



Concours de recrutement du second degré

Rapport de jury

Concours : externe spécial de l'agrégation

Section : physique - chimie

Option : chimie

Session 2019

Rapport de jury présenté par :
Pierre FRERE,
Président du jury

SOMMAIRE

Introduction	2
Texte de référence pour la préparation du concours	4
Statistiques de la session 2019	4
Epreuve écrite d'admissibilité	7
Rapport sur la partie à dominante chimie	7
Rapport sur la partie à dominante physique	12
Epreuves d'admission	14
Rapport sur la leçon de chimie	14
Leçons de chimie pour la session 2020	22
Rapport sur la leçon de physique	24
Leçons de physique pour la session 2020	26
Mise en perspective didactique d'un dossier de recherche	28

INTRODUCTION

Le concours spécial de l'agrégation externe réservé aux docteurs a ouvert cette année en chimie, deux ans après sa création en physique (session 2017). L'objectif de ce concours spécial est de valoriser l'insertion professionnelle des titulaires d'un doctorat et de recruter des professeurs de grande qualité ayant un parcours professionnel varié avec une expérience en recherche, souvent à l'international, de plusieurs années. Il a pour but de mettre en valeur les compétences spécifiques résultant d'une pratique de la chimie par la recherche dans des laboratoires universitaires ou industriels.

Si ce concours se veut très exigeant sur les connaissances théoriques et pratiques en chimie, il n'est fait aucune concession à l'exigence sur les connaissances en physique. En effet les professeurs recrutés enseigneront la physique – chimie dans le secondaire, en classe préparatoire aux grandes écoles ou en sections de techniciens supérieurs.

Si ce rapport vise à établir un bilan de cette première session, notamment en présentant les données statistiques du concours, il veut aussi donner des renseignements utiles pour aider les futurs candidats à se préparer au mieux aux épreuves écrites et orales du concours.

Cette première session du concours spécial de l'agrégation externe de chimie à destination des docteurs a rencontré un franc succès avec 229 inscrits et 133 candidats qui se sont présentés à l'épreuve écrite. Au final, 12 candidats ont été déclarés admissibles, 11 se sont présentés aux épreuves orales et les 5 postes mis au concours ont été pourvus.

Les enseignants certifiés représentent 38 % des candidats présents à l'épreuve écrite et 50 % (6) des admissibles ; 2 ont été admis. Si les candidats déclarés comme étudiants représentent seulement 5 % des présents à l'écrit, ils forment 25 % des admissibles et 1 a été admis. Il peut être noté qu'un candidat déclaré sans emploi a été admis, alors que ce profil de candidat représente seulement 5 % des inscrits. Alors que pour les épreuves écrites, il y a 47 % de candidates, les femmes ne sont plus que trois aux épreuves orales ; deux ont été admises.

Les dates de soutenance des thèses des candidats admissibles s'étalent de 1996 à 2018 avec une majorité (63 %) après 2010. Les candidats admis ont soutenu leur thèse en 2007, 2009, 2014, 2015 et 2018. À l'exception des deux plus jeunes docteurs admis, les trois autres ont un parcours postdoctoral de plusieurs années de recherche dans des laboratoires universitaires européens ou comme chef de projet en recherche et développement dans l'industrie. Il est à noter que ce sont ces candidats qui ont obtenu les meilleures notes dans l'épreuve de mise en perspective didactique d'un dossier de recherche.

L'épreuve écrite qui rassemble deux parties indépendantes, chimie et physique, permet de s'assurer que les candidats possèdent un solide bagage scientifique dans toutes les disciplines de la chimie ainsi qu'en physique. Cette épreuve est très sélective puisque moins de 10% des candidats ont été déclarés admissibles. Le format de cette épreuve et en particulier la partie à dominante chimie est conçu pour que plusieurs spécialités de la chimie soient abordées. Un candidat répondant

correctement seulement aux questions en relation avec sa spécialité de doctorat aura une faible probabilité d'accéder aux épreuves d'admission, surtout si en plus il néglige la partie physique.

Les épreuves orales évaluent en plus des connaissances scientifiques, d'autres compétences indispensables pour exercer le métier d'enseignant. Ainsi la structure et la cohérence d'un exposé, la contextualisation à partir de situations réelles pour aborder et illustrer un concept, la modélisation et l'analyse critique d'un modèle, les capacités d'analyse et de synthèse permettant d'identifier les concepts délicats à appréhender par des élèves à un niveau donné sont des éléments didactiques essentiels que le jury cherchera à apprécier. A ce titre, l'épreuve de mise en perspective didactique des travaux de recherche a contribué à différencier les candidats. Les notes obtenues sont presque aussi étalées que pour la leçon de chimie. Les notes les plus basses correspondant à des candidats qui ont présenté leurs travaux de recherche tels qu'ils l'auraient effectués lors d'un congrès spécialisé, sans une réelle réflexion sur l'apport didactique de ces travaux dans le cadre d'un enseignement envers des élèves de lycée ou de classes post-baccalauréat.

Le jury tient à souligner la qualité des premiers lauréats de ce concours. Les deux premiers admis ont une moyenne générale supérieure à 14,5/20 et les trois suivants ont obtenu des moyennes très honorables comprises entre 12 et 12,6 /20.

Dans les années à venir, la pérennité de ce concours spécial qui donne à de jeunes docteurs l'opportunité d'accéder au corps des agrégés après leur thèse, devrait s'affirmer comme une voie d'excellence pour accéder à l'enseignement. Il devrait permettre à de bons étudiants de Master de ne pas hésiter à effectuer un doctorat pour se former à la recherche de haut niveau avant de s'engager vers le professorat. Une préparation au concours par des centres de préparation, voire lors de la formation doctorale devrait augmenter d'autant plus l'attractivité du concours envers les jeunes docteurs.

Règlementation de la session 2019

Les textes officiels régissant l'ensemble des concours du second degré sont consultables sur le site internet du ministère de l'éducation nationale, rubrique SIAC 2. Les programmes et les modalités de la session 2019 du concours externe spécial de l'agrégation externe de physique-chimie option physique sont 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, un directeur de recherche CNRS et un maître de conférences.

Pour cette première session du concours, 229 candidats se sont inscrits et 133 étaient présents à l'épreuve écrite. Douze ont été admissibles et cinq d'entre eux ont été admis.

Âge des candidats

Moyenne d'âge des candidats présents à l'épreuve écrite : 36 ans

Moyenne d'âge des admissibles : 35 ans

Moyenne d'âge des admis : 32 ans

Répartition des candidats par sexe

	Femmes	Hommes
Présents à l'épreuve écrite	62	70
Admissibles	3	9
Admis	2	3

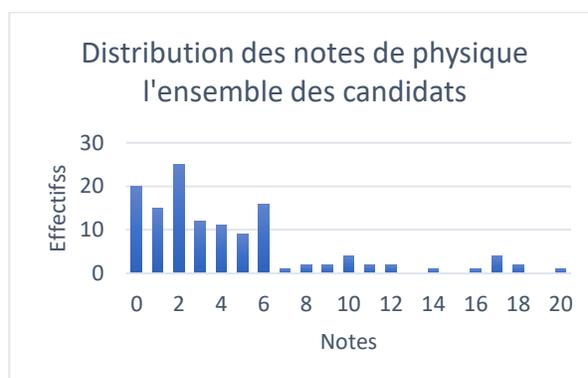
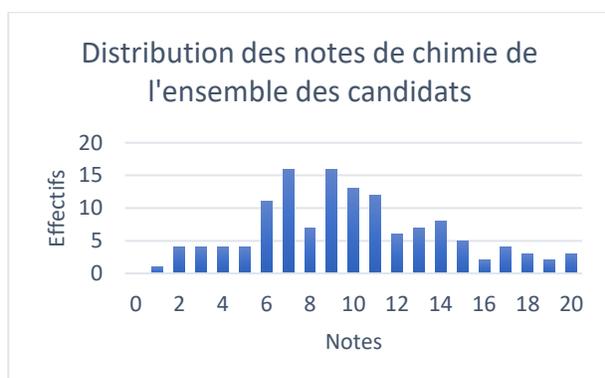
Répartition des candidats par profession.

