat possède des connaissances et des compétences disciplinaires compatibles avec la fonction de professeur dans le secondaire, et d'autre part, s'assurer que le candidat présente un premier niveau de maîtrise des procédés didactiques courants. Le jury

considère qu'un socle disciplinaire solide est indispensable pour assumer correctement la fonction de professeur du secondaire. Concernant les questions pédagogiques, le jury n'attend pas des candidats une expertise en pédagogie ou en didactique, mais simplement un premier niveau de connaissances montrant qu'un processus de formation sur ces questions a été entamé.

La première partie aborde quelques caractéristiques de l'eau. Cette partie comporte trois questions disciplinaires visant à évaluer les compétences pédagogiques des candidats et une résolution de problème. Les thèmes disciplinaires abordés sont l'électrochimie, la thermochimie (application du premier principe), la construction et l'utilisation de diagrammes binaires et enfin la chimie organique par une approche mécanistique. La deuxième partie traite de l'analyse d'une eau polluée par les ions nitrate. Cette partie évalue le candidat sur sa capacité à se projeter dans le métier en lui proposant de réaliser des tâches visant à modéliser certaines pratiques usuelles des enseignants. La troisième partie, plus disciplinaire, aborde la dépollution de l'eau par le chitosane. On traite des notions de stéréochimie, de spectroscopie et de thermochimie. Le temps nécessaire pour traiter chaque question peut être très différent selon la nature de ces dernières. Les résolutions de problème et certaines questions pédagogiques demandent un investissement important de la part des candidats, et le barème est conçu en conséquence. Le nombre restreint de questions permet aux candidats d'y investir le temps nécessaire, et on attend donc d'eux qu'ils proposent des résolutions précises et approfondies.

Enfin, en tant que potentiel futur enseignant, il est attendu d'un candidat au CAPES ou au CAFEP qu'il applique à sa propre production les principes et les méthodes de la démarche scientifique qu'il aura à transmettre une fois en situation.

#### **4.4.2. Impression générale**

Une augmentation significative du nombre de questions traitées par les candidats a été observée. Beaucoup ont d'ailleurs tenté de traiter le sujet dans son intégralité. Les phénomènes de « grappillage » n'ont pas été observés sur cette épreuve, ce qui a permis d'évaluer et de classer les candidats sur le fond de leur production.

Le jury tient à saluer cette année l'engagement des candidats dans leurs tentatives de résolution des questions ouvertes. Elles ont été davantage traitées que lors des sessions précédentes. Les bonnes copies ont notamment attesté de la capacité des candidats à mobiliser leurs connaissances et à extraire les informations utiles des documents. Il est important de rappeler que toutes les réponses, même partielles, ont été valorisées. Il reste néanmoins nécessaire de développer les réponses en prenant soin de détailler les étapes des raisonnements telles qu'elles seraient présentées à des élèves. Les questions d'ordre pédagogique ont été globalement bien traitées par les candidats même si l'on peut regretter chez certains des réponses superficielles et/ou des maladroites rédactionnelles. On constate que parfois la place de l'élève est « oubliée ». Le jury rappelle l'importance pour les candidats de mettre en avant leurs qualités de pédagogues à travers le développement de leurs diverses réponses.

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

Le jury a pu constater que les candidats ne s'appliquent pas toujours à eux-mêmes les conseils qu'ils donneraient pourtant aux élèves, si on en croit leurs réponses à certaines questions. Cela peut concerner la présentation, les applications numériques, la précision des raisonnements. Par exemple, concernant les questions calculatoires, les candidats doivent s'efforcer de rédiger des réponses rigoureuses comme ils l'exigeraient de leurs élèves en tant qu'enseignants. Les formules littérales sont trop souvent absentes ou posées avec des notations inappropriées (non usuelles ou excessivement longues), et les calculs sont parfois écrits au sein même des phrases de conclusion ou d'introduction. Le jury tient également à rappeler l'importance d'utiliser un nombre de chiffres significatifs adéquat dans les applications numériques.

Si la plupart des candidats a produit des copies propres et bien écrites, avec une syntaxe et une orthographe correctes, le jury regrette que cela ne soit pas toujours le cas : écriture illisible, ratures, français approximatif avec une syntaxe douteuse et notamment des phrases incomplètes. On constate une utilisation excessive d'abréviations, une utilisation intempestive du pronom possessif « mon », « ma » (« mon » mécanisme, « ma » présentation...), ou encore des schémas « à main levée » parfois illisibles. L'importance de la numérotation des réponses aux questions afin de gagner en clarté dans la présentation est également rappelée.

#### **4.4.3. 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 pédagogiques et disciplinaires. Cependant, afin d'aider les futurs candidats à se préparer, l'éclairage est porté sur les points à améliorer. Des éléments de correction de l'épreuve sont proposés dans une autre partie de ce rapport.

En détails :

**Q1** Cette question est globalement bien traitée par la majorité des candidats.

**Q2** On constate souvent une confusion entre le montage de la pile électrochimique et le montage de l'électrolyse. La polarité des électrodes est omise par une grande partie des candidats. Les mouvements des porteurs de charge (électrons et ions) sont également très mal traités.

Les définitions élémentaires devraient être mieux connues. Des erreurs relativement nombreuses sont observées sur la définition de la puissance électrique en courant continu, sur la relation énergie/puissance, sur les notions d'oxydation ou de réduction, ou encore sur l'identification de l'anode et de la cathode.

Concernant les solutions partielles, elles supposent une résolution au préalable du problème par le candidat. Cette question évalue donc, de manière

indirecte, les capacités disciplinaires de celui-ci. Pour être validées par le jury, elles doivent donc présenter une cohérence et s'inscrire dans un chemin de résolution possible pour le sujet traité. Elles permettent également d'évaluer les compétences pédagogiques et de valoriser les candidats ayant identifié les difficultés réelles des élèves et leurs conceptions erronées.

**Q3** Beaucoup de candidats omettent de mentionner le caractère « ponctuel » (ou de faire une référence à la taille) des particules dans le modèle des gaz parfaits. Il est à noter, également, une confusion entre la loi des gaz parfaits et les hypothèses nécessaires afin de pouvoir modéliser un gaz comme parfait. Enfin, certains candidats confondent gaz rare et gaz parfait.

**Q4** De grosses lacunes pour la justification de la formule littérale proposée sont observées. Les candidats doivent retravailler la notion de rendement dans le cas d'une électrolyse et également ne pas oublier de considérer la stœchiométrie de la réaction.

**Q5** Concernant la définition de l'énergie de liaison, les candidats oublient presque toujours de mentionner que toutes les espèces mises en jeu sont à l'état gazeux. Il ne s'agit pas d'un détail d'autant que la notion d'énergie de liaison figure dans les programmes de seconde et de première générale. Le jury invite également les candidats à retravailler la seconde loi de Hess à savoir le lien entre l'enthalpie standard de réaction et les énergies de liaison. De nombreuses erreurs de signe sont observées. Il faut fournir de l'énergie pour casser une liaison ; à l'inverse, la formation d'une liaison chimique libère de l'énergie vers l'extérieur. Le lien entre le signe de l'enthalpie standard de réaction (ou, pour faire le lien avec les programmes du secondaire, de l'énergie molaire de la réaction) et la notion de réaction endothermique ou exothermique n'est pas maîtrisé par une grande partie des candidats.

**Q6** Les difficultés résident dans la non prise en compte de la stœchiométrie de la réaction.

**Q7** Le bilan en carbone non neutre pour l'électrolyse est souvent mentionné par les candidats mais une grande majorité d'entre eux ne mènent pas d'analyses quantitatives rigoureuses pour illustrer ses propos. Le jury invite les candidats à complexifier leur réflexion sur ces questions qui appellent à des discussions.

**Q8** Certains candidats confondent équation chimique et mécanisme. Il faut également prendre en compte l'ajustement des coefficients stœchiométriques. Concernant les mécanismes de chimie organique, il faut consolider les connaissances sur les mécanismes de déshydratation des alcools et en particulier connaître les conditions d'une  $E_1$  versus une  $E_2$ . Il est rappelé que les flèches des mécanismes proposés doivent toujours partir d'un doublet non liant et qu'un site ne peut pas être à la fois nucléophile et électrophile : les candidats doivent gagner en rigueur dans l'explicitation de leurs mécanismes.

L'analyse de l'expérience n'est bien menée que par une minorité de candidats et concernant l'étude stéréochimique et cinétique, des lacunes demeurent pour une très forte majorité d'entre eux.



