

Agrégation externe de physique-chimie option physique, session 2024

Concours : Agrégation externe

Section : Physique-chimie

Option : Physique

Session 2024

Document d'information à destination des candidats

Rapport sur la composition de physique 2024

Conversion d'énergie solaire

Présentation du sujet

Ce sujet abordait plusieurs thèmes de la physique autour de l'énergie solaire. La première partie permettait d'explorer des notions de mécanique des fluides et d'électromagnétisme. La seconde partie prolongeait la première par des considérations thermodynamiques. La troisième partie, indépendante des deux premières, abordait des notions d'électrocinétique, d'induction électromagnétique et de magnétisme des milieux matériels.

La première partie permettait d'établir un modèle analytique du chauffage de la couronne solaire à partir d'équations fondamentales de la physique qui étaient rappelées ou demandées au candidat sous la forme de questions de cours.

Dans la seconde partie, l'exploitation d'une expérience historique et d'un document était proposée en relation avec l'ajustement de données expérimentales et un questionnement autour des incertitudes.

Dans la troisième partie, qui comportait une question ouverte, plusieurs parties de cours étaient abordées, un code informatique simple était mis en œuvre et une question portait également sur les incertitudes expérimentales dans une perspective didactique.

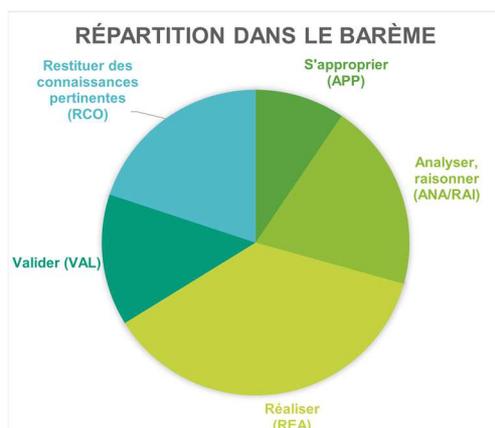
Remarques générales

La répartition des points dans le barème permettait de tester les différentes capacités associées aux compétences de la démarche scientifique définies dans les programmes officiels :

- 20 % des points étaient attribués à la restitution de connaissances
- 9 % des points étaient attribués aux capacités associées à la compétence « S'APPROPRIER »
- 20 % des points étaient attribués aux capacités associées à la compétence « ANALYSER »
- 37 % des points étaient attribués aux capacités associées à la compétence « RÉALISER »
- 14 % des points étaient attribués aux capacités associées à la compétence « VALIDER »

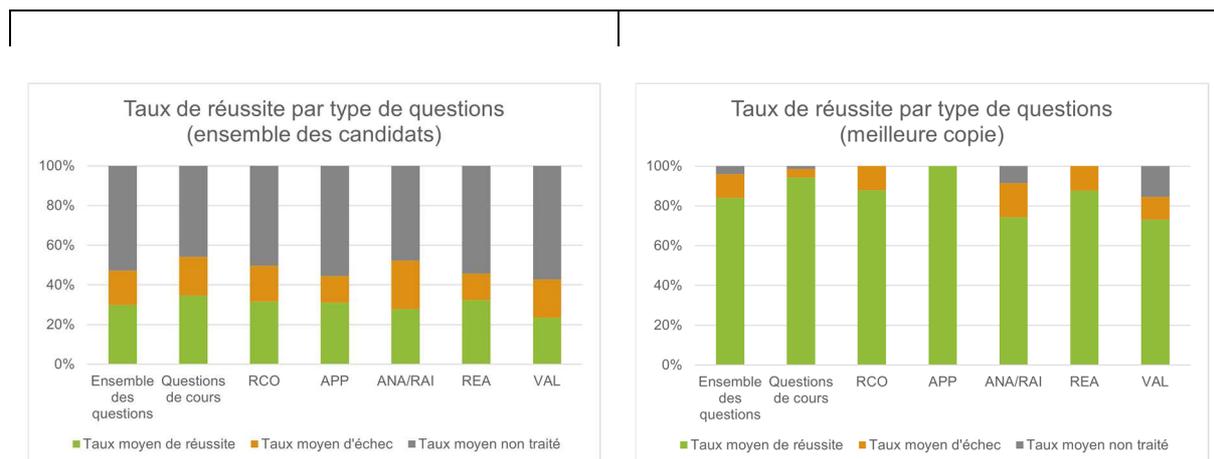
Au-delà des 20 % des points de pure restitution de connaissances, d'autres questions classifiées parmi les compétences de la démarche scientifique (APP/ANA/REA/VAL) constituaient des « questions de cours », relatives à la présentation des notions ou des lois figurant au programme du concours. Au total, les questions de cours représentaient 42 % du barème, en accord avec l'objectif de la composition de physique, qui valorise les candidats possédant une excellente maîtrise des notions du programme.

En moyenne, les candidats ont abordé 47 % des questions (54 % des questions de cours). Le taux moyen de réussite aux questions abordées est de 65 % (pour les questions de cours comme pour les autres).



Répartition des points du barème selon les compétences évaluées

Le candidat qui a rendu la meilleure copie a abordé 96 % des questions. Il a répondu correctement à 88 % des questions abordées, c'est-à-dire à 84 % de l'ensemble des questions. Il a obtenu 94 % des points attribués par le barème au traitement des questions de cours.



Taux de questions abordées et taux de réussite pour l'ensemble des candidats et pour la meilleure copie

Cette analyse du barème et de la réussite aux questions appelle plusieurs remarques.

- Les candidats gagneraient à mieux repérer les questions classiques, proches du cours, qu'il s'agisse ou non de pure restitution de connaissance. Le jury s'attendait à ce que le taux de réussite aux questions de cours soit plus important qu'aux autres questions, ce qui n'est pas le cas. Trop souvent, les questions de cours sont abordées de manière hâtive, quelquefois superficielle, sans que ne soient mentionnées les hypothèses faites ou sans précisions sur les calculs mis en œuvre. Les définitions données sont quelquefois vagues ou mal rédigées.
- Les meilleurs candidats, le plus souvent, traitent davantage les questions de cours que les autres questions et obtiennent à ces questions un meilleur taux de réussite. Cette observation est l'occasion de rappeler que pour une bonne réussite à la composition de physique, il est primordial de posséder une bonne connaissance générale des concepts physiques développés

dans l'enseignement secondaire et le premier cycle universitaire. Une bonne maîtrise des applications classiques de ces concepts donne de très bonnes chances de succès à cette épreuve.

- Le sujet comportait des questions de niveaux variés. Certaines questions étaient d'un niveau d'exigence élevé, et pouvaient donner lieu à des développements calculatoires complexes. Il était cependant possible d'obtenir une très bonne note à cette épreuve sans aborder les questions les plus difficiles.

Remarques par question

Q1 : Une démonstration de cours telle que celle-ci nécessite quelques phrases brèves pour accompagner la démarche des calculs réalisés. Une suite de calculs sans aucun mot, même parfaitement menée, ne permet pas d'obtenir la totalité des points. Une démonstration à 1D était acceptée si elle était correctement généralisée à trois dimensions.

Q2 : Le lien entre la nullité de la divergence du champ de vitesse et le flux nul à travers une surface fermée méritait de figurer de manière explicite sur la copie.

Q3 : Pour décrire le sens physique de chaque terme, on pouvait nommer les grandeurs. Dans ce cas, la grandeur citée doit avoir une dimension cohérente. Une force n'est pas égale à une force volumique !

Q4 : Les flèches sur les vecteurs et les opérateurs qui en nécessitent sont un impératif de rigueur.

Q5 : Les candidats doivent connaître les grands principes sous-jacents aux lois de la physique. Le principe de relativité était attendu dans cette question. Ce principe n'est pas propre à la relativité restreinte. Les correcteurs ont apprécié les candidats mentionnant en particulier l'invariance de la charge électrique

Q6 : Cette question a posé des difficultés aux candidats car la densité volumique de courant n'a été considérée qu'en tenant compte des électrons, or dans le référentiel dans lequel le conducteur se déplace, les électrons et les ions se déplacent (le conducteur étant globalement neutre).

Q9 : Pour montrer que le champ se propage sur une épaisseur de peau, il fallait identifier clairement le terme de propagation et le terme d'amplitude en exponentielle décroissante. Pour commenter l'évolution de l'épaisseur de peau en fonction de la conductivité, on pouvait citer par exemple le cas limite bien connu du conducteur parfait.

Q10 : L'interprétation du terme $(\mathbf{B} \cdot \text{grad})u$ pouvait être introduite par une analogie avec le terme $(u \cdot \text{grad})B$.

Q12 : L'évaluation de l'ordre de grandeur de coefficients adimensionnés doit conduire à un commentaire.

Q14 : Les développements calculatoires doivent apparaître clairement dans les copies, ainsi que les justifications permettant de négliger un terme devant les autres.

Q18 : Lorsque l'on répond à une question, une phrase comportant un développement minimal est attendue. Écrire seulement « onde dans une corde = onde transversale » n'est pas une manière de répondre satisfaisante.

Q20 : Le phénomène de dispersion n'est pas synonyme d'atténuation.

Q25 : Une part très importante de candidats a mal lu l'énoncé et a cru que la lame, au lieu de l'atmosphère, absorbait un tiers du flux énergétique du Soleil. Très peu de candidats ont obtenu un

résultat numérique correct, et encore moins avec une incertitude plausible.

Q28 : Le graphe de l'énoncé présentait un axe des abscisses régulièrement gradué. En utilisant sa règle, on pouvait donc obtenir une mesure assez précise de la longueur d'onde. Certains candidats se sont trompés dans la lecture des graduations.

Q29 : La notion d'écart normalisé, utilisée à bon escient par une partie des candidats, reste méconnue pour le plus grand nombre d'entre eux, et est régulièrement confondue avec la notion d'écart relatif.

Q30 : Le passage de la constante solaire au flux moyen en un point de la surface de la Terre nécessite de comparer la surface de la sphère terrestre à celle du disque équatorial, ce qui fait apparaître un facteur 4 entre les deux grandeurs.

Q32 : La loi des nœuds doit être citée avant d'être appliquée.

Q34 : Pour obtenir la puissance électrique maximale, il était incorrect de commencer par maximiser la tension, puis chercher l'intensité maximale correspondant à ce palier de tension. C'est bien le produit des deux grandeurs qu'il faut maximiser, et le maximum était obtenu un peu au-delà de ce palier de tension.

Q36 : Pour justifier qu'un rendement est éloigné de l'unité, il ne suffit pas d'écrire qu'il y a des pertes (ou des pertes thermiques). On attendait ici de la part des candidats une remarque brève sur l'interaction lumière-matière.

Q37 : L'obtention de la caractéristique des deux cellules en série a été très rarement obtenue de manière correcte.

Q38 : La définition de la valeur efficace d'un signal périodique est mal connue.

Q39 : Il faut être précis dans le choix des termes utilisés. La phrase, lue dans une copie, « *le flux est uniforme sur chaque spire* » ne signifie pas la même chose que « *le flux est identique à travers toutes les spires* » (cette seconde formulation correspondant probablement à l'idée que le candidat souhaitait écrire).

Q43 : Beaucoup de candidats ont des difficultés à définir un matériau ferromagnétique doux. Un grand nombre d'entre eux pense qu'il s'agit de matériaux de faible perméabilité relative, ce qui n'est pas le cas.