Profession	Nombre de présents	Nombre d'admissibles	Nombre d'admis
Etudiants	14	4	1
Enseignants titulaires (certifiés, PLP....) y compris du supérieur	68	5	2
Enseignant non titulaire (contractuels, stagiaires) y compris du supérieur	34	2	1
Salariés du secteur public (hors enseignement)	6	0	0
Cadres et salariés du secteur privé	7	0	0
Sans emploi	7	1	1

Epreuve écrite

L'épreuve écrite comporte deux parties distinctes corrigées séparément, une en chimie et l'autre en physique. Pour la note finale, un coefficient deux a été utilisé pour la partie chimie et un pour la partie physique.

	Moyenne des candidats ayant composé (hors copie blanche)	Moyenne des candidats admissibles
Partie Chimie	9,85	16,44
Partie Physique	3,90	11,90
Composition Physique-Chimie	7,87	14,93



L'écart important entre la moyenne des candidats ayant composé entre les deux parties chimie et physique peut s'expliquer par un grand nombre de candidats qui n'ont répondu à aucune ou à très peu de questions de physique. Il est important de noter que parmi les candidats qui avaient obtenu une note nulle en physique aucun n'a été admissible même avec une très bonne note en chimie.

Douze candidats ont été déclarés admissibles. La barre d'admissibilité a été fixée par le jury à 83 / 120 (13,8 / 20).

Note du premier candidat admissible : 17/20

Note du dernier candidat admissible : 13,8/20

Epreuves orales

Onze candidats sur les douze admis se sont présentés aux épreuves orales.

Cinq candidats ont été admis. La barre d'admission a été fixée à 181 / 300

Moyenne du premier candidat admis : 15,3 / 20

Moyenne du dernier candidat admis : 12,1 / 20

Détails des notes pour les trois épreuves orales

Epreuve orale	Moyenne des candidats présents	Moyenne des admis	Note la plus haute	Note la plus basse
Leçon de chimie (coef 4)	9,2	12,4	17	3
Leçon de physique (coef 2)	8,7	9	13	5
Mise en perspective didactique d'un dossier de recherche (coef 3)	10,9	13,8	16	6

Epreuve 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 seront 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. S'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 ne s'est pas avéré judicieux car aucun candidat ayant eu une note nulle en physique n'a été déclaré admissible.

Rapport sur la partie à dominante chimie

La partie à dominante chimie du sujet est consacrée à des dispositifs pour la photosynthèse. Dans le contexte d'une thématique scientifique actuelle, elle aborde les différents grands domaines de la chimie moderne : thermodynamique, cinétique, structure de la matière, matériaux, chimie organique. Dans ce sujet, les candidats sont amenés à réinvestir leurs connaissances pour exploiter des documents issus d'articles de recherche récents. Cela permet de valoriser les compétences acquises au cours de leur thèse et d'évaluer leur capacité à transmettre ces connaissances dans un cadre formel, comme ils seront amenés à le faire avec leurs futurs élèves.

Afin de vérifier la maîtrise de la discipline par les candidats, le sujet comporte de nombreuses questions d'application immédiate de connaissances ou de raisonnements de niveau L2 ou inférieur. Il s'agit des questions **Q1, Q2, Q3, Q4, Q8, Q12, Q13, Q18, Q21, Q23, Q29, Q30, Q32, Q34, Q35, Q36, Q38, Q39, Q43, Q44, Q45**, représentant 40 % du barème de l'ensemble de la partie de chimie.

Le jury souhaite attirer l'attention des candidats sur trois points particuliers importants, ayant trait au respect des conventions d'écriture. La cohérence des notations et du vocabulaire entre enseignants au cours de la formation d'un élève puis d'un étudiant est un élément déterminant, structurant et facilitateur, pour son apprentissage de la discipline.

- En thermodynamique, il est indispensable de respecter les notations actuelles, qui figurent par exemple dans les programmes officiels d'enseignement. Ainsi, la constante d'équilibre (**Q2**) se définit à partir de l'enthalpie libre standard de réaction, qui se note précisément $\Delta_r G^\circ$, et pas $\Delta_r G_f^\circ$, $\Delta_f G^\circ$, $\Delta_r G$, ΔG ou ΔG° (la première de ces cinq notations n'existant pas, les quatre autres désignant d'autres grandeurs qu'il ne faut surtout pas confondre avec $\Delta_r G^\circ$).
- L'écriture des schémas de Lewis (**Q38**) obéit à des méthodes précises : tous les doublets et charges formelles éventuelles doivent figurer et un atome de la deuxième période (l'azote en particulier) ne peut violer la « règle » de l'octet. La représentation des lacunes n'est pas

exigible mais particulièrement utile et éclairante pour un élève. Le modèle de Lewis est à la fois très simple et très puissant, il trouve des applications dans tous les domaines de la chimie : des enseignants (ou en passe de le devenir) ne doivent pas éprouver de difficultés dans son utilisation sur des cas aussi classiques que celui de l'ion nitrate.

- En lien direct avec les schémas de Lewis, l'écriture des mécanismes réactionnels en chimie organique (**Q14, Q15, Q22**) obéit aussi à des conventions précises : les flèches courbes ne peuvent partir que de doublets, mais jamais de charges ou d'atomes. Un mécanisme ne respectant pas ces conventions d'écriture n'a aucune chance d'être juste.

La suite de ce rapport est consacrée à des remarques ponctuelles sur les différentes parties du sujet.

Partie 1. Aspects énergétiques de la photosynthèse

L'équation de la réaction de photosynthèse (**Q1**) n'a pas posé de problèmes, à part pour les étourdis oubliant des nombres stœchiométriques.

Les difficultés sont apparues dès la question **Q2** avec le très classique calcul d'une constante d'équilibre à partir des enthalpies standard de formation et entropies standard des constituants fournies par l'énoncé. Seulement 20 % des candidats arrivent au bout de ce calcul sans erreur. Les remarques sur la précision des notations ont déjà été mentionnées en préambule. Bien entendu, il est attendu ici une valeur numérique de $\log K^\circ$; une expression du quotient réactionnel à l'équilibre (relation de Guldberg et Waage), faisant par exemple apparaître les pressions partielles des constituants, est totalement hors-sujet à cette question.

