



Concours de recrutement du second degré

Rapport de jury

Concours : Agrégation externe

Section : Physique-chimie

Option : Physique

Session 2018

Rapport de jury présenté par :
Jean-Marc Berroir,
Président du jury

Table des matières

Avant-propos	3
Réglementation de la session 2019	6
Informations statistiques	7
Épreuves d'admissibilité	9
Rapport sur la composition de physique 2018	10
Rapport sur la composition de chimie 2018	17
Rapport sur le problème de physique 2018	20
Épreuves d'admission.....	23
Rapport sur la leçon de physique.....	24
Rapport sur la leçon de chimie.....	28
Rapport sur le montage de physique	32
Sujets des épreuves orales de la session 2018	41
Leçons de physique 2018.....	42
Leçons de chimie 2018.....	44
Montages 2018.....	45
Sujets des épreuves orales de la session 2019	46
Leçons de physique 2019.....	47
Leçons de chimie 2019.....	49
Montages 2019.....	50

Avant-propos

Le nombre de postes ouverts au concours 2018 de l'agrégation externe de physique-chimie option physique est en baisse par rapport à celui ouvert en 2017 (72 contre 87). Notons cependant que cette baisse est très partiellement compensée par une légère augmentation du nombre de postes ouverts au concours spécial de l'agrégation externe réservé aux docteurs (12 en 2018 contre 10 en 2017). Le jury, après en avoir mûrement délibéré, a décidé de pourvoir ces 72 postes. Le nombre de candidats ayant composé aux trois épreuves écrites s'établit en 2018 à 507, en léger recul par rapport à l'année précédente. Les 155 candidats admissibles se partagent entre étudiants (54,8 % des admissibles) et professeurs stagiaires, certifiés ou professeurs de lycée professionnel (40,0%), moins de 6 % des admissibles étant sans emploi ou hors de la fonction publique. 69,4 % des étudiants admissibles ont été admis alors que c'est le cas de seulement 21 % des professeurs déjà en activité et admissibles¹. La proportion de femmes parmi les admis reste encore très faible cette année même si elle est en assez nette augmentation par rapport à l'an passé (22 % des admissibles et 28,6 % des admis, contre respectivement 19,8 % et 20,7 % en 2015). Elle reflète cependant assez bien la proportion de femmes parmi les candidats présents aux épreuves écrites (25%). Le jury s'est par ailleurs réjoui de constater la présence de 5 femmes parmi les 10 premiers candidats admis.

Il semble essentiel d'axer la suite de cet avant-propos sur une modification importante des épreuves orales qui interviendra à compter de la session 2019 : lors de la préparation des trois épreuves orales, les candidats auront la possibilité de consulter, en plus des ouvrages de la bibliothèque, toute ressource disponible sur internet en accès libre. Resteront interdites les consultations de forums de discussion, messageries, sites avec accès restreint (login et/ou mot de passe).

Le concours de l'agrégation a pour objectif de recruter des professeurs de grande qualité qui se destinent à enseigner, pour la plupart, dans le secondaire ou en post-bac (classes préparatoires aux grandes écoles, sections de techniciens supérieurs). Dans leur pratique quotidienne, les professeurs utilisent évidemment et ce depuis de nombreuses années les ressources numériques disponibles sur internet. Il est nécessaire de faire évoluer le concours de l'agrégation pour qu'il demeure en lien fort avec la pratique réelle du métier d'enseignant. Un ordinateur connecté à internet sera mis à disposition de chaque candidat dans la salle de préparation et de présentation des épreuves, pour lui permettre d'accéder en particulier à des supports modernes type vidéos ou animations. Le jury espère que l'ouverture à internet conduira les candidats à s'emparer des opportunités offertes par une offre numérique, dont on sait qu'elle est appelée à se développer et à jouer un rôle toujours plus grand dans l'enseignement.

Naturellement, l'utilisation par les candidats de ressources disponibles sur internet, dans les conditions précisées ci-dessus, conduit le jury à adapter les épreuves orales, même s'il a fait le choix d'une relative continuité dans les sujets et le format des épreuves. Il apparaît en particulier nécessaire de renforcer le poids de l'entretien dans l'évaluation pour mieux apprécier la maîtrise disciplinaire, la pertinence des choix didactiques effectués, la réflexion personnelle qui a conduit à ces choix et la capacité du candidat à positionner le sujet de son épreuve dans un contexte scientifique plus vaste.

La principale modification apportée aux épreuves orales consiste donc, pour les trois épreuves, en une réduction du temps de présentation. Celui-ci passera à 40 minutes pour les leçons de physique et de chimie et à 30 minutes pour le montage, laissant ainsi 40 minutes disponibles pour l'entretien en leçon et 50 minutes en montage.

¹ Quelques professeurs lauréats de la session 2018 de l'agrégation interne de physique-chimie se trouvaient parmi les candidats admissibles. La plupart ne se sont pas présentés aux épreuves orales et, comme cela est le cas depuis plusieurs années, aucun des candidats présents aux épreuves orales n'a été reçu.

Les attentes du jury, pour la présentation et l'entretien, sont précisées dans les rapports des épreuves orales figurant dans ce document. Les conseils généraux délivrés dans les rapports des années antérieures restent bien entendus valables. Si l'excellence scientifique et la maîtrise disciplinaire restent essentielles, faire montre de qualités didactiques et pédagogiques au cours des épreuves n'est pas moins indispensable aux candidats pour réussir. Le poids important des épreuves orales dans l'évaluation finale témoigne bien de l'importance donnée à ces compétences professionnelles, dont la maîtrise est essentielle pour exercer le métier d'enseignant. La cohérence d'une leçon, les choix effectués pour aborder ou illustrer un concept, le dialogue entre formalisation et ancrage au réel, la hauteur de vue et le recul qui permettent d'identifier les points les plus délicats d'un exposé et d'y consacrer le temps nécessaire sont autant d'éléments didactiques appréciés du jury. En ce qui concerne la pédagogie, et même si les élèves ne sont pas présents lors des épreuves, les candidats doivent par leur dynamisme, voire leur enthousiasme, témoigner de leur plaisir à communiquer sur la science. La clarté alliée à la rigueur du discours, l'utilisation à bon escient des technologies de l'information et de la communication en leçon comme durant l'épreuve de montage, facilitée par l'ouverture à internet, sont bien sûr également évaluées par le jury.

Enfin, et surtout, la physique et la chimie sont des sciences expérimentales : l'épreuve de montage, ainsi que la leçon de chimie, doivent permettre aux candidats de manifester leurs capacités expérimentales, leur habileté, leur maîtrise de la mesure et leur juste perception de la science comme construction qui toujours s'incline devant le réel.

Pour faciliter l'évaluation de ces capacités expérimentales, le jury de montage se réservera, à partir de la session 2019, la possibilité de demander au candidat pendant l'entretien, la réalisation d'une expérience simple sur un sujet différent de celui choisi par le candidat pour sa présentation, l'analyse de résultats expérimentaux ou toute activité liée à la démarche expérimentale.

Comme l'indiquait le rapport de jury 2015, un arrêté daté du 25 juillet 2014² donne la possibilité au jury d'interroger les candidats sur d'autres compétences que celles relevant de la seule discipline physique-chimie et en particulier sur la première des compétences du référentiel de juillet 2013 : « *Faire partager les valeurs de la République* ». Depuis la session 2016, le jury de l'épreuve de chimie s'est systématiquement emparé de cette possibilité, en posant durant l'entretien une question relevant de cette compétence et il continuera à le faire lors de la session 2019. On trouvera dans ce rapport quelques-unes des questions que le jury a posées aux candidats durant les entretiens qui ont suivi l'épreuve de chimie, ainsi que des conseils permettant aux futurs candidats de préparer sans appréhension cette partie de l'entretien. Pour aider les candidats, un porte-vues rassemblant des documents qui donnent corps aux valeurs de la République et à la laïcité, en particulier la charte de la laïcité à l'École, leur est remis au début du temps de préparation de toutes les épreuves orales. Ce porte-vues contient également le référentiel des compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation de juillet 2013, afin que les candidats puissent pleinement en prendre connaissance.

Le programme de la session 2016 comportait de nouvelles indications concernant l'usage des outils numériques lors des épreuves orales : « Les environnements de programmation (langage) et de calcul scientifique à privilégier lors des épreuves orales et pratiques d'admission sont ceux du programme d'informatique, appliqué à la rentrée scolaire de l'année où est ouvert le concours, des classes préparatoires scientifiques aux grandes écoles ». En conséquence, depuis la session 2016, la distribution Pyzo du langage Python et le logiciel Scilab sont à disposition des candidats admissibles sur des postes informatiques présents dans chaque salle de préparation et de présentation aux épreuves. Les centres de préparation à l'agrégation externe de physique-chimie option physique ont élaboré plusieurs dizaines de programmes aisément modifiables et susceptibles d'être utilisés pour illustrer certaines des leçons de

² Arrêté du 25 juillet 2014 paru au J.O. du 12 août 2014

physique ou des montages. Des liens vers les sites des préparations où ces programmes peuvent être consultés ou téléchargés seront rapidement mis en place sur le site : <http://agregation-physique.org>. On trouvera également à cette adresse une liste de sites internet destinés à favoriser la manipulation du langage Python, accessibles aux candidats durant les épreuves orales. Le maniement de tels programmes lors des épreuves orales, particulièrement lorsque les candidats les modifient pour les adapter au contexte de leur exposé, est l'occasion de faire montre de compétences en informatique, compétences dont on sait qu'elles seront de plus en plus recherchées dans les années à venir et qui seront valorisées par le jury.

Le programme de la session 2019, que l'on trouvera sur le site SIAC2 du ministère, s'inscrit dans la continuité de celui de la session 2018. En complément de ce programme, les candidats trouveront dans les dernières pages de ce rapport les listes des leçons et montages pour la session à venir. Les titres proposés sont souvent courts et ouverts, afin d'inciter les candidats à faire des choix raisonnés, car il faut le rappeler : en leçon comme en montage, il n'existe pas de modèle attendu pour chacun des sujets proposés, et l'originalité est appréciée lorsqu'elle est maîtrisée.

Il reste à recommander aux futurs candidats de lire attentivement ce rapport : il rassemble de précieux conseils donnés par le jury et constitue ainsi un des instruments de leur réussite.

Jean-Marc Berroir
Professeur à l'École normale supérieure, Président du jury

Réglementation de la session 2019

Les textes officiels régissant les 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 de l'agrégation externe de physique-chimie option physique sont consultables sur ce même site.

Informations statistiques

COMPOSITION DU JURY

Le jury compte vingt-cinq membres (onze femmes et quatorze hommes) et rassemble un inspecteur général de l'éducation nationale, trois professeurs des universités, deux directrices de recherche CNRS, cinq maîtres de conférences, deux inspecteurs territoriaux (IA-IPR), huit professeurs de chaire supérieure et quatre professeurs agrégés.

POSTES ET CANDIDATS

72 places ont été mises au concours.

Le tableau ci-dessous donne des informations générales relatives à la sélection progressive des candidats au cours des épreuves, les valeurs des trois années précédentes étant rappelées à titre de comparaison.

	2018	2017	2016	2015
Inscrits	1352	1515	1510	1433
Présents aux trois épreuves	507	529	598	556
Admissibles	155	162	199	198
Barre d'admissibilité	46,4/120	50,0/120	45,0/120	43,4/120
Moyenne générale du candidat classé premier	19,3/20	19,9/20	16,8/20	18,7/20
Moyenne générale du dernier candidat reçu	9,5/20	9,1/20	9,0/20	9,2/20
Admis	72	87	92	89

EPREUVES ECRITES

Moyenne sur 20 du premier candidat admissible : . 20,0 /20

Moyenne sur 20 du dernier candidat admissible : .. 7,7 /20

Nature de l'épreuve écrite	Moyenne des candidats ayant composé	Moyenne des candidats admissibles
Composition de physique	6,1/20	10,9/20
Composition de chimie	7,5/20	12,0/20
Problème de physique	5,9/20	10,5/20

EPREUVES ORALES

Nature de l'épreuve orale	Moyenne des candidats présents aux épreuves orales	Écart-type
Leçon de physique	9,7/20	4,2/20
Leçon de chimie	8,8/20	5,0/20
Montage de physique	10,0/20	4,9/20

Nature de l'épreuve orale	Moyenne des candidats admis	Écart-type
Leçon de physique	12,3/20	3,6/20
Leçon de chimie	11,4/20	4,8/20
Montage de physique	13,2/20	3,9/20

Répartition par date de naissance des candidats

Année de naissance	Nombre d'admissibles	Nombre d'admis
1996	8	8
1995	21	15
1994	30	22
1993	13	5
1992	8	4
1991	3	0
1990	8	5
1989	1	1
1988	2	0
1987	2	0
1986	3	0
1985	4	0
1984	2	2
1983	4	0
1982	3	1
1981	2	0
1980	7	1
1979	5	1
1965 à 1978	29	7

Répartition par profession

Profession	Nombre d'admissibles	Nombre d'admis
Étudiant	48	25
Élève d'une ENS	37	34
Enseignants titulaires MEN	57	12
Enseignants stagiaires	4	1
Agents non titulaires MEN	1	0
Hors fonct. publique/sans emploi	7	0

Répartition par sexe

	Nombre de présents aux trois épreuves	Nombre d'admissibles	Nombre d'admis
Hommes	377	127	56
Femmes	130	28	16

Épreuves d'admissibilité

Les épreuves se sont déroulées du 12 au 14 mars 2018.
L'intégralité des sujets des épreuves écrites d'admissibilité sont consultables
sur le site internet du ministère de l'éducation nationale, rubrique SIAC 2.

Rapport sur la composition de physique 2018

I. Généralités

1. Présentation de l'épreuve

L'épreuve s'intéresse à quelques interactions dans le système solaire. Dans la première partie, on développe une première approche simple du mouvement des planètes dans le champ de gravitation du soleil et on détermine quelques caractéristiques liées au "fonctionnement" d'une étoile à l'aide d'ordres de grandeurs. La deuxième partie traite du système solaire primordial et notamment du disque protoplanétaire qui a précédé les planètes dans l'histoire. La troisième partie se focalise d'abord sur l'interaction entre une planète et un disque de matière issu du disque protoplanétaire et s'achève sur l'étude d'une résonance orbite-orbite, qui permet d'expliquer quelques configurations actuelles du système solaire. Toutes les questions du sujet ont été traitées.