Q45 : Trop souvent le graphe $B=f(H)$ a été tracé de manière identique à celui $M=g(H)$. Leurs allures, notamment en termes d'asymptotes pour de grandes valeurs de H , sont différentes.

Q46 : La rédaction de la réponse a été souvent trop succincte. Il faut justifier l'apparition du champ de saturation dans l'expression obtenue, veiller à distinguer amplitude et valeur efficace, et réaliser un bref commentaire de l'ordre de grandeur numérique obtenu.

Q47 : Le théorème d'Ampère doit être énoncé lorsqu'on l'applique, ainsi que les hypothèses qui sont associées (ARQS magnétique et milieu ferromagnétique). Il convient également de préciser le contour sur lequel on applique ce théorème.

Q48 : Pour établir l'égalité à l'unité du rendement du transformateur, il faut prendre garde à la convention (générateur ou récepteur) ou, *a minima*, utiliser des valeurs absolues.

Q51 : La conduite de l'étude du montage à amplificateur linéaire intégré était assez rarement claire et compréhensible. Il faut citer les lois utilisées, comme la loi des nœuds par exemple, et préciser le nœud

où on l'applique.

Q52 : Le critère de Shannon n'était pas ici suffisant, car il faut acquérir nettement plus de deux points par cycle pour pouvoir réaliser son tracé de manière presque continue.

Q55 : La réponse à une question demandant d'opérer un choix parmi deux possibilités doit être justifiée.

Conseils aux futurs candidats

Les correcteurs insistent une fois encore sur l'importance, pour les futurs candidats, de s'entraîner pendant leur préparation à rédiger leurs réponses dans les conditions du concours. Il faut que le correcteur puisse comprendre clairement la démarche suivie par le candidat pour répondre à une question.

Pour cela, le jury invite les candidats :

- à utiliser un langage clair et précis, à veiller à la rigueur de la syntaxe et à la correction de l'orthographe ;
- à veiller à l'emploi irréprochable du vocabulaire scientifique (par exemple, ne pas utiliser le mot *dispersion* au lieu du mot *atténuation*) ;
- à accompagner les calculs de brèves phrases explicatives permettant de comprendre la démarche ;
- à systématiquement encadrer (ou souligner) à la règle le résultat final d'un calcul et à souligner les applications numériques finales, assorties d'une unité naturellement associée à la grandeur obtenue (indiquer J plutôt que W.s par exemple).

L'emploi de couleurs, sans excès, pour encadrer les résultats ou souligner les points importants est possible.

Le jury conseille aux candidats de lire l'énoncé avec soin avant de répondre à une question, et de relire sa réponse ensuite, afin d'être certain de répondre précisément et complètement.

Lorsque l'énoncé demande de « justifier » un résultat ou une affirmation, une simple paraphrase ou reformulation n'est pas une réponse acceptable. Il faut également faire preuve d'honnêteté : il est toujours préférable d'admettre que l'on ne sait pas établir un résultat plutôt que de faire semblant de l'établir, ce que le jury détectera toujours. Enfin, il ne faut pas utiliser comme hypothèse la relation que l'on cherche à établir (Q6 par exemple).

Il est bien sûr nécessaire de vérifier systématiquement l'homogénéité des expressions écrites ainsi que la cohérence mathématique (en distinguant en particulier vecteur et scalaire, norme et projection etc.).

Les correcteurs rappellent que « commenter » ne se résume pas à « décrire » la formule obtenue. Il est utile d'expliquer physiquement pourquoi telle grandeur est une fonction croissante de telle autre, de mettre en évidence un cas limite connu, etc.

Les applications numériques doivent être soignées (nombre de chiffres significatifs convenable, unités, et surtout commentaire), de même que les représentations graphiques (titre, tracés des axes à la règle, légende, grandeurs et unités portées, points caractéristiques clairement représentés, couleur pour aider à la lecture etc.). Le jury rappelle qu'une application numérique est constituée d'un nombre entier ou décimal assorti d'une puissance de 10 entière. $10^{5,5}$ n'est pas une application numérique !

Il est préconisé de ne pas délaissier les questions plus ouvertes qui nécessitent une prise d'initiative. En effet, ces questions activent des compétences variées, nécessitent un effort d'organisation de sa

pensée et de la réponse fournie. Il est indispensable de commenter le(s) résultat(s) obtenus afin de valider sa réponse. Ces questions sont bien valorisées dans le barème et il n'est pas nécessaire de les traiter entièrement pour avoir la totalité des points.

Conclusion

Le jury adresse ses félicitations aux candidats qui ont su démontrer leur bon niveau de connaissance en physique et leur bonne préparation de l'épreuve en rendant une copie de très bon niveau. Les examinateurs encouragent les futurs candidats à tenir compte des éléments mentionnés dans ce rapport pour préparer les futures sessions.

Rapport sur la composition de chimie 2024

Le sujet de la composition de chimie de la session 2024 traite de l'or, de sa mise en solution aqueuse et de son utilisation :

- en catalyse hétérogène
- dans les alliages,
- en catalyse homogène.

Il permet d'aborder de nombreuses notions de chimie inscrites au programme du concours.

La première partie traite des nanoparticules d'or en catalyse hétérogène et débute par des questions sur la position de l'élément dans la classification périodique de l'élément chimique or puis le nombre d'électrons de valence de l'atome d'or. Elle se poursuit par une étude de la mise en solution aqueuse de l'or et traite les diagrammes E-pH. Elle se termine par une étude thermodynamique de l'oxydation du monoxyde de carbone catalysée par des particules d'or.

La deuxième partie du sujet est consacrée aux alliages or-étain qui s'appuie sur un diagramme binaire liquide-solide.

Enfin, la troisième partie aborde l'utilisation de l'or en catalyse homogène, due à sa forte capacité à activer des liaisons multiples. Cette partie s'ouvre par une étude de diagrammes d'orbitales moléculaires qui permettent de caractériser les liaisons entre l'or et un dérivé éthylénique dans le cas de complexes de coordination. Elle se poursuit par le traitement de données expérimentales relatives à la cinétique d'une réaction d'hydroamination catalysée par l'or et de sa modélisation par un mécanisme réactionnel. L'étude d'une application de cette réaction dans le cadre d'une synthèse organique clôt l'épreuve.

Chaque partie est indépendante et de nombreuses questions peuvent être traitées de façon distincte au sein de chacune d'entre elles. Le sujet couvre un large spectre de la chimie, permettant aux candidats de valoriser de nombreuses connaissances et compétences.

Chaque partie comporte des questions de difficulté croissante, qui commencent systématiquement par des questions de cours ou d'applications directes des concepts disciplinaires, essentiels pour enseigner la chimie. Les dernières questions de certaines parties permettent aux candidats de montrer leur recul sur la discipline et leur maîtrise des concepts, en prenant des initiatives au sein de tâches plus complexes ou difficiles.

Le jury tient à féliciter les candidats qui ont rendu de bonnes à très bonnes copies, et ceux qui ont fait explicitement montre d'une grande implication dans le sujet, indépendamment des résultats obtenus.

Globalement, toutes les parties du sujet ont été traitées. Le jury tient à mettre en évidence quelques points d'attention dans les remarques ci-dessous.

Remarques d'ordre général

Les bases de cours ne sont pas toujours acquises : structure du tableau périodique, nombre d'oxydation, définitions de thermodynamique, calcul d'une quantité de matière.

Les définitions ne sont pas toujours connues ; elles doivent être énoncées complètement et précisément en utilisant le vocabulaire adapté, chaque terme étant pertinent.

Dans le cadre d'un concours de l'enseignement d'un niveau de l'agrégation, il est important de faire preuve d'un peu de culture générale et de connaissance en histoire des sciences.

Les fautes d'orthographe, notamment sur les termes qui ont ici un sens scientifique (« existence » pour « existence » par exemple) et de grammaire sont à proscrire dans une copie de futur professeur.

En outre, dans le même registre, il est attendu de futurs enseignants qu'ils utilisent une syntaxe correcte et fassent l'effort de présentation qu'ils attendront de leurs élèves. Les copies dans lesquelles les résultats sont mis en valeur sont appréciées.

Remarques question par question

Le pourcentage de réussite pour chaque question est indiqué entre parenthèses. Il s'agit du rapport, exprimé en pourcentage, entre la moyenne obtenue par l'ensemble des candidats à cette question et le nombre total de points accordés à la réponse.

Question 1 (43 %)

"Enoncer" n'est pas "nommer" : on attend ici les énoncés des règles utiles et pas seulement leurs noms. Un tableau indiquant l'ordre de remplissage ne saurait remplacer l'énoncé de la règle de Klechkowski. S'il est vrai que les noms de certains scientifiques, notamment russes, ont été historiquement traduits phonétiquement dans l'Histoire des sciences, et peuvent souffrir de multiples orthographe, il est assez étonnant que certains candidats hésitent sur l'orthographe de Pauli. Peu de candidats parviennent à indiquer l'origine du symbole « Au » et plusieurs ont évoqué une origine allemande, anglaise, espagnole ou encore arabe. Nombre de candidats ont indiqué également la règle de Hund, sans objet dans cette question.

Question 2 (52 %)

Beaucoup d'erreurs sur la colonne de l'élément « Au » : la structure du tableau périodique, en 18 colonnes, le lien entre la configuration électronique d'un élément et sa position dans la classification de Mendeleïev ne sont pas toujours connus. La notion de stabilité énergétique, due au remplissage en couches à demi remplies ou couches fermées, n'est pas toujours énoncée pour expliquer la configuration électronique de l'or.

Question 3 (50 %)

La définition des électrons de valence n'est pas toujours connue.

Si le degré d'oxydation +I de Au est stable, on ne peut pas dire que cet ion est plus stable que l'atome Au : un cation n'est jamais plus stable que l'atome neutre.

Question 4 (32 %)

Des erreurs surprenantes dans la définition de la densité d'un métal.

Celle-ci est parfois confondue avec la compacité. Le jury rappelle que, dans un réseau cfc, la compacité est de 74 % indépendamment de la nature du métal. Certains candidats ont occulté la maille cristalline dans le calcul de la masse volumique requise.

Question 5 (64 %)

Les positions relatives de Au^{3+} et de $\text{Au}(\text{OH})_3$ sont rarement justifiées. Pour cela, il est nécessaire d'écrire l'équilibre entre les deux espèces chimiques. Le jury rappelle que, conventionnellement, les nombres ou degrés d'oxydation sont écrits en chiffres romains. Les domaines de prédominance et d'existence sont bien identifiés par la majorité des candidats qui ont traité la question.

Question 6 (48 %)

Si la relation de Nernst est utilisée, son nom est rarement mentionné.

L'unité de la pente est souvent omise.

La constante de solubilité est parfois confondue avec une constante d'acidité.

Question 7 (13 %)

Les enthalpies libres standard associées aux demi équations électroniques sont utilisées de manière pertinente mais elles ne peuvent être associées qu'à des potentiels standard. Elles ne doivent pas être confondues avec les enthalpies libres standard de réaction associées aux constantes d'équilibre. Le terme « dismutation » n'est que rarement évoqué.

Question 8 (30 %)

L'existence d'un domaine commun entre $\text{Au}(\text{s})$ et H_2O ne peut justifier l'impossibilité d'obtention d'or dissous : il faut raisonner sur les domaines disjoints pour justifier l'incompatibilité entre deux espèces. On notera par ailleurs que $\text{Au}(\text{s})$ et H_2O ont également un domaine commun sur la figure 2, à partir de laquelle on conclut à la possibilité de dissoudre de l'or en milieu aqueux. Les candidats sont invités à s'appuyer sur un schéma pour expliciter leurs réponses, quelquefois plus pertinent que de (longues) lignes d'explications.