Les questions **Q5** et **Q6** nécessitent l'extraction d'informations de la figure 1 et du texte qui la précède ainsi que l'utilisation des connaissances du candidat : c'est une démarche commune à celle du chercheur et de l'enseignant qui « traduit » les notions scientifiques nouvelles pour ses élèves. En **Q5**, plusieurs raisonnements sont possibles, on peut comparer l'énergie d'un photon d'environ 700 nm à l'enthalpie ou à l'enthalpie libre standard de la réaction (2), facilement calculables à partir des données de l'énoncé, pour en déduire le nombre de photons nécessaires pour « forcer » cette transformation qui n'est pas spontanée. Les grandeurs de réaction sont molaires et certains candidats oublient de faire intervenir la constante d'Avogadro, obtenant environ 10^{24} photons par molécule d'eau, l'in vraisemblance de cet ordre de grandeur devrait leur permettre de détecter leur erreur.

Partie 2. Principes de la photosynthèse « artificielle »

À la question **Q7**, le lien entre potentiel d'oxydoréduction et énergie n'est quasiment jamais correctement justifié. Lorsqu'un électron de S est excité par absorption d'un photon, il se retrouve à un niveau énergétique supérieur et peut donc plus facilement être transféré à un oxydant, en l'occurrence l'accepteur noté A (et dont le réducteur A^- transférera à son tour un électron à H^+). Avec son électron excité, S^* devient un bien meilleur réducteur que S, d'où une diminution très importante du potentiel d'oxydoréduction du couple S^+/S^* par rapport à S^+/S . La corrélation entre potentiel d'oxydoréduction et énergie est donc simplement liée à l'énergie W_{el} d'un électron en

fonction du potentiel E auquel il est soumis : $W_{el} = -e \cdot E$, c'est-à-dire une énergie de l'électron en question qui augmente quand le potentiel d'oxydoréduction du couple diminue, en lien immédiat avec la charge de l'électron. Certains candidats invoquent de façon très impropre une « énergie inversement proportionnelle au potentiel », mélangeant peut-être les processus mathématiques de changement de signe et d'inversion...

Q7 est aussi un exemple de question appelant une réponse par une argumentation plus que par un calcul. Les candidats ne doivent pas s'imaginer que des paraphrases de l'énoncé ou des discours vagues de plusieurs lignes vont convaincre le jury : une question ouverte appelle toujours des réponses claires et des arguments précis.

En **Q8**, les positions des segments s'expliquent simplement à l'aide de la formule de Nernst pour les couples H^+/H_2 et O_2/H_2O à $pH = 7$.

Les candidats qui ont abordé les questions **Q9** à **Q11** les ont en général assez bien réussies, montrant leur compréhension de la figure 2 et du dispositif mis en œuvre.

Partie 3. Catalyseurs pour la réduction de l'eau

Si les questions **Q12** et **Q13** ont été en général bien traitées, **Q14** et **Q15** ont posé d'énormes problèmes aux candidats.

Les remarques sur l'écriture des mécanismes en chimie organique ont déjà été mentionnées en préambule : il est absolument indispensable de dessiner *tous* les doublets non liants impliqués dans les étapes, les flèches de déplacements électroniques doivent toujours partir de doublets (et pas de charges négatives...). Il faut en outre respecter la cohérence acido-basique : par exemple, un mécanisme en milieu basique (**Q14**) ne peut pas faire apparaître d'ions H^+ .

Par ailleurs, en **Q14**, le mécanisme de fermeture de cycle ne peut pas être une substitution nucléophile directe (l'atome de carbone n'est pas tétraédrique) ; de même, en **Q15**, une substitution nucléophile ne peut pas expliquer l'hydrolyse de l'éther d'énol en énol, pour la même raison.

Les questions expérimentales ont été plutôt bien traitées par les candidats qui les ont abordées, de même que l'interprétation du spectre de RMN de **2** (**Q21**). Néanmoins, une erreur courante dans ce spectre est l'interversion des attributions des protons aromatiques : la donnée des constantes de couplage permet d'attribuer les signaux à 8,06 et 7,83 ppm aux protons en *ortho* des atomes d'azote du cycle voisin.

Le mécanisme de la question **Q22** n'a pas eu plus de succès que ceux de **Q14** et **Q15** : le très « encombré » ion *tert*-butanolate ne peut pas constituer un bon nucléophile pour effectuer une substitution, il joue ici le rôle de base en arrachant un atome d'hydrogène en alpha de chaque groupe carbonyle, conduisant à la formation d'acrylate d'éthyle et à l'élimination du ligand anionique.

En question **Q23**, toute configuration électronique cohérente (c'est-à-dire avec six électrons dans les niveaux $5s$ et $4d$) a bien sûr été acceptée, l'analyse des charges des ligands a en général permis aux candidats d'aboutir à l'état d'oxydation +IV du molybdène.

Les candidats ayant abordé la question **Q24** connaissent en général la levée de dégénérescence des niveaux d en champ octaédrique mais une justification du champ fort n'est pratiquement jamais fournie. On peut par exemple invoquer l'effet π -accepteur du ligand bipyridine ou le fait que le ruthénium appartienne à la seconde période des métaux de transition.

La simple équation de réaction de **Q26** ($AscH_2 = Asc + H_2$) n'a été que rarement proposée, montrant que les candidats n'ont pas compris les rôles de catalyseur de **1** et du photosensibilisateur et de réducteur de l'acide ascorbique. En revanche, **Q27** et **Q28** ont été souvent bien traitées.

La nécessité d'activation du groupe hydroxyle en vue de sa substitution a été souvent omise dans la question **Q29**. Un dispositif d'élimination de l'eau formée (appareil de Dean-Stark, tamis moléculaire...) est nécessaire pour la formation de l'imine **13** (**Q31**). Peu de candidats ont identifié précisément le rôle de l'air pour la préparation du complexe **14** : le dioxygène permet l'oxydation de Co (+II) ($CoCl_2$) en Co (+III) (**14**).

La très ouverte **Q34** a en général donné des réponses argumentées, de nombreux arguments étaient utilisables (économie d'atomes, chimie-click, processus catalytiques, température ambiante, solvants parfois nocifs...).

Les résultats de la « question de cours » **Q35** ont été très contrastés : certains candidats expliquent précisément le fonctionnement du montage à trois électrodes, d'autres ont manifestement oublié ce dispositif.

Partie 4. Catalyseur pour l'oxydation de l'eau

Comme indiqué en préambule, les réponses à la question **Q38** ont été très décevantes. Seulement 30 % de candidats écrivent le très classique schéma de Lewis exact de l'ion nitrate, avec les doublets en nombre adéquat et bien placés, les charges formelles... et sans violer la règle de l'octet sur l'atome d'azote.

L'écriture soignée de la loi de Beer-Lambert (et avec deux coefficients d'absorption molaire différents pour l'acide et la base !) permet d'obtenir assez facilement la relation demandée à la question **Q39**, mais les candidats ne doivent pas s'imaginer qu'ils peuvent « abuser » le jury en faisant semblant d'obtenir une égalité fournie par l'énoncé alors qu'ils ne disposent pas des relations nécessaires au départ.

La question **Q40** n'a apporté que très peu d'explications correctes : les candidats ont souvent indiqué que les proportions d'acide et de base conjugués sont égales lorsque $pH = pK_a$ mais ce n'est pas ce qui permet de justifier la propriété demandée : c'est au voisinage de $pH = pK_a$ que ces proportions varient le plus, d'où le point d'inflexion de la courbe donnant l'absorbance en fonction du pH.