De très bonnes copies ont su convaincre le jury - dévoilant de multiples qualités de futurs professeurs agrégés. Toutefois, le jury aurait aimé les voir plus nombreuses : un certain nombre de prestations restent en-deçà des exigences du concours, elles interrogent quant à la capacité d'enseigner et de donner des explications claires : réponses non rédigées, brouillonnes, ou hors sujet voire incompréhensibles (auxquelles peuvent s'ajouter des méconnaissances fondamentales).

Par ailleurs, en plus de quelques fautes de frappe, on signale que le sujet comportait une erreur, qui n'a visiblement pas perturbé outre mesure les candidats ; ainsi, à la question **58** - il fallait lire :

$$\underline{x}_n = \frac{n^2 \Omega^2 \underline{f}_{x,n} - 2i\Omega \Omega_m n \underline{f}_{y,n}}{[\Omega_m^2 n^2 \Omega^2 - n^4 \Omega^4]} \exp(in\Omega t)$$

2. Conseils sur les questions qualitatives

L'énoncé demande à plusieurs reprises de commenter, discuter ou interpréter des résultats : le jury invite les candidats à ne pas éluder ces questions qui participent aux raisonnements scientifiques, permettent d'identifier la bonne compréhension d'une problématique et constituent une étape pédagogique fondamentale que les futurs professeurs doivent maîtriser. Il s'agit ici de faire preuve de précision dans les explications et les mots employés. Mais si la précision est essentielle, il est aussi important de savoir être concis ; un schéma correct et bien légendé permet souvent d'aller à l'essentiel, d'exposer les idées et les résultats sans perdre trop de temps.

3. Conseils sur "les outils de base"

Des connaissances issues de divers domaines de la physique tels que la mécanique, l'électromagnétisme et la thermodynamique, sont nécessaires pour répondre aux questions posées et font généralement appel à des notions extrêmement classiques. Ainsi, pour se préparer à l'épreuve de composition, il est crucial de maîtriser les bases des différents domaines de la physique et c'est essentiellement une bonne maîtrise de ces fondamentaux qui a distingué les candidats admissibles des autres. Sans prétendre à l'exhaustivité, on peut citer parmi ces fondamentaux testés par le sujet :

- En mécanique, les bases de cinématique en polaires, le calcul vectoriel, les considérations énergétiques, les changements de référentiels, le découpage en systèmes infinitésimaux...
- En thermodynamique, le rayonnement du corps noir, le principe fondamental de la statique des fluides...
- En électromagnétisme, la connaissance et l'utilisation des équations de Maxwell...

Même si cette liste n'est pas exhaustive et sera amenée à changer avec les sujets et les années, les candidats qui se préparent à ce concours doivent comprendre qu'il n'est pas nécessaire d'avoir des connaissances très pointues dans tel ou tel domaine pour produire une bonne copie. Ce qui est recherché par le jury est surtout une connaissance et une maîtrise solide des fondamentaux de la physique.

4. Conseils sur la présentation d'une copie

Il est également crucial, pour un futur professeur agrégé de savoir réaliser des figures adéquates et soignées. Enfin, le jury rappelle que les réponses doivent être mises en évidence (soulignement, encadrement). Cela concerne notamment les expressions littérales obtenues avant d'effectuer les applications numériques associées. Ces dernières doivent être assorties des unités nécessaires (simplifiées) et comporter un nombre cohérent de chiffres significatifs. Un tel souci de présentation est une qualité fondamentale pour un futur professeur.

II. Commentaires au fil du sujet

Première partie

1. Mouvement d'une planète

Cette partie, extrêmement classique, a toujours été traitée par les candidats, même si beaucoup sont allés trop vite et ont négligé des questions à leur portée.

1.1 Préliminaires

1.1.1 Référentiel utilisé

1 - Ces deux questions, pourtant fondamentales pour un futur agrégé, ont posé de nombreux problèmes.

- Un référentiel correspond à la donnée d'un solide et d'une horloge. La notion de solide est ici fondamentale. Sur un solide, avec des axes fixes, on peut construire un repère d'espace. Se donner simplement un repère n'est pas suffisant : un repère correspond à une base de projection ; mais si l'on ne sait pas si cette base est fixe ou non dans le référentiel, toute dérivation est impossible. De même, sans horloge associée, cela n'a pas de sens de repérer simplement une position dans l'espace pour décrire un mouvement.
- La définition d'un référentiel galiléen n'a pas pratiquement jamais été donnée correctement. La plupart des candidats se sont contenté de phrases du type : "un référentiel galiléen est un référentiel dans lequel le principe d'inertie est vrai". Quand ils énoncent ce dernier, la plupart des énoncés reviennent à : "dans un référentiel galiléen, le mouvement d'un corps isolé ou soumis à des forces qui se compensent est rectiligne uniforme". Ce n'est pas suffisamment précis pour être recevable. Il est en effet crucial d'avoir en tête que l'objet en question est la plupart du temps un solide et que le principe d'inertie - tout comme sa contraposée, le principe fondamental de la dynamique, ou son extension, le théorème de la résultante dynamique - ne fournissent des informations que sur le mouvement de son centre d'inertie, mais ne disent rien d'une éventuelle rotation propre autour de ce centre d'inertie. Ce point, qui faisait déjà l'objet d'une remarque claire dans le rapport de la composition d'il y a deux ans, doit être éclairci par les candidats. L'énoncé correct correspondant à cet aspect du principe d'inertie serait : "dans un référentiel galiléen, le mouvement du centre d'inertie d'un corps isolé ou soumis à des forces qui se compensent est rectiligne uniforme". A titre d'illustration et comme moyen mnémotechnique, on pensera à la scène du film Interstellar dans laquelle le héros tente de s'arrimer à un vaisseau spatial en train de se désintégrer : dans un référentiel de la caméra, localement galiléen, ledit vaisseau peut être considéré comme isolé et son centre d'inertie a un mouvement rectiligne uniforme (pendant au moins un moment), mais il est malheureusement en rotation propre rapide autour de ce barycentre, ce qui fait le sel de la scène.
- Par ailleurs, pour les candidats qui décident d'énoncer le principe d'inertie, aucun ne l'énonce comme un postulat d'existence : le principe d'inertie postule en effet l'existence d'un référentiel dit galiléen. Au delà de son intérêt dans la construction de la physique, cette idée d'existence est cruciale pour distinguer le principe d'inertie d'une simple conséquence du principe fondamental de la dynamique.

1.1.2 Champ de gravitation créé par le Soleil

2 - Le théorème de Gauss pour la gravitation est la plupart du temps connu ; mais peu de candidats font l'effort de l'utiliser proprement. Les considérations de symétrie et d'invariance, qui permettent de choisir la surface de Gauss sphérique sont rarement mises en avant. C'est l'occasion de signaler qu'en plus de mettre en valeur ses qualités pédagogiques, le candidat a réellement intérêt à rédiger précisément : les meilleures copies n'ont jamais bâclé ces premières questions, mais sont quasi toutes issues de candidats qui avaient

décidé dès le début de la composition "de faire proprement ce qu'ils faisaient". Traiter proprement les premières questions, ce n'est pas perdre du temps, c'est surtout gagner des points faciles - là encore, en mariant précision et concision.

1.1.3 Modèle simplifié du mouvement d'une planète

3 - Beaucoup de candidats ont pensé à utiliser le théorème du moment cinétique ; mais deux écueils se sont présentés :

- Certains candidats ont voulu expliciter le moment cinétique en fonction du vecteur position et du vecteur vitesse projetés dans une base polaire (parfois cylindrique) et non sphérique (comme c'est nécessaire) : dans les deux cas, ils supposent que le mouvement est plan (leur position n'a de composante que selon \mathbf{u}_r , leur vitesse n'a de composantes que sur \mathbf{u}_r et \mathbf{u}_θ) pour montrer que le mouvement est plan. Dans ce cas, aboutir au fait que le moment cinétique est selon \mathbf{u}_z n'a pas de valeur.
- Par ailleurs, de nombreux candidats se sont contentés de montrer que le moment cinétique était une constante du mouvement, avant de conclure que le mouvement était plan. Il fallait rappeler que si \mathbf{L} était une constante, sa direction l'était aussi. Or, par construction, le vecteur position est perpendiculaire au moment cinétique ; cela signifie que le vecteur position évolue dans un espace perpendiculaire à une direction constante : un plan. Le fait que ce plan dépende uniquement des conditions initiales et que le théorème du moment cinétique ne permette pas de déterminer ce plan, n'a été mentionné que par très peu de candidats.

4 - Ne pas connaître ou savoir retrouver rapidement les expressions du vecteur vitesse et du vecteur accélération en coordonnées polaires est difficilement acceptable pour qui présente l'agrégation de physique option physique.

5 - De nombreux candidats ont confondu vitesse angulaire avec composante orthoradiale de la vitesse. De même, beaucoup se sont contentés de noter : $\Omega(r_c) = d\theta/dt$. Enfin, certains candidats ont tenté de recopier la vitesse angulaire képlérienne qui était donnée plus loin dans l'énoncé. Il va sans dire qu'ils ont simplement perdu du temps.

7 - Une assez grande proportion de candidats a utilisé convenablement le théorème de l'énergie mécanique pour montrer que cette dernière était une constante du mouvement. La construction de l'énergie potentielle de pesanteur a par contre souvent posé des problèmes de signe qui se sont répercutés dans la suite. De même, la construction de l'énergie potentielle effective n'est pas assez systématique chez de nombreux candidats. L'interprétation de cette dernière comme une énergie potentielle associée à une particule ayant le même mouvement radial que le système considéré n'a pratiquement jamais été faite. De rares copies ont compris qu'il s'agissait de se ramener à un problème à une dimension.

8 - L'allure de $E_{\text{peff}}(r)$ est la plupart du temps bien connue. Peu de candidats ont cependant pris le temps d'expliquer que $1/2 m \dot{r}^2 \geq 0$ implique que l'ensemble des r accessibles vérifie : $E_m \geq E_{\text{peff}}(r)$. Les conséquences de cette inégalité sur le caractère borné ou non des mouvements étaient la plupart du temps connues.

10 - La résolution précise de l'équation (avec une fonction cosinus et une fonction sinus ou une fonction cosinus déphasée) a été trop rarement effectuée, les candidats se précipitant souvent vers des formules connues.

La signification de e comme écart à la trajectoire circulaire a rarement été donnée, par contre l'examen du mouvement radial selon sa valeur a souvent été fait correctement, ainsi que la représentation graphique de la trajectoire.

Quant au tracé de l'allure de la trajectoire, trop de candidats se sont contentés d'esquisser une vague ellipse sans préciser la position du Soleil.

11 - Cette question a très rarement été traitée correctement, les nombreuses erreurs de signe accumulées dans les questions précédentes limitant souvent les chances de réussite.

1.2 Autour de la notion de référentiel galiléen

1.2.1 Passage d'un référentiel à un autre, composition des mouvements

12 - L'identification de \mathbf{v}_e comme la vitesse d'entraînement était la plupart du temps connue. Cependant, donner le nom et parler de "vitesse du référentiel R' par rapport à R" n'était pas suffisant. En tant que solide, un référentiel n'a pas de vitesse, mais un champ de vitesses. Il fallait donc signaler que \mathbf{v}_e était la vitesse du point coïncidant à M appartenant à R' ; on reconnaissait le champ des vitesses d'un solide :

, les deux termes correspondant respectivement à la translation et à la rotation du solide. Les schémas de situations simples, pourtant valorisés dans une épreuve qui teste la pédagogie, ont rarement été produits.

13 - Le fait que l'accélération d'entraînement \mathbf{a}_e corresponde à l'accélération du point coïncidant à M appartenant à R' par rapport à R a rarement été cité. \mathbf{a}_e était souvent associée - à tort - à une accélération centrifuge. A ce propos, plusieurs candidats confondaient des considérations de cinématique et de dynamique et se laissaient aller à parler de forces. R étant supposé galiléen, on demandait en suite d'en déduire les conditions pour que R' le soit aussi : de nombreux candidats se sont contentés de réciter leur cours : R' doit être en translation rectiligne uniforme par rapport à R. Mais on demandait de fonder ce résultat sur un raisonnement basé sur les équations fournies. La plupart ont donc simplement vérifié que les équations fournies étaient cohérentes avec la phrase qu'ils avaient énoncée préalablement...

1.2.2 Cas d'un référentiel en translation accéléré par gravité

15 - De nombreux candidats, liant dans leur esprit $\mathbf{a}(O')$ au terme donné dans l'énoncé $\mathbf{G}_{\text{ext}}(O')$, se sont contentés d'affirmer que $\mathbf{a}(O') = \mathbf{G}_{\text{ext}}(O')$, voire ont feint d'appliquer un principe fondamental de la dynamique à la masse m désormais située en O' . Cela n'a rapporté aucun point. Il faut bien comprendre que puisque l'énoncé fournit le résultat, ce qui est noté est le raisonnement pour y parvenir.

16 - La discussion sur la non-uniformité du champ extérieur a rarement été comprise. C'est d'autant plus dommageable qu'elle est cruciale dans la construction de la mécanique. La comparaison de la distance typique de variation du champ galactique avec la taille typique d'utilisation du référentiel héliocentrique n'a pratiquement jamais été faite.

De nombreux candidats ont rappelé un autre critère lié à la durée d'utilisation du référentiel ; mais ce critère n'est pas pertinent dans le cas d'un référentiel accéléré par gravité.

2. "Fonctionnement" d'une étoile

Si l'on fait abstraction des constructions liées à l'énergie potentielle propre, la construction d'ordres de grandeurs simples et la discussion d'une loi, objectifs majeurs de cette partie et capacités fondamentales du professeur de physique-chimie, ont été assez bien réussies, ce qui est un motif de satisfaction pour le jury.

2.1 Température typique d'une étoile

17 - Si l'expression de l'énergie potentielle de gravitation associée à l'interaction entre deux corps ponctuels était souvent connue (à un signe près, dans de trop nombreux cas), la construction de l'énergie potentielle propre a souvent constitué un pas conceptuel trop grand à franchir : peu de candidats ont osé multiplier Me par elle-même - le calcul de l'énergie de constitution d'un corps de masse volumique constante étant pourtant un calcul classique.

18 - L'estimation de l'énergie totale liée à l'agitation thermique microscopique dans l'étoile a en revanche assez souvent été réussie.

19 - Le raisonnement basé sur la conservation de l'énergie lors de la contraction gravitationnelle a rarement été mené correctement. Des compensations d'erreurs fortuites (une conservation de l'énergie pour une particule de masse m_H qui n'était en fait pas isolée...) ont permis à de nombreux candidats de retrouver l'ordre de grandeur de T et de mener la discussion qui suivait. Certains candidats se sont laissés aller à

proposer comme critique uniquement l'objet de la question suivante... Ils n'ont pas été récompensés.