**Q9** Un nombre certain de candidats ne maîtrise ni la notion de « problématique » ni celle de « tâche complexe ». Le jury attend une proposition de tâche complexe en accord avec la réalité des contraintes, notamment matérielles, des établissements. Peu de candidats répondent à tous les attendus de la question : une description brève du contenu de la tâche complexe, le déroulé de la séance précisant notamment le rôle de l'enseignant et celui des élèves, sans oublier le type de production demandé (écrite ou orale, sous forme de poster...). Ce type de question est l'occasion d'évaluer les qualités pédagogiques du futur enseignant vis-à-vis de l'ensemble des élèves. Les candidats proposant une différenciation pédagogique sont valorisés.

**Q10 Première résolution de problème**

Il est omis par une grande majorité de candidats que ce paysage de banquise supposait la coexistence simultanée de glace et d'eau liquide. La quasi-totalité des candidats identifie bien la dilution et sait déterminer une concentration correcte en ions chlorure dans l'eau de mer même si l'équation de titrage est souvent omise. On rappelle l'importance, d'un point de vue pédagogique, de toujours préciser l'équation de titrage avant d'écrire la relation entre les quantités de réactifs titrant et titré à l'équivalence, notamment lorsque les coefficients stœchiométriques sont différents.

Concernant la détermination du volume équivalent à partir du graphique représentant la conductivité en fonction du volume de réactif titrant versé, il est attendu un tracé de droites mettant en évidence une rupture de pente. Un candidat ne peut pas se contenter d'une lecture approximative de l'abscisse d'un point. Certains candidats ne prennent pas la peine d'évaluer la fraction massique en ions chlorure, ce qui compromet une lecture efficiente du diagramme binaire.

Les diagrammes binaires doivent être retravaillés par une grande majorité des candidats : construction du diagramme et attribution des domaines, surtout dans le cas d'une immiscibilité à l'état solide qu'il ne faut pas confondre avec le cas d'une miscibilité partielle.

Malgré ces maladresses et omissions, une grande majorité de candidats sait répondre correctement à la problématique posée.

**Q11** Concernant le principe d'une résine échangeuse d'anions, la quasi-totalité des candidats illustre bien l'échange d'anions mais pas l'idée d'interaction électrostatique.

**Q12** Cette question vise à projeter le candidat dans une situation qui constitue une tâche usuelle des enseignants de physique-chimie. Trop de réponses s'avèrent approximatives. Beaucoup de candidats omettent de mentionner l'eau à analyser dans la liste de produits chimiques, de préciser les valeurs des concentrations ainsi que les contenances de la verrerie.

**Q13** La majorité des candidats sait établir les deux équations d'oxydoréduction mises en jeu lors de ce titrage en retour mais très peu savent établir une expression littérale claire de la concentration en ions nitrate de formule  $\text{NO}_3^-$  (à ne pas confondre avec les ions sodium  $\text{Na}^+$  ou une autre formule fantaisiste). Le fait qu'il s'agisse d'un titrage en retour pose problème à de nombreux candidats. Le jury invite ces derniers à s'exercer

sur les quatre grands types de dosage : dosage par étalonnage, dosage par titrage direct, dosage par titrage indirect, dosage par titrage en retour.

**Q14** Concernant le cahier de laboratoire, trop peu de candidats identifient les réelles erreurs de l'élève, à savoir un choix inapproprié de verrerie et une équation de titrage erronée traduisant une confusion entre transformation chimique et réaction. En outre, quand des erreurs pertinentes sont repérées, trop peu de tentatives d'analyse d'erreurs sont proposées. Là encore, on constate donc une difficulté à se projeter dans des situations qui constituent le cœur du métier que les candidats aspirent à exercer. Le jury les invite à s'interroger, pour chaque grande thématique des programmes de physique-chimie du secondaire, sur les conceptions erronées usuelles que peuvent avoir les élèves. Ces analyses sont primordiales pour de futurs enseignants. Concernant l'appréciation, le jury encourage vivement les candidats à faire preuve de bienveillance et de professionnalisme à l'égard de tous les élèves.

**Q16** La plupart des candidats identifient correctement les fonctions classiques mais ne visualisent pas la fonction acétal si l'on considère le polymère dans son ensemble et pas uniquement le monomère.

**Q17** Cette question est dans l'ensemble mal traitée. Les candidats éprouvent des difficultés à établir une formule semi développée correcte faisant apparaître la fonction aldéhyde. Très peu de candidats savent donner une représentation de Fisher correcte. Il y a notamment des confusions avec la représentation de Newman. On rappelle qu'il n'y a aucun lien entre la dénomination D-glucose et le fait que l'espèce soit dextrogyre.

#### **Q18 Seconde résolution de problème**

La quasi-totalité des candidats sait extraire les informations pertinentes pour cette résolution de problème niveau baccalauréat. Toutefois, une quantité non négligeable d'entre eux ne sait pas exploiter à bon escient les documents b et c. Le jury encourage vivement les candidats à retravailler l'exploitation des graphiques représentant l'absorbance ou un rapport d'absorbance en fonction d'une concentration ou d'une masse. Certains candidats se limitent à exploiter uniquement la valeur de la norme française et sont donc pénalisés. Le jury tient également à attirer l'attention des candidats sur la nécessité de faire preuve d'un esprit critique vis-à-vis de la précision de lecture des graphiques proposés.

**Q19** Une grande majorité de candidats éprouve des difficultés sur cette question. Le jury les invite à retravailler les notions de solubilités en prenant notamment en compte les valeurs de  $pK_A$  et la rupture ou formation de liaisons hydrogènes.

**Q20** Très peu de candidats répondent de manière satisfaisante à cette question. Il y a une confusion entre la fréquence de l'appareil et la fréquence de résonance du proton appelée fréquence de Larmor.

**Q21** Des confusions sont constatées entre les notions d'intégration d'un signal et de multiplicité spectrale. La notion de doublet dédoublé n'est pas maîtrisée.

**Q22** Cette question est bien traitée dans l'ensemble.

**Q23** Très peu de réponses correctes sont proposées.

**Q24** Les formules de base de la thermochimie, à savoir le lien entre la constante d'équilibre et l'enthalpie libre standard de réaction ainsi que le lien entre l'enthalpie libre standard de réaction et l'enthalpie et entropie libre standard de réaction, sont connues par un tiers des candidats. Leurs exploitations sont plus hasardeuses. D'autre part, le jury rappelle l'importance de savoir interpréter le signe de l'enthalpie libre standard de réaction ainsi que le signe de l'entropie standard de réaction.

**Q25** Extrêmement peu de candidats savent donner une définition correcte de l'absorbance. Le jury les invite à s'intéresser à cette grandeur qui est utilisée dans de nombreuses activités expérimentales proposées dans le secondaire. On rappelle que la loi de Beer-Lambert, qui donne une expression possible de l'absorbance en fonction des concentrations des espèces qui absorbent le rayonnement, ne constitue pas une définition de l'absorbance. De nombreuses confusions d'ordre mathématique entre inverse et opposé sont constatées.

**Q26** Beaucoup de candidats proposent une relation mathématique erronée reliant l'absorbance et la transmittance. L'intérêt analytique est très peu traité. Quant au mécanisme, peu de candidats proposent un mécanisme cohérent.

**Q27** L'expérience du candidat en laboratoire est déterminante pour traiter correctement cette question.

#### **4.4.4. Synthèse concernant les savoirs disciplinaires**

Le jury constate des faiblesses dans les domaines suivants (qui doivent donc constituer un point d'attention tout particulier dans la préparation au concours) :

- la réactivité et les aspects mécanistiques en chimie organique (nucléophilie, électrophile, sens des flèches courbes) ;
- la thermochimie et notamment les notions liées à la quantification des échanges énergétiques se produisant lors d'une transformation chimique ;
- les différentes catégories de dosages : dosage par étalonnage, dosage par titrage direct, dosage par titrage indirect, dosage par tirage entre retour.

Toutes ces notions sont enseignées dans les programmes des filières générales et/ou technologiques du lycée ; les maîtriser est donc un préalable incontournable.

#### **4.4.5. Synthèse concernant les questions pédagogiques**

Les candidats possèdent globalement un premier niveau de maîtrise satisfaisant sur les aspects pédagogiques et didactiques. Il est néanmoins constaté une difficulté à se projeter dans leur futur métier et dans des situations concrètes. L'élève est trop souvent oublié. Le jury n'attend pas des candidats l'expérience de professeurs en activité, mais qu'il montre qu'il a déjà conduit une première réflexion sur ce que sera le quotidien de son métier.

#### **4.4.6. Conclusion**

Le jury observe des points de satisfaction sur les aspects pédagogiques, didactiques et sur le souci qu'ont les candidats d'essayer de traiter en profondeur

toutes les questions du sujet. De nombreuses prestations gardent un niveau disciplinaire trop léger ce qui conduit toujours 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 avoir une maîtrise des notions enseignées dans le secondaire et de leurs prolongements dans le premier cycle universitaire (licence).