Enfin, le mécanisme de Michaelis-Menten (**Q46**) est plutôt bien traité par les copies qui l'ont abordé.

Le jury a pu lire de très bonnes copies, où les candidats montrent à la fois leurs connaissances en chimie, une bonne capacité à interpréter des résultats de recherche et des documents, et une présentation claire de leurs idées, à la fois sur la forme et sur le fond.

Il rappelle que cette maîtrise des raisonnements fondamentaux dans tous les domaines de sa discipline est indispensable au chimiste, que ce soit dans des activités de recherche ou d'enseignement.

Rapport sur la partie à dominante physique

Le sujet porte sur les émaux métalliques, leurs propriétés optiques et les méthodes de fabrication utilisées pour obtenir ces objets remarquables. Il s'appuie sur un article de recherche, en anglais, qui effectue une synthèse des travaux récents sur le sujet, et vise à en explorer les divers aspects à travers des modélisations très diverses. Le sujet s'attache donc tout d'abord à comprendre comment la structuration à l'échelle nanométrique permet d'obtenir des effets optiques très esthétiques sur des émaux datant de plus d'une dizaine de siècles. Dans une deuxième partie, ce sont des aspects relevant du procédé de fabrication de ces émaux qui sont abordés, notamment le traitement thermique qui permet d'obtenir des nanoparticules métalliques.

Le sujet comporte un bon nombre de questions fondamentales, s'appuyant sur les contenus et les compétences exigibles en lycée, licence ou en classes préparatoires aux grandes écoles. Le jury a prêté une attention particulière à ces questions, largement valorisées, et qui pouvaient parfois être traitées indépendamment des autres questions de l'énoncé.

Le jury a corrigé d'excellentes copies, certains candidats ayant réussi à traiter complètement une large majorité des questions. En effet, certaines questions demandaient un large recul sur l'énoncé et les divers modèles utilisés, et le jury a constaté qu'elles étaient traitées correctement, même si ce fut par un nombre plus rare de candidats.

Au contraire, un nombre trop important de candidats a manifestement fait le choix de privilégier la partie à dominante chimie du sujet, en renonçant même à répondre aux questions fondamentales abordables indépendamment des autres et, pour certaines, d'un niveau lycée ou L1. C'est au final une stratégie qui ne s'est pas avérée payante, car au final ces candidats ne sont pas admissibles.

Première partie : propriétés optiques

Étude des particules nanométriques. Cette première sous-partie commence par des questions particulièrement simples sur l'électrostatique et le champ à l'intérieur d'une sphère uniformément chargée. Plusieurs méthodes permettent de trouver la solution, mais ces questions sont clairement un obstacle pour beaucoup de candidats. On étudie ensuite un modèle très classique d'oscillateur mécanique forcé par les lois fondamentales de la mécanique. Si ce dernier point est traité systématiquement par les candidats ayant réussi les premières questions, on aurait pu s'attendre à ce que le moment dipolaire des nanoparticules soit plus fréquemment abordé au regard de son importance en chimie.

Particules de taille plus importante. Visant à illustrer le parallèle entre la mécanique quantique et la physique des ondes, notamment les relations les plus fondamentales entre longueur d'onde, fréquence et célérité, les questions posées sont largement indépendantes et fréquemment traitées.

Réflexion spéculaire. Cette sous-partie commence par des questions fondamentales de niveau lycée sur les lois de Descartes et la réflexion totale. Il est attendu, à ce niveau de concours, une

énonciation précise, rigoureuse et complète de ces lois. Il faut noter cependant qu'une majorité de candidats, ne sait pas définir clairement la réflexion totale ni indiquer s'il est possible d'en obtenir une dans le cadre des émaux métalliques. La suite, qui demande de retrouver les coefficients de réflexion d'une onde électromagnétique sur un dioptre en incidence normale, est plus rarement traitée. La dernière question de cette partie fait la synthèse des résultats de toute la première partie. Elle peut être abordée indépendamment des autres questions, ce que certains candidats ont fait avec succès.

Seconde partie : étude du procédé de fabrication

Cette dernière partie du sujet de physique vise à tester des compétences différentes de celles de la première partie telles que l'analyse dimensionnelle, le calcul formel et l'exploitation des documents. Les premières questions d'analyse dimensionnelle sont très souvent correctement traitées. Les deux questions suivantes demandent de véritables capacités calculatoires et ont pu représenter un obstacle pour les candidats dont on attend néanmoins une certaine aisance dans cette compétence. Enfin, la dernière question peut se traiter indépendamment des autres, et un certain nombre de candidats s'y sont essayés avec succès.

La dominante physique du sujet d'admissibilité de ce concours spécial est moins ambitieuse que la composition de physique de l'agrégation externe option chimie, de par la durée que les candidats peuvent y consacrer. Elle aborde essentiellement les fondamentaux de la physique, appliqués à des problématiques scientifiques ou technologiques.

On attend d'un futur lauréat une très bonne maîtrise de ces concepts fondamentaux car il est susceptible de les enseigner dans le second degré ou les premières années de l'enseignement supérieur. Les questions sur ces fondamentaux sont nombreuses et constituent une part importante du barème (45 % des points) ; on ne peut dès lors qu'inviter les futurs candidats à se centrer lors de leur préparation sur les concepts, les modèles et lois fondamentaux de la physique tels qu'ils sont enseignés dans le second degré et lors des premières années de l'enseignement supérieur.

Si un tel sujet ne fait pas appel à des développements théoriques importants, il est néanmoins attendu à la fois une certaine aisance dans les calculs demandés et de la rigueur dans leur développement.

Epreuves d'admission

Les épreuves se sont déroulées du 28 juin au 1^{er} juillet 2019 au lycée d'Arsonval à Saint Maur des Fossés (94).

Les épreuves orales rassemblent trois épreuves distinctes :

- une leçon de chimie (coefficient 4)
- une leçon de physique (coefficient 2)
- une épreuve de mise en perspective didactique des travaux de recherche (coefficient 3).
-

Rapport sur la leçon de chimie

Les membres du jury conseillent aux candidats désireux de se préparer aux épreuves orales du concours externe spécial de consulter ce rapport ainsi que ceux du concours externe de l'agrégation de chimie « classique ». Bien que les modalités des deux agrégations externes soient légèrement différentes, en particulier par la possibilité dans le concours externe spécial de présenter une expérience, ces rapports antérieurs sont sources de nombreuses informations pour qui souhaite mener une leçon de façon convaincante.

Les candidats tirent au sort une leçon parmi des titres classés en grandes thématiques de chimie étudiées aux niveaux post baccalauréat (BTS, licence L1, L2, L3 ou classes préparatoires aux grandes écoles).

A. Objectifs de l'épreuve de leçon de chimie

Les objectifs de la leçon de chimie sont pluriels et visent à évaluer la culture disciplinaire du candidat à travers des capacités scientifiques, pédagogiques et didactiques ainsi que des capacités à communiquer et à argumenter ses choix.

Au niveau scientifique, le candidat doit montrer qu'il dispose des connaissances disciplinaires de licence, qu'il est capable de choisir des exemples appropriés et de réaliser des développements théoriques rigoureux, ainsi que de développer une analyse critique des modèles choisis par confrontation avec les résultats expérimentaux.