20 - L'estimation de la vitesse angulaire de rotation propre du Soleil, qui n'était pas guidée, a souvent été réussie, témoignant d'une belle capacité de traduction de la part de nombreux candidats.

La définition du moment d'inertie d'un corps par rapport à un axe et sa signification sont la plupart du temps connues. Les estimations du moment d'inertie du Soleil et de son énergie cinétique de rotation propre ont, à de nombreuses reprises, été concluantes. La discussion sur l'hypothèse qui consistait à négliger cette forme d'énergie dans le bilan précédent aussi. De ce point de vue, le jury est satisfait de l'esprit critique des candidats.

Attention : certains candidats ne comparent l'énergie cinétique obtenue à aucune autre grandeur. Ils considèrent que 10^{36} J est une grande valeur et qu'on ne peut pas la négliger. Cela n'a aucun sens si l'on ne la compare pas aux autres termes.

2.2 Luminosité typique d'une étoile

21 - Énoncer la loi de Stefan sans définir les lettres employées n'est pas suffisant. Les restrictions habituelles pour son application ont rarement été évoquées. Par contre, là encore, de nombreux candidats sont parvenus à montrer que la luminosité était en $M_E^{3,3}$ et à comparer à la loi de puissance observée.

Deuxième partie

Étude du système solaire primordial

Cette partie était plus technique et était centrée sur la manipulation de bilans locaux et de grandeurs locales - un des outils majeurs de la physique post-bac. Elle a été beaucoup moins bien réussie que la partie précédente. Aussi, le jury encourage-t-il les futurs candidats à faire porter leurs efforts sur ces notions et ces outils fondamentaux.

3. Structure verticale du disque primordial

22 - Le lien entre coordonnées sphériques et cylindriques, pourtant connu de la plupart des candidats, a rarement permis d'obtenir une expression exploitable du champ g_s .

23 - L'écriture du principe fondamental de la statique des fluides dans le référentiel tournant a été très rarement réussie.

24 - Quelques candidats, utilisant l'expression fournie par l'énoncé, se sont lancés dans ce calcul et certains sont parvenus à le mener correctement.

25 - La première partie de cette question a très souvent été réussie : les candidats savaient intégrer l'équation précédente. Peu de candidats ont cependant pensé à interpréter H comme une épaisseur locale du disque.

4. Structure radiale du disque, profil de température

4.1 Bilan de masse

27 - Beaucoup de candidats ont oublié l'intégration angulaire.

28 - Peu de candidats ont réalisé un bilan précis. Quelques-uns ont tenté de passer par l'équation locale de conservation de la matière, mais ont souvent trébuché au moment de lier les densités volumique et surfacique. Le jury rappelle à ce propos que les bilans locaux - scalaires comme celui-ci ou vectoriels, comme ceux des questions à venir - sont des enjeux fondamentaux en CPGE et en L2. Ils constituent donc des points importants d'une préparation à l'agrégation.

4.2 Bilan de moment cinétique

31 - Le commentaire de l'expression a parfois été pertinent et dans ces cas, il était souvent accompagné de

schémas simples et clairs, témoignant de belles capacités de traduction et de transposition.

32 - La diffusion de l'anneau a parfois été comprise. Quelques candidats sont parvenus à lier l'équation fournie au régime stationnaire observé.

4.3 Bilan thermique, modèle du disque plat passif

36 - Les très rares candidats qui sont parvenus à effectuer le développement précédent n'ont pas toujours pensé à utiliser les expressions de H et de W pour discuter la courbe expérimentale.

5. Absorption du rayonnement stellaire par le disque

Il s'agit ici de quelques questions d'électromagnétisme extrêmement classiques.

37 - Les équations de Maxwell doivent être connues par un candidat à l'agrégation.

38 - Beaucoup de candidats ont retrouvé l'expression donnée par l'énoncé, mais peu ont montré proprement que le terme $\text{div}(\mathbf{E})$ était nul.

39 - Question bien réussie, qui témoigne du fait que si les fondamentaux ne sont pas toujours connus précisément, les aspects techniques simples le sont.

40 - De même, la traduction des phénomènes liés à k' et k'' est bien connue.

41 - La notion d'amortissement ou d'épaisseur de peau est bien connue. Par contre, très peu de candidats se sont risqués à commenter l'opacité du disque en rapport avec d .

Troisième partie

Planètes : migration et résonances

6. Interaction disque-planète

6.1. Déviation d'un corps au voisinage d'une planète

42 - Très rarement réussie. Le lien entre C et $|\vec{r} \wedge \vec{v}|$ n'était pas connu.

44 - Rarement traitée convenablement, cette question est pourtant un passage obligé en CPGE et en L2. Quand elle l'a été, la discussion sur la cohérence des dépendances de l'angle de déviation avec les divers paramètres était souvent pertinente.

6.2. Couple exercé par la masse-test sur la planète

Peu de candidats ont eu le temps d'aborder cette sous-section. Les remarques qui suivent concernent donc une population restreinte.

45 - Quand elle a été traitée, cette question a souvent permis aux candidats d'embrayer avec succès sur toutes les questions suivantes.

46 - Le lien entre v , r , Ω et Ω_p a souvent été vu.

48 - Cette question technique a été bien traitée par les rares candidats parvenus en ce point.

7. Migration d'une planète

50 - Quelques candidats sont parvenus à établir l'équation de migration voire à estimer un temps typique de migration – au grand plaisir du jury.

8. Résonances dans le système solaire

52 - La projection de \mathbf{r} en fonction de r_m , x et y dans la base $(\mathbf{e}_{rm}; \mathbf{e}_{qm})$ n'a pas posé de problème. Par contre,

le calcul des dérivées a été moins réussi.

55 - Le principe d'une méthode perturbative, fondement d'une partie de la physique numérique moderne, n'a que très rarement été esquissé.

57 - Quelques candidats sont parvenus à établir les équations algébriques par passage aux grandeurs complexes.

58 - La dernière relation contenait une erreur, mais les rares candidats ayant atteint celle-ci ne l'ont pas remarquée. Ils n'ont pas eu le temps de lier la relation avec le diagramme des lacunes présenté en début de section.

Rapport sur la composition de chimie 2018

Le rapport de jury est rédigé dans l'objectif d'aider les candidats à mieux s'approprier les exigences de l'épreuve de composition de chimie. Sa lecture attentive doit leur permettre d'adapter leur travail de préparation à ce concours.

Le jury recommande vivement aux candidats de consulter également les rapports des années précédentes à l'adresse suivante : <http://agregation-physique.org>.

Le point commun à toutes les parties du sujet est la molécule d'aniline. Dans une première partie, le caractère basique de l'aniline est utilisé pour réaliser un titrage acide-base suivi par pH-métrie. La seconde partie traite de la synthèse de l'aniline par réduction du nitrobenzène, puis du titrage par le réactif de Karl Fischer de la quantité résiduelle d'eau dans l'aniline. La diazotation de l'aniline pour l'obtention d'espèces colorées est abordée dans la troisième partie. La quatrième partie est consacrée à la préparation et à une utilisation des sels d'ammonium quaternaire. La dernière partie traite du polyaniline et de ses propriétés.

Les cinq 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. Le sujet renferme un grand nombre de questions classiques, s'appuyant sur les contenus et compétences exigibles décrits dans les programmes de lycée et des classes préparatoires aux grandes écoles. Des domaines variés de la chimie sont abordés, comme les transformations chimiques en solution (titrage acide-base ; réaction de complexation ; réaction d'oxydoréduction – aspects thermodynamique et cinétique), l'architecture de la matière (structure électronique ; cristallographie ; orbitales moléculaires), les molécules et les matériaux organiques (substitution nucléophile, acidité de l'atome d'hydrogène en alpha des groupes carbonyles, polymères).

Remarques générales

Certains candidats ont produit de très bonnes copies aussi bien sur le fond que sur la forme. Le jury rappelle que les candidats, futurs enseignants, en plus de leurs connaissances et compétences scientifiques, doivent bien maîtriser la langue française. Le jury a sanctionné quelques copies trop raturées, trop peu soignées ou mal rédigées.

Les justifications apportées par les candidats ne sont pas toujours satisfaisantes. Même si les termes scientifiques attendus sont présents dans la réponse, ils sont souvent noyés au milieu de phrases dont le contenu est très approximatif, voire faux. Des réponses concises et rigoureuses font souvent défaut dans un nombre important de copies. La rédaction complète d'une réponse est attendue et la phrase qui l'exprime ne doit donc pas débiter par « Car ».

Beaucoup d'applications numériques ne sont pas posées. Dans le cas où le résultat est erroné, l'absence d'expression numérique détaillée ne permet pas au correcteur de faire la distinction entre une erreur d'unité, par exemple, et une étourderie manifeste, moins pénalisante.

Commentaires spécifiques au sujet

Première partie : propriété basique de l'aniline

L'essentiel de cette partie repose sur l'étude du titrage d'un mélange d'un acide fort et d'un acide faible par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium, titrage dont la courbe de suivi par pH-métrie est fournie.

Même si la majorité des candidats écrit correctement les équations des réactions de titrage, beaucoup permutent l'ordre des deux titrages, attribuant à tort le saut de pH d'amplitude la plus importante au titrage de l'acide fort par la base forte. Lorsque les deux parties du titrage sont correctement identifiées, l'absence de justifications pertinentes est regrettée. Beaucoup de candidats déterminent les constantes

thermodynamiques d'équilibre des deux réactions de titrage sans les exploiter.

Les relations entre les quantités de matière à chacune des équivalences sont rarement correctement écrites. Les notations utilisées ne sont pas assez explicites : il est parfois difficile de comprendre si la relation écrite concerne la première ou la seconde équivalence. Il aurait également été judicieux d'adopter des notations permettant de distinguer la quantité de matière initiale, consommée ou en excès d'acide chlorhydrique.

La justification du choix de l'utilisation d'un indicateur coloré acido-basique ne peut pas se réduire à indiquer que le pH à l'équivalence est compris dans la zone de virage de l'indicateur.

Deuxième partie : préparation de l'aniline par réduction du nitrobenzène

Cette partie débute par la préparation de l'aniline par réduction du nitrobenzène puis la détermination de la masse théorique de produit attendu. La détermination de la quantité d'ion chlorure ou d'ion oxonium provenant de l'acide chlorhydrique, dont la densité et le pourcentage massique sont donnés, est l'objet de beaucoup d'erreurs. La recherche du réactif limitant, parmi les quatre réactifs présents, n'est pas toujours réalisée de façon rigoureuse. Le jury apprécie l'utilisation d'un tableau d'avancement correctement construit pour déterminer la quantité théorique de produit attendu.

Le traitement du milieu réactionnel au terme de la synthèse fait appel à un entraînement à la vapeur d'eau. Le montage de cette technique est souvent confondu avec celui de l'hydrodistillation. Beaucoup de candidats représentent également l'allure d'un diagramme binaire avec deux fuseaux et un homoazéotrope, alors que l'énoncé précise que les composés étaient non miscibles à l'état liquide. La description de la composition de la zone située sous la barre de l'hétéroazéotrope est parfois ambiguë et ne permet pas de savoir si un liquide est seul dans sa phase ou non. Le calcul de variance (qui ne peut plus être réalisé par application de la relation de Gibbs, conformément aux programmes en vigueur en classes préparatoires) s'effectue à partir d'un bilan clair des paramètres intensifs caractéristiques du système et des relations qui existent entre ces paramètres. La distinction entre variance et nombre de degrés de liberté doit être clairement explicitée.

La suite de cette partie traite de la construction et de l'exploitation des courbes courant-potentiel au cours du titrage du dioxyde de soufre par le diiode. Il est malheureusement apparu un nombre très important d'erreurs dans les expressions des relations de Nernst relatives aux deux couples de l'eau, couples pourtant très fréquemment rencontrés en oxydoréduction. La construction du faisceau de courbes $i-E$ nécessite de déterminer la liste, et la quantité, des espèces présentes à un instant donné d'un titrage, compétence maîtrisée par très peu de candidats.

La fin de la seconde partie, concernant le titrage de la quantité d'eau restant dans l'aniline préparée par réduction du nitrobenzène, nécessite de s'approprier la description d'un protocole de titrage selon la méthode de Karl Fischer. Les candidats qui ont traité les dernières questions de cette partie ont montré des connaissances solides en chimie.

Troisième partie : réaction de diazotation de l'aniline pour l'obtention d'espèces colorées

Dans la première question (schéma de Lewis de l'ion nitrite), la formule du nitrite de sodium est donnée juste au-dessus : une mauvaise lecture de l'énoncé amène cependant un grand nombre de candidats à donner le schéma de Lewis de l'ion nitrate. Pour le schéma de Lewis de l'acide nitreux, il faut savoir qu'un acide minéral, tel que l'acide nitreux, possède une liaison O-H et que par conséquent, l'atome d'hydrogène n'est pas fixé sur l'atome d'azote.

Il est fortement conseillé d'écrire les demi-équations électroniques avant d'établir l'équation d'une réaction d'oxydoréduction. L'expression de la constante thermodynamique d'équilibre d'une réaction d'oxydoréduction en fonction des potentiels standard E° doit être établie rigoureusement.

Le caractère électrophile du cation nitrosonium se justifie par l'existence d'une lacune électronique sur un des schémas de Lewis, la présence d'une charge positive sur l'atome d'azote n'étant pas une justification acceptable ici.

Dans la question 35, le jury attend soit une représentation graphique, soit une régression linéaire effectuée à l'aide d'une calculatrice. En aucun cas, l'assimilation de la constante de vitesse à l'opposé d'un coefficient directeur calculé à l'aide des coordonnées de deux points, dont les abscisses ont été arbitrairement sélectionnées dans le tableau de données, n'est une méthode correcte. D'autre part, dans le cas de l'utilisation de la calculatrice, il est nécessaire d'indiquer la valeur du coefficient de corrélation et de conclure quant à la validité du modèle proposé. Dans les données fournies, le temps est en heure, et non pas en seconde, et cela a conduit un grand nombre de candidats à fournir une unité erronée pour la constante de vitesse.

Quatrième partie : préparation et utilisation des sels d'ammonium

Le début de cette partie traitait de la réaction entre l'aniline et l'iodométhane. Dans la question 42, le mécanisme mis en œuvre, une SN_2 , est très souvent correctement représenté, mais malheureusement le choix de ce mécanisme par rapport à une SN_1 n'est que trop rarement justifié.