La démarche de modélisation, colonne vertébrale des « nouveaux programmes » du secondaire, est une entrée intéressante pour préparer l'écrit (et l'oral) de ce 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 notion d'incertitudes de mesures dans les sciences expérimentales ne saurait être négligée. Un changement d'approche concernant l'évaluation des incertitudes est proposée dans les nouveaux programmes du secondaire (baccalauréat 2021).

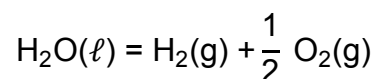
Sur tous ces sujets, le jury invite les candidats à s'informer largement et s'appropriier les ressources consultables notamment sur Éduscol.

Le jury tient à féliciter les excellents candidats qui ont réussi à démontrer leur maîtrise des savoirs disciplinaires, pédagogiques et didactiques à travers cette épreuve.

#### **4.5.Éléments de correction de l'épreuve d'exploitation d'un dossier documentaire**

La solution proposée vise uniquement à aider les futurs candidats à se préparer au concours. Elle constitue simplement une proposition. Concernant notamment les questions pédagogiques, d'autres approches sont possibles et ont été pleinement valorisées par le jury. **La solution proposée n'a donc aucune visée normative.**

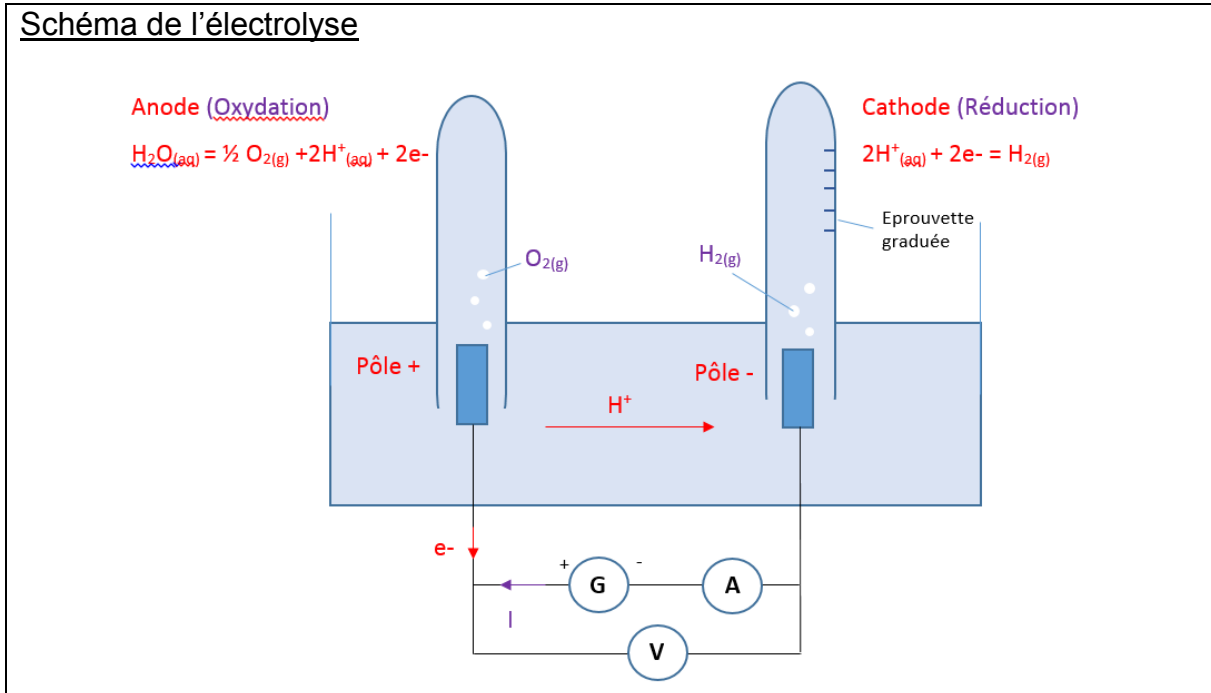
**Q1.** L'équation de la réaction de décomposition de l'eau s'écrit :



L'augmentation de la masse du canon du fusil provient de l'intégration du dioxygène gazeux de l'eau au métal (oxydation) pour former un (ou des) oxyde(s) de fer. L'augmentation de la masse de dihydrogène est donc :  
 $w(\text{H}) = \frac{m(\text{H}_2)}{m(\text{O}) + m(\text{H}_2)} = \frac{13,172}{103,945} = 0,1267$ , soit 12,7 %. Ce résultat est à comparer à  
 $w(\text{O}) = \frac{M(\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{16,0}{18,0} = 0,889 = 89 \%$ , et  $w(\text{H}) = \frac{2 \cdot M(\text{H})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{2,0}{18,0} = 0,111 = 11 \%$ . Les résultats historiques sont en bon accord avec les connaissances actuelles.

**Q2. Électrolyse**

Schéma de l'électrolyse



Calcul de la puissance électrique:  $P = U \cdot I$  avec  $P$  puissance en watt (W),  $U$  tension électrique en volt V, et  $I$  intensité du courant électrique en ampère A.

Exemples de solutions partielles :

- mesurer le volume de dihydrogène gazeux produit pendant la durée de l'électrolyse ;
- déterminer la masse du volume de dihydrogène gazeux produit lors de l'expérience d'électrolyse en utilisant la loi des gaz parfaits et la masse molaire du dihydrogène

**Q3. Modèle du gaz parfait**

Les particules sont considérées comme ponctuelles et sans d'interaction entre elles.

**Q4.** Selon la loi de Faraday, la charge  $Q$  est définie par l'expression :  $Q = n_{(e^-)éch} \cdot F$ , où  $F$  désigne le Faraday.

Le rendement faradique est défini par l'expression :

$$\eta = \frac{n_{\text{espèce obtenue}}}{n_{\text{espèce théorique max}}} = \frac{m_{\text{espèce obtenue}}}{m_{\text{espèce théorique max}}}$$

L'énergie électrique est définie par l'expression :  $E = U \cdot i \cdot \Delta t = U \cdot Q = U \cdot n_{(e^-)éch} \cdot F$

Selon la demi-équation redox,  $n_{(e^-)éch} = 2 \times n_{H_2} = 2 \frac{m_{H_2 \text{ théorique max}}}{M_{H_2}}$

Il vient  $E = U \times 2 \frac{m_{H_2 \text{ théorique max}}}{M_{H_2}} \times F = U \times 2 \frac{m_{H_2 \text{ obtenu}}}{M_{H_2} \times \eta} \times F$

Pour une tonne soit  $1,0 \cdot 10^6$  g, l'énergie électrique est donc

$$E = \frac{2 \times 1,8 \times 10^6 \times 96500}{2 \times 0,70} = 248 \text{ GJ soit } 2,5 \times 10^2 \text{ GJ. Le coût énergétique est donc de}$$

$2,5 \times 10^2$  GJ/tonne.

**Q5.** Dans le cas d'une molécule diatomique A-B, l'énergie de liaison est l'énergie nécessaire pour rompre une mole de la liaison A-B, toutes les espèces étant à l'état gazeux.

Pour une réaction se déroulant en phase gazeuse, l'enthalpie standard de réaction  $\Delta_r H^\circ$  s'écrit :  $\Delta_r H^\circ = \sum E_{(\text{liaisons rompues})} - \sum E_{(\text{liaisons formées})}$

Ainsi, l'énergie molaire de vaporéformage  $E_{\text{vap}}$  est calculée selon le bilan :

$$E_{\text{vap}} = [4 \cdot E_{(\text{C-H})}] + [2 \times 2 \cdot E_{(\text{O-H})}] - [2 \cdot E_{(\text{C=O})}] - [4 \cdot E_{(\text{H-H})}]$$

A.N :  $E_{\text{vap}} = 153 \text{ kJ/mol}$

**Q6.** L'énergie consommée vaut :  $\Delta H = \Delta_r H \times \xi = \Delta_r H \times \frac{n_{\text{H}_2}}{4} = \Delta_r H \times \frac{m_{\text{H}_2 \text{ produite}}}{4M_{\text{H}_2}}$  Il vient donc

$\Delta H = 19 \text{ GJ}$  pour une tonne de dihydrogène produite.

**Q7.** La production d'une tonne de dihydrogène par électrolyse demande  $\frac{2,48 \times 10^9}{3,6 \times 10^6} = 6,9 \times 10^4 \text{ kWh}$  ce qui représente un coût de 5440 euros soit 5,44 euros au kg. Les émissions directes de dioxyde de carbone gazeux sont nulles. En revanche, la production d'électricité présente un impact carbone non nul. Pour produire 1 tonne de dihydrogène, il est donc rejeté  $6,9 \times 10^4 \times 74 = 5,1 \times 10^8 \text{ g}$ , soit 5,09 tonnes de dioxyde de carbone. Selon l'énoncé, la production d'une tonne de dihydrogène par vaporéformage coûte environ 2 euros du kg.