Question 9 (44 %)

Les positions relatives des espèces dissoutes de l'or au degré d'oxydation +III sont rarement justifiées.

Question 10 (36 %)

Question 11 (53 %)

La question a été globalement correctement traitée.

Question 12 (38 %)

Question 13 (4 %)

La question a été globalement peu traitée, et peu de candidats apportent les différentes étapes du raisonnement, que le jury attendait quantitatif.

Question 14 (74 %)

La nécessité d'attribuer un nombre stœchiométrique de -1 au dioxygène a perturbé des candidats. Il était sous-entendu, conformément aux conventions usuelles d'écriture des équations de réaction, qu'il s'agissait d'un nombre stœchiométrique algébrique. Certains candidats manquent de recul en indiquant une équation de réaction en plaçant le dioxygène du côté des produits avec un coefficient stœchiométrique négatif.

Question 15 (21 %)

Cette question relative à une définition de base en thermodynamique chimique n'a reçu que très peu de réponses correctes.

Question 16 (57 %)

Le nom de la loi de Hess n'est pas assez fréquemment cité. L'approximation d'Ellingham, souvent énoncée, n'est quelquefois pas complètement explicitée. Certains candidats ont fait appel aux relations de Kirchhoff.

L'absence de conversion de la température des degrés Celsius en Kelvin a parfois conduit à des erreurs d'application numérique. Le jury félicite les candidats qui sont allés au bout du raisonnement et ont apporté une conclusion.

Question 17 (27 %)

L'expression du taux de conversion a posé de nombreuses difficultés alors qu'il était défini dans l'énoncé.

L'équation du second degré pouvait être aisément simplifiée en une équation du premier degré, ce qui n'a pas toujours été perçu.

La limitation cinétique de la réaction n'a que rarement été envisagée.

Le jury rappelle que l'activité est sans dimension : il n'est pas possible de l'assimiler à une concentration, ou une pression partielle.

Question 18 (6 %)

Alors que l'énoncé demande explicitement de raisonner sur l'enthalpie libre de réaction, très fréquemment, des réponses très qualitatives et généralement erronées ont été apportées.

Il est indispensable d'écrire le quotient de réaction à l'aide des grandeurs pertinentes.

Le jury rappelle qu'une constante d'équilibre ne dépend que de la température : l'ajout de diazote (tout comme une modification de pression) ne peut pas la faire varier.

Quelques candidats confondent l'enthalpie libre standard de réaction avec l'enthalpie libre de réaction.

Question 19 (15 %)

La relation de Van't Hoff et la loi de modération de Le Chatelier, bien que souvent évoquées, ne sont pas toujours exploitées convenablement.

Question 20 (6%)

Le diazote est souvent oublié dans la composition du mélange.

Question 22 (30 %)

L'eutectique est souvent confondu avec l'hétéroazéotrope d'un diagramme liquide-vapeur.

La température de l'eutectique n'est pas égale à la température de fusion de l'étain pur.

Question 23 (41 %)

Le composé défini n'est pas toujours repéré, alors que ce terme figurait un peu plus loin dans l'énoncé.

Question 24 (28 %)

Un palier de température peut correspondre à un eutectique ou à un composé défini : ces deux notions sont parfois confondues dans les copies. Peu de candidats ont complété le diagramme du document-réponse. Le jury rappelle que dans ce type de diagramme, la notion d'état physique est primordiale. La conversion de la fraction massique en fraction molaire a souvent été correctement menée.

Question 25 (20 %)

Peu de candidats ont obtenu la totalité des points à cette question, pourtant assez fondamentale. Parmi les réponses, peu ont réellement justifié les modifications de pente, y compris en valeur, et fait appel à des calculs de variance, grandeur essentielle en thermodynamique des systèmes. Certains candidats ont travaillé sur un mélange se refroidissant, contrairement à ce qui était demandé dans l'énoncé.

Question 26 (23 %)

Question 27 (52 %)

Cette question a été globalement bien traitée.

Question 28 (26 %)

Le plan xOy n'est pas un élément de symétrie pertinent ici : sa prise en compte a conduit à des erreurs dans les interactions possibles.

Question 29 (42 %)

Les quatre électrons issus de l'atome de carbone n'ont pas toujours été placés de manière correcte, même lorsque la règle de Hund était citée en question 1.

Question 30 (16 %)

Question 31 (9 %)

Question 32 (13 %)

Question 33 (25 %)

Le jury regrette que certains candidats n'utilisent pas le terme conventionnel pour identifier le recouvrement latéral à l'origine de l'appellation π d'une liaison.

Question 34 (18 %)

Les sens de donation (du ligand vers le métal) et de rétrodonation (du métal vers le ligand) sont parfois inversés. Ici, il n'est question que de transfert d'électrons du ligand vers le métal.

Question 35 (6 %)

Question 36 (2%)

Question 37 (4 %)

Question 38 (21 %)

L'absence de sous-produit n'est pas toujours perçue. Le jury regrette qu'un nombre important de candidats se contente d'une équation de réaction écrite avec des formules brutes au détriment d'un modèle plus adapté impliquant une écriture à l'aide de formules semi-développées. En effet, les formules brutes ne permettent pas d'identifier explicitement la position des groupements additionnés sur l'insaturation du réactif.

Question 39 (22 %)

Question 40 (22 %)

La régiosélectivité de Markovnikov est parfois illustrée avec une addition de dihydrogène ou de dibrome sur un réactif symétrique et conduit donc à un exemple qui ne permet pas de mettre en évidence la régiosélectivité de la réaction.

Question 41 (23 %)

Le jury rappelle aux candidats d'être attentifs aux consignes du sujet : aucun mécanisme n'était demandé dans cette question.

Question 42 (24 %)

Le jury regrette que nombre de candidats écrivent une géométrie erronée d'un allène, conduisant ainsi à une mauvaise compréhension des recouvrements des orbitales à l'origine de ce type de structure moléculaire. En outre, il est rappelé que, même en chimie organique, une équation de réaction modélisant une transformation chimique, doit être ajustée.

Question 43 (24 %)

La stéréosélectivité est parfois confondue avec la stéréospécificité, que les résultats présentés ne permettaient pas de mettre en évidence. Le calcul à partir de l'excès énantiomérique a été globalement bien effectué.

Question 44 (63 %)

La définition d'une vitesse volumique de consommation n'est pas toujours connue : on rencontre parfois une erreur de signe, souvent une concentration divisée par un volume.

Question 45 (70 %)

Cette question a été globalement bien traitée.

Question 46 (25 %)

L'intérêt d'un catalyseur est qu'il peut être utilisé en faible quantité, contrairement à ce que pensent certains candidats qui écrivent qu'il doit être utilisé en excès. Le calcul des quantités de matière ou des concentrations a parfois posé des difficultés inattendues.

Question 47 (36 %)

La plupart des candidats ont perçu la stratégie de dégénérescence d'ordre mise en œuvre.

Question 48 (19 %)

Des erreurs sur la valeur de la constante de vitesse s'expliquent généralement par le manque d'attention prêté aux unités figurant sur le graphique.

Question 49 (27 %)

Des intermédiaires réactionnels étant mentionnés dans la question suivante, il est étonnant de ne pas les voir cités ici.

Si l'acronyme AEQS est souvent explicité, en revanche, la condition de son utilisation ne l'est pas toujours.

En outre, la valeur de la dérivée temporelle de la concentration d'une espèce chimique égale à zéro conduit parfois, et de manière étonnante et erronée, à conclure que la concentration de l'espèce considérée est nulle.

Question 50 (7 %)

La traduction de l'AEQS pour les intermédiaires réactionnels F, G et H en équations n'a pas toujours été correctement conduite. Souvent, le raisonnement n'a pas abouti à une expression finale. Le jury rappelle qu'il est indispensable de procéder à une rapide vérification par une équation aux dimensions pour s'assurer qu'une expression peut ne pas être erronée.

Question 51 (2 %)

Question 52 (40 %)

Le terme « lévogyre » est souvent connu des candidats. Cependant des erreurs surprenantes ont été rencontrées par le jury.

Question 53 (36 %)

Un atome d'azote trivalent n'est généralement pas un centre stéréogène.

La numérotation des atomes de carbone fournie dans l'énoncé n'est pas toujours respectée.

Question 54 (29 %)

Question 55 (10 %)

L'enchaînement des atomes de l'énoncé devait guider les candidats dans la recherche de la structure de Lewis.

La géométrie concernait deux atomes de la molécule.

Il est étonnant de lire que trois atomes se trouvent dans le même plan, comme s'il pouvait en être autrement.

Question 56 (4 %)

Assez rarement le jury a lu des flèches de mécanismes réactionnels pertinentes et justes. Peu de candidats ont répondu à l'importance d'utiliser deux équivalents de base lithiée en raison des propriétés acido-basiques de l'amine.

Question 57 (14 %)

Indiquer que les conditions anhydres permettent d'éviter la présence d'eau n'est pas une réponse satisfaisante : il faut aussi préciser la raison pour laquelle l'eau doit être proscrite.

Question 58 (6 %)

Le jury regrette que ces étapes assez fréquentes et fondamentales des processus de traitement d'un mélange réactionnel à l'issue d'une transformation chimique soient aussi peu maîtrisées.

Question 59 (4 %)

La question a été globalement peu traitée. Cependant quelques très bonnes réponses ont été écrites sur certaines copies. Là encore, on peut regretter que quelques candidats ne respectent pas la numérotation de l'énoncé.

Question 60 (1 %)

Question 61 (5 %)

Quelques candidats n'identifient pas la déprotection benzylque de l'alcool du composé 4.

Question 62 (3 %)

La notion d'attaque « syn/anti » est souvent peu évoquée.

Question 63 (1 %)

Rapport sur le problème de physique 2024

Le sujet du problème de physique portait sur l'étude approfondie des tourbillons. Il proposait d'abord d'examiner différents modèles de tourbillons, allant du plus complexe, tel que le tourbillon visqueux, au plus simple, à savoir la ligne de vorticité dans un fluide parfait. Il était ensuite question d'explorer les méthodes de visualisation de ces tourbillons en introduisant des particules dans les écoulements. Enfin, une étude expérimentale sur un cas particulier était proposée : les tourbillons quantiques dans l'hélium superfluide. Ces objets quantiques "macroscopiques" sont les éléments de base des écoulements de superfluides présents dans l'hélium liquide à basse température, les atomes froids (condensats de Bose-Einstein) et les étoiles à neutrons. Au total, le sujet traite principalement de la mécanique des fluides, avec un accent particulier sur la vorticité. Cependant, il aborde également d'autres domaines tels que la thermodynamique, la magnéto-statique, la propagation des ondes, la poussée d'Archimède dans un fluide en rotation et la mécanique quantique. Les travaux évoqués dans la partie 5 sont issus de sujets de recherche fondamentale actuels qui ont motivé cette épreuve.