Dans la question 46, la configuration électronique du ruthénium demandée est celle obtenue par application de la règle de Klechkowsky qui n'est pas, pour l'exemple du ruthénium, la configuration dans l'état fondamental. Il ne s'agit donc pas de la configuration présente dans les données stockées dans certaines calculatrices.

Dans la question 48, donner le nom d'un platinoïde appartenant à la même colonne que le platine ne suffit évidemment pas. Seul le raisonnement conduisant à l'identification du platinoïde est évalué dans cette question. Il est rappelé que toutes les réponses doivent être justifiées.

La nomenclature de l'ion complexe dans la question 49 est l'objet de nombreuses fautes, en particulier le jury relève une confusion avec une nomenclature propre aux espèces ioniques, du type « hexachlorure de ».

En ce qui concerne la construction du diagramme d'orbitales moléculaires d'un complexe octaédrique demandée dans les dernières questions de cette partie, beaucoup de candidats déterminent correctement les propriétés de symétrie des orbitales de fragment mais peu exploitent ces propriétés pour en déterminer les recouvrements possibles entre orbitales.

Cinquième partie : polymères de l'aniline

Des candidats confondent parfois structure et unité de répétition d'un polymère en indiquant la formule de l'unité de répétition entre crochets avec la lettre n en indice.

La répartition des électrons dans les bandes d'énergie est souvent peu explicite.

Le schéma à trois électrodes est globalement bien connu des candidats. Cependant, ce schéma n'est correct que si le nom, ou le rôle, de chacune des trois électrodes est indiqué sur la figure.

Pour l'étude des données figurant dans le tableau 6, le jury aurait apprécié que les candidats ne se limitent pas à une liste de paramètres influant sur la conductivité des différents textiles mais proposent une interprétation des phénomènes.

Conclusion

Comme pour les précédentes années, ce rapport s'attache à permettre aux futurs candidats, professeurs de demain, de progresser et de mieux s'approprier l'épreuve. Il souligne donc les principales faiblesses relevées dans les copies. Le jury a pu apprécier aussi une très grande maîtrise par certains candidats de tous les aspects de la chimie abordés dans cette épreuve. Il tient donc à féliciter les candidats dont les notes honorables, voire brillantes, révèlent de solides connaissances et compétences en chimie. Le jury encourage les candidats à poursuivre leur investissement dans cette discipline.

Rapport sur le problème de physique 2018

Présentation du sujet

Le problème de physique porte sur l'adsorption de molécules de cristaux liquides sur la surface de cristaux d'or. L'objectif du problème est de proposer une interprétation des structures observées pour l'auto-assemblage des molécules de cristaux liquides.

La première partie propose un modèle mécanique combinant un potentiel périodique caractérisant l'interaction avec les atomes de volume et des interactions de type ressort avec les plus proches voisins qui explique l'apparition d'une surstructure sur la surface du substrat d'or. La deuxième partie est une étude classique des interactions de Van der Waals. Enfin la troisième partie, la plus longue, s'intéresse à l'organisation des molécules de cristaux liquides sur la surface d'or. Pour cette étude, on analyse les différents types d'interaction entre les molécules de cristaux liquides et entre les molécules et le substrat d'or. Cette dernière partie propose l'analyse de résultats expérimentaux et de courbes issues de simulations.

Ce sujet aborde divers domaines de la physique : mécanique, physique statistique, électromagnétisme, thermodynamique.

D'autre part, de nombreuses compétences sont mises en jeu dans ce sujet : restitution de connaissances (très largement abordée par les candidats), réalisation de démonstrations (souvent abordées mais rarement bien menées), appropriation de documents scientifiques (trop rarement traitée). Les compétences de communication ont été évaluées. A ce sujet, le jury rappelle que la maîtrise de la langue française est nécessaire pour exposer clairement les arguments et conclusions. On attend de futurs enseignants qu'ils soient capables de rédiger une argumentation de façon concise et précise en utilisant un vocabulaire adapté. Un résultat donné sans argumentation n'est que de peu d'intérêt.

Le problème permet aux candidats de passer d'un registre à l'autre : la modélisation demande de traduire des hypothèses écrites par des équations, aux calculs littéraux succèdent des tracés de courbes, l'interprétation des courbes permet de valider les modèles grâce à l'extraction de grandeurs numériques et de tendances. Une des caractéristiques de la troisième partie est l'utilisation de réseaux atomiques et moléculaires fournis qui conduit à un aller-retour permanent entre le registre graphique et les autres registres.

Remarques et conseils généraux

La stratégie des candidats consistant, plutôt qu'en un grappillage de points, à s'investir dans au moins une partie a été particulièrement appréciée.

Les commentaires des précédentes années sont toujours d'actualité. Le jury invite les candidats à lire soigneusement les rapports de jury.

Les représentations graphiques données par les candidats sont de qualité très variable. Pour les graphes demandés, il était possible de se servir d'une calculatrice graphique, ou bien de faire une étude analytique. Pour le tracé de ces courbes, la compétence attendue était de représenter sur des axes légendés : les points remarquables de la courbe, la tangente en ces points, les asymptotes éventuelles. Par un choix judicieux de valeurs numériques et d'échelle des axes, une calculatrice graphique permet d'obtenir ces informations. En aucun cas, la méthode consistant à calculer quelques valeurs numériques régulièrement espacées puis à les relier par des segments ne permet d'obtenir l'allure correcte de la courbe. Il est également attendu que le candidat connaisse l'allure de certaines fonctions usuelles et les transformations graphiques engendrées par certaines opérations mathématiques (valeur absolue, $\cos(x)$). Le jury a été surpris de voir autant de difficultés pour représenter la fonction $1-\cos(x)$.

Commentaires au fil du sujet

I. Modèle de Frenkel-Kontorova

Cette partie propose un modèle mécanique unidimensionnel à l'aide de ressorts et d'une énergie potentielle simple.

Q1. Le jury déplore le nombre élevé de copies dans lesquelles l'expression de la force exercée par un ressort n'est pas maîtrisée. La proportionnalité à l'allongement (mesuré à partir de la longueur à vide) est très souvent mal exprimée. Trop de candidats confondent la norme de la force et la valeur algébrique de sa projection sur l'axe considéré.

Q2. La condition d'équilibre est trop souvent mal écrite. Ceci n'empêche pas les candidats de trouver quand même le bon résultat, donné dans l'énoncé, après une suite d'arguments faux. Bien entendu le jury a eu dans ces cas malheureux une très mauvaise impression dès le début de ces copies.

L'interprétation physique des grandeurs ne doit pas reposer sur le sens qu'on donne habituellement à leur symbole (k n'est pas forcément une raideur, l_0 n'est pas nécessairement une longueur à vide)

II. Interactions de Van der Waals

Cette partie d'électromagnétisme, décrit les interactions entre dipôles et établit des résultats très classiques.

Q15. L'argument de quantification du moment cinétique est méconnu des candidats.

Q16. La valeur numérique de l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène est en général bien connue mais pas sa définition. Ce n'est en particulier pas la valeur de l'énergie potentielle de l'électron. Trop nombreux sont les candidats qui annoncent une valeur négative pour cette énergie d'ionisation.

Q30. Cette question nécessite de savoir mener à bien un développement limité.

Q32. Très peu de candidats ont donné les pulsations propres. Ce calcul peut pourtant être mené sans avoir résolu les questions précédentes. Les correcteurs se demandent si la méthode de calcul des pulsations propres de deux oscillateurs couplés est connue des candidats.

III. Adsorption de molécules de cristaux liquides sur un substrat d'or

Réseau moléculaire

Dans cette partie, qui s'appuie très largement sur des images obtenues expérimentalement et des figures calculées pour les modèles envisagés, les candidats qui ont fait l'effort de bien comprendre les documents proposés ont été largement valorisés. Cette partie ne demandait que très peu de connaissances. Une lecture attentive des documents et une bonne analyse de ceux-ci permettait très souvent de répondre. Le jury a eu le plaisir de lire des analyses très pertinentes démontrant une bonne compréhension de la physique sous-jacente.

Q40. Le réseau étudié est ici un réseau bidimensionnel. La maille élémentaire est définie par ses deux vecteurs de base et n'est donc pas un hexagone.

Q43. Pour conclure sur la validité de l'hypothèse proposée, il faut tenir compte des incertitudes de mesure.

Interaction entre molécules

Q46. L'échelle des énergies est méconnue de certains candidats, qui proposent des énergies thermiques à température ambiante délirantes (jusqu'à 40 ordres de grandeur trop élevées).

Q47. Le jury rappelle que le signe de l'énergie potentielle ne permet pas de conclure quant au caractère attractif ou répulsif de l'interaction.

Rôle du substrat

Les candidats doivent savoir relever des valeurs numériques sur un graphique et analyser les tendances.

Thermodynamique du système adsorbé

Cette partie a été abordée par un grand nombre de candidats qui se sont dans la plupart des cas contentés de répondre de façon laconique aux premières questions.

Épreuves d'admission

Les épreuves se sont déroulées du 12 juin au 3 juillet 2018
au lycée Marcelin Berthelot (Saint-Maur-des-Fossés).

Rapport sur la leçon de physique

Il est conseillé aux candidats de lire attentivement ce rapport. Les rapports des années précédentes contiennent par ailleurs des remarques thématiques.

Évolution de l'épreuve en 2019

Les modalités de l'épreuve de la leçon de physique sont modifiées pour la session 2019, selon les points suivants :

- **Accès à internet :**

Les candidats auront accès à un ordinateur connecté à internet pour l'ensemble des épreuves orales. Cet accès sera autorisé pendant la préparation et la présentation, resteront interdites les consultations de forums de discussion, messageries, sites avec accès restreint (login et/ou mot de passe). L'ensemble du personnel de l'agrégation (techniciens, enseignants préparateurs et membres du jury) se réserve le droit de vérifier les sites consultés ainsi que l'historique de navigation.

- **Modification sur le déroulement de l'épreuve :**

L'accès à internet conduit à diminuer la durée de la présentation qui sera limitée à 40 minutes et à donner plus de place à l'entretien qui aura une durée maximale de 40 minutes.

- **Évolution de l'entretien :**

L'allongement de la durée de l'entretien augmente son poids dans l'évaluation. Si l'entretien permet à la fois de s'assurer de la solidité des connaissances associées à la leçon et éventuellement d'approfondir un des points traités, il a aussi pour objectif de permettre au candidat de justifier ses choix didactiques et pédagogiques : organisation de la leçon, pertinence des expériences, des supports (simulations, vidéos) et de la contextualisation retenue. L'entretien permet aussi au jury de confirmer la maîtrise de compétences attendues de futurs enseignants comme l'aisance dans la communication, l'utilisation d'un langage rigoureux et adapté, l'honnêteté intellectuelle.

Cet entretien ne doit pas être perçu comme une remise en cause de ce qui a été présenté par le candidat mais comme un moment pendant lequel le candidat peut expliquer ses choix et ouvrir sa leçon pour la placer dans un contexte plus large.

Déroulement de l'épreuve (session 2019)

Cette épreuve consiste en la présentation d'une leçon de 40 minutes, dont le sujet a été tiré au sort dans une liste de sujets annexée au rapport et d'un entretien avec le jury d'une durée maximale de 40 minutes.

Les candidats disposent de 4 heures pour préparer leur leçon. Au cours de cette préparation, ils disposent de l'ensemble des documents de la bibliothèque et d'un accès à internet. La bibliothèque possède de très nombreux ouvrages, de tous niveaux, dont la liste est disponible en ligne sur le site <http://agregation-physique.org>. Les candidats bénéficient également durant cette préparation du soutien du personnel technique pour la mise en place du matériel expérimental souhaité dans le cadre de la leçon. Les expériences sont préparées et réalisées conformément aux instructions des candidats, cependant leur présentation devant le jury s'effectue sous la seule responsabilité du/de la candidat(e) et en l'absence de technicien.

Un ordinateur relié à internet et un vidéoprojecteur sont disponibles dans chaque salle. Les candidats peuvent ainsi projeter des documents divers issus d'une base de données ou d'internet (schémas descriptifs, vidéos, animations, photographies, simulations, ...). Les logiciels usuels (OpenOffice, Word, Excel, Python, Scilab...) sont installés sur les ordinateurs. Les candidats disposent également d'un rétroprojecteur ; s'ils souhaitent l'utiliser, ils doivent apporter leurs transparents et feutres.

Quelques remarques d'ordre général

La leçon est une épreuve permettant au jury d'évaluer les capacités des candidats à transmettre un message clair et cohérent en prenant sur des connaissances maîtrisées. Il s'agit de se placer dans une situation d'enseignement devant un public d'étudiants qui découvrirait pour la première fois le sujet de la leçon. Le jury apprécie la rigueur scientifique, la cohérence de raisonnement, la clarté et le dynamisme de l'exposé, ainsi que le niveau de langage, écrit et oral, des candidats.

Conseils aux candidats

- **La préparation de l'exposé :**

L'intitulé des leçons en impose bien évidemment le sujet, les titres des leçons sont suffisamment ouverts pour permettre au candidat d'exprimer toute son autonomie. Le jury n'attend donc pas une leçon type. Il invite les candidats à bien réfléchir à la signification de chacun des termes du sujet ; si l'intitulé mentionne plusieurs notions, celles-ci doivent toutes être abordées en cours de présentation. Les développements hors sujet, même correctement traités, sont mal perçus par le jury.

Les leçons couvrent généralement des domaines assez vastes, il est donc impossible d'être exhaustif ; le jury attend que le candidat fasse des choix explicites, ces choix font partie des marges d'autonomie données au candidat, le jury lui demandera de les justifier. Cette demande de justification n'est pas une remise en cause de choix faits par le candidat. Les développements attendus étant au niveau des trois premières années post-baccalauréat, le candidat ne peut se limiter à un exposé purement descriptif ; le jury attend que les candidats établissent des résultats et les commentent avec pertinence.

- **L'exposé :**

Début de l'exposé :

L'introduction, qui n'est pas nécessairement une introduction historique, peut permettre de présenter les supports qui serviront d'illustration et de contexte à la leçon et ainsi de préciser la problématique associée au sujet de la leçon.

Il est important que les candidats précisent dès le début les pré-requis nécessaires et les objectifs de la leçon.

Quelques remarques sur le développement de la leçon :

Il est préférable d'exposer des concepts simples, bien maîtrisés et bien illustrés, plutôt que de se lancer dans des développements trop complexes ou trop calculatoires, qui ne sauraient de toute façon susciter l'admiration du jury. Le choix des notations fait partie de l'appropriation du sujet de la leçon, ainsi que la cohérence des notations entre les différentes parties et les différentes ressources utilisées.