Rejet de  $\text{CO}_2$  : une mole de  $\text{H}_2$  produit rejette directement 0,25 mole de  $\text{CO}_2$ . On a

$$\text{donc : } m_{\text{CO}_2} = \frac{1}{4} \times \frac{m_{\text{H}_2}}{M_{\text{H}_2}} \times M_{\text{CO}_2} = 0,25 \frac{1,0 \cdot 10^6 \times 44}{2} = 5,5 \cdot 10^6 \text{ g soit } 5,5 \text{ tonnes.}$$

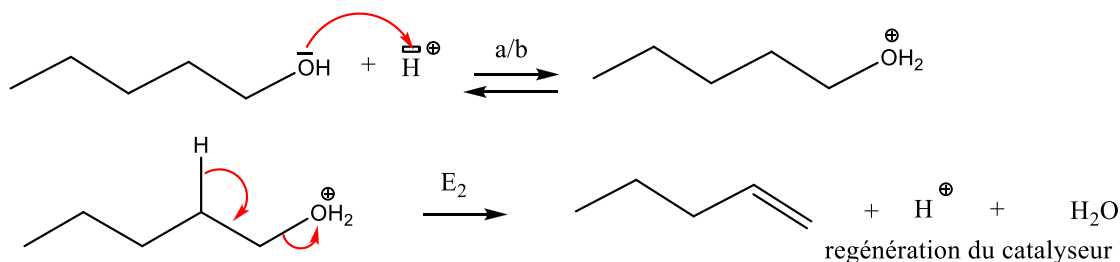
À cela s'ajoute le coût énergétique qui conduit nécessairement à la production de GES.

#### Amélioration de la conclusion (verbatim) de l'élève

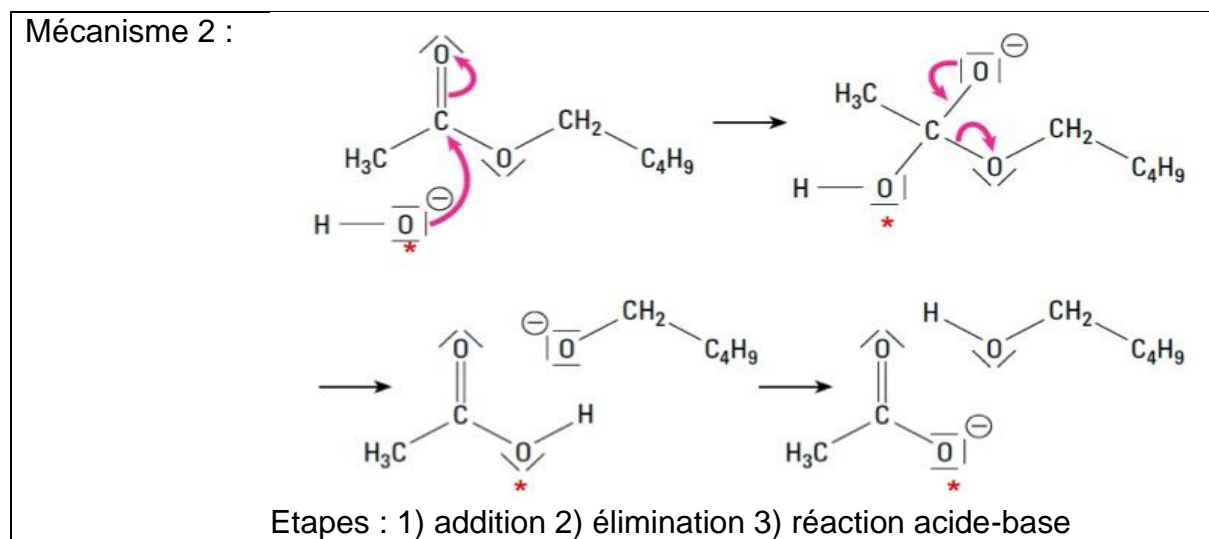
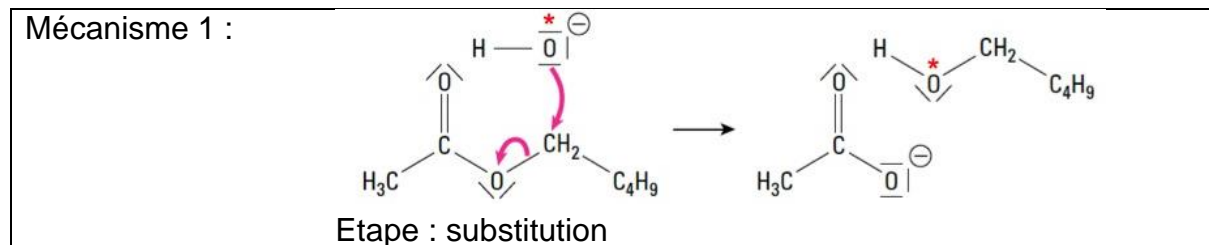
- 3 euros d'écart au kg est un écart très important à l'échelle industrielle.
- Le bilan carbone de l'électrolyse n'est pas nul car il faut regarder l'intégralité de la filière et pas seulement la production directe.
- Toutefois l'usage de l'électrolyse reste moins impactant en terme de GES que le vaporéformage car seul le coût carbone dû à la consommation énergétique est à prendre en compte, et aucune émission directe.

#### **Q8.**

1. Les isotopes d'un élément sont les atomes d'un même élément qui ne diffèrent que par leur nombre de neutrons. Les isotopes d'un même élément ont donc forcément le même nombre de protons.
2. Toute équation de réaction permettant de synthétiser l'éthanoate de pentyle parmi l'ensemble des possibilités qu'offre la chimie organique : estérification de Fisher, utilisation d'un chlorure d'acyle etc...
3. Mécanisme de déshydratation du pentanol en milieu acide :



#### 4. Mécanisme 1 vs mécanisme 2



D'après le document 3, l'eau utilisée est enrichie en isotope lourd  $^{18}\text{O}$  noté avec un astérisque.  $\text{Na(s)} + \text{H}_2\text{O}^* = \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq}) + \frac{1}{2} \text{H}_2(\text{g})$ . D'après la réaction entre le sodium et l'eau, l'oxygène marqué se retrouve dans les ions hydroxyde.

Quelle que soit l'eau, ordinaire ou marquée utilisée initialement (écart de densité de 330 ppm entre l'eau ordinaire et l'eau enrichie en  $^{18}\text{O}$ ), l'eau obtenue *in fine* présente un écart de quelques ppm seulement. Or, la « précision » de l'appareil est aussi de quelques ppm. L'eau produite par la déshydratation est donc ordinaire à la précision expérimentale accessible dans l'expérience reportée : il n'y a pas d'oxygène marqué dans les molécules d'eau produites lors de la déshydratation de l'alcool.

Selon le mécanisme 1, l'atome d'oxygène marqué se retrouve dans l'alcool (pentan-1-ol) qui est ensuite déshydraté, et donne de l'eau dont certaines molécules sont porteuses de l'atome d'oxygène marqué. L'eau obtenue devrait donc avoir un écart de densité significatif par rapport à de l'eau ordinaire à la même température. Ce mécanisme n'est donc pas conforme aux résultats expérimentaux.

Selon le mécanisme 2, l'atome d'oxygène marqué se retrouve dans l'ion carboxylate et non dans l'alcool qui est ensuite déshydraté, et donne de l'eau ordinaire. Ce mécanisme est donc conforme aux résultats expérimentaux.

En conséquence, le mécanisme 2 est validé par l'étude de Polanyi et Szabo.

#### 5. Études cinétiques et stéréochimiques

- Études cinétiques : Dans le mécanisme 2, l'étape n°1 est cinétiquement déterminante et d'ordre 2. Le mécanisme 2 est validé.
- Études stéréochimiques : Dans le mécanisme 2, c'est l'atome de carbone trivalent qui réagit et non l'atome de carbone asymétrique qui conserve donc sa géométrie spatiale et sa configuration. Le mécanisme 2 est validé.

Conclusion : le mécanisme 2 est validé par les études cinétiques et stéréochimiques (et le mécanisme 1 est invalidé par l'étude stéréochimique).

