



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

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Rapport du jury

Concours : externe spécial de l'agrégation

Section : physique-chimie

Option : chimie

Session 2020

Rapport de jury présenté par : Pierre Frère, président du jury

SOMMAIRE

Introduction	2
Texte de référence pour la préparation du concours	4
Statistiques de la session 2020	4
Épreuve écrite d'admissibilité	6
Rapport sur la partie à dominante chimie	6
Rapport sur la partie à dominante physique	12
Épreuve d'admission	14
Mise en perspective didactique d'un dossier de recherche	14
Informations concernant la session 2021	20

INTRODUCTION

La session 2020 est la deuxième édition du concours externe spécial de l'agrégation de physique-chimie option chimie. Ce concours réservé aux docteurs en chimie a les mêmes exigences que celles demandées aux concours externes standards tout en cherchant à valoriser des parcours professionnels riches qui ont une dimensionnalité recherche très forte. Cette deuxième session confirme que ce concours spécial permet de recruter des enseignants avec un très haut niveau scientifique et ayant une pratique de la chimie très variée dans différentes spécialités, moyennant un indispensable effort de préparation. Comme les professeurs recrutés enseigneront la physique – chimie dans le secondaire, en classe préparatoire aux grandes écoles ou en sections de techniciens supérieurs, des connaissances solides sont exigées dans tous les domaines de la chimie ainsi qu'en physique.

La session 2020 du concours a été fortement perturbée par la COVID-19, en particulier pour les épreuves orales. Comme l'épreuve écrite s'est déroulée le 11 mars, juste avant les mesures de confinement, il a été possible d'organiser la correction dématérialisée des copies puis d'effectuer la délibération d'admission en mai. En revanche, les contraintes sanitaires imposées en juin après le déconfinement n'ont pas permis de maintenir le calendrier et le format des épreuves orales prévues initialement fin juin. En particulier, il a été décidé de supprimer toute la dimension expérimentale de l'oral, d'une part, et de limiter la durée des oraux. En conséquence, seule l'épreuve de mise en perspective didactique des travaux de recherche (MEPD), spécifique du concours spécial de l'agrégation externe a été conservée, avec un coefficient de 6 pour que le poids de l'oral soit le même que celui de l'écrit. Cette épreuve unique de MEPD a permis de garantir une parfaite équité de traitement des candidats et de limiter les risques sanitaires. Le jury, parfaitement conscient de la difficulté engendrée par l'annulation des leçons de chimie et de physique qui a eu pour conséquence de reporter toute la préparation sur une épreuve orale, souligne la grande qualité de certaines présentations qui témoignaient d'une réelle mise en perspective didactique des travaux de recherche réalisés avec le futur métier d'enseignant. Les moins bonnes prestations sont celles de candidats qui sont restés trop attachés à une présentation scientifique de leurs travaux de recherche de type « communication » dans un congrès.

Comme pour les autres concours externes de l'agrégation de physique – chimie, cette session a vu une baisse des inscrits avec au final 75 candidats (133 l'an dernier) ayant composé à l'épreuve

écrite. Parmi ces candidats, 12 ont été déclarés admissibles, 11 se sont présentés à l'épreuve orale et les 5 postes ouverts au concours ont été pourvus.

Les enseignants certifiés représentent 36 % des candidats présents à l'épreuve écrite et 33% (4) des admissibles ; un certifié a été admis. Cette session confirme que l'agrégation externe spéciale ne correspond pas une « agrégation interne bis » qui serait réservée aux professeurs certifiés docteurs. Si les enseignants stagiaires du 2nd degré représentent seulement 5 % des présents à l'écrit, ils forment 17 % des admissibles et un seul a été admis. Il peut être noté que 8% des candidats présents à l'écrit sont déclarés comme étudiants hors ESPE et que les deux premiers candidats admis sont des étudiants ayant effectué une préparation spécifique. Un candidat déclaré sans emploi a été admis, alors que ce profil de candidat représente seulement 10 % des inscrits. Si pour les épreuves écrites, il y a 44 % de candidates, les femmes ne sont plus que trois aux épreuves orales (25%) ; deux ont été admises.

Le jury tient à souligner l'excellent niveau des premiers lauréats de ce concours. Les deux premiers admis ont une moyenne générale supérieure à 16 /20 et les trois suivants ont obtenu des moyennes très honorables supérieures à 13/20. Ces très bons résultats montrent que le concours spécial de l'agrégation externe permet, comme pour le concours classique, de recruter d'excellents professeurs.

Règlementation de la session 2020

Les textes officiels régissant l'ensemble des concours du second degré ainsi que les programmes de la session à venir sont consultables sur le site internet du ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports, devenirenseignant.gouv.fr. Les modalités pratiques de la session 2020 du concours externe spécial de l'agrégation externe de physique-chimie option physique sont aussi consultables sur le site <http://agregation-chimie.fr/>

Statistiques

Le jury est composé de 7 femmes et 8 hommes et rassemble cinq professeurs des universités, quatre professeurs agrégés, deux inspecteurs d'académie – inspecteurs pédagogiques régionaux (IPR), une inspectrice générale de l'éducation nationale, du sport et de la recherche (IGÉSR) un directeur de recherche CNRS et un maître de conférences.

Pour cette deuxième session du concours, 184 candidats se sont inscrits et 75 étaient présents à l'épreuve écrite. Pour les épreuves orales d'admission, douze ont été admissibles et cinq d'entre eux ont été admis.

Âge des candidats

Moyenne d'âge des candidats inscrits : 38 ans

Moyenne d'âge des admissibles : 40 ans

Moyenne d'âge des admis : 39 ans

Répartition des candidats par sexe

	Femmes	Hommes
Inscrits	97	87
Admissibles	3	9
Admis	2	3

Répartition des candidats par profession.

Profession	Nombre de présents	Nombre d'admissibles	Nombre d'admis
Etudiants et Elèves ENS	6	2	2
Enseignants titulaires (certifiés, PLP....) y compris du supérieur	36	5	1
Enseignant non titulaire (contractuels, stagiaires) y compris du supérieur	18	4	0
Enseignant stagiaire du 2nd degré	4	2	1
Sans emploi	7	1	1

Épreuve écrite

L'épreuve écrite comporte deux parties distinctes corrigées séparément, une en chimie et l'autre en physique.

	Moyenne des candidats ayant composé (hors copie blanche)	Moyenne des candidats admissibles
Partie Chimie	6,80	13,88
Partie Physique	6,27	12,62
Composition Physique-Chimie (coef. 6)	6,63	13,46

Contrairement à la session 2019, il n'y a pas un grand écart entre les moyennes des copies de chimie et de physique. Les candidats ont pris soin de composer en physique et une seule copie blanche de physique a été relevée.

Douze candidats ont été déclarés admissibles. La barre d'admissibilité a été fixée par le jury à 10,5 / 20.