Plusieurs leçons exigent de présenter des calculs. La limitation de l'exposé à une durée de 40 minutes pourra amener les candidats à ne pas développer l'intégralité des calculs envisageables dans la leçon. Il est cependant essentiel de présenter les résultats des calculs non développés, sans oublier de les commenter. Le jury se réserve la possibilité de vérifier la capacité du/de la candidat(e) à mener ces calculs en autonomie durant la phase d'entretien. Les démonstrations des résultats importants sont attendues ; pour autant, établir une relation particulière ne saurait être une fin en soi. Il est important d'en motiver la nécessité et d'en présenter l'objectif avant de le mener, puis d'en dégager le sens physique. Le jury attend que toute relation littérale s'accompagne de commentaires.

Les leçons trop formelles, manquant d'exemples et applications numériques judicieuses, sont à proscrire.

L'épreuve reste une leçon de physique : il n'est pas attendu que les candidats commentent leur approche pédagogique ou évaluent eux-mêmes leur leçon pendant l'exposé.

Fin de l'exposé :

La conclusion n'est pas qu'un résumé de la leçon : elle permet de faire ressortir clairement quelques messages forts et de proposer une mise en perspective avec des ouvertures, notamment sur des développements récents maîtrisés par les candidats.

- **L'entretien :**

Lors de l'entretien, diverses questions en relation avec l'exposé sont posées, elles peuvent porter sur les aspects disciplinaires, et consister en une demande de précisions sur certains points, de justification des supports utilisés, d'une explicitation des situations concrètes qui ont permis de construire la leçon, mais aussi sur les choix de présentation (notamment les choix pédagogiques et didactiques) ainsi que sur les objectifs poursuivis lors de l'exposé.

Le jury peut être amené à demander des éclaircissements sur certains développements, lever des ambiguïtés, vérifier si le candidat a commis un lapsus ou à prolonger, à un niveau plus avancé, certains points. Dès lors, il est maladroit d'évoquer pendant la leçon des phénomènes ou applications que l'on ne saurait décrire.

- **Les expériences:**

La présentation d'expériences est vivement encouragée et une expérience introductive est toujours appréciée. Il est recommandé d'en présenter un schéma clair et annoté, soit au tableau, soit sur transparent ou à l'aide d'un vidéoprojecteur. L'expérience doit être interprétée avec soin et exploitée au maximum.

Le jury conseille au candidat de prendre en main la manipulation avant de la présenter. Il faut également être en mesure de répondre aux questions relatives au montage expérimental et de justifier le choix du matériel utilisé.

- **Utilisation de Python et Scilab**

Si quelques leçons ont été avantageusement enrichies par l'utilisation de programmes informatiques, le jury déplore que l'usage de ces derniers ne soit pas plus fréquent. Pourtant, il permet d'aller bien au-delà des simples applications numériques et tracés de courbes comme l'analyse de l'influence des variations d'une grandeur physique sur un phénomène.

Quelques remarques sur la forme

Les prestations au cours desquelles les candidats, le dos trop souvent tourné vers le jury, recopient leurs notes au tableau ne sont pas acceptables ; il peut être nécessaire de se référer à ses notes mais de façon modérée, une certaine autonomie est attendue.

Le jury est particulièrement sensible au dynamisme et à l'enthousiasme avec lesquels les candidats délivrent leur message, ce qui traduit son goût pour la physique et pour l'enseignement.

Les candidats doivent se soucier de la lisibilité de leur présentation : clarté de l'écriture (au tableau ou sur les transparents), schémas explicatifs, taille raisonnable des caractères, gestion rationnelle du tableau, choix des couleurs appropriés (la craie rouge et le feutre jaune sont généralement difficilement lisibles, ils sont à utiliser très ponctuellement). Un transparent fugitivement exposé, un tableau trop tôt effacé sont mal perçus.

Le jury laisse toute liberté aux candidats quant à la gestion du tableau (il n'est pas interdit d'effacer son tableau). De nombreux candidats choisissent de laisser le plan au tableau ou de l'écrire à l'avance. Il ne

s'agit pas d'une demande du jury. Cependant, il est essentiel que ce plan apparaisse clairement au cours de la présentation, et il faut toujours réécrire le titre ou le label des paragraphes afin de permettre un bon suivi de la leçon.

Modification de la liste des leçons :

La liste des leçons est inchangée pour la session 2019 hormis le titre de la leçon n°23 :

Aspects analogique et numérique du traitement d'un signal. Étude spectrale.

Rapport sur la leçon de chimie

Le présent rapport concerne les épreuves de la session 2018. Le jury recommande aussi vivement aux candidats, la lecture des rapports des années précédentes (disponibles à l'adresse suivante : <http://agregation-physique.org>).

Les énoncés des leçons de chimie se rapportent à des niveaux lycée (séries générales et technologiques) ou classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE) [classes de première année : MPSI, PTSI, TSI1 ; classes de deuxième année : MP, PSI, PT et TSI2].

Évolution de l'épreuve en 2019

Les modalités de l'épreuve de la leçon de chimie sont modifiées pour la session 2019, selon les points suivants :

- **Accès à internet :**

Les candidats auront accès à un ordinateur connecté à internet pour l'ensemble des épreuves orales. Cet accès sera autorisé pendant la préparation et la présentation. Attention, seuls les sites sans limitation d'accès par mot de passe seront autorisés (ainsi les sites de communication type forum ou messagerie ne seront pas autorisés). L'ensemble du personnel de l'agrégation (techniciens, professeurs préparateurs et membres du jury) se réservera le droit de vérifier les sites consultés ainsi que l'historique de navigation.

Cette source d'informations devra être utilisée avec discernement. Récupérer un plan de leçon ou des images et vidéos pour l'illustrer ou introduire une problématique n'est utile que si le candidat est à même d'en justifier la pertinence.

- **Déroulement de l'épreuve :**

Après une préparation d'une durée de 4 h, le candidat disposera de **40 min au plus pour exposer sa leçon**. Le jury sera attentif à la qualité pédagogique des présentations, à la pertinence des expériences réalisées et à la rigueur scientifique.

L'épreuve se poursuivra par un **entretien et un échange** sur une question portant sur la compétence « Faire partager les valeurs de la République », le tout sur une durée maximale de 40 min.

L'entretien portera à la fois sur les connaissances scientifiques et sur les choix de structuration, de présentation et d'illustrations de la leçon (expériences, vidéos, simulations, utilisation de modèles etc.) faits par le candidat.

Pendant l'entretien, le jury pourra également s'assurer de la maîtrise des gestes techniques

La préparation (4 h)

Avant toute chose, le candidat doit analyser **attentivement** le titre de sa leçon. Il peut ainsi définir les contenus et l'équilibre de sa leçon **en se conformant aux programmes en vigueur**. Cela doit lui permettre **d'éviter que son exposé soit partiellement hors sujet**, de choisir de manière pertinente et pédagogique les points à développer surtout si le sujet proposé est vaste. Les intitulés des leçons de chimie sont volontairement ouverts, ce qui oblige les candidats à construire leur exposé en faisant des **choix personnels et pertinents**. Certaines notions et définitions peuvent être utilisées directement si elles ont été placées en prérequis. **Il faut absolument éviter de présenter une leçon se limitant à une suite de définitions, sans contextualisation et sans aucune illustration expérimentale.**

Place de l'expérience dans la leçon de chimie

Le jury insiste sur le fait que **la réalisation et l'exploitation d'expériences sont des éléments incontournables de toutes les leçons**. Elles doivent être **judicieusement choisies** et présentées à l'oral

de manière précise et argumentée. **Les expériences** doivent permettre aux candidats de mettre en valeur leurs compétences expérimentales.

- **Pendant la préparation :**

Le jury attire l'attention des candidats sur la place des expériences au sein d'une leçon. **Le positionnement d'une expérience avant ou après l'introduction d'une notion doit être mûrement réfléchi.** Les expériences choisies doivent s'inscrire dans une **démarche pédagogique** pour valider ou construire un modèle. L'analyse des sources d'erreurs potentielles et une évaluation de l'incertitude sur le résultat doivent être plus souvent présentées.

- **Pendant la présentation :**

Il est essentiel que le candidat réalise tout ou partie des expériences, exploite et valide les résultats durant la présentation devant le jury. Une description claire, à l'oral, du montage «réel» sur la paillasse est souvent bien plus efficace et pertinente qu'un schéma peu soigné ou incomplet réalisé hâtivement au tableau. Le candidat ne doit pas se contenter de décrire ce qui a été fait ou pourrait être fait expérimentalement. Lors de la présentation d'une expérience, **le candidat ne doit pas anticiper les observations expérimentales et la conclusion attendue avant de réaliser l'expérience.**

Le jury remarque de façon récurrente que des candidats ne comprennent pas l'expérience menée, ou font preuve de peu de recul par rapport aux protocoles expérimentaux qu'ils mettent en œuvre. Les protocoles trouvés dans les ouvrages sont parfois imprécis, **voire faux**, et doivent de toute façon être adaptés aux choix pédagogiques du candidat. Les structures, les noms des espèces chimiques utilisées lors de la présentation ainsi que leurs propriétés physico-chimiques sont à connaître. Les états physiques des espèces mises en jeu sont à préciser lors de l'écriture des équations de réaction.

Le jury attend que les expériences soient menées à leur terme et qu'elles conduisent, au cours de l'exposé, lorsqu'elles sont qualitatives, à des conclusions et, lorsqu'elles sont quantitatives, à des exploitations rigoureuses.

Les expériences doivent être réalisées avec soin et en respectant les règles de sécurité au laboratoire de chimie.

Les modèles moléculaires et les outils de simulation sont trop peu utilisés par les candidats alors qu'ils peuvent permettre d'illustrer certaines notions théoriques, ou de justifier certains choix de protocoles expérimentaux.

L'habileté et la réflexion dans la conduite d'une expérience, la justification du protocole expérimental, l'honnêteté dans l'exploitation des données expérimentales, ainsi que l'esprit critique face à des résultats expérimentaux ont été valorisées.

Les ressources documentaires et numériques

Pendant la préparation de la leçon, le candidat a accès à une bibliothèque contenant des ouvrages du secondaire et du supérieur, ainsi que des tables de données, quelques articles et revues spécialisées. Ces ouvrages peuvent être transportés dans la salle de préparation et de présentation de la leçon.

La salle de présentation est équipée d'un ordinateur et d'un vidéoprojecteur. Les ordinateurs contiennent des logiciels de présentation et de traitement de données, des logiciels de simulation très 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 par exemple (voir la liste de ces ressources à l'adresse <http://agregation-physique.org>). L'utilisation d'une flexcam ou d'un rétroprojecteur (par exemple pour visualiser certaines expériences) doit se faire avec parcimonie et avec une projection de qualité. Pour information, les transparents et les feutres ne sont pas fournis.

Le rôle de l'équipe technique

Pendant la préparation, les candidats bénéficient de l'aide d'une équipe technique. Ils doivent, après avoir pris connaissance de leur sujet, fournir à cette équipe une fiche comportant la liste détaillée du matériel et

des produits demandés. Pour les solutions, les valeurs des concentrations doivent être données avec une indication claire de la précision souhaitée. Compte tenu des contraintes locales, il peut parfois être nécessaire d'adapter un protocole issu de la littérature. L'équipe technique offre son aide notamment pour la prise en main de logiciels ou l'acquisition de mesures répétitives et apporte 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 attendues et sont naturellement sous la responsabilité du candidat, qui doit maîtriser la conduite des expériences demandées en préparation.

La présentation de la leçon (45 min – session 2018)

L'exposé est limité à 45 min. Les leçons écourtées significativement sont sanctionnées et les candidats dépassant les 45 min réglementaires sont interrompus. La gestion du temps est importante : il convient de ne pas déséquilibrer la leçon en traitant à la hâte, en fin de leçon, et souvent de manière confuse, une partie importante du sujet proposé. Les dernières minutes de la leçon sont souvent mal utilisées : la conclusion doit être pensée à l'avance et ne pas reprendre mot pour mot une introduction éventuelle ou énumérer les seuls points abordés pendant la leçon.

Les candidats doivent se détacher au maximum de leurs notes pour une présentation plus fluide.

Quel que soit le titre de la leçon, **l'exposé doit être contextualisé et inclus dans une démarche scientifique.**

Une leçon ne peut pas être exhaustive dans le domaine proposé : **il est donc conseillé de faire des choix et de les annoncer, plutôt que de tout traiter superficiellement.** Le jury précise qu'il n'a pas d'idée préconçue sur le contenu d'une leçon, et que celle-ci ne doit jamais être une simple reproduction d'un chapitre d'un ouvrage.

L'utilisation d'un **vocabulaire scientifique rigoureux** et utilisé à bon escient améliore grandement la qualité d'une leçon. **La qualité du lexique scientifique est étroitement associée à la maîtrise des notions et des concepts** mis en œuvre dans les programmes de lycée et d'un niveau supérieur.

Une leçon dépourvue d'expériences adaptées est jugée incomplète et est évaluée en conséquence.

L'entretien (20 min – session 2018)

Les questions du jury ont plusieurs objectifs : le premier est d'amener les candidats à corriger d'éventuelles erreurs, le second, essentiel, est de vérifier la capacité des candidats à faire preuve de réflexion, tant dans le domaine théorique que dans le domaine expérimental. L'étendue des connaissances des candidats est parfois mise en évidence lors de cet entretien, mais le jury tient à faire savoir qu'il est sensible à la pertinence de la réflexion mise en jeu et à la capacité du candidat à proposer des hypothèses raisonnables face à une situation parfois inattendue. L'honnêteté intellectuelle est de rigueur. Le jury attend également de la part des candidats une maîtrise des concepts théoriques énoncés.

Autour des valeurs de la République et des thématiques relevant de la laïcité et de la citoyenneté (5 min environ)

À la suite de l'entretien une question relative aux valeurs qui portent le métier d'enseignant, dont celles de la République, a été posée aux candidats, en conformité avec l'arrêté du 25 juillet 2014 modifiant l'arrêté du 28 décembre 2009 fixant les sections et les modalités d'organisation des concours de l'agrégation précise que : *« Lors des épreuves d'admission du concours externe, outre les interrogations relatives aux sujets et à la discipline, le jury pose les questions qu'il juge utiles lui permettant d'apprécier la capacité du candidat, en qualité de futur agent du service public d'éducation, à prendre en compte dans le cadre de son enseignement la construction des apprentissages des élèves et leurs besoins, à se représenter la diversité des conditions d'exercice du métier, à en connaître de façon réfléchie le contexte, les différentes dimensions (classe, équipe éducative, établissement, institution scolaire, société) et les valeurs qui le portent, dont celles*

de la République. Le jury peut, à cet effet, prendre appui sur le référentiel des compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation ».