Le candidat doit montrer ses compétences pédagogiques et didactiques par une présentation structurée qui permet de dégager les messages importants et les notions essentielles qu'il veut transmettre. Le choix pertinent du niveau d'enseignement (L1, L2, L3 ou CPGE), les prérequis et les illustrations présentées au cours de l'exposé nécessitent que le candidat dispose de repères sur la formation dispensée en lycée et dans les premières années post-baccalauréat.

Au niveau de la communication, le candidat doit faire une présentation claire, utiliser à bon escient les outils de communication que sont le tableau et le vidéoprojecteur, faire preuve de dynamisme, et montrer sa volonté de partager ses connaissances scientifiques. Lors de l'entretien avec le jury,

il doit montrer sa capacité à écouter, dialoguer et argumenter et faire preuve de réactivité et de capacité à corriger ses erreurs.

B. Modalités de l'épreuve de leçon

Lors de la session 2019, l'épreuve de leçon de chimie s'est déroulée de la façon suivante :

- **La préparation, d'une durée totale de quatre heures, débute dès l'ouverture de l'enveloppe contenant le sujet tiré au sort.**

Le candidat dispose d'un vaste ensemble d'ouvrages de tous niveaux, de logiciels et de l'accès à internet. L'accès à la bibliothèque reste possible durant toute la durée de la préparation, même lorsque le candidat a rejoint la salle dans laquelle il va travailler puis présenter son exposé. Les ouvrages sont transportés dans cette salle.

Le candidat a également accès à internet durant la préparation et la leçon. Cette source d'informations doit être utilisée avec discernement. Récupérer un plan de leçon ou des images l'illustrant n'est utile à un candidat que s'il est à même de faire le tri entre les données importantes et/ou pertinentes et les autres. Afin d'éviter les problèmes de connexion toujours possibles, il est souhaitable d'ouvrir l'ensemble des sites avant l'arrivée du jury.

Toutes les salles de présentation sont équipées d'un ordinateur relié à un vidéoprojecteur. Sur chaque ordinateur sont installés des logiciels de traitement de données ainsi que des logiciels de simulation, particulièrement utiles par exemple pour les leçons utilisant les spectroscopies UV, IR et RMN ou traitant de la cristallographie, ainsi que des programmes informatiques comme Python et Scilab. L'utilisation d'une flexcam (par exemple pour visualiser certaines expériences) doit se faire avec parcimonie et en prenant garde à mettre en œuvre une projection de qualité.

Le candidat bénéficie pendant la préparation de l'aide d'une équipe technique. Il doit, après avoir pris connaissance de son sujet, fournir aux membres de cette équipe une fiche comportant la liste détaillée du matériel et des produits éventuellement demandés, avec les concentrations voulues. Compte tenu des matériels et produits disponibles, il peut parfois être nécessaire d'adapter un protocole issu d'un ouvrage. L'équipe technique offre son aide notamment pour la prise en main de logiciels ou l'acquisition de mesures répétitives, elle apporte également son assistance à la demande du candidat, en respectant ses indications pour la mise en place et la réalisation de certaines expériences. Le candidat ne doit pas hésiter à demander cette assistance durant tout le temps de la préparation. La mise en œuvre effective des expériences devant le jury et leur exploitation sont naturellement sous la responsabilité du candidat, qui doit maîtriser la conduite des expériences demandées en préparation.

- **Au bout des quatre heures imparties, le jury entre dans la salle et l'épreuve à proprement parler peut débuter. Le candidat dispose alors de quarante minutes pour**

présenter son exposé. Il s'ensuit un entretien de quarante minutes maximum avec les membres du jury.

L'exposé débute par une introduction pédagogique comprenant une description argumentée du périmètre de la leçon explicitant les choix effectués, le niveau concerné, les prérequis et les objectifs visés en termes d'apprentissage. Il peut également être intéressant de préciser les notions délicates en lien avec les choix didactiques et pédagogiques effectués. Cette introduction, d'une durée de 5 minutes maximum, est destinée à des professionnels de l'enseignement. Cette introduction n'a rien à voir avec la simple présentation du plan de la leçon. Le niveau du public auquel s'adresse l'exposé est choisi par le candidat et explicité lors de l'introduction pédagogique, la liste des leçons n'affichant aucune référence à un programme officiel.

Le jury se laisse la possibilité d'intervenir de manière exceptionnelle au cours de l'exposé lorsqu'une erreur a été commise et qu'elle peut être préjudiciable au bon déroulé de la suite.

La partie entretien débute après l'exposé de la leçon et consiste en un échange entre le candidat et le jury. Elle est l'occasion de revenir sur certains points de l'exposé évoqués par le candidat, de préciser les raisons des choix effectués, de justifier les modèles et les exemples présentés au niveau proposé, d'aborder plus précisément les exemples ou les applications avancées et d'élargir le questionnement vers des champs connexes au domaine traité. Peuvent également être abordées l'organisation de l'exposé, ainsi qu'une discussion sur les choix des ressources auxquelles le candidat a fait appel, les illustrations proposées et les difficultés conceptuelles identifiées. Cet entretien a notamment pour objectifs d'évaluer les capacités disciplinaires, pédagogiques et didactiques du candidat en s'appuyant sur l'exposé de la leçon. Les connaissances scientifiques du candidat sont évaluées naturellement au cours de l'exposé mais également au cours de l'entretien.

C. Titres des épreuves de leçon de chimie de la session 2019

La leçon de chimie porte sur le programme de la partie à dominante chimie de l'épreuve écrite d'admissibilité. L'exposé de la leçon de chimie doit permettre au candidat de faire montre de ses compétences scientifiques, didactiques et pédagogiques. Les énoncés des leçons de chimie sont suffisamment ouverts pour laisser au candidat une part d'initiative importante et le conduire à faire des choix argumentés et cohérents, sans viser nécessairement l'exhaustivité. Pour la leçon de chimie, le niveau du public auquel s'adresse l'exposé est celui des trois années après le baccalauréat, classes préparatoires aux grandes écoles ou niveau de licence L1, L2, L3 de l'enseignement supérieur, il est choisi par le candidat et explicité lors de la présentation. Lors de l'exposé de la leçon, le candidat doit présenter les fondements théoriques et les modèles qui sous-tendent les concepts retenus tout en privilégiant un ancrage dans le réel et une confrontation à ce réel. S'il l'estime nécessaire et utile à l'illustration de son exposé, le candidat est encouragé à présenter une brève manipulation, qualitative ou quantitative.

Pour la session 2019, une liste de titres de leçon parmi lesquelles un sujet est tiré le jour de l'épreuve a été donnée au préalable. Ils sont classés par grandes thématiques indicatives.