Note du premier candidat admissible : 16,9/20

Note du dernier candidat admissible : 10,6/20

Épreuve orale

Onze candidats sur les douze admis se sont présentés à l'épreuve orale.

Épreuve orale	Moyenne des candidats présents	Moyenne des admis	Note la plus haute	Note la plus basse
Mise en perspective didactique d'un dossier de recherche (coef. 6)	11,18	15,8	17	6

Cinq candidats ont été admis. La barre d'admission a été fixée à 13,25 / 20

Moyenne du premier candidat admis : 17,0 / 20

Moyenne du dernier candidat admis : 13,3 / 20

Épreuve écrite d'admissibilité

Le sujet de l'épreuve écrite d'admissibilité comporte deux parties totalement indépendantes, une partie à dominante chimie et l'autre à dominante physique. Les candidats doivent répondre à chacune des parties sur des copies indépendantes qui sont corrigées séparément. La partie à dominante chimie compte pour 2/3 et la partie physique pour 1/3 de la note finale.

La durée de l'épreuve est de 6h et c'est au candidat de répartir son temps de rédaction pour les deux parties. Il n'y a pas de note éliminatoire pour la partie physique ; néanmoins ne pas prendre le temps de répondre à des questions de physique n'est pas une stratégie à retenir.

Rapport sur la partie à dominante chimie

La partie à dominante chimie du sujet est consacrée dans un premier temps à l'étude de la synthèse de l'acétate de lancifodilactone G puis dans un deuxième temps à celle des ions complexes ferrocyanure et ferricyanure. La première partie aborde la chimie organique alors que la deuxième aborde la structure de la matière (avec en particulier la théorie des orbitales moléculaires), la cinétique et la thermodynamique des réactions d'oxydo-réduction. Les parties et sous-parties de cette épreuve peuvent être traitées dans l'ordre qui convient le mieux au candidat. Au sein de chacune des parties, des questions sont également indépendantes les unes des autres.

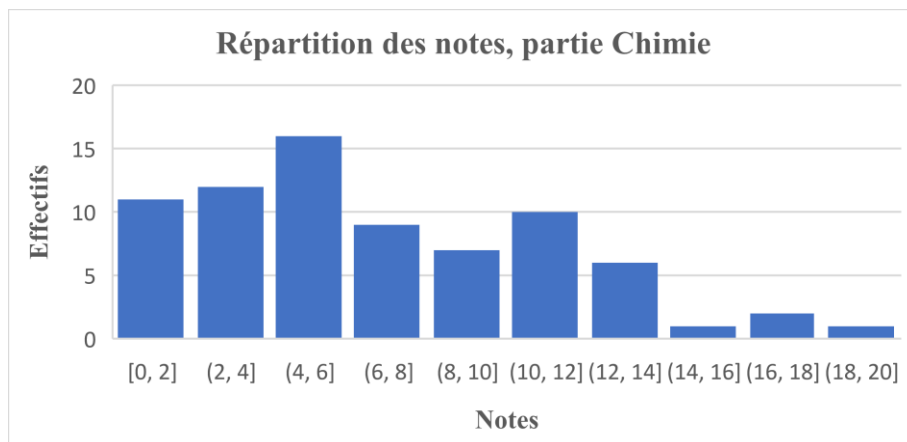
Afin de vérifier la maîtrise de la discipline par les candidats, le sujet comporte de très nombreuses questions d'application immédiate de connaissances ou de raisonnements de niveau L2 ou inférieur. La deuxième partie du sujet permet notamment d'évaluer la capacité des candidats à exploiter les résultats expérimentaux issus de manipulations pouvant être menées en séances de travaux pratiques avec des étudiants de l'enseignement supérieur.

Remarques générales :

Le jury a pu lire quelques très bonnes copies, où les candidats montrent à la fois de solides connaissances en chimie ainsi qu'une rédaction précise et rigoureuse.

Le jury rappelle que les candidats, futurs enseignants, en plus de leurs connaissances et compétences scientifiques, doivent bien maîtriser la langue française.

Les justifications apportées par les candidats ne sont pas toujours suffisantes et satisfaisantes. Même si les termes scientifiques attendus sont présents dans la réponse, ils sont parfois noyés au milieu de phrases dont le contenu est très approximatif, voire faux. Des réponses concises, rigoureuses et utilisant un vocabulaire précis font défaut dans un nombre important de copies.



Moyenne	6,80
Médiane	5,75
1er quartile	2,71
3ème quartile	10,43

Comme dans le rapport de la session 2019, le jury souhaite attirer l'attention des candidats sur la rigueur nécessaire lors de la représentation des mécanismes réactionnels. L'écriture des mécanismes réactionnels en chimie organique (**Q5** et **Q6**) obéit à des conventions précises qui doivent absolument être respectées. Tous les déplacements d'électrons doivent être représentés. Les flèches courbes de déplacement d'électrons ne peuvent partir que de doublets, mais jamais de charges ou d'atomes. Même si certains ouvrages présentent des mécanismes avec des flèches courbes issues de charges formelles, cette notation ne peut être acceptée dans des copies d'agrégation de chimie, écrites par de futurs enseignants. De plus, il est indispensable de dessiner tous les doublets non liants impliqués dans les étapes des mécanismes réactionnels.

Commentaires spécifiques au sujet

Partie 1 : à propos de la synthèse de l'acétate de lancifodilactone G

Il est regrettable que certains candidats perdent du temps en ne dessinant pas les composés organiques apparaissant dans cette partie avec les représentations simplifiées proposées dans l'énoncé.

Dans la question **Q1**, même si la grande majorité des candidats dénombre correctement les stéréoisomères de configuration du composé **3**, rares sont ceux qui justifient que seuls les stéréoisomères *trans* peuvent être obtenus car la réaction de Diels-Alder est une réaction de cycloaddition supra-supra.

De nombreux candidats confondent les termes « stéréoisomères » et « régio-isomères » ce qui a pour conséquence des erreurs notamment dans les questions **Q2** et **Q10**.

La très classique question **Q3** qui a pour but de prévoir la structure du régio-isomère obtenu préférentiellement par réaction entre les molécules **1m** et **2m** pose de très nombreuses difficultés soit parce que les candidats ne comprennent pas le tableau de données n°1 (confusion entre énergie et coefficients), soit parce qu'ils ne connaissent pas la méthode permettant de répondre à ce type de question. Il faut dans un premier temps dénombrer les électrons π du diène et du diénophile,

puis identifier leurs orbitales frontalières. L'interaction à prendre en compte de façon privilégiée est celle pour laquelle l'écart énergétique entre les orbitales frontalières est le plus faible, à savoir l'interaction entre la HO de **1m** (OM n°4) et la BV de **2m** (OM n°7'). Dans la HO de **1m**, le coefficient le plus important en valeur absolue est celui sur l'atome n°1. Dans la BV de **2m**, le coefficient le plus important en valeur absolue est celui sur l'atome n°1'. Par conséquent, pour avoir le recouvrement maximal, on envisage la formation d'une liaison entre l'atome n°1 de **1m** et l'atome n°1' de **2m**. On en déduit ainsi la structure du régio-isomère obtenu préférentiellement par réaction de Diels-Alder entre **1m** et **2m**.