Dans un premier temps, il était demandé d'étudier un tourbillon pour lequel la viscosité du fluide ne pouvait être ignorée. Cette section a permis d'introduire les équations du mouvement, notamment l'équation de la vorticité, que le sujet proposait de résoudre dans le cas stationnaire où le tourbillon est étiré selon son axe de rotation. Les équations du mouvement (Partie 1.1) ont été traitées par 97% des candidats pour un taux de réussite moyen de 61%. Le tourbillon de Burgers (Partie 1.2) a lui été traité par 91% des candidats pour un taux de réussite moyen de 29%.

Dans un second temps, l'objectif était de se concentrer sur le mouvement d'un tube de vorticité dans un fluide parfait. Ce tourbillon a été modélisé par un cylindre de rayon fini, définissant ainsi le cœur du tourbillon. Il a d'abord été demandé d'établir ses caractéristiques en utilisant une analogie avec la magnéto-statique (Partie 2.1, 84% de candidats ont abordé ces questions pour un taux de réussite moyen de 36%), puis de déterminer le champ de pression induit par ce tourbillon dans le fluide (Partie 2.2, 80% de candidats ont abordé ces questions pour un taux de réussite moyen de 23%). Cette étape a permis d'obtenir la forme de la surface libre qui le surplombe. Pour conclure cette partie, il était demandé d'établir le théorème de Kelvin et de l'utiliser pour analyser le comportement de ce tourbillon dans deux écoulements particuliers (Partie 2.3, 64% de candidats ont abordé ces questions pour un taux de réussite moyen de 18%). Le Jury s'étonne, voire s'inquiète, du manque de rigueur et du niveau des réponses moyennes apportées par les candidats aux questions classiques portant sur la magnéto-statique.

Dans la troisième partie, le sujet proposait de simplifier le modèle de tourbillon en réduisant la taille de son cœur à zéro. Cette modélisation a permis d'aborder le mouvement de ce tourbillon lorsque la symétrie cylindrique du système est brisée et que le champ de vitesse induit par une partie de la ligne influe sur une autre. Le sujet demandait d'étudier le cas d'un anneau de vorticité (Partie 3.1, 55% de candidats ont abordé ces questions pour un taux de réussite moyen de 30%), puis d'établir le mouvement ondulatoire d'une ligne de vorticité, légèrement perturbée dans le plan perpendiculaire à son axe initial (Partie 3.2, 51% de candidats ont abordé ces questions pour un taux de réussite moyen de 28%).

Dans la quatrième partie, l'objectif était d'étudier la dynamique de particules de densité différente de celle du fluide en rotation dans lequel elles évoluent. Plus précisément, il était demandé de chercher la position d'équilibre d'une balle de tennis de table accrochée au bout d'un fil au fond d'un récipient cylindrique, rempli d'eau et en rotation uniforme selon son axe de symétrie (Partie 4.1, 79% de candidats ont abordé ces questions pour un taux de réussite moyen de 19%). Cette étude a permis de conclure que des particules bien choisies peuvent être piégées sur le cœur d'un tourbillon et ainsi permettre de le visualiser (Partie 4.2, 25% de candidats ont abordé ces questions pour un taux de réussite moyen de 29%). Cette partie, basée entièrement sur de la mécanique classique, révèle que le concept de la poussée d'Archimède n'est pas maîtrisé par une grande majorité des candidats.

Enfin, dans la cinquième et dernière partie, il était question d'étudier les tourbillons quantiques dans l'hélium II ("superfluide"). Après une série de questions sur la thermodynamique associée à l'obtention d'hélium II en laboratoire (Partie 5.1, 83% de candidats ont abordé ces questions pour un taux de réussite moyen de 24%), il était demandé d'étudier deux types de particules que l'on peut créer et visualiser dans ce fluide quantique. En particulier, on cherche à caractériser la taille de ces objets, dans

le premier temps sur la base de mesures expérimentales, puis, en utilisant des notions simples de mécanique quantique (Partie 5.2, 43% de candidats ont abordé ces questions pour un taux de réussite moyen de 18%). Dans la suite, le sujet proposait de s'intéresser à des résultats expérimentaux de visualisation de particules dans de l'hélium II en rotation uniforme permettant de visualiser les tourbillons quantiques qui évoluent dans cet écoulement (Partie 5.3, 26% de candidats ont abordé ces questions pour un taux de réussite moyen de 12%). Pour conclure, était proposée une approche simplifiée de la description quantique des superfluides à température nulle, ce qui a permis de comprendre pourquoi la circulation du champ de vitesse autour d'un tourbillon quantique est quantifiée et d'établir la valeur du quantum de circulation de Feynman-Onsager (Partie 5.4, 51% de candidats ont abordé ces questions pour un taux de réussite moyen de 29%). Cette partie, plutôt atypique, a permis de classer les candidats les plus performants.

Chacune de ces parties pouvait être traitée indépendamment des autres, mais l'épreuve présentait une cohérence globale qui a aidé les candidats qui ne se sont pas limités aux questions introductives. Toutes les parties ont été réussies à 100% par au moins un candidat (à l'exception des parties 5.1 à 90% et 5.3 à 72%), et les écarts type des distributions de notes normalisés à la note maximale par partie sont compris entre 20 et 30%.

Outre les remarques précédentes, le jury tient à souligner le déficit général de rédaction dans les copies. La plupart du temps, les résultats sont présentés de manière brute sans texte, les étapes de calcul se suivent sans aucune explication ni invocation des conditions permettant les simplifications (linéarité des équations ou des intégrales, terme d'ordre supérieur, relations vectorielles...). Le candidat doit justifier explicitement ces étapes de calculs et ne pas se contenter par exemple de barrer les termes nuls sans un mot d'explication.

Épreuves d'admission

Les épreuves se sont déroulées du 10 au 29 juin 2024 au lycée Diderot (75019 Paris).

Rapport sur la leçon de physique 2024

Présentation de l'épreuve

Déroulement

Le candidat découvre la leçon le jour de l'épreuve orale. Celle-ci comporte un titre, généralement bref, et l'énoncé d'un « passage obligé ». Cette leçon entre dans le cadre du programme officiel de l'agrégation de physique-chimie, option physique. Toutes les parties du programme sont susceptibles de figurer dans le cadre de cette épreuve. Le jury encourage les futurs candidats à se familiariser avec le programme lors de leur préparation du concours afin d'éviter toute impasse, potentiellement très préjudiciable le jour de l'oral.

Les sujets posés lors de la session 2024 sont publiés ci-après. Cette dernière liste ne présume en rien des titres de leçons de physique de la session 2025.

Le candidat prépare sa leçon pendant 4 heures. À la suite de cette préparation, il dispose de 40 minutes pour exposer sa leçon au jury. Le temps consacré aux « passages obligés » n'est pas prescrit, mais ceux-ci sont conçus pour être présentés durant 10 à 15 minutes, en moyenne. Cet exposé est suivi d'un entretien avec les membres du jury pour une durée qui n'excède pas 40 minutes.

Évaluation

La leçon est une épreuve permettant au jury d'évaluer les capacités des candidats à transmettre un message scientifique clair, cohérent et adapté au niveau annoncé, qui s'appuie sur des connaissances maîtrisées. Il s'agit de se placer dans une situation d'enseignement adressée à un public d'étudiants qui découvrirait pour la première fois le sujet de la leçon. Le jury attend du candidat rigueur et honnêteté scientifique, cohérence des raisonnements, maîtrise des outils mathématiques, illustration des concepts en prise avec le réel et clarté du propos.

Le candidat doit faire la preuve de ses qualités pédagogiques. En aucun cas la leçon ne peut se réduire à des déclarations d'intention ni à une « leçon de choses » floue et qualitative. Le niveau choisi pour la leçon, devant un public d'étudiants post-baccalauréat, doit être maîtrisé par le candidat.

L'entretien permet au jury de lever des ambiguïtés, d'obtenir des précisions et, dans le même temps, donne l'occasion au candidat de se corriger, le cas échéant, ou d'approfondir un aspect qu'il n'a pas été possible de traiter dans le détail lors de l'exposé. L'entretien donne aussi la possibilité au jury de s'assurer, en partant du thème abordé dans la leçon, de la profondeur des connaissances scientifiques du candidat et de ses capacités pédagogiques et didactiques. Il est attendu lors de cet entretien une bonne qualité d'écoute et des réponses concises et précises qui ne cherchent pas à gagner du temps.

Déroulement de la préparation

Le candidat effectue sa préparation dans la salle où il fera son exposé. Il dispose de l'ensemble des documents de la bibliothèque qui contient de très nombreux ouvrages, de tous niveaux, dont la liste est disponible en ligne sur le site <http://www.agregation-physique.org>. Le candidat ne dispose d'aucun document personnel.

L'accès à internet est exclusivement limité à une banque de sites dont la liste est publiée sur le site <http://www.agregation-physique.org>. Cette liste est susceptible d'évoluer chaque année, à la marge. Les éventuels liens externes présents sur ces sites ne seront pas accessibles, sauf s'ils renvoient vers un autre site de la banque autorisée.

Le candidat bénéficie 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 installées par les membres de l'équipe technique et réalisées conformément aux instructions du

candidat, pleinement responsable de ses choix expérimentaux.

En plus d'un ou plusieurs tableaux blancs, un ordinateur, une flexcam et un vidéoprojecteur ou un tableau numérique interactif sont disponibles dans la salle d'exposé. Le candidat peut ainsi projeter des documents divers issus d'une base de données ou des sites internet autorisés (schémas descriptifs, vidéos, animations, photographies, simulations, ...). Les logiciels usuels (OpenOffice, Word, Excel, Python, Scilab...) sont installés sur l'ordinateur dont dispose le candidat dans sa salle d'exposé.

Déroulement de l'exposé

Le candidat dispose de 40 minutes de présentation de la leçon, incluant le passage obligé, qui débute à l'entrée du jury dans la salle. Le candidat gère son temps comme il l'entend. Un membre du jury le prévient lorsqu'il lui reste 5 minutes afin que le candidat s'organise pour terminer sa leçon et conclure dans le strict temps imparti.

Il n'est pas convenable qu'un candidat signale qu'il n'a pas apprécié le sujet qui lui a été attribué. Tous les thèmes au programme contribuent de manière équitable à l'évaluation des candidats.

Le jury n'intervient pas pendant l'exposé (et ne répond donc pas aux questions comme le feraient des étudiants interrogés). Le candidat peut cependant, lorsque cela est indispensable, faire appel à l'aide d'un ou plusieurs membres du jury pour la réalisation d'une expérience.

Lorsqu'une expérience est présentée, le jury peut se déplacer pour venir la voir de plus près.

Déroulement de l'entretien avec le jury

À l'issue de la présentation et pendant une durée maximale de 40 minutes, le jury s'entretient avec le candidat afin d'évaluer ses capacités disciplinaires, pédagogiques et didactiques.

Le candidat peut alors être appelé à revenir sur des calculs, revoir ses notes, exposer oralement ou au tableau des compléments demandés. Il peut également être interrogé sur les expériences, simulations, transparents ou animations présentés lors de l'exposé. Des questions peuvent porter sur les prérequis annoncés par le candidat en début de leçon ou sur tout sujet connexe abordé lors de l'exposé. Des précisions sur les ordres de grandeurs et les applications concrètes peuvent également être demandées.