#### Q9. Mise en situation de résolution des élèves face à une tâche complexe

- Problématique : Comment se déroule l'hydrolyse basique des esters à l'échelle microscopique ? La problématique doit être un questionnement ouvert.
- Possibilité de scénario 1 :
  - ✓ Phase individuelle de 5-10 minutes puis en groupes de 3-4 élèves.
  - ✓ But de la tâche : parmi les deux mécanismes envisagés déterminer le mécanisme en accord avec les données expérimentales.
  - ✓ Conditions : production écrite.
  - ✓ Documents fournis : descriptif historique, les deux mécanismes.
- Possibilité de scénario 2 :
  - ✓ Phase individuelle de 5-10 minutes puis en groupes de 3-4 élèves.
  - ✓ But de la tâche : déterminer si les résultats expérimentaux valident ou non le mécanisme fourni au groupe.
  - ✓ Conditions : présenter oralement à la classe le mécanisme étudié par le groupe en utilisant le vocabulaire adapté : nucléophile/électrophile, flèches courbes, charges partielles, addition... avant de conclure sur sa validité.
  - ✓ Documents fournis : descriptif historique et un seul mécanisme (parmi les deux fournis ou d'autres possibles comme celui de la substitution directe sur C=O), la difficulté du mécanisme peut être ajustée en fonction des besoins des élèves).

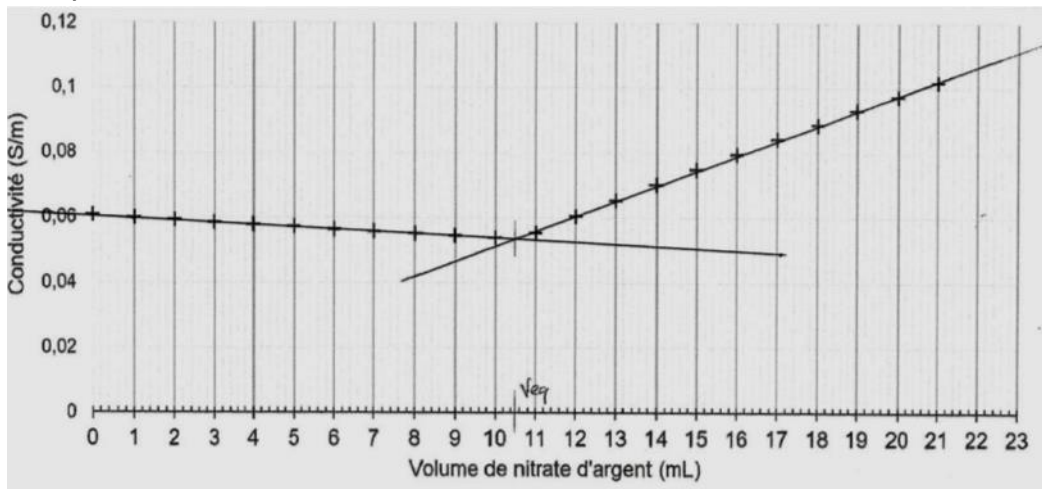
#### Q10. Résolution de problème

La banquise correspond à la coexistence de la glace (eau solide) et de l'eau salée liquide (solution aqueuse de chlorure de sodium).

- Exploitation du dosage conductimétrique
  - ✓ La réaction support du titrage s'écrit :  $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) = \text{AgCl}(\text{s})$ .
  - ✓ Le tracé des modélisations affines des deux parties caractéristiques du titrage, définies par la baisse puis la hausse de la conductivité mesurée, permet à l'intersection de définir le point d'équivalence du titrage. La



valeur approximative du volume à l'équivalence ainsi déterminée est  $V_{eq} = 10,5 \text{ mL}$ .



- ✓ Écriture de la relation à l'équivalence et son exploitation :  

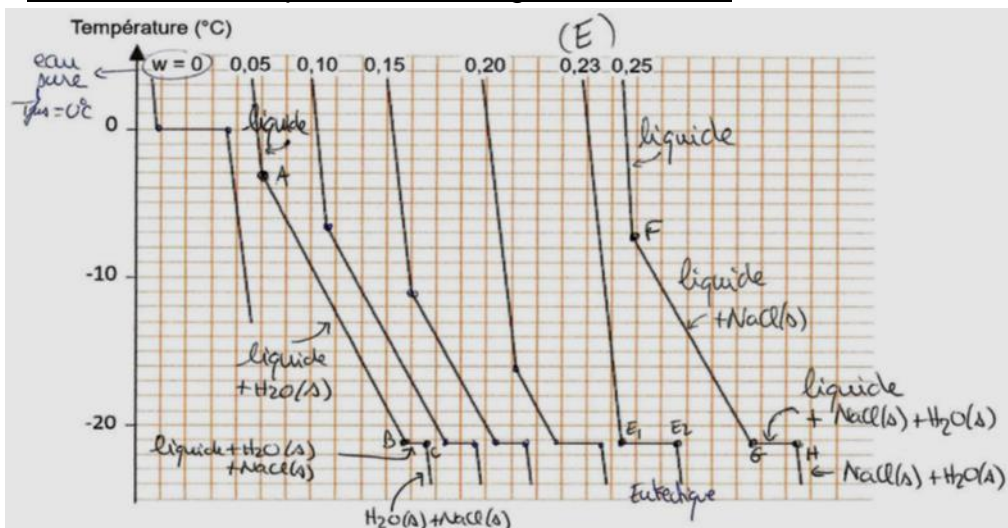
$$n_{Ag^+} = n_{Cl^-} \Leftrightarrow C_{Ag} V_{eq} = [Cl^-] V_0$$

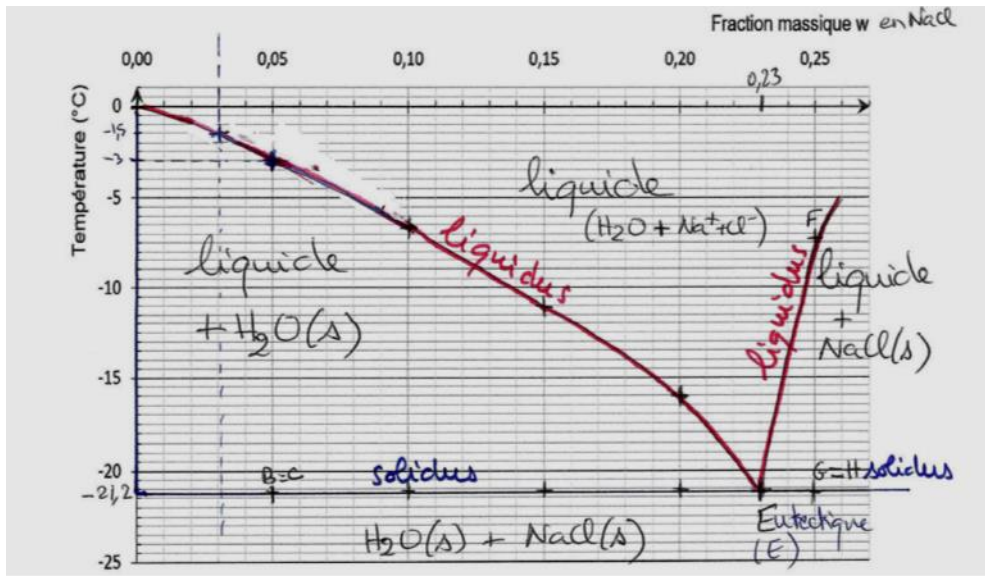
Dans l'eau de mer diluée on a donc  $[Cl^-] = \frac{0,050 \times 10,5}{10} = 0,0525 \text{ mol.L}^{-1}$ . La concentration en quantité de matière de sel dans l'eau de mer vaut donc  $0,525 \text{ mol/L}$ .

- Détermination de la fraction massique en sel  $w(\text{NaCl})$

La fraction massique en chlorure de sodium est définie par :  $w(\text{NaCl}) = \frac{m_{\text{NaCl}}}{m_{\text{NaCl}} + m_{\text{H}_2\text{O}}}$ . On suppose que la densité de l'eau reste proche de 1. Dans ce cas 1 L d'eau a une masse de 1000 g et contient 0,525 mol de NaCl soit 30,7 g. La fraction massique en sel vaut donc  $30,7/103,1 \approx 3 \%$ .

- Construction et exploitation du diagramme binaire





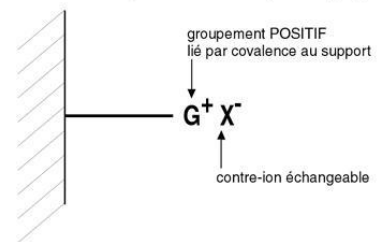
On reporte la valeur de  $w_{\text{NaCl}} = 0,03$  sur le diagramme binaire et on en déduit que pour cette fraction massique en sel, l'eau glacée  $\text{H}_2\text{O}(s)$  et le domaine liquide peuvent coexister pour une température comprise entre  $-1,5\text{ °C}$  et  $-21,2\text{ °C}$ .