Les commentaires sur l'écriture des mécanismes en chimie organique (**Q5** et **Q6**) ont déjà été mentionnés dans les remarques générales. Seuls environ 10 % des candidats qui ont abordé ces deux questions y ont répondu correctement. Dans la question **Q6**, il y a une première étape d'addition nucléophile puis une étape d'élimination. Trop de candidats représentent un mécanisme concerté dans lequel l'addition et l'élimination ont lieu de façon simultanée. Dans cette même question, plusieurs arguments permettent de justifier l'intérêt pédagogique de la transformation de **3** en **4** : chimiosélectivité, cyclisation, ...

Il est regrettable que trop peu de candidats connaissent la définition de l'excès énantiomérique (question **Q7**). Le calcul du pourcentage de l'énantiomère le plus abondant n'est évidemment pas suffisant.

Dans la question **Q9**, se contenter de répondre que l'étape **11** → **12** est une étape de protection ne suffit pas. Il est indispensable d'expliquer pourquoi il est nécessaire de protéger la fonction alcool.

Q10 à **Q14** ont en général été bien traitées par les candidats qui ont abordé ces questions.

Les étapes constituant un cycle catalytique doivent être nommées avec précision (question **Q15**). Le passage de **F** à **G** correspond à une élimination réductrice : le terme « réductrice » était attendu.

Très rares sont les candidats qui ont répondu correctement à la question **Q16**. Lors de l'hydrogénation catalytique, on a une addition *syn* des deux atomes d'hydrogène sur la face la moins encombrée de l'alcène. Le DBU est une base qui permet l'épimérisation de l'atome de carbone en α de la fonction cétone.

Dans la question **Q19**, les ordres de grandeur des nombres d'onde des bandes d'absorption infra-rouge qui apparaissaient ou disparaissaient doivent être précisés.

Partie 2 : à propos des ions complexes ferrocyanures et ferricyanures

La partie A porte sur l'application de la théorie des orbitales moléculaires (OM) appliquée au complexe ferrocyanure.

Il est regrettable que 35 % des candidats n'arrivent pas à représenter le schéma de Lewis de l'ion cyanure (question **Q22**).

L'attribution des courbes d'isodensité aux OM correspondantes pose souvent problème (question **Q23**). En considérant le fait que quand le nombre de nœuds dans les OM augmente, l'énergie de ces OM augmente aussi, il est facile d'identifier les OM.

La partie sur l'étude des OM de l'ion ferrocyanure pose beaucoup de difficultés à de nombreux candidats (questions **Q26** à **Q32**).

Seuls 20 % des candidats qui ont traité la question **Q26** ont correctement complété le diagramme d'OM du complexe $[\text{FeL}_6]^{4-}$ de la figure 19. Une simple comparaison de la forme des OM du fragment Fe^{2+} et du fragment des six ligands permet de prévoir quelles orbitales peuvent interagir et conduire aux OM du complexe $[\text{FeL}_6]^{4-}$.

Les quelques candidats qui ont répondu correctement à la question **Q26** n'ont pas eu de difficulté à traiter la question **Q27**. Il s'agit de représenter une combinaison liante dans le cas de l'OM $1e_g$ (et anti-liante dans le cas de l'OM $2e_g$) des orbitales de fragment Ψ_2 et $3d_{x^2-y^2}$ ou Ψ_3 et $3d_{z^2}$.

De nombreux candidats ne connaissent pas la notion « d'orbitales du bloc d » et n'ont su répondre à la question **Q28**. Les orbitales dites du « bloc d » sont celles dont la contribution principale provient des OA d du centre métallique. Ce sont les trois orbitales du niveau t_{2g} , non liantes donc identiques aux orbitales atomiques de la sous-couche 3d de l'ion Fe^{2+} , ainsi que les orbitales du niveau $2e_g$ dont la contribution principale provient des orbitales atomiques 3d de l'ion Fe^{2+} .

Les questions **Q29**, **Q30**, **Q31** et **Q32** portant sur l'effet π -accepteur des ions cyanure n'ont pas eu beaucoup de succès.

L'ion cyanure est un ligand à effet π -accepteur car les OM π vacantes \textcircled{C} et \textcircled{N} peuvent interagir avec les orbitales $3d_{xy}$, $3d_{xz}$ et $3d_{yz}$ du cation métallique.

Par un schéma faisant apparaître ces interactions, on peut mettre en évidence que l'éclatement du bloc d dans le cas du complexe $[\text{FeL}_6]^{4-}$ où L^- est un ligand uniquement σ -donneur est plus faible que l'éclatement du bloc d dans le cas de l'ion $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ où les ions CN^- ont un effet π -accepteur. Le ligand CN^- conduit donc plutôt à des complexes à champ fort. L'effet π -accepteur des ligands entraîne une rétrodonation, ce qui implique le peuplement d'orbitales anti-liantes entre l'atome de carbone et l'atome d'azote.

La liaison carbone – azote est donc affaiblie d'où une diminution du nombre d'onde associé à la bande d'absorption infrarouge de la liaison carbone – azote de 2250 cm^{-1} (ion cyanure libre) à 2044 cm^{-1} pour l'ion ferrocyanure.

Les questions plus délicates nécessitant l'exploitation du diagramme de Tanabe-Sugano (questions **Q33** à **Q37**) ont très rarement été abordées par les candidats.

La partie B est consacrée à l'étude cinétique de l'oxydation de l'acide ascorbique par l'ion ferricyanure.

À la question **Q38**, l'identification de l'atome d'hydrogène responsable de la première acidité de l'acide ascorbique est rarement correctement justifiée. On attend en particulier que les candidats représentent les formules mésomères des bases conjuguées pour déterminer quelle base conjuguée est la plus stable et donc quel atome d'hydrogène est le plus acide. Les candidats n'ayant pas suivi cette démarche se sont souvent trompés dans l'identification de l'atome d'hydrogène le plus acide.

La très classique question **Q39** pose souvent problème aux candidats. On peut déplorer un manque de méthode et parfois de rigueur dans certaines copies (erreurs de signe, confusion entre constante d'équilibre K et constante de vitesse k). Seuls 20 % des candidats qui ont abordé cette question ont réussi à obtenir le résultat final attendu. Pour trouver l'expression de la vitesse de disparition des ions ferricyanure, il faut commencer par donner la formule définissant cette vitesse, appliquer l'approximation de l'état quasi-stationnaire (AEQS) aux intermédiaires réactionnels $A^{\bullet-}$ et HA^{\bullet} et exploiter le fait que l'étape (1) du mécanisme est un pré-équilibre rapide en écrivant la relation de Guldberg et Waage relative à cette réaction.