D'autre part, le courrier de madame la ministre de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche en date du 28 janvier 2015, qui s'adresse aux présidents des concours de recrutement des métiers du professorat et de l'éducation, demande que dans le cadre précisé ci-dessus, « *les thématiques de la laïcité et de la citoyenneté y trouvent toute leur place* ».

Les candidats disposent de cinq minutes au plus pour répondre à une question portant sur une situation concrète qu'ils peuvent rencontrer dans l'exercice du métier d'enseignant. Ils ont à leur disposition le «référentiel des compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation» et la «charte de la laïcité à l'École». **Il n'y a pas de temps spécifique pour préparer la réponse.**

Exemples de questions posées :

- Quelles démarches pédagogiques pourriez-vous mettre en œuvre pour contribuer aux valeurs de solidarité et de fraternité ?
- En quoi la démarche scientifique peut-elle contribuer à la formation du citoyen ?
- Quels dispositifs pédagogiques pourriez-vous mettre en place dans vos classes pour susciter des vocations scientifiques chez les jeunes filles ?
- La différenciation pédagogique vous semble-t-elle en accord avec le principe d'égalité inscrit dans les valeurs de la République ?

Pendant ce court entretien, le jury reformule parfois la question. Éventuellement, il relance les échanges par d'autres questions pour faire préciser les propos du candidat.

Le jury attend du candidat qu'il montre que sa réflexion s'inscrit dans les valeurs qui portent le métier d'enseignant, et en particulier dans le cadre des valeurs de la République, de la laïcité et du refus de toutes les discriminations. Le jury attend également que le candidat ait connaissance des compétences professionnelles du métier d'enseignant.

Le jury recommande aux candidats de prendre le temps de la réflexion avant de répondre à la question. Il apprécie que la réponse s'appuie sur des exemples afin de préciser ou d'illustrer les propos.

Le jury a eu la satisfaction de voir un certain nombre de candidats faire preuve d'une bonne qualité de réflexion et montrer comment ils envisagent de faire partager les valeurs de la République à leurs futurs élèves à travers leurs pratiques pédagogiques.

Conclusion

Le jury félicite les candidats qui ont proposé des leçons de qualité, incluant **maitrise des fondamentaux de la chimie, aisance à l'oral et démarche scientifique pertinente et convaincante**. Il espère que les commentaires de ce rapport permettront aux futurs candidats de préparer avec succès cette épreuve. La liste des leçons donnée à la fin de ce rapport s'appuie sur les programmes de physique-chimie en application à la rentrée 2018 au lycée général et technologique et en CPGE.

Rapport sur le montage de physique

Évolution de l'épreuve de montage à partir de la session 2019

À compter de la session 2019, l'épreuve de montage change de forme. L'épreuve de montage se déroulera en deux temps sur une durée totale maximale d'une heure et vingt minutes. L'épreuve est désormais découpée en deux parties :

- Une première partie de trente minutes maximum consistant en une présentation expérimentale à l'initiative du candidat sur un sujet de la liste des montages en annexe du rapport, identique à celle de la session 2018. Au début de l'épreuve, le candidat choisit entre deux sujets et dispose de quatre heures de préparation, il est assisté de deux techniciens qui aideront le candidat à monter des dispositifs expérimentaux et à réaliser des mesures illustrant le thème choisi.
- Une deuxième partie consiste en un entretien pendant lequel le jury revient sur la présentation du candidat et se réserve désormais la possibilité de demander au candidat la réalisation d'une expérience simple sur un sujet différent, l'analyse de résultats expérimentaux ou toute activité liée à la démarche expérimentale. Cette deuxième partie ne donne pas lieu à préparation et le sujet, qui peut être sur une thématique différente, est découvert par le candidat pendant l'épreuve.

À compter de la session 2019, le candidat a la possibilité de consulter lors de la préparation, en plus des ouvrages de la bibliothèque, **toute ressource disponible sur internet en accès libre**, sont interdites les consultations de forums de discussion, messageries, sites avec accès restreint (login et/ou mot de passe).

A – Présentation devant le jury de la partie réalisée en préparation.

Cette partie reprend l'esprit de la présentation réalisée lors des sessions précédentes, mais elle est raccourcie et passe de 40 à 30 minutes.

Le jury rappelle les exigences sur cette partie de l'épreuve, correspondant aux critères d'évaluation détaillés dans le rapport de la session 2018 : capacité à communiquer, capacité à réaliser une expérience, capacité à avoir un regard critique sur les mesures, capacité à valider les mesures.

B – Entretien avec le jury avec une activité expérimentale sans préparation

Au début de l'entretien, le jury revient avec le candidat sur les manipulations exposées lors de la première partie (motivation du montage, choix du protocole, exploitation des résultats). Le jury peut ainsi affiner son évaluation de la première partie mais aussi évaluer en tant que telle la capacité du candidat à échanger avec son auditoire.

La deuxième partie de l'entretien a pour but de valider en direct les compétences expérimentales du candidat. Une activité de nature expérimentale est alors proposée par le jury ; cette dernière peut être corrélée ou non au thème de la première partie et sera réalisée **en interaction avec le jury**. Elle peut éventuellement consister à monter intégralement une expérience simple ou à améliorer un montage existant, ou porter sur l'exploitation de données fournies par le jury. Pour la réalisation d'expériences, le candidat aura à utiliser du matériel qui sera proposé par le jury. Durant cette partie, la seule assistance technique est celle du jury. La capacité du candidat à réaliser l'activité expérimentale tout en expliquant sa démarche et dialoguant avec le jury est également un critère d'évaluation.

Bilan de l'épreuve de montages de la session 2018

Cette année encore, le jury a pu assister à de montages de grande qualité mettant en avant les qualités d'expérimentateurs des physiciens. En revanche, le jury regrette une tendance à l'uniformisation des expériences proposées et de leur présentation. Le déroulement de l'épreuve de montage est amené à évoluer à partir de 2019, mais les conseils et remarques donnés dans ce rapport restent d'actualité pour aider les candidats dans leur préparation.

Principaux critères d'évaluation

Cette épreuve nécessite une **approche expérimentale** des phénomènes étudiés. En conséquence, les lois physiques n'ont pas à être démontrées, même si bien sûr les principes physiques sur lesquels reposent les expériences proposées doivent être clairement maîtrisés par les candidats.

Le jury tient à rappeler que pour qu'une expérience quantitative puisse être évaluée, elle doit donner lieu à au moins une prise de mesure réalisée devant le jury. Si le candidat a réalisé d'autres mesures sur la même expérience pendant son temps de préparation, il doit intégrer celle effectuée devant le jury dans son traitement des mesures. Un certain nombre de candidats ont perdu un temps précieux à discuter d'expériences quantitatives non réalisées devant le jury et ce temps aurait pu être mis à profit pour approfondir les expériences réellement présentées.

Le jury a évalué les candidats sur les capacités suivantes :

La capacité à communiquer

Le jury est particulièrement sensible à la clarté de la présentation orale et écrite, qualité fondamentale pour un futur enseignant. L'utilisation d'un vocabulaire précis et adapté, la présentation du tableau avec des schémas adaptés, de graphiques avec des axes et unités précisés sont des critères d'évaluation. Le jury apprécie également qu'une mesure prise en direct soit reportée au tableau, lorsqu'elle est unique, de façon à faciliter la vérification et la discussion des mesures indirectes qui en découlent. Lorsque le candidat intègre sa ou ses mesures dans un tableau réalisé en préparation, il doit indiquer oralement où se situent les nouveaux points sur le graphique qu'il réalise ensuite. Tous les paramètres nécessaires à l'exploitation des résultats (valeurs de composants, valeurs mesurées, grandeurs tabulées,...) doivent être indiqués au tableau afin que le jury puisse vérifier les calculs du candidat. De manière générale, l'utilisation du vidéoprojecteur doit être intégrée de manière fluide à l'exposé.

La capacité à réaliser des expériences

Le jury apprécie la réalisation d'expériences quantitatives et la capacité des candidats à les mener à terme. Ces expériences doivent être en adéquation avec le sujet, réalisées avec soin et avec un protocole que le candidat doit pouvoir justifier, notamment au niveau du choix du matériel et des valeurs des différents éléments composant le montage. Il est important, à chaque fois que cela est possible de réaliser plusieurs points de mesure et de présenter sur un graphique les résultats en utilisant l'outil informatique.

La capacité à avoir un regard critique sur la qualité des mesures

La réalisation de mesures n'est jamais un but en soi pour un physicien car les mesures sans incertitudes sont souvent peu intéressantes. La discussion sur les incertitudes et les intervalles de confiance détaillée ci-dessous reste d'actualité. Mais le candidat peut choisir l'expérience la plus pertinente parmi celles présentées pour détailler le traitement des incertitudes.

La capacité à valider les mesures

Pour valider des mesures, plusieurs options sont possibles suivant la question que s'est posée le candidat.

- Il peut s'agir de vérifier une loi physique et les dépendances entre grandeurs qu'elle implique afin de mettre en évidence un phénomène physique spécifique.
- Il peut s'agir d'un enjeu métrologique. Dans ce cas, la comparaison entre grandeur mesurée et grandeur tabulée/théorique est impérative.

Dès lors que le candidat est amené à confronter ses points de mesure assortis de leur incertitude avec une loi de référence en utilisant par exemple une méthode d'ajustement par moindres carrés, le jury évalue la capacité du candidat à discuter de la qualité de son ajustement.

La capacité à échanger

L'évaluation des capacités précédentes est affinée lors de l'entretien. Celui-ci n'a pas pour but de piéger le candidat, mais bien de lui permettre de valoriser sa compréhension des expériences, de préciser la limite des modèles utilisés, de justifier son choix de matériel et le cas échéant d'expliquer un éventuel désaccord dans la validation ou un éventuel échec dans la réalisation. Cet entretien est un échange au cours duquel le candidat peut démontrer sa capacité à écouter, à faire évoluer sa pensée et son honnêteté intellectuelle.

Remarques générales

Comment choisir les expériences ?

Les candidats sont libres de choisir les expériences en relation avec le sujet choisi : il n'existe pas d'expérience « incontournable ». Il est en particulier peu raisonnable d'envisager d'apprendre le jour de l'épreuve à régler un dispositif interférentiel que l'on n'a jamais vu, ou à utiliser certains appareils numériques complexes que l'on ne connaît pas. Par ailleurs, la multiplication des dispositifs expérimentaux peut s'avérer dangereuse ; deux expériences pertinentes, bien réalisées et bien exploitées, peuvent conduire à la note maximale et valent mieux que quatre expériences inabouties et mal comprises.

Peut-on introduire une expérience qualitative ?

Une expérience qualitative permettant de mettre en évidence les phénomènes étudiés et de préciser les ordres de grandeurs peut servir d'introduction, ou éventuellement de conclusion. Il ne faut cependant pas les multiplier sous peine de ne pas avoir le temps d'exploiter quantitativement une autre expérience.

Quels sont les écueils à éviter ?

Bien que certaines expériences préparées lors d'une éventuelle année de préparation dans un centre puissent illustrer des sujets différents, la reproduction intégrale d'un protocole standard n'est, a priori, pas pertinente pour traiter le sujet imposé le jour de l'épreuve ; ainsi, si le candidat réalise une telle expérience, il doit prendre soin de choisir avec discernement les grandeurs physiques mesurées et de conduire une interprétation en fonction du sujet du montage. Par exemple, une expérience avec un réseau utilisée dans le cadre du sujet "diffraction des ondes lumineuses" doit mettre clairement en évidence ce qui relève de ce sujet plutôt que du sujet "interférences".

Par ailleurs, il apparaît souvent des « montages types », parfaitement adaptés au sujet posé mais identiques d'un candidat à l'autre, quant à leur déroulement et au choix des expériences. Le jury est alors particulièrement attentif aux capacités propres du candidat lors de l'évaluation car il attend légitimement d'un futur professeur agrégé que celui-ci sache donner une coloration personnelle à son enseignement. En outre, le jury constate que le choix d'un « montage type » trop ambitieux peut s'avérer difficile à assumer pour

certain candidats, ce qui conduit à des résultats très faibles.

Comment montrer son savoir-faire expérimental et sa connaissance du matériel ?

Rappelons que la prise de mesure en cours de présentation est impérative : elle permet au jury de vérifier que le candidat maîtrise la technique de mesure, que les résultats obtenus en préparation ne sont pas simulés, mais aussi d'observer le futur enseignant dans la transmission d'un savoir-faire expérimental : c'est une difficulté mais aussi une des singularités de la physique ! L'absence de mesure devant le jury est sanctionnée lors de l'évaluation du montage.

Il faut éviter l'utilisation d'appareils ou de logiciels dont le principe de fonctionnement est inconnu, ainsi que de « boîtes noires » dont on ne connaît pas la constitution. Le jury regrette également un certain abus de plaquettes électroniques précablées, dont les différents éléments ne sont parfois pas spécifiés au jury.

Il faut enfin manipuler soigneusement, ce qui permet d'éviter les erreurs systématiques grossières et d'aboutir à des résultats affectés d'une incertitude contrôlée et raisonnable.

Comment montrer sa capacité à exploiter des mesures, à interpréter des résultats et à faire preuve d'esprit critique ?

Le candidat doit être capable de vérifier l'homogénéité des relations utilisées, de contrôler les ordres de grandeur obtenus (en contrôlant rapidement les puissances de 10) et, bien entendu, de confronter ses mesures à des valeurs tabulées dès que cela est possible. En outre, ces valeurs tabulées doivent être choisies en cohérence avec les conditions de l'expérience réalisée. Nous rappelons aux candidats qu'il est important de penser le jour du montage à prendre des livres contenant des valeurs de référence. Trop de candidats affirment à l'issue d'une mesure qu'ils n'ont pas avec eux les valeurs tabulées dans les conditions de l'expérience.