En reportant la valeur de  $-3\text{ °C}$ , on se rend compte que pour être dans le domaine liquide, il faut une proportion de sel telle que  $w_{\text{NaCl}} \geq 0,05$ .

### Q.11

Une résine échangeuse d'ions est un composé solide, qui au contact d'une solution, peut échanger ses ions contre des ions de même signe provenant de la solution. Par exemple pour éliminer les ions nitrate d'une solution aqueuse, on pourrait utiliser une résine qui échange les ions  $\text{NO}_3^-$  par des ions chlorure  $\text{Cl}^-$  ou hydroxyde  $\text{HO}^-$ .

Résine échangeuse d'anions (anionique) :



### Q.12

Bureau :

- Eau à analyser
- Solution de sel de Mohr  $2,00 \cdot 10^{-3}\text{ mol.L}^{-1}$  + bécher
- Solution de  $\text{KMnO}_4$  à  $3,0 \cdot 10^{-4}\text{ mol.L}^{-1}$  + bécher
- Tige aimantée (canne à pêche)

Sorbonne :

- 1 bécher + 1 éprouvette 10 mL
- acide sulfurique concentré

Éléments de sécurité : gants et lunettes indispensables

Pour un poste élève :

- 3 béchers 100 mL
- 1 bécher « poubelle »
- 1 erlenmeyer ou bécher 250 mL + son bouchon
- 2 pipettes jaugées de 25mL ou 50 mL ou 2 fioles jaugées de 50 mL

- 1 burette 25 mL
- 1 agitateur magnétique chauffant + barreau aimanté (turbulent)

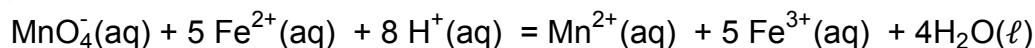
Gestion des déchets : Prévoir des bidons de récupération adéquats

### Q.13

#### Vérification du calcul de l'élève

Quantité initiale d'ion  $\text{Fe}^{2+}$  :  $n_{\text{ini}}(\text{Fe}^{2+}) = C_1 \times V_1 = 2,00 \cdot 10^{-3} \times 50 \cdot 10^{-3} = 1,0 \cdot 10^{-4}$  mol.

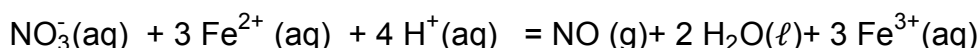
Équation de la réaction de titrage des ions ferreux  $\text{Fe}^{2+}$  en excès par les ions permanganate  $\text{MnO}_4^-$  :



À l'équivalence :  $\frac{n_{\text{dosé}}(\text{Fe}^{2+})}{5} = n_{\text{MnO}_4^-}$

$$n_{\text{dosés}}(\text{Fe}^{2+}) = 5 \times C_2 \times V_{\text{eq}} = 5 \times 3,0 \cdot 10^{-4} \times 11,20 \cdot 10^{-3} = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ mol.}$$

Équation de la réaction entre les ions  $\text{Fe}^{2+}$  et les ions nitrate :



$$n_{\text{ini}}(\text{NO}_3^-) = \frac{n_{\text{conso}}(\text{Fe}^{2+})}{3}$$

$$n_{\text{ini}}(\text{NO}_3^-) = \frac{n_{\text{ini}}(\text{Fe}^{2+}) - n_{\text{dosé}}(\text{Fe}^{2+})}{3}$$

Donc la concentration en nitrate est :

$$C = \frac{n_{\text{ini}}(\text{NO}_3^-)}{V_{\text{EAU}}} = \frac{C_1 \times V_1 - 5 \times C_2 \times V_{\text{eq}}}{3 \times V_{\text{EAU}}} = 5,5467 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} = 554,67 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$$

Le calcul de l'élève est correct.

### Q.14

#### Analyse du cahier de laboratoire

##### Points positifs

- Compréhensible.
- Présentation claire des opérations du titrage.
- Informations pertinentes (coloration à l'équivalence...).
- Conclusion mise en valeur et comparaison à une valeur de référence.
- Schéma du dosage complet et légendé, séparation état initial et état final.

##### Erreurs ou confusions

- Choix de la verrerie non adapté pour les prélèvements (pipette jaugée pour l'eau à analyser et le sel de Mohr, éprouvette pour acide sulfurique).
- Repérage de l'équivalence explicite, mais équation associée fautive : non ajustée, confusion réaction et transformation.

Une représentation courante chez les élèves est de considérer qu'à l'équivalence les espèces sont présentes dans l'erlenmeyer (dans les proportions stœchiométriques). Ici l'élève a compris qu'elles ont réagi et ne sont pas présentes. Cependant l'acide est en excès et apparaît ici avec une quantité nulle. On remarque la présence de  $\text{MnO}_4^-$  à droite dans l'équation, alors qu'il s'agit d'un réactif qui a disparu à l'équivalence. Son excès juste après explique le repérage de l'équivalence. Ici la difficulté principale de l'élève concerne l'équation de la réaction chimique et ce

qu'elle représente. L'élève considère que l'équation représente effectivement ce qu'il y a dans l'erenmeyer. Ainsi, selon lui, les réactifs restant sont à droite dans l'équation. Son erreur révèle que pour lui, la partie gauche de l'équation est ce qu'il y a au départ et qui a disparu, la partie droite de l'équation est ce qu'il y a à la fin dans l'erenmeyer. Il y a probablement confusion entre transformation et réaction chimique.

Commentaire de 5 lignes avec conseils

Expliciter le calcul de concentration, préciser les sources pour valeur de référence, ne pas vouloir faire dire trop de choses à une équation de réaction, etc...

**Q.15**

Réaliser

→ Manipulation :

- prélever 50 mL d'eau à analyser en utilisant correctement la pipette jaugée ;
- prélever 10 mL d'acide sulfurique en utilisant correctement une éprouvette graduée ;
- prélever 50 mL de solution de sel de Mohr en utilisant correctement la pipette jaugée ;
- placer la solution titrante dans la burette en ajustant le zéro ;
- repérer l'équivalence grâce au changement de couleur ;
- respecter les règles d'hygiène et de sécurité au laboratoire ;

....

→ Exploitation :

- écrire l'équation de la réaction de titrage de  $\text{Fe}^{2+}$  en excès par  $\text{MnO}_4^-$  ;
- écrire l'équation de la réaction entre les ions  $\text{Fe}^{2+}$  et les ions nitrate ;
- établir la relation à l'équivalence en prenant en compte les coefficients stœchiométriques ;

....

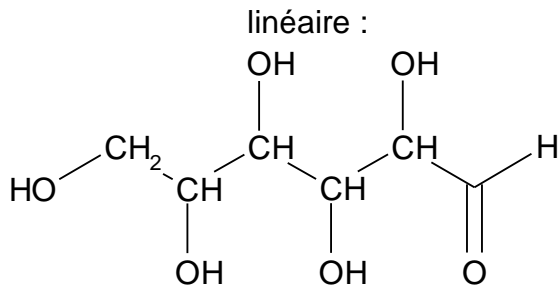
Communiquer :

- présenter les résultats des travaux réalisés ;
- présenter, formuler une conclusion ;
- exprimer un résultat (unité, chiffres significatifs) ;
- ....

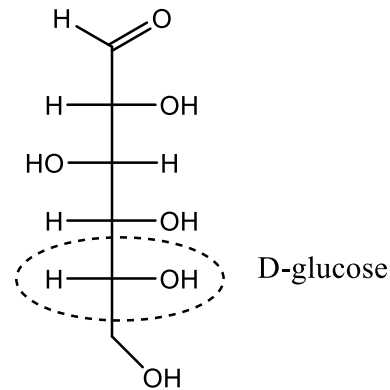
**Q.16.** Dans la chitine on trouve une fonction alcool et une fonction amide. Dans le chitosane, il y a une fonction amine. Il y a aussi une fonction acétal. Les sites basiques de Lewis complexant sont l'atome d'oxygène des fonctions alcool ainsi que l'atome d'azote de l'amine.

**Q.17.** Il s'agit d'un aldose.

Formule semi-développée de la forme



Représentation de Fischer :



### Q.18 Résolution de problème

On cherche à savoir si 60 g de carapaces de crevettes suffisent pour ramener 40 mL d'une solution de sulfate de cuivre initialement à  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  aux normes environnementales françaises.

60 g de carapace de crevettes permettent d'obtenir  $m = \frac{4 \times 60}{100} = 2,4 \text{ g}$  de chitosane (document d). Le document c décrit l'évolution de la concentration en  $\text{Cu}^{2+}$  de 40 mL d'une solution à la concentration initiale de  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  (mêmes conditions que celles de l'énoncé) en fonction de la masse de chitosane ajoutée.