Conseils généraux aux candidats

Appropriation du sujet

- Le titre de la leçon en impose bien évidemment le sujet, même si c'est de façon assez large. Le candidat doit lire l'intitulé avec soin : ainsi, si le terme « applications » (ou « propriétés », « phénomènes », « régimes », « oscillateurs » etc.) apparaît au pluriel, le jury en attend plusieurs. Si l'intitulé mentionne plusieurs notions (par exemple « Ondes évanescentes. Réflexion totale. »), celles-ci doivent toutes être abordées en cours de présentation. Tout développement hors sujet est à proscrire ; il est indispensable de commencer sa préparation en vérifiant que l'on sait définir les termes du sujet.
- Les prérequis et objectifs pédagogiques de la leçon doivent être exposés, justifiés et maîtrisés par le candidat.
- Il est impératif que les candidats pensent et construisent leur séance. Les articulations entre les différentes parties doivent être justifiées et le message de la leçon doit être clairement explicite. Il est essentiel que le candidat adopte un plan précis dans lequel il est facile de se repérer à chaque étape de la présentation.
- Le jury apprécie la présentation de leçons bien appropriées par le candidat et dont le développement reflète les propres choix didactiques de celui-ci. Recopier *in extenso* une leçon d'un livre peut s'avérer un mauvais choix stratégique.

- Il n'y a pas de leçon-type attendue par le jury. Le jury apprécie que l'introduction repose sur une contextualisation, qui n'est pas nécessairement une introduction historique : la mise en place de la problématique peut également s'appuyer sur une expérience, un exemple issu de la vie courante, une application technologique.
- Certains candidats s'obligent, dans la présentation de la leçon, à préparer un très grand nombre de notions, ce qui n'est pas toujours raisonnable et conduit parfois à dégrader la qualité pédagogique de la leçon. On ne peut pas traiter en 40 minutes un sujet de manière exhaustive : le candidat doit donc faire des choix et être en mesure de les justifier.
- La leçon de physique de l'agrégation externe de physique doit se positionner à un niveau post baccalauréat. Le niveau choisi par le candidat doit être précisé en début de leçon et le développement présenté doit être cohérent avec ce choix.
- On peut regretter de la part de certains candidats un décalage entre le choix d'exposer des contenus de haut niveau technique et la difficulté à maîtriser de manière solide les concepts physiques de base. Pour obtenir une bonne note, les candidats doivent traiter le sujet au plus haut niveau qu'ils maîtrisent, mais pas au-delà. Il n'est donc pas nécessaire de chercher à éblouir le jury pour avoir la note maximale. Les efforts de pédagogie et le sens physique des phénomènes sont privilégiés par rapport à la technicité mathématique.

Conseils de présentation

- Nous rappelons, comme cela a déjà été écrit dans les rapports précédents, qu'il est permis, une fois que l'on n'a plus de place, d'effacer le tableau pendant sa présentation. Il faut éviter cependant d'effacer ce que l'on vient tout juste d'exposer. Il n'est pas souhaitable que le tableau soit déjà rempli lorsque le jury rentre dans la salle et utilisé afin de dérouler une leçon à trous.
- Il est conseillé de disposer d'une montre afin de pouvoir gérer au mieux son temps tout au long de la leçon.
- Le candidat doit se soucier de la lisibilité de l'exposé : clarté de l'écriture, gestion rationnelle du tableau. Une diapositive fugitivement exposée est mal perçue.
- Les notations doivent être toujours précisées, et les conventions d'algébrisation introduites.
- De façon générale, il est attendu des discussions physiques sur tous les résultats établis.
- Si certains calculs sont projetés à l'écran dans un souci d'efficacité et de gain de temps, le candidat doit néanmoins en avoir une parfaite maîtrise et comprendre toutes les hypothèses physiques faites : des questions pourront lui être posées en entretien.
- Les prestations dans lesquelles le candidat, le dos trop souvent tourné vers le jury, recopie ses notes au tableau ne sont pas acceptables ; il faut se référer à ses notes de façon modérée et faire preuve d'autonomie.
- Il va sans dire que le jury est sensible au dynamisme et à l'enthousiasme avec lesquels un candidat délivre son message, ce qui traduit son goût pour la physique et pour l'enseignement. Le registre de langue, écrit et oral, d'un futur enseignant se doit d'être soigné. Aussi le candidat prendra soin de la qualité de son expression, écrite et orale.
- Le jury pourra pénaliser une leçon dont le contenu n'est pas suffisamment approfondi à cause d'une lenteur excessive, prétendument justifiée par un souci de pédagogie.
- En cours de présentation, le candidat doit, chaque fois que cela est possible, souligner le lien entre les concepts exposés et le réel, en contextualisant son propos par des illustrations, des expériences, des animations, des ordres de grandeur. Lorsque le thème de la leçon s'y prête, la présentation et l'interprétation d'expériences de pensée bien choisies sont également possibles.
- Il ne faut pas négliger la conclusion. Y consacrer deux ou trois minutes en fin de leçon semble raisonnable. Il ne s'agit pas uniquement de résumer la leçon : les points importants peuvent

certes être soulignés mais une mise en perspective est nécessaire, avec des ouvertures, éventuellement sur des développements récents (à condition de les maîtriser).

Aspects expérimentaux

- Dans la plupart des leçons, des illustrations expérimentales sont possibles et sont vivement encouragées. Lorsque c'est le cas, ne présenter aucune expérience entraîne une minoration significative de la note.
- Lorsque le candidat présente une expérience, il doit connaître les éventuelles règles de sécurité qu'il faudrait mettre en place dans le contexte d'une séance devant des élèves et s'assurer qu'elles sont bien respectées. Il est anormal par exemple qu'un candidat ne vérifie pas les points d'impact et les éventuelles réflexions subies par des faisceaux laser (dont il faut connaître la classe).
- L'épreuve de la leçon ne doit pas être confondue avec celle du montage : l'intégration de l'expérience dans la logique de la leçon et son exploitation sont essentielles. Il est notamment recommandé de présenter un schéma clair et annoté de son expérience, soit au tableau, soit au vidéoprojecteur. Toute expérience présentée doit être interprétée avec soin. Le jury conseille vivement au candidat de prendre en main la manipulation avant de la présenter en leçon. Il doit savoir réaliser la mesure devant le jury et modifier un réglage. Il doit être en mesure de répondre aux questions relatives au montage expérimental et au choix du matériel utilisé. Par exemple, lorsque le candidat propose une expérience d'optique, il faut qu'il puisse justifier le choix des instruments d'optique, le trajet des rayons lumineux et l'utilité des éventuelles lentilles de projection. Lorsqu'une mesure en électronique est obtenue après des opérations de filtrage, le candidat doit pouvoir décrire les filtres mis en œuvre, etc.

Aspects numériques

- Le jury apprécie que certains candidats utilisent le langage Python, de manière élémentaire, pour tracer un graphe illustrant un modèle, etc. Au contraire, utiliser Python pour réaliser un simple calcul numérique que l'on peut effectuer à la calculatrice n'apporte pas de plus-value.
- Le candidat doit savoir adapter le code, en particulier en changeant les valeurs des paramètres physiques pertinents, et être en mesure d'en exposer le principe lors de l'entretien.

Passage obligé

- Le passage obligé est, comme son nom l'indique, une étape nécessaire de la leçon. S'il n'est pas souhaitable que son traitement prenne trop de place (15 minutes est une durée raisonnable), son absence, ou un traitement trop expéditif, sont pénalisés. Le candidat est encouragé à tenir compte dans son plan de leçon des éventuels retards afin d'éviter cet écueil.
- Le moment de son insertion dans le reste de l'exposé doit se justifier d'un point de vue pédagogique et de cohérence d'exposé.
- Si une illustration expérimentale est mentionnée dans le sujet, il est possible de présenter d'autres expériences.
- **Lorsqu'un passage obligé invite à utiliser un programme informatique** fourni, il n'est pas utile de décrire le fonctionnement du code, sauf si cela se justifie pour des raisons pédagogiques liées au contenu physique de la leçon. Le programme doit toujours être utilisé pour illustrer et exploiter le passage obligé. Le code peut être modifié et adapté si le candidat considère que cela améliore la présentation de sa leçon. Ainsi, il est apprécié, par exemple, que soit pré-

sentée l'influence d'un paramètre. Il est souhaitable de discuter le résultat de la simulation proposée, en exposer les principales caractéristiques et ses limites éventuelles. Le programme est prêt à être exécuté sur la machine située dans la salle du candidat. Les professeurs préparateurs fournissent toute l'aide nécessaire pour son exécution mais n'en expliquent pas les étapes. Le candidat peut faire une copie de sauvegarde avant manipulation du code.

- **Lorsque le passage obligé concerne une expérience**, le jury attend une analyse pertinente de celle-ci, pas juste une simple démonstration expérimentale. Sans aller jusqu'au niveau de développement de l'épreuve de montage, il est vivement recommandé de procéder à l'exploitation quantitative d'un résultat si l'expérience s'y prête.
- **Lorsque le passage obligé demande la présentation de l'énoncé d'un exercice et de sa résolution**, il est attendu du candidat une justification pédagogique de l'exercice présenté : on peut par exemple préciser en quoi l'exercice permet de surmonter une difficulté ou de lever une ambiguïté en lien avec la leçon. L'énoncé de l'exercice doit être clairement explicité : on peut par exemple le projeter sur l'écran (y compris grâce à une flexcam) et le laisser en place pendant la résolution. Cette dernière doit mettre en évidence les points-clés du raisonnement et les étapes de la démarche suivie. Un exercice ne saurait être présenté de la même manière qu'une partie de cours.

Entretien avec le jury

- Pendant l'entretien, le candidat doit adopter une posture professionnelle et doit éviter toute familiarité avec les membres du jury.
- Le candidat doit s'efforcer de bien écouter jusqu'au bout les questions posées par le jury, pour en comprendre la substance. Il n'est pas convenable de couper la parole au membre du jury qui formule sa question.
- Il est attendu de la part du candidat qu'il réponde de façon précise et pédagogique aux questions, en utilisant au besoin le tableau.
- Une partie des questions peut porter sur de simples définitions de concepts physiques : il est attendu d'un candidat à l'agrégation de pouvoir proposer des définitions claires des différentes notions en lien avec une leçon, comme « un phénomène non linéaire », « une transformation réversible », « la cohérence temporelle d'une source lumineuse », etc.
- Afin de laisser au jury la possibilité d'évaluer différentes connaissances, il est recommandé au candidat de répondre de façon assez concise et efficace, sans chercher à gagner du temps.
- Lorsque la leçon est présentée à un très haut niveau, le jury peut, lors de l'entretien, poser des questions correspondant à des connaissances de base autour du thème développé. Le jury regrette que certains candidats qui font le choix d'un développement très exigeant ne sachent pas, ensuite, apporter des réponses justes et précises lorsqu'on les questionne sur des notions de base ou des lois fondamentales.
- Certaines questions posées par le jury peuvent être d'un niveau de difficulté très élevé. Le jury apprécie les candidats qui font preuve d'honnêteté : sur une question fermée, on peut répondre qu'on ne connaît pas la réponse, sur une question ouverte, le jury apprécie que le candidat essaie d'ébaucher une réponse en proposant des hypothèses et une démarche conformes à la pratique scientifique. Le candidat se trouve dans une situation dans laquelle il aurait à répondre comme s'il se trouvait devant des étudiants : la réponse peut alors demander au candidat de faire au tableau un schéma, un calcul...