À la question **Q41**, les candidats comprennent en général que la solution n°1 permet d'être à pH constant mais ils voient rarement qu'elle permet aussi de fixer la force ionique.

La question **Q42** a été en général assez mal traitée. L'énoncé précise que des développements numériques sont attendus. Il faut pour cela remarquer que l'expérience était réalisée dans des conditions de dégénérescence de l'ordre ce qui permet de simplifier l'expression de la vitesse sous une forme du type :

$$v_{d\text{FeIII}} = k_{\text{app}} [\text{Fe}^{\text{III}}]^{\beta} \quad \text{avec } k_{\text{app}} = k [\text{H}_2\text{A}]_0^{\alpha}$$

En intégrant la loi de vitesse (avec comme hypothèse $\beta = 1$) et en appliquant la loi de Beer-Lambert, on obtient une relation entre l'absorbance et le temps. Une régression linéaire (par exemple $\ln(A_t) = f(t)$) permet ensuite de confirmer que la réaction étudiée est effectivement d'ordre partiel 1 par rapport aux ions ferricyanure et de trouver la valeur de k_{app} puis celle de k .

Le jury tient à rappeler aux candidats ne pas oublier l'unité des constantes de vitesse (questions **Q42** et **Q45**) et que cette unité dépend de l'ordre de la réaction.

La question expérimentale **Q43** ainsi que la question **Q44** ont été plutôt bien traitées par les candidats qui les ont abordées.

La partie C porte sur la détermination de grandeurs de réaction grâce à une pile.

L'équation de la réaction de fonctionnement de la pile (**Q46**) n'a pas posé de problèmes. En revanche, moins de 10 % des candidats ont réussi à calculer sa constante d'équilibre. En effet, certains considèrent à tort que le potentiel standard du couple $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ est le même que celui de $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ et ne font pas le calcul intermédiaire de $E^\circ([\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-})$.

Les réponses à la question **Q47** ne sont pas toujours très convaincantes. Le seul argument permettant d'affirmer que les concentrations ne varient pas, c'est-à-dire que l'avancement de la réaction d'oxydoréduction est nul, est que la pile ne débite pas car la grandeur mesurée est **la tension à vide**.

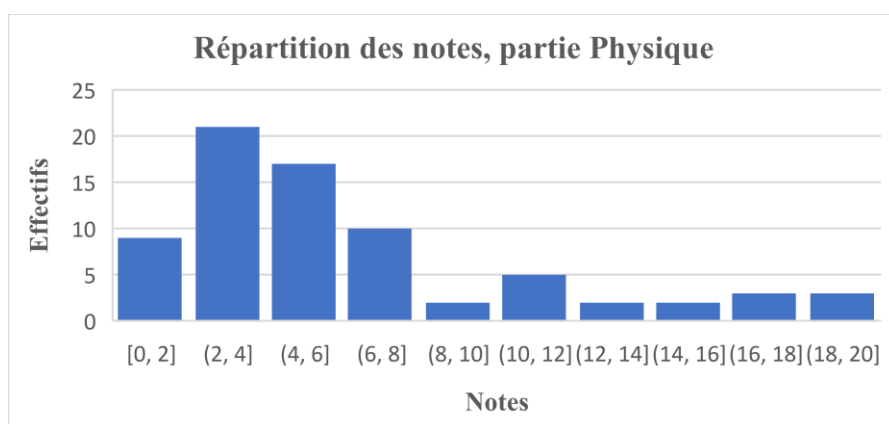
Les candidats qui ont abordé la question **Q48** ont rarement réussi à établir le lien entre la force électromotrice e mesurée et les grandeurs standard $\Delta_r H^\circ$ et $\Delta_r S^\circ$. En effet, nombreux sont les candidats qui assimilent les potentiels d'électrode aux potentiels standard et ne prennent donc pas en compte la concentration C_4 en ion Zn^{2+} .

Le calcul de la constante d'équilibre expérimentale à l'aide des valeurs de $\Delta_r H^\circ$ et $\Delta_r S^\circ$ n'a en général pas posé problème (question **Q49**). Un écart important entre la valeur expérimentale de K° et la valeur obtenue à la question **Q46** doit alerter le candidat sur une erreur de calcul ou de raisonnement dans les questions **Q46**, **Q48** ou **Q49**.

Rapport sur la partie à dominante physique

La partie à dominante physique de l'épreuve écrite du concours spécial de l'agrégation externe de physique-chimie, option chimie, était construite en trois parties qui faisaient appel successivement à des notions de mécanique, d'optique géométrique et physique, de statique et cinématique des fluides ainsi que de thermodynamique.

Toutes les questions de ce sujet, de longueur raisonnable pour le temps imparti, ont été abordées et traitées dans une large majorité de copies. Certaines questions, plus ouvertes, demandaient un certain niveau d'autonomie dans l'analyse et l'appropriation d'une situation de physique. Le jury a relevé des copies de bonne tenue scientifique, des copies qui témoignaient de bon sens physique mais plus légères en contenu et d'autres, plus faibles, voire très faibles.



Moyenne	6,27
Médiane	4,97
1er quartile	2,79
3ème quartile	7,20

On regrette que la qualité de présentation d'un nombre conséquent de copies ne soit pas satisfaisante - ratures, pas d'encadrement, résultats non mis en exergue, écriture difficilement lisible - et que la rédaction manque souvent de rigueur. Le jury conseille par ailleurs aux candidats de vérifier la pertinence des expressions entre grandeurs obtenues : signes, homogénéité, nature des grandeurs.

Partie I. Avec une balance

De manière générale, en mécanique, il est indispensable de préciser le système considéré, le référentiel d'étude et les théorèmes utilisés. Ainsi, le jury constate que la définition d'un référentiel galiléen, référentiel dans lequel le principe d'inertie est vérifié, n'est pas connue avec précision par de nombreux candidats. Par ailleurs, les candidats éprouvent des difficultés à exprimer l'accélération en coordonnées cylindriques et à projeter les forces. Pour les questions plus ouvertes comme les questions 4 et 8, les hypothèses effectuées pour conduire l'étude sont oubliées dans un nombre important de copies.

Globalement, on constate avec satisfaction que l'ensemble des questions de mécanique ont été bien traitées par beaucoup de candidats.