Pour une masse  $m = 2,4 \text{ g}$  de chitosane on obtient graphiquement (document c), pour  $\lambda = 790 \text{ nm}$  et en déterminant les échelles :  $A/A_0 = 2,3 \%$  or  $A_0 = 1,26$  donc  $A = 0,029$ .

Le document a fourni une droite d'étalonnage : la relation entre l'absorbance et la concentration en  $\text{Cu}^{2+}$  à  $\lambda = 790 \text{ nm}$  est linéaire :

$$A = 12,73 \times [\text{Cu}^{2+}] \text{ d'où } [\text{Cu}^{2+}] = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} = 0,14 \text{ g.L}^{-1}.$$

Or la norme française (document b) indique une valeur limite pour  $[\text{Cu}^{2+}]_N = 0,5 \text{ mg.L}^{-1} < 0,14 \text{ g/L}$ . Donc 60 g de carapaces de crevettes ne suffiront pas.

La norme française (document b) indique  $[\text{Cu}^{2+}]_N = 0,5 \text{ mg.L}^{-1} = 7,9 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$  soit une absorbance  $A = 12,73 \times [\text{Cu}^{2+}] \approx 0$

Document c : pour obtenir  $A/A_0 \approx 0$  cela nécessite 3 g environ de chitosane, d'où 75 g de carapaces de crevettes (document d). La lecture graphique de la masse de chitosane a été réalisée approximativement. Il est en effet possible que  $A/A_0 = 0$  pour une masse légèrement inférieure à 3 g. Dès lors la masse de 75 g de carapaces est certainement suffisante.

**Q.19.** Le chitosane correspond à un DA inférieur à 50 %, donc il dispose d'un nombre significatif de groupes amino. Contrairement aux groupes amides des motifs acétylés qui sont sous forme  $\text{R-CO-NH}_2$  (non protonés,  $\text{pK}_a = -0,5$ ), les groupes amino des motifs glucosamine sont majoritairement protonés  $\text{R-NH}_3^+$  (car  $\text{pK}_a = 10,7 > 7 \gg \text{pH}$  du milieu acide). Il y a rupture des liaisons hydrogène entre les chaînes macromoléculaires du chitosane (perte des doublets non liants des atomes d'azote électriquement positifs), et le polymère chitosane porte suffisamment de charges électriques pour être soluble dans l'eau, solvant polaire, dispersant.

**Q.20.** Il s'agit de la fréquence de résonance du proton (fréquence de Larmor) dans le champ magnétique de l'appareil.

**Q.21.** En RMN du  $^1\text{H}$ , au sein de signaux qui appartiennent à la même espèce moléculaire, l'intégrale d'un signal donné (aire de la structure spectrale observée) est proportionnelle au nombre d'atomes d'hydrogène qui résonnent à cette fréquence. Par exemple, pour l'éthanol, la valeur de l'intégration pour le signal correspondant aux trois protons du groupe  $\text{CH}_3$  sera égale à trois fois la valeur de l'intégration du signal associé au proton du groupe OH. De même, la valeur de l'intégration du signal correspondant aux deux protons du groupe méthylène sera double de la valeur de l'intégration du signal associé au proton du groupe OH.

En RMN du  $^1\text{H}$ , lorsque deux atomes d'hydrogène présentant des environnements chimiques différents se situent à  $n$  liaisons de distance l'un de l'autre,  $n$  étant égal en général à 2, 3, voire 4 ou 5 dans les systèmes à haute densité électronique (comme les systèmes conjugués ou aromatiques), ils partagent une interaction de couplage scalaire médiée par les électrons des liaisons, appelée interaction scalaire. Cette interaction est à l'origine de la genèse de la multiplicité spectrale des signaux. Un noyau A couplé à  $n_X$  noyaux X présentera un signal sous la forme d'un  $(n_X+1)$ -uplet. Les intensités relatives de ce  $(n_X+1)$ -uplet suivent les coefficients du binôme de Pascal. Par exemple, les trois protons du groupe  $\text{CH}_3$ , sont couplés avec les deux protons portés par l'atome de carbone adjacent : leur signal sera donc un  $(2+1)$ -uplet d'intensités relatives 1 : 2 : 1, dénommé triplet. Simultanément, les deux protons du groupe méthylène sont couplés avec les trois protons du groupe méthyle : leur signal sera donc un  $(3+1)$ -uplet d'intensités relatives 1 : 3 : 3 : 1, dénommée quadruplet.

Suivant ces règles, le signal de l'atome d'hydrogène porté par l'atome de carbone 1 est un doublet. De même, le signal de l'atome d'hydrogène porté par l'atome de carbone 2 est un doublet de doublet, encore appelé de manière équivalente, doublet dédoublé. En effet, l'atome d'hydrogène porté par l'atome de carbone 2 est couplé de manière *a priori* non équivalente aux deux atomes d'hydrogène chimiquement non équivalents portés par les atomes de carbone adjacents.

**Q.22.** La présence d'un couplage scalaire à 4 liaisons de distance avec un hydrogène possiblement en échange chimique (trop faible pour être observé expérimentalement à la résolution expérimentale près, dans les conditions expérimentales choisies) ainsi que la présence d'un groupement CO électroniquement attracteur constituent deux arguments qui expliquent que les atomes d'hydrogène du groupement méthyle résonnent sous la forme d'un singulet.

**Q.23.** Dans des conditions d'acquisition et de traitement du signal quantitatives, l'aire sous la courbe d'un signal de RMN  $^1\text{H}$  (intégration) est proportionnelle au nombre de protons  $^1\text{H}$  responsables de ce signal, au sein de signaux qui appartiennent à la même espèce moléculaire. Le degré d'acétylation, DA, peut être calculé selon l'une des trois expressions suivantes.

$$DA = \frac{n_{\text{motifs acétylés}}}{n_{\text{motifs acétylés}} + n_{\text{motifs glucosamine}}} = \frac{y}{x+y} = \frac{\frac{1}{3} \text{Int}(H_7)}{\frac{1}{5} \text{Int}(H_{3,4,5,6,3',4',5',6'})}} = \frac{\frac{1}{3} \times 1,00}{\frac{1}{5} \times 5,18} = 0,32 = 32 \%$$

ou

$$DA = \frac{\frac{1}{3} \text{Int}(H_7)}{\frac{1}{1} \text{Int}(H_{2,2'})}} = \frac{\frac{1}{3} \times 1,00}{\frac{1}{1} \times 1,20} = 0,28 = 28 \%$$

ou

$$DA = \frac{\frac{1}{3} \text{Int}(H_7)}{\frac{1}{6} \text{Int}(H_{2,2'} + H_{3,4,5,6,3',4',5',6'})}} = \frac{\frac{1}{3} \times 1,00}{\frac{1}{6} \times 6,38} = 0,32 = 32 \%$$

On peut constater que les signaux sont bien séparés, si bien que les valeurs d'intégrations sont donc plutôt fiables, bien que l'intégrale du signal associé aux atomes d'hydrogène notés 3,4,5,6,3',4',5' et 6' soit un peu moins bien définie que les autres.

**Q.24**

$$\Delta_r G^\circ = -RT \cdot \ln K^\circ = \Delta_r H^\circ - T \cdot \Delta_r S^\circ$$

$$\ln K^\circ = -\frac{\Delta_r H^\circ}{R} \times \frac{1}{T} + \frac{\Delta_r S^\circ}{R}$$

Par identification, à l'aide du document 11, il vient  $-\frac{\Delta_r H^\circ}{R} = 604$  d'où  $\Delta_r H^\circ = -5020 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} = -5,02 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , et  $\frac{\Delta_r S^\circ}{R} = -1,68$  d'où  $\Delta_r S^\circ = -14,0 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ . Comme  $\Delta_r H^\circ < 0$ , cela signifie que la réaction est exothermique, et  $\Delta_r S^\circ < 0$  en accord avec la diminution du nombre d'entités (chrome fixé aux billes)

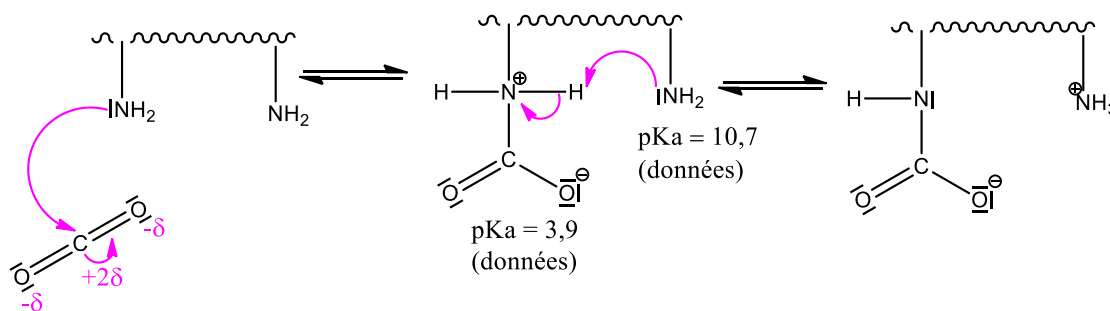
**Q.25.** Les grandeurs absorbance A, et transmittance T, sont définies ci-dessous :

$$T = \frac{I}{I_0} = \frac{\text{intensité du faisceau transmis}}{\text{intensité du faisceau monochromatique incident}}$$

$$A = \log\left(\frac{I_0}{I}\right) = \log\left(\frac{1}{T}\right) = -\log T$$

**Q.26.** La fonction logarithme étant une fonction croissante, l'absorbance et la transmittance varient en sens inverse d'où les observations des élèves.