- 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. Il est cependant possible, si la leçon a comporté des erreurs, que le jury revienne sur les passages concernés afin de permettre au candidat d'apporter des corrections.
- L'entretien peut également être l'occasion de vérifier que les prérequis annoncés sont maîtrisés par le candidat (par exemple, si dans la leçon « Effet Doppler » un candidat choisit de mettre la relativité restreinte en prérequis, alors l'entretien pourra porter en partie sur cet aspect).

Conclusion

Le jury a eu le plaisir d'assister à des leçons de physique tout à fait remarquables, mêlant une excellente maîtrise disciplinaire à une réflexion didactique de bon niveau.

Par rapport aux sessions précédentes, les candidats ont globalement fait preuve de davantage de souci pédagogique lors de leur présentation, et d'une meilleure appropriation des codes python lorsque ceux-ci sont utilisés, ce que le jury a particulièrement apprécié.

Nous espérons qu'une lecture attentive de tous les points soulevés dans les paragraphes qui précèdent aidera les futurs candidats à préparer au mieux cette épreuve exigeante. Nous leur adressons un message d'encouragement.

Rapport sur la leçon de chimie 2024

Les énoncés des leçons de chimie se rapportent aux classes du lycée général et technologique (BO spécial n°1 du 22 janvier 2019 et BO spécial n°8 du 25 juillet 2019) et aux classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE) : classes de première année MPSI, PTSI, MP2I (BO spécial n°1 du 11 février 2021), classes de seconde année MP, PSI, PT et MPI (BO n°31 du 26 août 2021), classes de première et seconde année TSI (BO n°30 du 29 juillet 2021).

Le format de la leçon de chimie est le suivant : une préparation de 4 heures, un exposé d'une durée de 40 minutes et un entretien avec les membres du jury d'une durée maximale de 40 minutes. Une partie de ces échanges est, conformément à l'arrêté du 25 juillet 2014, réservée à des questions relatives aux valeurs, dont celles de la République, portées par les enseignants dans l'exercice de leurs missions.

Aucune liste des leçons de chimie n'est publiée à l'avance. Le sujet est constitué d'un titre, d'un enseignement d'un niveau donné, et d'un « élément imposé ». Les titres des sujets de leçons sont choisis pour illustrer un point des programmes en vigueur à la rentrée 2024 des enseignements de physique-chimie des classes des niveaux première et terminale des voies générale et technologique et de premières et deuxièmes années des classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE). Tous ces textes sont publiés au Bulletin officiel de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports. Le titre, l'enseignement concerné, ainsi que l'« élément imposé » sont communiqués au candidat en début d'épreuve. Cet « élément imposé » correspond à une capacité expérimentale (au sens large, dont numérique) essentielle pour l'enseignement de la chimie en lycée ou en CPGE. Elle a été identifiée par le jury au regard des notions ou des compétences exigibles du programme. Cet « élément imposé » est à intégrer et à articuler impérativement à l'ensemble de la leçon. Il doit être exploité quantitativement et réalisé intégralement devant le jury par le candidat. L'illustration expérimentale de la leçon ne doit pas se restreindre à l'élément imposé.

L'exposé peut commencer par une courte introduction didactique (quelques courtes minutes maximum), destinée à des professionnels de l'éducation. Elle comprend, *a minima*, le positionnement dans la progression du programme de l'enseignement concerné, les prérequis envisagés, les objectifs pédagogiques et l'identification des difficultés que pourraient rencontrer les apprenants. Le reste du temps est dévolu à la présentation et l'illustration expérimentale de la leçon destinée à des élèves ou étudiants. Le jury attend une construction intellectuelle authentique et incarnée, s'appuyant sur un exposé continu, contextualisé et développé au sein d'une démarche scientifique.

Les candidats ont accès à une liste limitée de sites internet ainsi qu'à une banque de documents et de scripts de programmes informatiques, écrits en langage python. Ces éléments sont consultables avant les épreuves orales sur le site de l'agrégation de physique-chimie, option physique.

L'épreuve de leçon de chimie vise à évaluer les compétences scientifiques, didactiques et pédagogiques du candidat. Cette évaluation est organisée autour de quatre items principaux décrits ci-dessous :

- les capacités à maîtriser les savoirs disciplinaires en chimie : maîtrise scientifique du sujet, mise en œuvre d'une démarche scientifique, rigueur scientifique, utilisation d'un lexique adapté, domaine de validité des modèles utilisés, capacité à corriger ses erreurs, capacité à réinvestir ses connaissances dans d'autres domaines de la chimie voire d'autres champs disciplinaires ;
- les capacités à effectuer une transposition didactique : contextualisation, structuration, progressivité et cohérence du propos, rigueur du formalisme, pertinence des exemples choisis, capacité à réutiliser les concepts abordés à d'autres niveaux d'enseignement, début de réflexion sur les obstacles à l'apprentissage que peut rencontrer un élève ou un étudiant, capacité à articuler et à mobiliser les connaissances exposées dans d'autres situations ou au sein de la progression envisagée, qualité et pertinence scientifique et didactique des explications ;
- les capacités à mettre en œuvre des démarches expérimentales : appropriation du titre, choix des expériences, contextualisation et réalisation des expériences en prenant en compte la sécurité et le respect de l'environnement, maîtrise des gestes techniques, précision des mesures, exploitation et interprétation des résultats ;

- les capacités à communiquer : clarté du discours, posture, capacité à gérer son temps, utilisation soignée de différents supports (tableau, diaporama, images, vidéos, ...), appui sur des outils spécifiques (ordinateurs, visualiseurs, ...), écoute et réactivité, capacité à présenter un raisonnement logique, honnêteté intellectuelle.

Ce rapport complète les remarques déjà indiquées dans les rapports des années précédentes.

Conseils généraux

Il est attendu que le candidat prenne le temps de bien lire et comprendre le sujet proposé afin d'éviter un traitement partiel ou un éventuel contre-sens. Chaque leçon étant associée à un programme et un niveau donnés, il est recommandé de s'appuyer précisément sur les contenus de ces textes afin de placer l'exposé dans le bon périmètre pédagogique et disciplinaire. Il est aussi indispensable de consulter ces programmes en amont et en aval pour situer la leçon dans un contexte plus large et montrer comment elle s'intègre dans la progression des apprentissages. Le jury apprécie les candidats qui démontrent une compréhension approfondie de la discipline et une capacité à relier les concepts enseignés à d'autres sujets pertinents.

Compte tenu du caractère exhaustif de certains thèmes, les candidats sont invités à opérer une sélection réfléchie et raisonnable des notions à présenter afin d'adapter leur exposé au temps imparti.

La préparation (4 heures)

Lors de la phase de préparation de la leçon, l'équipe technique offre son aide, notamment pour la prise en main de logiciels, l'utilisation d'un tableau numérique interactif ou l'acquisition de mesures répétitives. Elle apporte aussi son assistance à la demande du candidat en respectant rigoureusement ses indications pour la mise en place et la réalisation de certaines expériences. Le candidat peut solliciter l'équipe technique tout au long de son temps de préparation.

Le candidat doit **maîtriser la conduite des expériences demandées** en préparation. La mise en œuvre effective des expériences devant le jury et leur exploitation sont attendues et, naturellement placées sous la responsabilité du candidat.

La présentation (40 minutes) : gestion du temps et dynamique de la leçon

La leçon est un exercice de présentation de notions scientifiques destinée à un public fictif d'élèves ou d'étudiants qui les aborde pour la première fois. Le jury rappelle à tous que cette épreuve ne consiste pas en l'exposé d'une séquence ou d'activités possibles en classe.

La leçon étant en réalité présentée aux membres du jury et pas à des élèves, elle peut être menée à un rythme rapide. Le jury apprécie les leçons exposées avec dynamisme et pédagogie. Il est constaté que beaucoup de candidats ne parviennent pas à gérer le temps. Certains envisagent des leçons trop ambitieuses et ne terminent pas leur propos, tandis que d'autres présentent un contenu déséquilibré, passant trop de temps sur certains points et accordant une durée insuffisante aux parties majeures à développer, en particulier l'élément imposé. Il est cependant essentiel de conclure les démarches engagées puis de valider ou remettre en cause les modèles proposés en exploitant (quantitativement) les résultats obtenus lors des expériences. Une planification rigoureuse du temps est cruciale : il est déterminant d'allouer des segments précis à chaque partie de la leçon pour éviter tout déséquilibre. Une gestion efficace du temps permet de s'assurer que tous les points importants sont abordés et que les conclusions sont bien intégrées dans l'exposé final. Le jury apprécie que le candidat se détache de ses notes de cours pendant l'exposé, au moins pendant l'écriture de définitions et d'éventuels mécanismes réactionnels.

Aspect formel

- *Utilisation du tableau et des projections* : lorsque le candidat projette un document au tableau, le jury préconise de ne pas superposer la projection à ce qui a précédemment été écrit : l'ensemble devient alors quasiment illisible depuis la salle. Le tableau est dans ce cas le support pour des annotations complémentaires ou des explications supplémentaires qui ne sont pas incluses dans les supports projetés.

- *Discussion et correction des documents* : il est attendu que les candidats vérifient la qualité scientifique et la justesse du formalisme des documents projetés. Ils doivent être modifiées voire corrigés, le cas échéant, avant de les proposer à un public d'apprenants. Cela inclut la capacité à anticiper les questions et les difficultés potentielles que les élèves ou étudiants pourraient rencontrer, et à les aborder de manière proactive.

- *Graphiques* : pour représenter plusieurs grandeurs sur un même graphique, des échelles adaptées à

chacune d'entre elles doivent être utilisées. Par exemple, une courbe de pH et sa dérivée en fonction du volume de titrant ne peuvent être représentées avec la même échelle pour des raisons d'homogénéité et de lisibilité. Une explication claire des axes et des unités utilisés permet d'éviter toute confusion.

- *Équipement numérique* : certaines salles étant équipées de tableaux numériques interactifs, permettant la vidéoprojection, les techniciens peuvent aider à la prise en main de cet outil. Cependant, il est déconseillé de vouloir utiliser cet équipement sans le maîtriser car cela peut entraîner une perte de temps. Une familiarisation avec ces outils à l'avance est nécessaire pour les utiliser de façon efficace durant la leçon.

- *Projection de code* : lors de la projection de codes informatiques, une taille de caractères suffisamment grande est nécessaire pour une bonne visibilité par le jury. Des explications sommaires des codes et des commentaires concernant les lignes les plus importantes sont attendus.

L'entretien (40 minutes maximum)

La phase d'entretien vise à éclairer le jury sur la maîtrise des contenus scientifiques par le candidat, sa capacité à proposer des approches didactiques, à articuler les concepts exposés avec les exemples proposés. D'une manière générale, les questions posées couvrent les champs scientifiques, didactiques et la dimension expérimentale liée aux manipulations présentées mais sans limitation stricte. À titre d'exemple, le jury peut être amené à interroger la pertinence des choix retenus (plan, concepts, exemples, expériences...), revenir sur des points qui lui seraient parus imprécis, demander des précisions sur les définitions des notions abordées et le développement de démonstrations.

Lors des échanges, le jury peut interrompre, toujours de façon bienveillante, le candidat ou reposer une question lorsqu'il s'éloigne du sujet. Le jury recommande alors au candidat de prendre le temps de la réflexion et de ne pas hésiter à expliciter la démarche intellectuelle qui l'amène à la réponse fournie. Il est également recommandé au candidat de répondre de manière argumentée et concise, pour enrichir la discussion avec le jury.