Liste des titres des leçons de chimie de la session 2019 classés par thématiques

Autour de la classification périodique

- Évolution de quelques propriétés atomiques à partir du modèle quantique de l'atome
- Réactivité chimique d'une famille d'éléments

Liaisons chimiques

- Diagramme d'OM de molécules de type *AB*
- Méthode des fragments appliquée aux complexes octaédriques de métaux de transition
- Interprétation et prévision des résultats expérimentaux à l'aide des orbitales frontalières
- Le modèle du cristal ionique parfait et ses limites
- La liaison chimique à l'état solide : nature et évolution dans la classification périodique (on se limitera aux corps simples et aux corps composés de deux éléments)
- Interactions non covalentes - chimie supramoléculaire

La réaction chimique: aspects thermodynamique et/ou cinétique

- Évolution d'un système siège d'une réaction de précipitation
- Potentiel chimique en phase condensée
- Des résultats expérimentaux au mécanisme réactionnel
- Contrôle thermodynamique / contrôle cinétique
- Optimisation d'une synthèse industrielle
- Catalyses

Chimie verte

- Amélioration d'un procédé de synthèse dans le cadre d'une chimie plus respectueuse de l'environnement
- Catalyse et chimie verte
- Chimie verte et choix de solvant

Méthodes d'analyse en chimie

- Détermination de la structure des composés organiques
- Spectroscopie de RMN
- Spectroscopies d'absorption et d'émission (Infra-rouge et UV-visible): applications en analyse
- Chromatographies (HPLC et CPV) en analyse qualitative et quantitative

Méthodes de séparation en chimie

- Distillations-Chromatographies
- Extractions liquide-liquide et solide –liquide

Chimie, énergie et environnement

- Conversion d'énergie chimique en énergie électrique
- Conversion d'énergie électrique en énergie chimique
- Le dihydrogène: production et piles à combustible
- Les batteries Lithium ions
- Les carburants hydrocarbures : élaboration, pouvoirs calorifiques, enjeux environnementaux

Chimie moléculaire

- Construction du squelette carboné en chimie organique

- Aménagement fonctionnel en chimie organique
- Stratégie de synthèses de complexes d'ions métalliques
- Propriétés des complexes de métaux de transition
- Synthèse totale et analyse rétro synthétique
- Utilisation de groupes protecteurs en stratégie de synthèse
- Sélectivités en chimie organique (régio et stéréo)
- La catalyse en chimie organique, importance pour la régio et stéréosélectivité

Chimie des matériaux

- Synthèses de macromolécules
- Relations structure-propriétés des macromolécules
- Matériaux semi-conducteurs
- Solides métalliques, alliages
- Matériaux cristallins et matériaux amorphes

D. Critères d'évaluation de l'épreuve

Dans cette épreuve, il est attendu une maîtrise scientifique du sujet, une réflexion sur les modalités relatives à son enseignement et une capacité à effectuer une présentation orale de ces deux aspects. Les critères d'évaluation retenus par le jury sont les suivants.

- La maîtrise disciplinaire : adéquation de l'exposé avec le titre du sujet, structure et cohérence de l'exposé, maîtrise scientifique, rigueur du formalisme et des langages scientifiques ainsi que du vocabulaire, pratique de la démarche scientifique, culture scientifique.
- La transposition didactique et pédagogique : cohérence de la présentation dans le cadre d'une formation annuelle et pluriannuelle, structuration de l'exposé, contextualisation choisie, méthodes développées, illustrations et applications sélectionnées, confrontation entre modèles et réalité, mise en relief des points importants, capacité de synthèse.
- La qualité de la présentation et l'aptitude à communiquer : aisance orale sans recours trop important à des notes écrites, expression claire, audible et dynamique, capacité à gérer le temps et utilisation pertinente des outils de communication (tableau, caméra et vidéoprojection).
- La qualité du dialogue avec le jury : écoute, réactivité, capacité à mettre en œuvre un raisonnement logique, capacité à corriger ses erreurs.

E. Conseils pour l'épreuve de leçon

La leçon de chimie prend la forme d'un exposé pédagogique, présenté par le candidat au tableau avec l'appui de ressources numériques et éventuellement d'illustrations expérimentales dûment choisies. À partir du titre du sujet, le candidat conçoit une présentation en effectuant des choix et

en utilisant des ressources qui sont discutés lors de l'entretien avec le jury. Il est essentiel que le candidat mène une réflexion personnelle pour définir les objectifs, les contenus, les articulations et l'équilibre entre les différentes parties, en fonction du titre proposé. Cela permet de restreindre et de cerner l'étude si le sujet est vaste, d'éviter les parties hors sujet et de présenter un exposé résultant de choix cohérents et argumentés.

Il est important que le candidat s'informe des programmes officiels de l'année en cours pour pouvoir bien situer sa leçon, les programmes de classes préparatoires étant beaucoup plus contraignants que ceux de la licence universitaire. Si la leçon est proposée au niveau L3, il ne faut pas passer du temps sur des notions élémentaires vues au lycée ou en premières années de licence. Le niveau auquel la leçon est placée doit être cohérent avec les prérequis associés et avec une progression « raisonnable » le long du cycle licence. Le jury rappelle qu'il n'a aucune idée préconçue sur le contenu des leçons et que le candidat dispose d'une liberté didactique et pédagogique totale. Il peut être pourtant préjudiciable pour le candidat de se placer à un niveau trop bas ne lui permettant pas de montrer ses connaissances scientifiques.

L'introduction pédagogique a parfois rempli les objectifs fixés mais a souvent été bâclée ou considérée comme un exercice de style formel, sans interrogation personnelle de la part du candidat. Ainsi, elle a souvent été perçue comme une « introduction à l'introduction » de la leçon, en mettant de côté les difficultés liées aux aspects disciplinaires fondamentaux, pédagogiques et didactiques détectés en préparation. Le jury conseille aux candidats de construire la leçon à partir de choix réfléchis et assumés, et donc de savoir les présenter et les justifier dans cette introduction pédagogique.

S'ensuit la leçon à proprement parler. Tout en s'adressant à un public virtuel d'étudiants, son déroulé n'est pas celui qu'effectuerait un professeur en situation. En effet, l'absence de dialogue entre professeur et étudiants autorise un rythme plus rapide que celui adopté avec une classe. Dans cette partie, le candidat évite de faire des commentaires adressés à des professionnels de l'enseignement ou en aparté, et ne s'adressant pas à des étudiants virtuels.

Il est alors attendu du candidat qu'il présente par lui-même des développements théoriques autour de modèles et de concepts attestant de ses compétences scientifiques, de la maîtrise de la discipline et de liens avec les disciplines connexes. Compte tenu de la durée de l'épreuve et de l'ouverture des sujets, des choix doivent être faits et l'exhaustivité proscrite. Les « catalogues » de réactions chimiques sur des réactifs génériques sans analyse ou explications n'ont aucun intérêt pédagogique, ni le choix d'exemples trop exotiques, difficilement abordables par des étudiants de licence.

En chimie organique, l'utilisation de groupes « R », « X » est autant que possible à proscrire : des exemples concrets doivent être choisis, pour montrer la réalité expérimentale et illustrer des aspects de régio- ou stéréosélectivité.

Les candidats tirant au sort une leçon de la spécialité de leur thèse doivent prendre garde à rester dans un niveau licence et être vigilants au fait qu'il s'agit d'une leçon et non d'une conférence scientifique, même s'il est bienvenu d'utiliser des exemples de leur spécialité.

Au cours de la session, le jury a apprécié le soin apporté par certains candidats à proposer des plans construits, fondés sur une contextualisation solide et s'appuyant sur des supports pédagogiques variés et adaptés.