Le candidat doit comprendre que l'évaluation des incertitudes n'est pas uniquement un passage obligé pour l'épreuve de montage, mais que cette évaluation doit être abordée avec discernement : par exemple, il n'est pas raisonnable de passer du temps à évaluer l'incertitude sur une première mesure presque qualitative, pour traiter cet aspect de manière incomplète dans les expériences suivantes où les enjeux de précision sont plus cruciaux ; de même, certaines grandeurs n'ont pas vocation à être mesurées avec une précision métrologique (taux de modulation, facteur de qualité ...) et il n'est donc pas nécessaire de passer trop de temps à l'évaluation des incertitudes dans ce cas. En cas d'erreur manifeste, le candidat ne doit pas se contenter d'une remarque lapidaire et poursuivre le montage, mais chercher avec discernement où se trouve le biais ; à ce titre, parler d'incertitudes pour justifier un écart d'un facteur 100 entre valeurs mesurée et tabulée n'est pas scientifiquement acceptable. Concrètement, une telle attitude conduit à l'attribution de très peu de points sur l'expérience proposée, alors qu'une discussion approfondie permet, si elle explique de manière raisonnable les erreurs commises, d'obtenir le maximum des points accordés à cette expérience.

Pourquoi visiter les collections avant le jour de l'épreuve ?

Les collections de matériel ne se visitent qu'à l'issue de la réunion d'accueil des candidats. Il est vivement conseillé aux candidats d'effectuer cette visite afin de prendre connaissance de l'ensemble du matériel mis à leur disposition pour l'épreuve de montage.

Conduire les quatre heures de préparation

Préparer les expériences.

La préparation s'effectue avec l'assistance de l'équipe technique. C'est au candidat, et non aux techniciens, de choisir les composants et d'utiliser les logiciels de traitement de données. Les techniciens peuvent, si

nécessaire, réaliser des mesures répétitives pour le candidat, en suivant strictement le protocole expérimental (même erroné) établi par celui-ci, et éventuellement saisir les valeurs mesurées. Le candidat réalise lui-même le réglage des différents matériels demandés. De nombreuses notices sont disponibles. Les candidats devraient plus souvent consulter ces notices ou les spécifications des appareils et des composants utilisés.

Dans la mesure du possible, les candidats doivent organiser leurs dispositifs sur les paillasses disponibles de façon que les expériences soient visibles par les membres du jury depuis leur table de travail, même si ceux-ci seront amenés à se déplacer au cours de la présentation. En outre, les salles sont équipées d'ordinateurs reliés à des vidéoprojecteurs qu'il est souhaitable d'utiliser afin de faciliter la présentation des résultats devant le jury.

Il convient de vérifier la pertinence des résultats (Handbook, estimations) et de préparer les évaluations d'incertitudes.

Préparer la présentation du montage.

Afin d'éviter de perdre du temps pendant l'épreuve, une partie de la préparation doit être consacrée à la préparation de la présentation des montages. Il est absolument nécessaire de présenter au le jury les schémas de la totalité des expériences choisies, les principaux éléments des protocoles expérimentaux proposés, les valeurs numériques des composants ou paramètres de contrôle, les modélisations utilisées lors de l'exploitation des mesures, les valeurs numériques obtenues en préparation ainsi que les valeurs tabulées utiles. Ces éléments de présentation sont réalisés pendant le temps de préparations présentés au jury et complétés lors de la présentation, suite aux mesures et exploitations effectuées directement devant le jury.

Présenter le montage devant le jury

Il est conseillé aux candidats de réserver quelques minutes avant l'arrivée du jury pour reprendre en main le début de la présentation, de manière à débiter celle-ci dans de bonnes conditions.

Une courte introduction est appréciée mais les considérations théoriques générales et de trop longues introductions sont à proscrire car, si elles permettent au candidat de prendre confiance au début de l'exposé, elles n'entrent pas en considération dans la note finale et constituent, de ce fait, une perte de temps.

Le candidat doit ensuite expliquer clairement, mais sans digression, le but et le protocole de chaque expérience, puis effectuer des mesures devant le jury. Lors d'une mesure, il explique au jury comment il procède et indique la valeur obtenue. Le tableau doit alors être complété, en mettant bien en valeur ces résultats de mesures accompagnés de leurs incertitudes, le tout présenté avec un nombre cohérent de chiffres significatifs. Le tableau ne doit pas être effacé par la suite, ni en cours de présentation, ni au moment des questions.

Enfin, il va de soi que le montage est une épreuve orale et que, par conséquent, rester de longues minutes dans le silence n'est pas conseillé ; toutefois, lorsque certains imprévus expérimentaux se présentent, le jury conçoit que le candidat puisse devoir se concentrer et rester silencieux quelques minutes. Par ailleurs, lors de ses explications, le candidat veillera à éviter l'emploi excessif d'anglicismes lorsque des mots français consacrés existent (*voltage* se dit tension, *pulse* se dit impulsion, *fit* se dit ajustement etc.).

Remarques complémentaires

Questions de base : comment et pourquoi ?

Quel que soit le montage, le candidat doit pouvoir justifier ses divers choix, tant du point de vue du matériel que du modèle, et des conditions expérimentales : quels composants, quels appareils de mesures, quels détecteurs, quelles approximations, quelles relations, quelles lois, quelles relations affines, quelles relations linéaires, pourquoi avoir tracé telle variable en fonction de telle combinaison d'autres variables ?

Manipulations et mesures.

Une connaissance des principes de fonctionnement des appareils utilisés est attendue dans l'épreuve de montage. Par exemple l'utilisation d'un capteur plutôt qu'un autre, pour une mesure donnée, ne peut se faire qu'en connaissant leurs caractéristiques : linéarité, temps de réponse, bande passante, saturation éventuelle. De même, les candidats doivent connaître les unités utilisées et leur conversion dans le système international. L'utilisation de « boîtes noires », telles que diverses plaquettes de montages électroniques, ou encore un spectrophotomètre interfacé sur ordinateur, n'est pas à recommander aux candidats qui les découvrent lors de l'épreuve. En effet, on attend que soient connus les principes physiques de fonctionnement de ces outils, ainsi que l'incidence sur les mesures des divers paramètres, réglables ou non, qui interviennent. D'autre part, il ne faut pas perdre de vue que les expériences « presse-bouton » ne sont pas toujours faciles à exploiter.

À propos des traitements informatiques.

L'acquisition de données sur ordinateur est un outil extrêmement utile, à condition que le signal existe et ait été identifié à l'aide d'appareils traditionnels (oscilloscope ou autre) ; on risque sinon de faire de nombreux essais « à l'aveugle » avant d'obtenir un résultat satisfaisant.

Le jury a constaté des progrès dans l'utilisation des logiciels de traitement des données. Cependant, certaines lacunes subsistent : si une FFT est obtenue d'un simple clic, la résolution spectrale est bien souvent confondue avec le déplacement des curseurs « de part et d'autre du pic » et les paramètres d'obtention sont ignorés. Les candidats doivent, en outre, connaître les propriétés élémentaires de la transformée de Fourier discrète pour pouvoir interpréter correctement leurs résultats. Il faut par ailleurs être conscient que, même si le critère de Shannon est respecté, la représentation du signal peut paraître singulièrement déformée si la période d'échantillonnage est mal choisie. Enfin, il faut penser à choisir convenablement la durée d'acquisition et la période d'échantillonnage.

Lors de l'exposition des résultats obtenus et de leur traitement, l'utilisation de logiciels est souhaitable, à condition qu'elle ne se substitue pas – en termes d'effort et de temps passé – à la physique ; toutefois, elle devient contre-productive quand le candidat connaît mal les logiciels qu'il utilise. Le candidat doit veiller à préparer le fichier contenant les grandeurs numériques de l'expérience et leur exploitation de manière à ne pas y passer trop de temps lors de la présentation. La plupart des candidats savent désormais faire apparaître, sur les graphiques obtenus en préparation, les points de mesure réalisés devant le jury avec, si possible, une couleur différente.

Il faut rappeler aux candidats qu'il convient de se méfier des dérivées numériques qui introduisent du bruit, alors que dans de nombreux cas, un ajustement global de la fonction non dérivée est plus précis. C'est en particulier le cas des expériences de mécanique dans lesquelles on cherche à mesurer une vitesse comme par exemple la chute d'une bille dans l'huile ou la glycérine. Il faut aussi se méfier des dérivées toutes faites dans certains logiciels qui font un lissage sans le dire.

Signalons enfin qu'il est impératif d'enregistrer les fichiers de résultats obtenus afin de pouvoir les rouvrir lors

de la discussion avec le jury.

À propos des expériences d'optique.

Le jury voit encore souvent des dispositifs mal alignés, avec des images présentant des aberrations, ainsi que des éléments optiques prétendument éclairés en incidence normale mais qui ne le sont pas en réalité ; rappelons que de nombreux bancs d'optique peuvent être trouvés dans la collection et que l'éclairage d'un réseau en incidence normale ne s'effectue pas « à l'œil ». Ces remarques s'appliquent à tous les montages dans lesquels l'optique est utilisée et pas seulement à ceux qui ont spécifiquement trait à l'optique. D'autre part, il convient de savoir tirer parti des propriétés spécifiques des diodes laser : longueur de cohérence plus petite que celle des lasers He-Ne, accordabilité, ouverture numérique, effet de seuil (fonctionnement en LED, fonctionnement en laser). Il faut enfin faire attention aux lasers dits « non polarisés », dont la polarisation est en fait partielle et fluctuante, ce qui peut conduire à des signaux très fluctuants en particulier pour des expériences quantitatives.

À propos des expériences en électricité.

Il est important que le schéma du montage étudié figure au tableau, que la valeur des composants utilisés soit indiquée et que le branchement des voies des oscilloscopes et la position de la masse soient bien indiqués. Si des plaquettes électroniques précâblées sont utilisées, les différents étages de la plaquette doivent être décrits.

À propos de la présentation graphique des mesures.

Le tracé d'un graphique est récurrent en physique, que ce soit pour illustrer une loi ou pour déterminer une grandeur à partir d'une série de mesures. Rappelons que la proportionnalité entre deux grandeurs physiques doit être validée en traçant un graphique et non en calculant une succession de rapports.

Lors de la réalisation d'un tel graphique, le jury attend :

- que les points de mesure soient bien visibles et qu'on ne voie pas seulement les lignes qui les joignent. Penser à représenter les barres d'erreurs dans les deux directions si cela est pertinent.
- que les points résultant des mesures réalisées devant le jury et ceux obtenus en préparation soient clairement identifiés oralement par le candidat.
- que les grandeurs associées aux axes soient clairement indiquées, avec leurs unités.
- que les pentes dans les modélisations affines ou linéaires soient données avec leurs unités. Bien souvent une loi linéaire peut être ajustée par une loi affine pour prendre en compte certaines erreurs systématiques. Il est alors indispensable de discuter la valeur de l'ordonnée à l'origine.
- que des lois manifestement non linéaires ne soient pas modélisées par une droite en attribuant les écarts entre les points expérimentaux et la droite modèle à du bruit ; il faut donc contrôler la façon dont ces points sont dispersés autour de la courbe modèle.

Validation des mesures.

Cette validation suppose quatre étapes :

- Vérifier rapidement, avant de se lancer dans un calcul d'incertitude, la pertinence des résultats en contrôlant les ordres de grandeur trouvés et en comparant aux valeurs attendues ; les candidats disposent pour cela, en bibliothèque, d'ouvrages de référence de type Handbook qu'ils doivent utiliser, comme dit plus haut, pour obtenir les valeurs tabulées des grandeurs qu'ils mesurent.
- Rechercher les éventuelles sources de biais systématiques et les discuter.
- Relever toutes les sources d'incertitude, évaluer les plus importantes, de façon à ne pas s'encombrer des parties négligeables.
- Une fois la pertinence de la mesure vérifiée, et les incertitudes significatives identifiées, terminer par l'encadrement quantitatif du résultat.

Nous rappelons que calculer l'écart en pourcentage entre la valeur mesurée et la valeur attendue et le

comparer à 10 % ne constitue pas une validation d'une mesure. La physique est une science expérimentale qui donne lieu à des prédictions quantitatives qui peuvent conduire à des mesures de grande précision. La comparaison doit se faire avec des valeurs tabulées ou des valeurs théoriques, c'est-à-dire issues d'un calcul. De telles valeurs peuvent donc elles-mêmes présenter des incertitudes.

Discussion des incertitudes.

Concernant la discussion des erreurs, le jury rappelle que :

- Les notions de barres d'erreurs, d'incertitudes, d'intervalle de confiance et les hypothèses (indépendance des variables, nature statistique des erreurs, absence de biais) qui permettent d'établir les formules utilisées dans l'évaluation de ces quantités, doivent être maîtrisées, le risque est sinon de conduire à des évaluations d'incertitudes non pertinentes.
- De même, les discussions sur les intervalles de confiance obtenus par régression à l'aide de calculs sur ordinateur sont les bienvenues ; en revanche, l'interprétation des grandeurs statistiques issues des logiciels utilisés doit alors être correctement effectuée.
- Enfin, en cas de traitement statistique d'une série de mesures, l'écart type d'une mesure doit être bien distingué de l'écart type de la moyenne des mesures.

Concernant l'évaluation des incertitudes, le jury aimerait attirer l'attention sur les points suivants :

- Les candidats associent trop souvent incertitude et limite de précision de l'appareil de mesure. Pourtant, dans de nombreuses situations, l'erreur lors du mesurage provient davantage de l'appréciation du phénomène par l'expérimentateur que des limites de l'appareil de mesure, et l'incertitude est largement sous-évaluée par le candidat (résonance de la corde de Melde, brouillage des franges d'une figure d'interférence, position d'une image en optique géométrique). Il faut alors ajuster le protocole afin de diminuer cette source d'erreur puis effectuer, avec réalisme, l'évaluation de l'intervalle de confiance de la mesure.
- A contrario, les candidats ne doivent pas surestimer leurs erreurs pour tenter de retrouver une valeur tabulée dans l'intervalle de confiance. Cette stratégie, mal appréciée du jury, ne correspond pas à la démarche scientifique attendue.
- Un autre point important concerne le traitement statistique des mesures. Il faut bien distinguer les situations où une telle étude permet de diminuer significativement l'incertitude sur la mesure, des situations où le traitement statistique ne présente pas d'intérêt ; ainsi, lors d'une mesure à la règle graduée, on n'obtiendra pas la longueur d'une table avec une précision bien inférieure au millimètre, même en effectuant de nombreuses fois la mesure.
- Enfin, il ne faut pas confondre incertitudes et erreurs systématiques : on ne peut espérer diminuer ces dernières en faisant une statistique sur plusieurs mesures ou en améliorant la précision de l'instrument de mesure et il faut plutôt, dans ce cas, chercher à réviser le protocole expérimental.