Un groupe amino réalise une addition nucléophile sur une molécule de dioxyde de carbone. La structure obtenue est déprotonée par un groupe amino à proximité. En effet, pour le couple correspondant, le  $pK_a$  vaut 10,7. Ce site est plus basique que le groupe carboxylate  $\text{COO}^-$  dont le couple correspondant à un  $pK_a$  de 3,9 (d'après les données).



L'absorbance est une grandeur additive dans une solution (loi de Beer-Lambert), ce qui n'est pas le cas de la transmittance. L'observable pertinente pour réaliser des dosages est donc l'absorbance.

**Q.27.** Les spectres infrarouge obtenus par Transformation de Fourier de données acquise à l'aide d'un spectromètre de type interférométrique bénéficient d'un gain en sensibilité et en rapidité d'acquisition.

## 5. À propos de la session 2021

### 5.1. Programme de la session 2021

Le programme des épreuves 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). Les notions traitées dans ces programmes doivent pouvoir être abordées au niveau M1 du cycle master.

### 5.2. Épreuves d'admissibilité

La première épreuve est celle de composition, de durée cinq heures, et de coefficient 1. La seconde épreuve est celle d'exploitation d'un dossier documentaire, de durée cinq heures, et de coefficient 1.

### 5.3. Épreuves d'admission

À l'issue de cette session 2020 du CAPES et du CAFEP et conformément à l'**arrêté<sup>7</sup> du 15 mai 2020**, l'admission a été prononcée sur l'unique base des épreuves écrites. Concernant les épreuves orales, le jury invite donc les candidats à se référer au rapport de la session 2019, qui reste d'actualité en termes de déroulement et d'objectifs des épreuves, ainsi qu'aux conseils consignés ci-dessous qui visent à éclairer les candidats sur les épreuves orales d'admission de la session 2021.

### Épreuves orales d'admission : définition des épreuves (extrait de l'arrêté du 19 avril 2013 modifié par l'arrêté du 30 mars 2017)

Les deux épreuves orales d'admission comportent un entretien avec le jury qui permet d'évaluer la capacité du candidat à s'exprimer avec clarté et précision, à réfléchir aux enjeux scientifiques, didactiques, épistémologiques, culturels et sociaux

<sup>7</sup> Arrêté du 15 mai 2020 portant adaptation des épreuves des sections des concours externes et des troisièmes concours ouverts au titre de l'année 2020 en vue de l'obtention du certificat d'aptitude au professorat du second degré (CAPES) en raison de la crise sanitaire née de l'épidémie de covid-19



que revêt l'enseignement du champ disciplinaire du concours, notamment dans son rapport avec les autres champs disciplinaires.

Un tirage au sort détermine la partie (physique ou chimie) du champ disciplinaire sur laquelle porte l'épreuve 1. L'épreuve 2 porte sur la partie (physique ou chimie) n'ayant pas fait l'objet de la première épreuve d'admission.

✓ **Épreuve de mise en situation professionnelle.**

Le candidat élabore une séquence pédagogique à caractère expérimental 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 et de lycée. Une au moins de ces expériences doit être quantitative et une au moins doit utiliser les technologies de l'information et de la communication. L'entretien avec le jury lui permet de justifier ses choix didactiques et pédagogiques.

Durée de la préparation : trois heures ; durée de l'épreuve : une heure (présentation : trente minutes maximum ; entretien : trente minutes maximum) ; coefficient 2.

✓ **Épreuve d'analyse d'une situation professionnelle.**

L'épreuve prend appui sur un dossier fourni par le jury. Le dossier, constitué de documents scientifiques, didactiques, pédagogiques, d'extraits de manuels ou de productions d'élèves, permet de présenter une situation d'enseignement en collège ou en lycée.

L'entretien permet aussi d'évaluer la capacité du candidat à prendre en compte les acquis et les besoins des élèves, à se représenter la diversité des conditions d'exercice de son métier futur, à en connaître de façon réfléchie le contexte dans ses différentes dimensions (classe, équipe éducative, établissement, institution scolaire, société) et les valeurs qui le portent, dont celles de la République. Durée de la préparation : deux heures ; durée de l'épreuve : une heure (exposé : trente minutes maximum ; entretien : trente minutes maximum) ; coefficient 2.

#### **5.4. Conseils aux futurs candidats concernant les épreuves orales d'admission**

Le jury attire l'attention des candidats sur l'existence de nouveaux programmes des classes de seconde, première et terminale des voies générale et technologique qui sont donc au programme des épreuves du CAPES et du CAFEP pour la session 2021. D'une manière générale, ces programmes mettent particulièrement en avant la pratique expérimentale et l'activité de modélisation, accordent une place importante aux concepts et en proposent une approche concrète et contextualisée. La démarche de modélisation y occupe donc une place centrale pour former les élèves à établir un lien entre le « monde » des objets, des expériences, des faits et celui des modèles et des théories. Des capacités mathématiques et numériques sont identifiées dans la colonne de droite des programmes. Enfin, les programmes explicitent des « repères pour l'enseignement » et une approche renouvelée de la thématique « mesure et incertitudes ».

Ces nouvelles orientations tout comme l'équilibre entre les composantes physique et chimie de la discipline doivent être pris en considération par les candidats dans le cadre de leur préparation au concours de la session 2021 du CAPES ou du CAFEP de physique-chimie.

✓ **Concernant l'épreuve de mise en situation professionnelle**

Le rapport du jury de la session 2019 propose une liste d'exemples de sujets de mise en situation professionnelle qui permettra aux candidats de se projeter dans le type de sujets qu'ils auront à traiter lors de la session 2021. Suite aux changements de programmes dans les filières générales et technologiques, les intitulés publiés dans le rapport 2019 ne seront plus d'actualité pour la session 2021. Néanmoins, une connaissance précise des titres des sujets de MSP n'est pas nécessaire pour se préparer efficacement à cette épreuve. On recommande aux candidats de se constituer durant l'année de préparation « une banque d'expériences classiques » dans les différents domaines de la physique et de la chimie présents dans les nouveaux programmes. Les candidats doivent travailler les capacités expérimentales à la fois sur les aspects pratiques (donc au laboratoire), théoriques et didactiques. Les activités expérimentales support de la formation sont clairement identifiées dans la colonne de droite des programmes et, avec les compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique, elles constituent le cœur de la composante expérimentale de la formation des élèves de lycée.

En s'entraînant à construire une séquence pédagogique mobilisant les capacités expérimentales en lien avec les notions abordées, le candidat pourra acquérir les réflexes nécessaires pour réussir à traiter correctement, en trois heures de préparation, le sujet qui lui sera confié le jour de l'épreuve. Les candidats sont également invités à se référer à la liste des capacités expérimentales présentes à la fin des programmes de la spécialité physique-chimie de la série générale et aux capacités expérimentales identifiées dans les programmes de la série STL de la voie technologique pour bien les maîtriser.

✓ **Concernant l'épreuve d'analyse de situation professionnelle**

Le sujet comporte une liste de tâches à réaliser dans le cadre de l'épreuve. Ces tâches sont diverses et permettent d'évaluer le candidat sur des champs volontairement variés. Celui-ci doit avant tout démontrer sa maîtrise scientifique du sujet proposé, dans un contexte scolaire précisé par le sujet ; il doit également attester de sa capacité d'analyse et de réflexion, à un premier niveau, sur les plans didactique et pédagogique, à se projeter dans le cadre d'un exercice professionnel qui inclue explicitement les élèves et à utiliser les modes d'expression écrite et orale adaptés. Concernant l'exposé de la mise en situation comme de l'analyse de la situation professionnelle, il est rappelé que la durée de trente minutes est indiquée comme étant maximale. Des exposés de grande qualité ont pu être observés sur une durée plus courte. Une présentation claire et rigoureuse est, avant tout, attendue par le jury.