Le jury a apprécié les candidats s'exprimant de façon claire et dynamique, ne parlant pas face au tableau, écrivant de façon lisible. Le candidat doit réfléchir à un équilibre entre ce qu'il écrit au tableau et ce qu'il projette. En particulier, les leçons s'appuyant *uniquement* sur des diapositives conçues pendant la préparation sont à proscrire : le candidat doit montrer son autonomie et sa capacité à conduire un raisonnement ou présenter des notions « en direct ». L'utilisation judicieuse des diapositives par certains candidats leur a permis de montrer des illustrations impossibles à dessiner au tableau, de donner des tableaux de valeurs, des schémas ou des définitions dont le report au tableau serait trop chronophage. Le jury s'attend à ce que le gain de temps en préparation que permet l'accès à internet se retrouve dans la qualité pédagogique des présentations ainsi que dans la pertinence des expériences réalisées.

Il peut être contre-productif d'utiliser internet uniquement comme d'un aide-mémoire. Les candidats qui utilisent des leçons pré-rédigées dont ils ne maîtrisent pas le contenu (ce qui peut même conduire à des retranscriptions fausses durant l'exposé) ont de grandes difficultés à répondre aux questions du jury. Cet accès à internet ne peut être dissocié d'un travail de fond en amont pour s'approprier les concepts scientifiques sous-jacents.

L'utilisation de la flexcam pour faire des photos d'illustration de livre conduit à des images qui sont parfois difficilement visibles. Le jury apprécie que si le candidat constate ce problème, il reporte alors au tableau les éléments essentiels pour illustrer son discours.

Pour ce qui concerne les illustrations, le jury attend d'une part que le candidat en mentionne la source mais que d'autre part il soit en mesure d'en justifier le choix et d'en donner une interprétation pertinente.

Le jury rappelle que lors des présentations de résultats sous forme graphique, les axes doivent être légendés par les grandeurs et les unités reportées. Les expériences sont les bienvenues si elles sont justifiées par la leçon et si les résultats obtenus sont exploités. Les candidats ont tous respecté les règles de sécurité (notamment l'utilisation de la hotte à disposition dans la salle).

Lors de l'écriture des mécanismes en chimie organique, le jury a apprécié les candidats qui ont appliqué la rigueur qu'on exige, en tant qu'enseignant, des élèves et étudiants, notamment sur la représentation des doublets d'électrons et de leur déplacement ou de la stéréochimie des molécules dessinées.

On rappelle que les « valeurs théoriques » viennent d'un calcul utilisant une théorie ou un modèle. Il ne faut donc pas utiliser les expressions comme par exemple « température de fusion théorique » ou « spectre théorique » pour désigner des informations issues de la littérature et obtenues par des expériences antérieures.

Les notes les plus élevées ont été attribuées à des exposés construits autour d'une problématique appropriée, au cours desquels des notions bien choisies et judicieusement illustrées ont été présentées avec pédagogie, dynamisme et enthousiasme. La juste adéquation entre l'introduction pédagogique et le cœur de la leçon a permis à ces candidats de transmettre un message pertinent et adapté. Ils ont aussi montré leurs capacités à répondre aux questions aussi bien scientifiques que pédagogiques et à rectifier leurs éventuelles erreurs lors de l'entretien. À ce titre, leurs auteurs méritent les plus chaleureuses félicitations des membres du jury.

Leçons de chimie pour la session 2020

Pour la session 2020, il n'y aura pas 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 donnée ci-dessous ;
- ii. Un thème qui en précise le cadre général et en colore les développements
- 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.

Liste des grandes thématiques ou domaines de la chimie

1. *Autour de la classification périodique*
2. *Liaisons intra et intermoléculaires*
3. *Phases condensées*
4. *Principes thermodynamiques appliqués à la chimie*
5. *Aspects cinétiques de la réactivité en chimie*
6. *Méthodes d'analyse en chimie*
7. *Méthodes de séparation en chimie*
8. *Transfert d'électrons en chimie*
9. *Chimie moléculaire*
10. *Chimie macromoléculaire*
11. *Du laboratoire aux procédés*

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

(i) Thématique : *Chimie moléculaire*, (ii) Thème : *Stratégie de synthèse organique*, (iii) Élément imposé : *Acétals et cétals*

(i) Thématique : *Principes thermodynamiques appliqués à la chimie* ; (ii) Thème : *Potentiel chimique* ; (iii) Élément imposé : *Ebullioscopie*

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*

Rapport sur la leçon de physique

La préparation de la leçon est d'une durée de 4 heures. Pendant ce temps, les candidats ont accès à la bibliothèque qui contient des ouvrages pédagogiques de tous niveaux leur permettant de s'appuyer sur des sources dont disposent en général les enseignants en exercice. Ils ont également accès à internet et peuvent télécharger toute ressource en libre d'accès, ou chercher des informations sur des documents d'encyclopédie en ligne par exemple. Le jury espère ainsi que la combinaison d'un large accès à l'information et de sujets ouverts permet aux candidats de montrer toute leur créativité en proposant des exposés variés.

Les candidats disposent de 40 minutes pour exposer au jury la leçon préparée qui s'appuie, autant que le sujet s'y prête, sur des expériences. Les sujets sont volontairement ouverts, imposant aux candidats de faire des choix. Si la durée de l'exposé est relativement courte (40 minutes), les candidats ont néanmoins, en général, bien réussi à calibrer leur temps de parole pour respecter cette contrainte.

Lors de l'exposé, le jury attend une contextualisation claire en début de leçon. Si cette contextualisation inclut la plupart du temps les prérequis de la leçon, sa place dans le programme et la justification des choix effectués, un panorama introductif du sujet ou une problématique initiale sont particulièrement appréciés. Souvent les candidats ont fait cet effort, mais sans toujours y revenir par la suite pour conclure sur la problématique posée ou y apporter des éléments de réponse.

Le jury attend que les candidats exposent avec clarté les concepts et les modèles fondamentaux visés, comme ils le feraient devant des élèves, qu'ils exploitent une expérience quantitative pertinente dans le cadre de la leçon et qu'ils l'intègrent à leur démarche scientifique. Par ailleurs, il semble utile de rappeler qu'une expérience quantitative pleinement exploitée inclut systématiquement une discussion sur les incertitudes. Lorsqu'il n'est pas possible de réaliser une expérience, les candidats peuvent tout à fait s'appuyer sur des données issues de sites scientifiques, pour intégrer leur analyse à la leçon.

Certains candidats utilisent des documents préparés en cours d'année, qu'ils téléchargent sur des sites en libre accès. C'est un exercice qui peut s'avérer périlleux lorsque la maîtrise des contenus se révèle insuffisante et cela ne doit pas, par ailleurs, les empêcher d'utiliser le tableau, pour démontrer leurs capacités à communiquer en s'appuyant aussi sur l'écrit devant un public d'élèves ou d'étudiants. Le jury prête enfin une très grande attention à la clarté et à la précision du propos et il a remarqué que des diapositives projetées, en absorbant une partie de l'attention des candidats, nuisaient parfois à cette clarté.