Au cours de l'entretien, le jury peut être amené à interroger au-delà du programme imposé par les textes de définition de l'épreuve de leçon. Il peut, en prenant appui sur ce qui a été exposé, poser des questions qui nécessitent la mobilisation de notions et de concepts des programmes des filières BCPST et PC.

Il est recommandé de se détacher de ses notes pour répondre aux questions du jury, qui évalue alors la capacité du candidat à proposer des explications et des raisonnements construits, s'appuyant sur une culture scientifique de très bon niveau. Les capacités à tenir un propos clair et structuré mais aussi à tisser des liens pertinents entre notions scientifiques sont également testées.

Le jury apprécie les illustrations des concepts et modèles authentiques qui s'appuient sur des exemples précis de transformations chimiques, en sus de la représentation formelle, pratique mais peu pédagogique, d'une équation de réaction.

Contenu scientifique

- *Acides-Bases*

- Le jury encourage les candidats à utiliser les bandes photophores présentes sur les burettes afin d'améliorer la précision des mesures lorsque l'opacité de la solution titrante le permet.

- Il est attendu que le candidat soit capable d'évaluer rapidement le pH d'une solution ne contenant qu'une espèce acide ou basique, par exemple au début, à la demi-équivalence ou à l'équivalence d'un titrage. Une familiarisation avec les méthodes de calcul rapides et approximatives pour ces situations est recommandée.

- Au cours des titrages pHmétriques, les courbes $\text{pH}=\text{f}(V)$ doivent être obtenues avec précision. À ce titre, le jury conseille aux candidats de bien resserrer les points au niveau de l'équivalence.

- Pour déterminer l'équivalence, le traitement des courbes $\text{pH}=\text{f}(V)$ à partir de la dérivée doit être correctement mis en œuvre avec un lissage ou un traitement mathématique préalable qui garantit une détermination précise du volume équivalent.

- La connaissance de quelques valeurs de $\text{p}K_{\text{A}}$ usuels permet de commenter ou critiquer les mesures effectuées. Ces valeurs servent de référence pour évaluer la validité des résultats expérimentaux.

- *Précipitation*

- Un soin particulier doit être apporté aux définitions des concepts de solubilité, dissolution et saturation. Des exemples concrets illustrent ces concepts et montrent comment ils s'appliquent dans différents

contextes chimiques.

- *Réactions d'oxydoréduction*

- Lors du tracé des courbes courant-potentiel, l'agitation de la solution permet de se placer en régime de diffusion convective et mettre ainsi en évidence des paliers de diffusion. L'importance de cette agitation et son effet sur les résultats expérimentaux doivent pouvoir être expliqués.
- La pile Daniell est un exemple très classique et très élémentaire, traité dans de nombreuses leçons sur le sujet : le jury conseille aux candidats soit de bien la maîtriser pour la présenter, soit de proposer une autre pile.
- Le calcul des nombres d'oxydation s'effectue parfois en s'appuyant sur la structure de Lewis de l'entité chimique concernée. Plus généralement, les futurs candidats doivent consolider les méthodes de détermination de ces nombres d'oxydation. En outre, le jury s'attend à ce que les méthodes pour établir des structures de Lewis soient maîtrisées.

- *Thermodynamique*

- Les termes utilisés doivent être bien définis : par exemple la différence entre une transformation monobare et isobare doit être connue. De même, les grandeurs de réaction et les grandeurs molaires partielles doivent être définies mathématiquement, avec précision, en identifiant les variables fixées.
- La loi de Van't Hoff doit être distinguée clairement de celle d'Arrhenius. De même la différence entre quotient réactionnel et constante d'équilibre doit être bien comprise et explicitée par les candidats.
- Les futurs candidats doivent également être capables d'énoncer, voire de démontrer précisément, le critère d'évolution des systèmes chimiques.

- *Cinétique*

- La notion de vitesse de réaction met souvent les candidats en difficultés : il est nécessaire de définir précisément les vitesses et de savoir différencier vitesse d'apparition ou de disparition d'une espèce et vitesse de réaction. Les futurs candidats doivent prendre conscience de l'importance des nombres stœchiométriques dans les expressions et donc dans les traitements des lois de vitesse d'ordre 0, 1 ou 2.
- Les diagrammes de profil réactionnel sont parfois mal compris, en particulier leur modification suite à l'ajout d'un catalyseur.
- Les notions d'intermédiaire réactionnel et d'état de transition sont trop souvent confondues. Les diagrammes d'énergie potentiel en fonction d'une coordonnée de réaction sont trop souvent mal présentés, les grandeurs des axes mal identifiées.

- *Description des entités chimiques*

- Un candidat doit être capable d'expliquer convenablement une structure de Lewis mentionnée dans la leçon, et d'y associer une géométrie selon le modèle VSEPR, le cas échéant.
- La connaissance des noms de certaines espèces chimiques et de leurs formules est indispensable pour de futurs professeurs de physique-chimie. C'est par exemple le cas pour l'ion nitrate ou les ions polyatomiques du soufre.
- Les logiciels de visualisation 3D sont fort utiles : les candidats sont invités à les manipuler et à exploiter les possibilités offertes au cours de leurs préparations, en amont de l'exposé.

- *Chimie organique*

- La maîtrise des concepts de base de stéréochimie est nécessaire. Il est important de pouvoir rapidement identifier si une espèce est chirale et être en mesure de déterminer des relations de stéréochimie.
- Le jury rappelle aussi l'importance de savoir écrire des mécanismes réactionnels – en se détachant de ses notes – et d'en comprendre la signification. Pour bien expliciter les actes élémentaires, il est très éclairant de décrire précisément les structures électroniques des sites réactionnels. Les notations des flèches impliquées dans un mécanisme réactionnel (flèches courbes, d'équilibre, de prototropie, de tautométrie et de mésométrie...) sont trop souvent mal employées.
- À l'issue d'une synthèse, le candidat doit être en mesure de caractériser les produits obtenus et calculer un rendement.

Traitement des passages obligés

- Le candidat ne doit pas restreindre les manipulations présentées à l'élément imposé si le sujet s'y prête. C'est en particulier le cas si l'élément imposé ne mobilise que des capacités numériques.
- Une bonne gestion du temps pendant la leçon permet de proposer une exploitation détaillée de

l'expérience imposée.

La dimension expérimentale

- Le jury rappelle que l'on ne manipule pas au laboratoire de chimie en portant des chaussures ouvertes.
- Il est attendu que le candidat apporte un intérêt et un soin particulier aux bonnes pratiques de laboratoire, justifiables à la demande du jury, ainsi qu'aux pictogrammes de sécurité, mentions de danger et conseils de prudence.
- Les expériences qualitatives sont très utiles pour illustrer ou expliciter un concept, ou pour introduire l'expérience associée à l'élément imposé. Elles ne peuvent toutefois pas se substituer à une expérience authentique menée soigneusement pendant la préparation et dont certaines étapes sont présentées lors de l'exposé, maîtrisée scientifiquement, présentée pédagogiquement et exploitée quantitativement.
- Cette année, le jury a apprécié l'attention portée par les candidats à éviter la manipulation du matériel informatique avec des mains gantées. Il reste à veiller à ne pas se toucher le visage avec les gants.
- Les futurs candidats veilleront à savoir optimiser et justifier, le cas échéant, le choix de la verrerie, et de manière générale, du matériel utilisé lors de la démarche expérimentale (dispositifs de chauffage, électrodes...).
- Reporter une mesure expérimentale obtenue au cours de la présentation dans l'ensemble des valeurs obtenues au cours de la préparation est évidemment apprécié par le jury. Les candidats doivent toutefois s'assurer que les conditions sont identiques : par exemple, l'ajout d'un volume d'eau différent (pour permettre aux électrodes de tremper dans la solution) conduit inévitablement à des résultats non concordants.
- Les expériences sont souvent très peu décrites. Les candidats ne prennent pas suffisamment de temps pour expliquer leurs démarches et préciser les protocoles expérimentaux. Par exemple, les quantités de matières introduites dans les systèmes réactionnels ne sont pas assez souvent indiquées au jury, ce qui nuit à la clarté de la compréhension des expériences. À ce sujet, s'il est demandé de préciser les quantités de matière d'espèces chimiques lors de l'échange, il n'est pas obligatoirement nécessaire de les calculer devant le jury. Une diapositive ou un support papier qui résume les conditions (dont les quantités de matière) et disposé à côté du dispositif expérimental est apprécié par le jury.
- Le jury apprécie les efforts des candidats pour évaluer les incertitudes de leurs mesures. Il a toutefois été surpris de constater que beaucoup de candidats n'évaluent l'incertitude sur un volume équivalent que par la précision indiquée sur la burette, sans tenir compte de la détermination de ce volume (à la goutte près ou par la lecture graphique).
- La connaissance des principes de fonctionnement des appareils de mesure est indispensable pour bien comprendre les expériences mises en œuvre. C'est en particulier le cas pour le pH-mètre, les structures des électrodes et les spectrophotomètres.
- L'exploitation quantitative des données doit être accompagnée d'une réflexion sur les sources d'erreurs et les incertitudes de mesure, même si le développement n'est pas conduit dans sa totalité lors de la présentation de l'exposé. Elle est en effet nécessaire pour présenter un résultat avec un nombre raisonnable de chiffres significatifs, et commenter le ou les résultats de l'expérience menée, au regard de ce qui était attendu. Pour confronter une valeur mesurée avec une valeur de référence, le calcul de l'incertitude relative constitue pas une démarche correcte puisque l'incertitude-type associée à la mesure n'est pas intégrée dans le raisonnement. La méthode retenue, objectif pédagogique de programmes de terminale, s'appuie sur le calcul du rapport $\frac{|m_{mes} - m_{ref}|}{u(m)}$ où m_{mes} est le résultat de la mesure, la valeur de référence de la grandeur et l'incertitude type associée au résultat.

Le traitement des capacités numériques

- Le jury estime qu'il n'est pas pertinent d'exécuter un programme python pour une application numérique réalisable rapidement à l'aide d'une calculatrice. L'utilisation d'un code de programmation doit apporter une valeur ajoutée comparée à un simple calcul effectué avec une calculatrice.
- Le jury attend que le traitement du programme python ne se limite pas à lancer le script proposé. Il s'agit plutôt de montrer sa capacité à l'adapter à la ou aux situations abordées et à l'articuler à un scénario pédagogique. Dans cette perspective, il est tout à fait envisageable de présenter les tâches que des élèves ou étudiants seraient amenés à effectuer en lien avec la capacité numérique travaillée : modifier une ligne pour adapter le script à un autre système, proposer de s'inspirer de lignes de script pour d'autres applications, etc.

Échange autour des valeurs de la République et des thématiques relevant de la laïcité et de la citoyenneté (inclus dans l'entretien)

Cet échange vise à interroger les candidats sur les valeurs, en particulier celles de la République, qui animent les professeurs dans l'exercice de leurs missions à travers leur pratique, et que les élèves ou étudiants qui leur sont confiés doivent s'approprier. Ces valeurs peuvent se décliner au sein même de la physique-chimie comme aborder les problématiques et les enjeux d'une société plurielle, qui évolue avec son temps et ses technologies.