De l'utilisation raisonnée des incertitudes

L'épreuve de montage vise à évaluer les compétences expérimentales des candidats. Si l'évaluation des incertitudes est un aspect important de cette épreuve, ce n'est pour autant pas le centre du sujet. L'évaluation des incertitudes est un outil au service d'une démarche expérimentale. Le jury regrette d'avoir assisté à des présentations où les calculs d'incertitudes représentent plus de la moitié du temps de présentation. Une expérience présentée en montage doit avoir pour but de présenter un phénomène physique ou une loi physique avant tout ; ainsi l'évaluation des incertitudes permet d'en avoir un regard critique dans une démarche de validation des résultats obtenus (comparaison à une valeur tabulée, validation d'un modèle théorique,). Le jury encourage les candidats à discuter les sources d'erreurs dans les expériences présentées pour en identifier les sources dominantes avant de se lancer dans leurs calculs, en éliminant les contributions négligeables, et ainsi d'éviter d'y passer un temps disproportionné. Les

candidats ne doivent pas perdre de vue que l'objectif principal d'une expérience n'est pas le calcul d'une incertitude (sauf cas particulier).

Il est souvent regrettable de voir des discussions sur la division par racine de 3, de 12 etc sur des protocoles où les mesures ont été réalisées à la règle, alors que le candidat disposait d'un banc optique. Une discussion des incertitudes se doit d'être raisonnée et raisonnable.

À propos de la gestion du temps.

Si la présentation dure moins longtemps que la durée imposée, il est souhaitable de revenir sur les difficultés rencontrées au cours du montage, et ne pas hésiter à reprendre des mesures et à refaire des applications numériques, plutôt que d'énoncer des généralités en guise de conclusion. Il est également possible de revenir sur une explication qui aurait été effectuée trop rapidement lors de la présentation.

Sujets des épreuves orales de la session 2018

Leçons de physique 2018

Les leçons sont à traiter au niveau des classes préparatoires scientifiques ou au niveau de la licence de physique.

1. Contact entre deux solides. Frottement.
2. Gravitation.
3. Caractère non galiléen du référentiel terrestre.
4. Précession dans les domaines macroscopique et microscopique.
5. Lois de conservation en dynamique.
6. Cinématique relativiste.
7. Dynamique relativiste.
8. Notion de viscosité d'un fluide. Écoulements visqueux.
9. Modèle de l'écoulement parfait d'un fluide.
10. Phénomènes interfaciaux impliquant des fluides.
11. Gaz réels, gaz parfait.
12. Premier principe de la thermodynamique.
13. Évolution et condition d'équilibre d'un système thermodynamique fermé.
14. Machines thermiques réelles.
15. Transitions de phase.
16. Facteur de Boltzmann.
17. Rayonnement d'équilibre thermique. Corps noir.
18. Phénomènes de transport.
19. Bilans thermiques : flux conductifs, convectifs et radiatifs.
20. Conversion de puissance électromécanique.
21. Induction électromagnétique.
22. Rétroaction et oscillations.
23. Traitement d'un signal. Étude spectrale.
24. Ondes progressives, ondes stationnaires.
25. Ondes acoustiques.
26. Propagation avec dispersion.
27. Propagation guidée des ondes.
28. Ondes électromagnétiques dans les milieux diélectriques.
29. Ondes électromagnétiques dans les milieux conducteurs.
30. Rayonnement dipolaire électrique.
31. Présentation de l'optique géométrique à l'aide du principe de Fermat.
32. Microscopies optiques.
33. Interférences à deux ondes en optique.
34. Interférométrie à division d'amplitude.
35. Diffraction de Fraunhofer.
36. Diffraction par des structures périodiques.
37. Absorption et émission de la lumière.
38. Aspects corpusculaires du rayonnement. Notion de photon.
39. Aspects ondulatoires de la matière. Notion de fonction d'onde.
40. Confinement d'une particule et quantification de l'énergie.
41. Effet tunnel.
42. Fusion, fission.
43. Évolution temporelle d'un système quantique à deux niveaux.
44. Capacités thermiques : description, interprétations microscopiques.
45. Paramagnétisme, ferromagnétisme : approximation du champ moyen.

- 46. Propriétés macroscopiques des corps ferromagnétiques.
- 47. Mécanismes de la conduction électrique dans les solides.
- 48. Phénomènes de résonance dans différents domaines de la physique.
- 49. Oscillateurs ; portraits de phase et non-linéarités.

Leçons de chimie 2018

Les énoncés des leçons de chimie sont suffisamment ouverts pour permettre au candidat de faire des choix argumentés et de développer une démarche scientifique autour des grands domaines de la chimie. Les candidats, lors de leur présentation, doivent s'appuyer à la fois sur les fondements théoriques, les modèles, les expériences et les applications. Le niveau Lycée fait référence à des notions et contenus des programmes du lycée général et technologique, sans que la leçon soit construite nécessairement sur une seule classe d'une série donnée. La construction de la leçon doit également respecter l'esprit des différents préambules des programmes du lycée général et technologique et des classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE : MPSI, PTSI, TSI1, MP, PSI, PT et TSI2). Ainsi, la démarche scientifique doit y être privilégiée. La nature de l'épreuve doit par ailleurs amener les candidats à mettre en relation les aspects scientifiques, didactiques et pédagogiques. Ces sujets offrent une part d'initiative importante au candidat ; il ne s'agit pas d'être exhaustif mais de faire des choix argumentés et cohérents dans les concepts et expériences présentées.

1. Chimie et couleur (Lycée)
2. Séparations, purifications, contrôles de pureté (Lycée)
3. Polymères (Lycée)
4. Chimie durable (Lycée)
5. Synthèses inorganiques (Lycée)
6. Stratégies et sélectivités en synthèse organique (Lycée)
7. Dosages (Lycée)
8. Cinétique et catalyse (Lycée)
9. Caractérisations par spectroscopie en synthèse organique (Lycée)
10. Du macroscopique au microscopique dans les synthèses organiques (Lycée)
11. Capteurs électrochimiques (Lycée)
12. Molécules de la santé (Lycée)
13. Stéréochimie et molécules du vivant (Lycée)
14. Acides et bases (Lycée)
15. Solvants (CPGE)
16. Classification périodique (CPGE)
17. Solides cristallins (CPGE)
18. Corps purs et mélanges binaires (CPGE)
19. Oxydoréduction (CPGE)
20. Détermination de constantes d'équilibre (CPGE)
21. Analyse chimique quantitative (CPGE)
22. Cinétique homogène (CPGE)
23. Évolution et équilibre chimique (CPGE)
24. Diagrammes potentiel-pH (construction exclue) (CPGE)
25. Optimisation d'un procédé chimique (CPGE)
26. Corrosion humide des métaux (CPGE)
27. Conversion réciproque d'énergie électrique en énergie chimique (CPGE)
28. Solubilité (CPGE)
29. Cinétique électrochimique (CPGE)

Montages 2018

1. Dynamique du point et du solide.
2. Surfaces et interfaces.
3. Dynamique des fluides.
4. Capteurs de grandeurs mécaniques.
5. Mesure de température.
6. Transitions de phase.
7. Instruments d'optique.
8. Interférences lumineuses.
9. Diffraction des ondes lumineuses.
10. Spectrométrie optique.
11. Émission et absorption de la lumière.
12. Photorécepteurs.
13. Biréfringence, pouvoir rotatoire.
14. Polarisation des ondes électromagnétiques.
15. Production et mesure de champs magnétiques.
16. Milieux magnétiques.
17. Métaux.
18. Matériaux semi-conducteurs.
19. Effets capacitifs.
20. Induction, auto-induction.
21. Production et conversion d'énergie électrique.
22. Amplification de signaux.
23. Mise en forme, transport et détection de l'information.
24. Signal et bruit.
25. Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu).
26. Mesure de longueurs.
27. Systèmes bouclés.
28. Instabilités et phénomènes non-linéaires.
29. Ondes : propagation et conditions aux limites.
30. Acoustique.
31. Résonance.
32. Couplage des oscillateurs.
33. Régimes transitoires.
34. Phénomènes de transport.
35. Moteurs.

Sujets des épreuves orales de la session 2019

Leçons de physique 2019

(Titre de la leçon 23 modifié)

Les leçons sont à traiter au niveau des classes préparatoires scientifiques ou au niveau de la licence de physique.

1. Contact entre deux solides. Frottement.
2. Gravitation.
3. Caractère non galiléen du référentiel terrestre.
4. Précession dans les domaines macroscopique et microscopique.
5. Lois de conservation en dynamique.
6. Cinématique relativiste.
7. Dynamique relativiste.
8. Notion de viscosité d'un fluide. Écoulements visqueux.
9. Modèle de l'écoulement parfait d'un fluide.
10. Phénomènes interfaciaux impliquant des fluides.
11. Gaz réels, gaz parfait.
12. Premier principe de la thermodynamique.
13. Évolution et condition d'équilibre d'un système thermodynamique fermé.
14. Machines thermiques réelles.
15. Transitions de phase.
16. Facteur de Boltzmann.
17. Rayonnement d'équilibre thermique. Corps noir.
18. Phénomènes de transport.
19. Bilans thermiques : flux conductifs, convectifs et radiatifs.
20. Conversion de puissance électromécanique.
21. Induction électromagnétique.
22. Rétroaction et oscillations.
23. Aspects analogique et numérique du traitement d'un signal. Étude spectrale. – *Titre modifié.*
24. Ondes progressives, ondes stationnaires.
25. Ondes acoustiques.
26. Propagation avec dispersion.
27. Propagation guidée des ondes.
28. Ondes électromagnétiques dans les milieux diélectriques.
29. Ondes électromagnétiques dans les milieux conducteurs.
30. Rayonnement dipolaire électrique.
31. Présentation de l'optique géométrique à l'aide du principe de Fermat.
32. Microscopies optiques.
33. Interférences à deux ondes en optique.
34. Interférométrie à division d'amplitude.
35. Diffraction de Fraunhofer.
36. Diffraction par des structures périodiques.
37. Absorption et émission de la lumière.
38. Aspects corpusculaires du rayonnement. Notion de photon.
39. Aspects ondulatoires de la matière. Notion de fonction d'onde.
40. Confinement d'une particule et quantification de l'énergie.
41. Effet tunnel.
42. Fusion, fission.

- 43. Évolution temporelle d'un système quantique à deux niveaux.
- 44. Capacités thermiques : description, interprétations microscopiques.
- 45. Paramagnétisme, ferromagnétisme : approximation du champ moyen.
- 46. Propriétés macroscopiques des corps ferromagnétiques.
- 47. Mécanismes de la conduction électrique dans les solides.
- 48. Phénomènes de résonance dans différents domaines de la physique.
- 49. Oscillateurs ; portraits de phase et non-linéarités.

Leçons de chimie 2019

Les énoncés des leçons de chimie sont suffisamment ouverts pour permettre au candidat de faire des choix argumentés et de développer une démarche scientifique autour des grands domaines de la chimie. Les candidats, lors de leur présentation, doivent s'appuyer à la fois sur les fondements théoriques, les modèles, les expériences et les applications. Le niveau Lycée fait référence à des notions et contenus des programmes du lycée général et technologique, sans que la leçon soit construite nécessairement sur une seule classe d'une série donnée. La construction de la leçon doit également respecter l'esprit des différents préambules des programmes du lycée général et technologique et des classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE : MPSI, PTSI, TSI1, MP, PSI, PT et TSI2). Ainsi, la démarche scientifique doit y être privilégiée. La nature de l'épreuve doit par ailleurs amener les candidats à mettre en relation les aspects scientifiques, didactiques et pédagogiques. Ces sujets offrent une part d'initiative importante au candidat ; il ne s'agit pas d'être exhaustif mais de faire des choix argumentés et cohérents dans les concepts et expériences présentées.

Le nombre de titres de leçons de chimie est inchangé par rapport à la session 2018. Deux titres (« Oxydoréduction » et « Analyse chimique quantitative ») ont été supprimés et deux titres ont été introduits (« Liaisons chimiques » et « Application du premier principe de la thermodynamique à la réaction chimique »).

1. Chimie et couleur (Lycée)
2. Séparations, purifications, contrôles de pureté (Lycée)
3. Polymères (Lycée)
4. Chimie durable (Lycée)
5. Synthèses inorganiques (Lycée)
6. Stratégies et sélectivités en synthèse organique (Lycée)
7. Dosages (Lycée)
8. Cinétique et catalyse (Lycée)
9. Caractérisations par spectroscopie en synthèse organique (Lycée)
10. Du macroscopique au microscopique dans les synthèses organiques (Lycée)
11. Capteurs électrochimiques (Lycée)
12. Molécules de la santé (Lycée)
13. Stéréochimie et molécules du vivant (Lycée)
14. Acides et bases (Lycée)
15. Liaisons chimiques (Lycée) – *Nouvelle leçon*
16. Solvants (CPGE)
17. Classification périodique (CPGE)
18. Solides cristallins (CPGE)
19. Corps purs et mélanges binaires (CPGE)
20. Application du premier principe de la thermodynamique à la réaction chimique (CPGE) – *Nouvelle leçon*
21. Détermination de constantes d'équilibre (CPGE)
22. Cinétique homogène (CPGE)
23. Évolution et équilibre chimique (CPGE)
24. Diagrammes potentiel-pH (construction exclue) (CPGE)
25. Optimisation d'un procédé chimique (CPGE)
26. Corrosion humide des métaux (CPGE)
27. Conversion réciproque d'énergie électrique en énergie chimique (CPGE)
28. Solubilité (CPGE)
29. Cinétique électrochimique (CPGE)

Montages 2019

(sans changement par rapport à 2018)

1. Dynamique du point et du solide.
2. Surfaces et interfaces.
3. Dynamique des fluides.
4. Capteurs de grandeurs mécaniques.
5. Mesure de température.
6. Transitions de phase.
7. Instruments d'optique.
8. Interférences lumineuses.
9. Diffraction des ondes lumineuses.
10. Spectrométrie optique.
11. Émission et absorption de la lumière.
12. Photorécepteurs.
13. Biréfringence, pouvoir rotatoire.
14. Polarisation des ondes électromagnétiques.
15. Production et mesure de champs magnétiques.
16. Milieux magnétiques.
17. Métaux.
18. Matériaux semi-conducteurs.
19. Effets capacitifs.
20. Induction, auto-induction.
21. Production et conversion d'énergie électrique.
22. Amplification de signaux.
23. Mise en forme, transport et détection de l'information.
24. Signal et bruit.
25. Mesure des fréquences temporelles (domaine de l'optique exclu).
26. Mesure de longueurs.
27. Systèmes bouclés.
28. Instabilités et phénomènes non-linéaires.
29. Ondes : propagation et conditions aux limites.
30. Acoustique.
31. Résonance.
32. Couplage des oscillateurs.
33. Régimes transitoires.
34. Phénomènes de transport.
35. Moteurs.