Partie II. En observant un papillon

- La question 9 a été globalement bien traitée malgré la persistance d'erreurs de repérage des angles pour la loi de la réfraction sur certaines copies. Un bon repérage permet de constater que les deux rayons réfléchis émergeant de la lame mince sont parallèles entre eux.
- Les interférences, si les deux ondes associées aux rayons lumineux 1 et 2 sont cohérentes, seront localisées à l'infini où se coupent les rayons. Dans la situation considérée, les deux ondes sont bien cohérentes car issues d'une même source monochromatique ; cependant, il n'y aura interférence que si la différence de marche est inférieure à la longueur de cohérence temporelle de la source. Ainsi, la lame mince se comporte comme un interféromètre à division d'amplitude. Ces éléments étaient attendus en réponse à la question 10.
- Pour la question 11 le lien entre le déphasage - qui s'exprime en radians - et la différence de marche, où interviennent les indices optiques des milieux traversés et les distances géométriques parcourues par les rayons, devait être explicité. L'utilisation d'un plan d'onde était nécessaire ici pour s'affranchir de la distance infinie parcourue par les rayons lumineux émergents jusqu'à l'infini/
- Étonnamment, alors que la condition d'interférence constructive était en général connue, ce n'était pas le cas pour la condition d'interférence destructive demandée à la question 12 ainsi que pour la formule de Fresnel à la question 13.
- La question 14 a globalement été bien traitée par les candidats qui s'y sont attelés mis ils furent peu nombreux.

Partie III. Montée de la sève

Cette partie était basée sur l'article de Roland Lehoucq avec de nombreuses données à extraire des documents.

À la question 16, les correcteurs ont constaté de fréquentes erreurs de signe qui pouvaient être évitées en s'appuyant sur la connaissance de la diminution de la pression avec l'altitude dans un fluide en équilibre hydrostatique. Des erreurs de conversion d'unité ont souvent conduit à une estimation erronée de l'ordre de grandeur de la pression osmotique à la question 20 mais l'application numérique de la question suivante permettait d'identifier cette possible erreur d'unité. Les questions 22 à 24 nécessitaient d'identifier les valeurs numériques pertinentes dans le texte de Roland Lehoucq et dans l'énoncé. Elles utilisaient essentiellement la conservation du débit - ou flux volumique - de la sève. Le jury note à nouveau de fréquentes erreurs de conversions qu'une relecture aurait détectées.

En conclusion, la partie physique de cette épreuve d'admission fait appel aux fondamentaux de cette discipline, qu'un professeur agrégé pourra être conduit à enseigner. Une bonne maîtrise de ces derniers garantit une bonne voire une très bonne note à cette partie d'épreuve.

Le jury constate avec satisfaction que, lors de cette session, très peu de candidats ont renoncé à aborder cette partie.

Épreuves d'admission

Suite aux mesures de distanciations sanitaires imposée par la pandémie de COVID-19, les épreuves orales se sont déroulées les 11 et 12 juillet 2020 au lycée d'Arsonval à Saint Maur des Fossés (94), où seule l'épreuve de mise en perspective didactique des travaux de recherche a été mise en place. Cette dernière a été affectée d'un coefficient de 6.

Rapport sur l'épreuve de mise en perspective didactique d'un dossier de recherche

L'épreuve orale de mise en perspective didactique d'un dossier de recherche a pour objectif de répondre à la volonté du législateur d'adapter les concours de recrutement « afin d'assurer la reconnaissance des acquis de l'expérience professionnelle résultant de la formation à la recherche et par la recherche ».¹

Comme explicité dans le programme du concours, le jury, grâce à cette épreuve, doit pouvoir apprécier l'aptitude du candidat :

- à rendre ses travaux de recherche accessibles à un public de non-spécialistes ;
- à dégager ce qui, dans les acquis de sa formation à et par la recherche, peut être mobilisé dans le cadre des enseignements qu'il serait appelé à dispenser, qu'il s'agisse de savoirs ou de savoir-faire ;
- à appréhender enfin de façon pertinente les missions confiées à un professeur agrégé.

Seule épreuve orale de cette session du concours, donc revêtant une importance accrue pour les candidats, elle a eu lieu en présentiel mais sans public. Sa structure est demeurée quasi-inchangée par rapport à celle de l'année précédente puisque seule l'intégration d'expériences au cours de la présentation a été supprimée, comme indiqué aux candidats un mois avant l'épreuve. Les paragraphes ci-dessous décrivant les modalités de l'épreuve reprennent donc largement celles du rapport du jury de la session précédente.

Déroulement de l'épreuve

Les candidats admissibles transmettent dix jours avant le début des épreuves d'admission, un dossier scientifique permettant au jury de préparer une question, soumise au candidat au début de sa préparation. Très souvent, ces questions sont conçues pour donner aux candidats l'opportunité de montrer qu'ils sont capables d'expliquer à des élèves de lycée ou de niveau post baccalauréat (BTS, CPGE ou licence), de manière didactique, un concept ou une problématique en lien avec leurs travaux de recherche.

¹ Article 78 de la loi 2013-660 du 22 juillet 2013 relative à l'enseignement supérieur et à la recherche.

L'épreuve débute par un exposé de 30 min, suivi d'un entretien de 30 min avec le jury, la durée totale de l'épreuve étant fixée à une heure. Avant l'épreuve, les candidats disposent d'une heure de préparation durant laquelle ils doivent, entre autres, préparer leur réponse à la question posée par le jury et l'intégrer dans leur exposé.

Dans chaque salle de préparation, les candidats disposent d'un vidéoprojecteur et d'un ordinateur connecté à internet sur lequel sont installés la plupart des logiciels usuels (Packs office et open office, IsisDraw, ChemsSketch, etc).² Ils ont accès à l'ensemble des documents de la bibliothèque ainsi qu'à la base de données du concours (ressources disponibles en ligne sur le site). Les candidats ont également la possibilité de consulter et d'exploiter l'ensemble des ressources accessibles à tous (sans mot de passe) sur internet. Ils peuvent aussi accéder à des ressources électroniques qu'ils auraient élaborées eux-mêmes (dossier scientifique, thèse, diaporama, etc.), déposées avant l'épreuve sur un site de partage de fichiers de leur choix et qu'ils peuvent télécharger sur l'ordinateur mis à disposition pour la préparation.³ En revanche, le règlement ne donne pas la possibilité aux candidats de se présenter à l'épreuve avec des documents personnels sous format papier ou sous format électronique.

Les candidats peuvent donc préparer la quasi-intégralité de leur exposé très en amont de la présentation orale, dans un temps qui n'est pas limité. Ils ont ainsi la possibilité de prendre le temps de s'interroger sur la meilleure façon de répondre aux attentes du jury. La nature de la question posée par le jury étant très liée aux thématiques scientifiques développées dans le dossier, ils peuvent également prévoir des compléments à intégrer dans leur présentation pendant la phase de préparation.

Le dossier scientifique

Comme le précise le programme du concours, ce dossier doit contenir un CV synthétique, une présentation du parcours, des travaux de recherche et, le cas échéant, des activités d'enseignement et de valorisation de la recherche du candidat. Le dossier ne doit pas excéder douze pages, annexes comprises avec une pagination raisonnable (interligne simple, police 12) et démontrer une bonne maîtrise de la langue française. Les candidats sont invités à soigner la forme tout autant que le fond de leur dossier. Il leur est également recommandé de détailler la liste des travaux publiés et de préciser toutes les informations essentielles, notamment la date et le lieu de soutenance ainsi que le titre de la thèse et le nom du directeur du travail.