L'entretien, qui succède à l'exposé, est l'occasion de revenir sur certains points évoqués par le candidat afin de lui permettre de justifier ses choix, de compléter une explication, de préciser ou prolonger une démonstration, une expérience ou l'architecture pédagogique de l'exposé. Cet entretien se termine en général par des questions de portée plus large, permettant aux candidats de

démontrer leur culture scientifique. Il inclut bien souvent une discussion avec le jury sur les obstacles que pourraient potentiellement rencontrer les élèves ou des étudiants dans l'assimilation des concepts exposés. Ces obstacles peuvent être liés aux mathématiques utilisées, aux modèles proposés, à leur présentation, aux représentations mentales initiales, aux langages utilisés, au sens des mots dans le contexte ...

Enfin, la toute dernière partie de l'épreuve s'articule autour d'une question ayant trait aux valeurs de la République et les enjeux de l'école. Suite à une première réponse, un échange s'engage avec le jury permettant d'apprécier la profondeur de la réflexion des candidats. Il est appréciable que la réponse s'appuie sur des exemples ou sur des principes afin d'illustrer les propos et de construire une argumentation. Il est attendu que le candidat fasse preuve d'authenticité dans sa réponse et qu'il montre que sa réflexion s'inscrit dans les valeurs qui portent le métier d'enseignant, et, en particulier, celles de la République, la laïcité et le refus de toutes les discriminations. Le jury attend notamment que le candidat fasse bien la distinction entre les savoirs et les croyances (individuelles ou collectives) ou les opinions.

Leçons de physique pour la session 2020

À partir de la session 2020, si 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 fera 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 pourra faire appel à des simulations et, d'une manière générale, le traitement numérique des données et/ou des résultats sera attendu.

Thèmes susceptibles d'être choisis pour les leçons de physique de la session 2020

- Spectres (*niveau : cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- Ondes mécaniques (*niveau : cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- Phénomènes acoustiques (*niveau : cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- Aspects ondulatoires en optique (*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*)
- Énergie électrique (*niveau : cycle terminal de l'enseignement secondaire*)

- Conservation de l'énergie (*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*)
- Description d'un fluide au repos (*niveau : enseignement de spécialité dans le cycle terminal de l'enseignement secondaire*)
- 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*)

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 été conçue dans l'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

Pour le concours externe spécial de l'agrégation de physique-chimie option chimie, cette épreuve constitue une nouveauté à plus d'un titre. Tout d'abord, elle exige des candidats admissibles qu'ils transmettent, au moins dix jours avant le début des épreuves d'admission, un dossier scientifique que le jury étudie avec attention en amont de l'épreuve. Elle est également nouvelle dans ses objectifs, explicités dans le programme du concours qui indique que cette épreuve doit permettre au jury d'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 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.

Cette épreuve est enfin nouvelle dans sa forme, puisque les candidats peuvent 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, plus encore que pour les autres épreuves, de prendre le temps de s'interroger sur la meilleure façon de répondre aux attentes du jury.

Déroulement de l'épreuve

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 une question posée par le jury au début de la séance de préparation. Cette question est formulée par le jury sur la base du dossier scientifique soumis par le candidat dans le cadre de cette épreuve.

Dans chaque salle de préparation, les candidats ont accès à un vidéoprojecteur et à un ordinateur connecté à internet sur lequel sont installés la plupart des logiciels usuels (Packs office et open office, IsisDraw, ChemsSketch, etc). ² Au cours de l'étape de préparation, 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,

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

² Chemdraw n'est pas disponible.

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 (clef USB, disque dur externe, etc.). Son dossier scientifique sous format numérique est mis à la disposition du candidat au début de l'épreuve.

Si besoin, les membres de l'équipe technique peuvent aider les candidats à mettre en place une ou plusieurs expérience(s) en appui de leur exposé.

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). 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 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.

Les candidats doivent également mettre en valeur leur formation à et par la recherche en détaillant 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 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 les 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

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.

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.

Le jury insiste sur la nécessaire qualité du dossier, qui doit en particulier attester d'une bonne maîtrise de la langue française et d'une capacité à présenter des travaux scientifiques de manière claire, concise, rigoureuse et accessible. La clarté du dossier facilite sa lecture et l'élaboration par le jury des questions posées aux candidats en début de préparation de l'épreuve orale. 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.

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. Même si les membres du jury disposent des dossiers de tous les candidats, ceux-ci doivent présenter leur parcours et leur formation à et par la recherche et montrer en quoi il constitue un atout pour le métier de professeur. La présentation orale ne doit cependant pas être une simple répétition des termes du dossier. La difficulté de l'exercice est de trouver un équilibre entre différents aspects : scientifiques, de valorisation des travaux, pédagogiques, didactiques et d'explicitation des compétences acquises. Ces derniers doivent s'incarner dans des exemples simples et dans les réponses à la question posée lors de la préparation par le jury. Les candidats doivent éviter une présentation trop théorique, technique ou détaillée sans pour autant se mettre au niveau « grand public ». 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.

La réponse à la question gagne à être intégrée de façon judicieuse au déroulé de l'exposé. Elle doit être étayée par des considérations scientifiques développées avec pédagogie. Le temps consacré à la réponse doit être suffisant, il est en particulier maladroit de n'y consacrer que la dernière minute de l'exposé ou qu'une parenthèse déconnectée du reste du propos. Certaines questions peuvent se rapporter à des aspects plus pédagogiques, méthodologiques ou éthiques. Il est essentiel que les candidats aient réfléchi en amont de l'épreuve à ce type de questionnement, qui exige du candidat un certain recul sur ses activités de recherche et les enjeux de l'enseignement de la chimie.

Trois exemples de question formulée par le jury

Comment valoriser une expérience personnelle en recherche pour mettre en œuvre et justifier de la dimension expérimentale de l'enseignement de la chimie ?

Comment discuter des intérêts et des limites d'une méthode de suivi cinétique au travers de l'exemple de la spectroscopie RMN (niveau post-bac) ?

Quel peut être l'apport didactique et pédagogique de l'exemple des gels organiques notamment dans l'acquisition progressive des notions portant sur les interactions intermoléculaires ?

Au terme de la présentation, l'entretien avec le jury permet d'apprécier plus finement les compétences et les motivations des candidats. Le jury peut appuyer son questionnement sur le contenu du dossier, la présentation orale ou la réponse à la question posée. 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. La chimie du niveau des programmes de lycée et CPGE doit être maîtrisée par les candidats, tout particulièrement celle mobilisée dans leurs travaux de recherche. Le jury peut donc poser des questions précises s'y rapportant, et les candidats doivent être capables d'expliquer les concepts afférents en se plaçant dans une situation d'enseignement au niveau correspondant à la question.

La discussion permet également d'évaluer le recul pris par le candidat par rapport à la démarche utilisée (compréhension du contexte, importance du questionnement scientifique et de la démarche à mettre en œuvre, relation à la vérité scientifique, élaboration d'un modèle ou du moins d'un édifice intellectuel permettant de rendre compte d'une série d'expériences, etc.).

Les candidats doivent s'emparer des questions posées par le jury lors de cette discussion. Ils peuvent s'appuyer sur un modèle, un schéma, reprendre un raisonnement au tableau avec soin et rigueur, et utiliser leurs diapositives ou d'autres préparées à l'avance.

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. Les meilleures des prestations ont conduit à des notes élevées, qui ont permis à certains candidats de valoriser leur formation à et par la recherche et, au final, d'être admis au concours. Ces candidats avaient à l'évidence particulièrement bien préparé cette épreuve et en avaient compris les objectifs.