Les travaux de recherche doivent être décrits dans le document mais leur présentation relève d'un exercice de synthèse destiné à des lecteurs non spécialistes. Il est inutile voire contreproductif de chercher à détailler l'ensemble des travaux menés et il n'est pas pertinent de produire un dossier

² Chemdraw n'est pas disponible.

³ Si l'accès au site de téléchargement nécessite un mot de passe, il pourra se faire durant la période de préparation sous le contrôle d'un professeur préparateur.

similaire au dossier de candidature à un poste de chercheur ou d'enseignant-chercheur. Comme l'intitulé de l'épreuve l'indique, le jury s'attend d'abord, à travers la lecture du dossier scientifique, à une mise en perspective et à une contextualisation des travaux de recherche dans le cadre d'un concours de recrutement d'enseignants.

Les candidats doivent également mettre en valeur leur formation à et par la recherche au travers de leurs travaux doctoraux et/ou postdoctoraux, les formations suivies et/ou les enseignements dispensés ainsi que les compétences acquises qui pourront être mobilisées pour l'exercice de leur futur métier. Une réflexion approfondie et un certain recul par rapport à l'activité de recherche est donc nécessaire pour la rédaction du dossier. Pour l'alimenter, les futurs candidats gagneront à s'emparer du référentiel de compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation ainsi que des programmes des classes dans lesquelles ils seraient susceptibles d'enseigner. Il faut éviter de fournir un dossier qui s'apparenterait à une notice des titres et travaux sans aucune référence aux missions confiées à un professeur agrégé.

Les pistes pour relier les acquis de la formation à et par la recherche au métier de professeur sont nombreuses et les candidats ont toute liberté pour choisir ce qui apparaît le plus en cohérence avec leur propre parcours. Leur exploration doit nécessairement s'appuyer sur une analyse de la démarche et des motivations des activités de recherche, ainsi que sur les compétences, y compris transversales, acquises. Le candidat peut utiliser des éléments disciplinaires et méthodologiques issus de son expérience de la recherche et montrer leur exploitation dans le cadre des programmes de physique-chimie du lycée, de CPGE et de BTS. Il peut aussi, voire surtout, expliquer comment réinvestir les capacités développées durant son parcours : réalisations expérimentales, calcul numérique ou traitement de données, travail en équipe, gestion de projet, mise en œuvre de méthodes pédagogiques innovantes, etc. Compte tenu de la longueur limitée du dossier, des développements très détaillés ne sont pas nécessairement attendus à ce stade, mais les candidats doivent être prêts à les expliciter devant le jury, notamment au travers d'exemples précis.

Ces recommandations, données dans le rapport du jury de la précédente session, restent intégralement applicables. Le jury a apprécié la prise en compte de ces consignes dans la quasi-totalité des dossiers qui lui ont été soumis et a noté une élévation générale de la qualité de cette partie de l'épreuve. Il déplore toutefois que certains candidats ne prennent pas la peine d'indiquer clairement les informations minimales sur leur thèse (titre, nom du directeur, date de soutenance), voire omettent d'indiquer leur nom. Il recommande également de ne pas chercher à tout prix à proposer des activités, expérimentales par exemple, calquées sur les travaux de recherche. Celles-ci doivent en effet rester réalisables au niveau envisagé, c'est à dire, tenir compte de la nécessaire progressivité de l'enseignement, du matériel disponible dans les établissements et des mesures de sécurité et de prévention. L'épreuve n'impose pas de rechercher les expériences réalisées pendant les travaux de recherche qui pourraient s'inscrire dans telle ou telle partie d'un programme d'enseignement. Bien que spécialiste d'un domaine scientifique précis, le candidat doit démontrer,

que ce soit dans son dossier ou lors de sa présentation orale, que les compétences acquises en recherche peuvent enrichir un enseignement plus large.

L'exposé et l'entretien

Dans la première partie de l'épreuve orale, les candidats doivent présenter un exposé d'une demi-heure incluant notamment leurs réponses à la question du jury.

Si cette présentation concerne le parcours et l'expérience de recherche du candidat, elle ne doit pas être une simple répétition du contenu du dossier. Le jury attend notamment un exposé pédagogique du contexte, de la démarche et des (ou de certains) résultats marquants du travail de recherche dans l'objectif d'en démontrer l'intérêt pour l'enseignement secondaire ou post-bac. Dans cet objectif, il est en particulier nécessaire que les candidats aient pris connaissance au préalable des programmes (et de leurs préambules) des classes du secondaire ou post-bac

La question posée par le jury invite à une grille de lecture particulière qui doit être utilisée en cohérence avec l'ensemble du discours. Les développements liés à cette question peuvent, soit faire l'objet d'une partie distincte, soit être intégrés à l'exposé. Dans le premier cas, l'articulation avec le reste du propos doit apparaître clairement, dans le deuxième il est important d'éviter la dilution dans l'ensemble du discours et la réponse doit apparaître explicitement. Le temps consacré à cette question doit être suffisant et il est particulièrement maladroit de n'y consacrer que la dernière minute de l'exposé.

Le jury a constaté que cette partie de l'épreuve, réalisée en temps limité et consistant à intégrer des éléments nouveaux à une présentation préparée en amont, représente une réelle difficulté pour les candidats. Certains se limitent à un exposé des parties des programmes d'enseignement se rapportant au sujet proposé par la question, d'autres à l'insertion d'une diapositive, le plus souvent dans les cinq (voire moins) dernières minutes, présentant rapidement quelques notions relatives à la question. Toutefois, quelques candidats ont brillamment surmonté cette difficulté réussissant à articuler une partie notable de leur exposé en fonction de l'axe proposé par la question, témoignant d'une bonne connaissance de l'esprit des programmes d'enseignement et répondant explicitement à la question posée.

Pour réussir cet aspect de l'épreuve, il faut se rappeler que les sujets des questions sont proposés en lien étroit avec les activités de recherche décrites dans le dossier. Si le candidat a, en amont, poursuivi la réflexion approfondie sur la mise en perspective de ses activités pour l'enseignement, réflexion nécessaire pour bâtir le dossier et la présentation, il peut largement anticiper les axes de lectures qui pourraient lui être proposés. Certaines questions peuvent se rapporter à des aspects plus pédagogiques, méthodologiques ou éthiques donc, en relation avec les thématiques de recherche, le candidat pourra se préparer en cherchant, par exemple, à identifier les difficultés particulières que certaines notions peuvent présenter pour les élèves et en réalisant le caractère spiralaire et la progressivité de l'acquisition des connaissances.

Trois exemples de questions formulées par le jury

Comment votre expérience en recherche permet – elle de nourrir votre réflexion sur l'acquisition progressive par les élèves des notions portant sur les interactions intermoléculaires ?

Comment vos travaux de recherche permettent-ils de nourrir votre réflexion sur l'utilisation du tableau périodique dans l'enseignement de la chimie organique ?

En quoi vos travaux de recherche en oxydo-réduction vous permettent-ils d'appréhender les enjeux de l'enseignement des liens entre thermodynamique et cinétique ?

Un équilibre doit être trouvé, lors de cet exposé entre les aspects scientifiques, pédagogiques, didactiques et d'explicitation des compétences acquises. Les candidats doivent éviter une présentation trop théorique, technique ou détaillée tout en évitant une présentation qui relèverait plutôt du domaine de la vulgarisation. Ils doivent garder à l'esprit que l'objectif de cette épreuve est bien de participer au recrutement de professeurs de l'éducation nationale et non d'enseignants-chercheurs ou de chercheurs dans l'industrie.

Au terme de la présentation, l'entretien avec le jury permet d'apprécier plus finement les compétences et le recul des candidats sur l'apport de leurs travaux de recherche à l'enseignement. Le jury peut appuyer son questionnement sur le contenu du dossier ou sur la présentation orale. Il peut demander aux candidats des précisions ou des développements sur des aspects de leur recherche, sur les liens avec les programmes des enseignements dispensés par un professeur agrégé ou, plus globalement, inciter les candidats à se projeter dans leur rôle de professeur.

Au cours de cette discussion le candidat doit démontrer sa maîtrise des aspects scientifiques de son travail de recherche et son intérêt pour les avancées récentes dans le domaine quelle que soit la date à laquelle il a mis fin à cette activité. Les questions du jury visent aussi à sonder le niveau et la culture générale scientifiques du candidat et son aptitude à s'appropriier les programmes de l'enseignement secondaire et post-bac. Cette partie de l'épreuve doit également permettre de compléter l'évaluation de la réflexion du candidat sur des notions telles que le questionnement et la démarche scientifiques, le système réel et le modèle, etc. Au cours de l'épreuve, les candidats peuvent s'appuyer sur un modèle, un schéma, reprendre un raisonnement au tableau avec soin et rigueur, et utiliser les diapositives déjà présentées ou d'autres préparées à l'avance.

Le jury a apprécié certaines présentations de grande qualité montrant que les candidats avaient su s'emparer de l'épreuve et en maîtriser les enjeux. Il regrette toutefois qu'au cours de certaines présentations les candidats n'aient pas adapté leur niveau de langage à la posture attendue pour un enseignant conscient de son devoir d'exemplarité. À plusieurs reprises, de sérieuses lacunes ont été identifiées sur des questions scientifiques relativement élémentaires conduisant à une évaluation sévère de l'épreuve. Il est donc essentiel que les candidats fassent aussi la démonstration de leur maîtrise des notions contenues dans les programmes d'enseignement secondaire et post-bac.

Conclusion

En conclusion, le jury est particulièrement sensible à la qualité scientifique et didactique du dossier comme du discours, à la précision et à la pertinence des exemples retenus, à la rigueur et à l'honnêteté intellectuelle du candidat. Le jury est également attentif à tout ce qui peut susciter l'envie d'apprendre chez l'élève : l'attitude et l'élocution du candidat, le dynamisme de l'exposé, la qualité et la pertinence des supports pédagogiques (structure du dossier, diapositives projetées, expériences et animations éventuellement proposées, gestion du tableau...). Lors de cette épreuve, le jury évalue la maîtrise des concepts et leur transposition. La note finale ne reflète donc pas la qualité des travaux scientifiques menés lors de sa formation mais ce que le candidat a choisi d'en faire lors d'une épreuve spécifique du concours d'agrégation.

Le jury a noté avec satisfaction une réelle progression de la qualité des dossiers et des présentations orales montrant le travail de préparation effectué par les candidats en lien avec les recommandations données dans le précédent rapport. Les principales difficultés relevées concernent le traitement au cours des exposés de la question posée par le jury ainsi que les hésitations dont témoignent certains candidats, au cours de la discussion, sur des connaissances scientifiques liées ou non à leur domaine de recherche. Le jury encourage également vivement les candidats à réfléchir en amont à des notions relevant de la démarche scientifique telles que « la modélisation », « la vérité scientifique », « la preuve expérimentale », « la mesure » etc.

Informations concernant la session 2021

Pour la session 2021, il est prévu que l'agrégation spéciale docteurs se déroule conformément à l'arrêté de définition du concours 2018, c'est-à-dire avec une épreuve écrite de 6h, réunissant une composition de chimie (coefficient 2) et une composition de physique (coefficient 1) et pour les candidats admissibles trois épreuves orales, leçon de chimie, leçon de physique et une épreuve de mise en perspective didactique des travaux de recherche. Pour l'admission les différentes épreuves seront intégrées avec les coefficients suivants :

- Épreuve écrite de physique – chimie : coefficient 6
- Leçon de chimie : coefficient 4
- Leçon de physique : coefficient 2
- Mise en perspective didactique des travaux de recherche : coefficient 3

Mise en perspective didactique des travaux de recherches

L'épreuve de mise en perspective didactique des travaux de recherche se déroulera exactement dans les conditions réglementaires.

Leçons de chimie pour la session 2021

Pour la session 2021, la leçon de chimie reprendra le cadre réglementaire. Il n'y aura pas de publication de liste de sujets de leçon ; les sujets seront découverts par les candidats en début de préparation de l'épreuve, sans indication de niveau de traitement des notions et modèles autre que licence. Ils contiendront trois éléments concentriques destinés à cerner le contenu de la leçon :

- i. **Un domaine de la chimie** qui en fournit l'arrière-plan. La liste des grands domaines de la chimie traditionnellement enseignés au niveau de la licence de chimie est fournie ci-dessous ;
- ii. **Un thème** qui en précise le cadre général et en colore les développements. Une liste non exhaustive des thèmes associés à chaque domaine est fournie entre parenthèses ci-dessous ;
- iii. **Un élément imposé** qui doit faire l'objet d'un traitement explicite tel qu'il serait proposé dans le cadre d'un cours dispensé au niveau licence.

Domaines et thèmes de la chimie servant de cadre aux sujets de leçon

1. *Autour de la classification périodique* (évolution des propriétés, familles d'éléments, organisation)
2. *Liaisons intra et intermoléculaires* (théorie de la liaison intramoléculaire, liaisons intermoléculaires, structures moléculaires)
3. *Phases condensées* (solides, liquides, solvants, milieux organisés)

4. *Principes thermodynamiques appliqués à la chimie* (premier principe, évolution de systèmes chimiques, potentiel chimique, changement de phase, de l'idéal au réel, aspects expérimentaux)
5. *Aspects cinétiques de la réactivité en chimie* (modèles cinétiques, aspects expérimentaux, catalyse, contrôle des transformations chimiques)
6. *Méthodes d'analyse en chimie* (analyses quantitatives, spectroscopies, critères de choix des méthodes)
7. *Méthodes de séparation en chimie* (principes, applications)
8. *Transfert d'électrons en chimie* (oxydo-réduction, électrochimie analytique, conversions énergie électrique-énergie chimique)
9. *Chimie moléculaire* (chimie organique, chimie inorganique moléculaire, relations structure - propriétés)
10. *Chimie macromoléculaire* (synthèse, analyse, relations structure - propriétés)
11. *Du laboratoire aux procédés* (contraintes industrielles, changement d'échelles)

Il est attendu des candidats qu'ils construisent des exposés permettant au jury d'apprécier la maîtrise discipline du domaine(i), et précisément du thème (ii) à traiter, la qualité du raisonnement et les compétences pédagogiques. L'élément imposé (iii) peut constituer l'essentiel de la leçon, ou seulement une part, suffisamment significative, de l'exposé. L'entretien avec le jury permettra aussi un échange relatif aux choix du candidat dans le traitement de l'intitulé comportant ces trois niveaux.

Exemples de sujet de leçon de chimie

Sujet 1 : (i) Domaine : chimie moléculaire ; (ii) Thème : chimie organique ; (iii) Élément imposé : hémiacétals, acétals et cétals

Sujet 2 : (i) Domaine : Principes thermodynamiques appliqués à la chimie ; (ii) Thème : potentiel chimique ; (iii) Élément imposé : ébullioscopie

Des leçons sur des thèmes sociétaux comme chimie et environnement, chimie et énergie, chimie verte pourront être abordées au sein des différents sujets, à l'initiative du candidat ou suggérés dans le titre du sujet.

(i) Thématique : du laboratoire aux procédés, (ii) Thème : chimie verte, (iii) Élément imposé : la catalyse

(i) Thématique : liaisons intra et intermoléculaires, (ii) Thème : chimie du vivant, (iii) Élément imposé : acides aminés

Remarque : les leçons de chimie de l'agrégation externe de chimie de la session 2020 se sont déroulées selon le mode défini ci-dessus. Il est fortement conseillé aux candidats préparant la leçon de chimie de lire le rapport du jury de l'agrégation externe de chimie de cette session 2020.

Leçons de physique pour la session 2021

Pour la session 2021, la leçon de physique reprendra le cadre initialement prévu pour la session 2020.

Les sujets des leçons de physique s'appuieront sur les thèmes indiqués ci-après, ils intégreront également un élément imposé, découvert en même temps que le sujet, qui devra impérativement être traité pendant la leçon. Cet élément incitera le candidat à adopter un plan et un déroulement originaux et cohérents qui seront valorisés. Il n'est cependant pas obligatoire que l'élément imposé constitue le fil rouge de l'exposé. Les sujets des leçons pourront porter sur le niveau terminal des classes de lycée et sur les deux premières années de l'enseignement supérieur. Ce niveau sera précisé sur le sujet.

Exemple de sujet de leçon

Thème : images et couleurs (cycle terminal de l'enseignement secondaire).

Élément imposé : l'absorption et la diffusion appliquées à la synthèse des couleurs

Lors de sa leçon, le candidat fait appel à des contextes ou à des applications qui motivent et donnent un intérêt à la leçon ainsi qu'à une ou plusieurs expériences et des illustrations qui enrichissent l'exposé.

La leçon permet d'évaluer le candidat sur :

- sa maîtrise des concepts, des modèles et des lois de la discipline ;
- sa capacité à illustrer et à expliciter le formalisme utilisé par une reformulation en langage courant sans renoncer à la rigueur scientifique ;
- son recul sur le sujet traité et sa culture scientifique ;
- sa capacité à faire des ponts entre champs de la discipline ;
- son aisance dans l'usage des outils mathématiques et la conduite des calculs ;
- sa préoccupation à identifier les obstacles que pourrait rencontrer quelqu'un qui découvre les notions abordées ;
- sa capacité à choisir, conduire et exploiter des expériences.

Le candidat peut faire appel à des simulations et, d'une manière générale, le traitement numérique des données et/ou des résultats est attendu.

Remarque : les leçons de physique de l'agrégation externe de chimie de la session 2020 se sont déroulées selon le mode défini ci-dessus. Il est fortement conseillé aux candidats préparant la leçon de physique de lire le rapport du jury de ce concours.

Thèmes susceptibles d'être choisis pour les leçons de physique de la session 2021.

- Ondes mécaniques (niveau : *cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- Phénomènes acoustiques (niveau : *cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- Aspects ondulatoires en optique (niveau : *niveau : cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- Effet Doppler (niveau : *cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- Phénomènes de polarisation optique (niveau : *cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- Aspects énergétiques de phénomènes physiques (niveau : *cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- L'énergie, conversion et transferts (niveau : *cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- Transmission de l'information (niveau : *cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- Images et couleurs (niveau : *cycle terminal de l'enseignement secondaire*).
- Instruments optiques (niveau : *cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- Sources de lumières (niveau : *cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- Gravitation et poids (niveau : *cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- Transferts thermiques (niveau : *cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- Interactions lumière-matière (niveau : *cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- Mouvements, interactions et notion de champ (niveau : *cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- Modélisation de l'écoulement d'un fluide (niveau : *cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- Transmission et stockage de l'information (niveau : *cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- Spectres (niveau : deux premières années de l'enseignement supérieur)
- Effet Doppler (niveau : deux premières années de l'enseignement supérieur)
- Conservation de l'énergie (niveau : deux premières années de l'enseignement supérieur)
- Acquisition et traitement de données (niveau : deux premières années de l'enseignement supérieur)
- Transferts thermiques (niveau : deux premières années de l'enseignement supérieur)
- Phénomènes de diffusion (niveau : deux premières années de l'enseignement supérieur)
- Oscillations (niveau : deux premières années de l'enseignement supérieur)
- Mesures et contrôle (niveau : deux premières années de l'enseignement supérieur)
- Régimes transitoires (niveau : deux premières années de l'enseignement supérieur)
- Mouillage (niveau : deux premières années de l'enseignement supérieur)
- Machines thermiques (niveau : deux premières années de l'enseignement supérieur)
- Phénomènes de transport (niveau : deux premières années de l'enseignement supérieur)
- Filtrages (niveau : deux premières années de l'enseignement supérieur)
- Viscosité (niveau : deux premières années de l'enseignement supérieur)
- Écoulements de fluides (niveau : deux premières années de l'enseignement supérieur)

- Irréversibilité (niveau : deux premières années de l'enseignement supérieur)
- Phénomènes de polarisation optique (niveau : deux premières années de l'enseignement supérieur).