À partir de l'exemple d'un cas pratique ou d'une question formulés par une ou quelques courtes phrases, le jury amène le candidat à analyser une situation et à proposer des voies de résolution. Les problématiques proposées s'appuient sur de grands volets que sont notamment la liberté, l'égalité, la fraternité, la laïcité, la neutralité, la distinction entre connaissances objectives et opinions, la lutte contre toutes formes de discrimination, en particulier entre les femmes et les hommes, les valeurs éducatives. Pour se préparer à cet échange, les candidats peuvent consulter la page du site Eduscol dédiée à la « Citoyenneté et [aux] valeurs de la République » et les documents ressource du Guide républicain : « La République à l'École » et « L'idée Républicaine ».

Le jury apprécie les réponses argumentées, qui envisagent éventuellement plusieurs scénarii et mettent en perspective les différents moyens d'action et les différents points de vigilance éventuels.

Conclusion

Le jury a pleinement conscience de la difficulté que constitue l'épreuve de leçon de chimie par sa double déclinaison autour d'un exposé et d'expériences. Elle nécessite une longue et exigeante préparation pour présenter un contenu réfléchi et cohérent, s'appuyant sur des fondamentaux solides et des exemples bien choisis, capables de susciter de l'intérêt pour la chimie. Le jury tient à féliciter les candidats qui ont su proposer des leçons pertinentes et intéressantes, montrant leur maîtrise des concepts scientifiques et des gestes expérimentaux mais aussi la qualité de leurs réflexions sur les aspects tant pédagogiques que didactiques.

Rapport sur le montage de physique 2024

Déroulement de l'épreuve

Au début de l'épreuve, le candidat choisit entre deux sujets, issus de la liste des montages présentée en annexe de ce rapport, et dispose de quatre heures de préparation, au cours de laquelle il est assisté par l'équipe technique, pour monter des dispositifs expérimentaux et réaliser des mesures illustrant le thème choisi.

À l'issue de cette préparation, l'échange avec le jury, d'une durée maximale d'une heure et vingt minutes, se déroule en deux parties :

- Une présentation des expériences retenues pour illustrer le montage choisi, d'une durée de trente minutes, au cours de laquelle les membres du jury n'interviennent pas (sauf en cas de mise en danger du candidat ou du jury), mais peuvent être amenés à se déplacer et à communiquer entre eux. Ils attendent des mesures réalisées en leur présence ainsi que l'exploitation de mesures éventuellement déjà réalisées durant la préparation ;
- Un entretien d'une durée totale de 30 minutes, au cours duquel le jury questionne le candidat sur l'exposé, en particulier afin de justifier ou discuter :
 - la cohérence des expériences proposées avec le titre du montage ;
 - les protocoles expérimentaux et le matériel utilisés ;
 - les mesures et leurs exploitations ;
 - la confrontation des résultats obtenus avec un modèle ou une valeur attendue, leur validation éventuelle et leur interprétation physique ; puis le jury demande au candidat une nouvelle activité expérimentale, qui consiste à reprendre des points de mesures sur les expériences présentées, modifier le réglage de certains instruments ou à proposer et surtout réaliser un protocole expérimental dans un tout autre domaine de celui ou ceux déjà présentés dans la première partie de l'épreuve. Cette activité n'est pas destinée à évaluer le candidat sur des développements théoriques, il s'agit encore une fois de tester les capacités expérimentales du candidat.

Les attendus du jury

1. Choix des expériences

- La multiplication des titres de montage ne doit pas nécessairement entraîner la multiplication des expériences possibles.

Ainsi une même expérience (au sens du savoir-faire ou de la maîtrise de certains matériels) peut être avantageusement utilisée dans plusieurs sujets de montages, à condition de modifier l'approche envisagée (confirmation d'un modèle) ou la grandeur physique à mesurer (application illustrée). Par exemple, les microcontrôleurs peuvent être utilisés dans plusieurs montages suivant les objectifs souhaités. Un accéléromètre pourra être utilisé simplement pour mesurer la constante gravitationnelle dans le montage "mesure d'accélération", mais un candidat pourra mettre en évidence la sensibilité de ce même accéléromètre dans le montage "transducteur" ou dans le montage "Capteurs à effets capacitifs ».

Il faut cependant noter que l'adéquation d'une expérience avec le titre du montage est évaluée par le jury et qu'une exploitation absconse sera pénalisée. Trop de candidats réalisent des expériences sans justifier la pertinence de leurs mesures par rapport au thème de montage choisi. A titre d'exemple, la mesure de la masse linéique d'une corde ne saurait être suffisante pour illustrer un montage sur la propagation et l'influence des conditions aux limites dans l'expérience de la corde de Melde.

Le jury attend une meilleure contextualisation du choix d'une expérience et des mesures effectuées pour répondre au titre du montage et inversement une mauvaise adéquation de l'exploitation des expériences avec le titre du montage est préjudiciable. L'adéquation d'une expérience avec le thème de montage peut être justifiée de nombreuses façons - par exemple par des analogies en physique - à condition qu'elles soient clairement expliquées.

- Si un montage ne saurait être constitué uniquement d'expériences qualitatives, la présence d'une telle expérience sans mesure quantitative est appréciée par le jury pourvu qu'elle soit bien intégrée au discours et au thème ;
- Le jury a constaté, sur quelques candidats, une certaine surenchère sur les expériences et leurs objectifs. Peut-être est-ce lié à la qualité de l'encadrement qu'ils reçoivent lors de leur année de préparation. Malheureusement la phase des questions a régulièrement montré de réelles lacunes sur les dispositifs et les enjeux associés. Le jury rappelle donc qu'il vaut mieux une manipulation / expérience un peu plus modeste, avec moins de matériel, mais mieux comprise en termes de protocoles expérimentaux, matériel utilisé ou limites expérimentales et mieux exploitée et interprétée.

2. Manipulations et mesures

Une connaissance des principes de fonctionnement des appareils utilisés est attendue dans l'épreuve de montage. A ce titre, l'utilisation d'un instrument commercial pour la mesure d'une grandeur sans en connaître le principe de fonctionnement et les limites associées est préjudiciable. Le jury pourra interroger le candidat à ce sujet, ainsi que sur les réglages des divers paramètres et leur incidence sur les mesures. Par exemple, l'utilisation d'une caméra, lors de l'enregistrement d'une vidéo puis d'un logiciel de traitement d'images ne peut se faire sans contrôler les paramètres d'acquisition et leur vérification avant une exploitation correcte et maîtrisée des images.

3. À propos des traitements informatiques

Bien que l'acquisition de données sur ordinateur soit un outil extrêmement utile, il est souvent judicieux d'identifier préalablement le signal à l'aide d'appareils traditionnels (oscilloscope ou autre).

Lors de l'utilisation de logiciels de traitement des données, certaines lacunes subsistent en particulier en ce qui concerne la transformée de Fourier. Si une FFT peut être 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 gamme de mesure, 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. 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, le ou les points de mesure réalisés devant le jury avec, si possible, une couleur différente.

Certains candidats utilisent des tableurs bureautiques pour présenter leurs mesures alors qu'ils ne sont pas vraiment faits pour. Le plus souvent, ces tableurs ne permettent pas un traitement aisé des incertitudes et encore moins la mise en place d'une modélisation. Cependant, si le candidat obtient une représentation des données qui respecte les critères précédents avec ce type de logiciel, il ne sera pas pénalisé.

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.

4. À propos des expériences d'optique

La présentation de dispositifs mal alignés et ne respectant pas les conditions de Gauss est pénalisée par le jury. Le choix des lentilles de projection doit pouvoir être justifié et une bonne qualité des images projetées (lumineuses et contrastées) est indispensable. Les schémas au tableau doivent comporter le tracé des rayons.

Ces remarques s'appliquent à tous les montages dans lesquels l'optique est utilisée et pas seulement à ceux qui ont spécifiquement traité à l'optique.

Concernant les montages d'interférences, le candidat doit pouvoir justifier non seulement des dispositifs interférentiels choisis, mais aussi du fonctionnement des appareils choisis ainsi que des distances caractéristiques choisies.

Enfin, concernant l'interféromètre de Michelson, le candidat doit savoir expliquer les étapes qui ont mené à son réglage et doit pouvoir modifier ce réglage à la demande du jury. Il doit également justifier le choix des optiques utilisés pour éclairer l'interféromètre, ainsi que les conditions expérimentales pour observer la figure d'interférence avec un contraste optimal.

5. À propos des expériences d'électronique

Il est important que le schéma du montage étudié figure au tableau, que la valeur des composants utilisés soit indiquée, que les tensions et courants utilisés soient représentés dans les bonnes conventions et que le branchement des voies des oscilloscopes et la position de la masse soient bien visualisés.

Si des plaquettes électroniques précâblées sont utilisées, les différents étages de la plaquette doivent être décrits. Le câblage d'une expérience devant le jury est apprécié mais n'est pas un passage obligé. Enfin, le candidat doit pouvoir justifier du choix des valeurs des composants utilisés dans ses montages ainsi que des fréquences de travail.

Lors de l'activité expérimentale réalisée à la demande du jury, celui-ci a pu noter une amélioration notable dans la prise en main d'un oscilloscope, même si ses réglages de base comme le déclenchement, restent mystérieux pour certains candidats. L'utilisation du bouton « auto-set » est à proscrire tandis que le mode « single » est à privilégier par rapport au simple « run/stop ».

6. À propos des expériences de mécanique

Les expériences de mécanique sont souvent bien menées par les candidats. L'utilisation d'un logiciel de « tracking » automatique pour le suivi de trajectoire est apprécié à la place d'un pointage manuel image par image.

Concernant les expériences de mécanique des fluides, le jury rappelle que l'estimation des nombres caractéristiques sans dimension tel que le nombre de Reynolds par exemple pour les différentes expériences présentées est attendue.

7. 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.

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

- que les grandeurs associées aux axes soient clairement indiquées, avec leurs unités ;
- que les points de mesure soient bien visibles et qu'on ne voit pas seulement les lignes qui les relient. 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 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 ; le jury rappelle cependant que pour valider un modèle considéré comme linéaire, un ajustement linéaire est attendu et non un ajustement affine.

L'exploitation des mesures n'a pas de raison de se faire systématiquement par régression linéaire. Le jury signale qu'une modélisation peut, en général, être réalisée avec de nombreuses fonctions, ce qui facilite ensuite l'exploitation des paramètres ajustables.

8. Validation et incertitudes

La validation d'une expérience ou d'une série de mesures ne se fait pas de la même manière selon qu'on cherche à vérifier une loi physique ou mesurer une grandeur tabulée. Dans le premier cas, on calculera le χ^2 réduit pour discuter le résultat obtenu ; tandis que dans la seconde approche, on

s'appuiera sur la notion d'écart normalisé pour comparer la valeur d'une mesure à une valeur de référence. Il est attendu que les candidats sachent expliquer les principes de calculs de ces grandeurs.

Le jury rappelle que des données tabulées ou constructeurs sont généralement données avec des incertitudes également.

Dans tous les cas, ces calculs nécessitent la discussion préalable de l'origine des incertitudes, afin d'en identifier les sources dominantes et d'éliminer les contributions négligeables, et ainsi d'éviter d'y passer un temps disproportionné. Certaines mesures ou calculs ne méritent pas un traitement systématique des incertitudes.

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 d'une mesure 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 une bonne démarche scientifique ;
- Concernant 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 ;
- Il ne faut pas confondre incertitudes et erreurs systématiques : on ne peut espérer diminuer ces dernières en faisant une statistique sur plusieurs mesures. Une discussion sur l'amélioration du protocole de mesure pour réduire les incertitudes pourra être appréciée par le jury. L'estimation des incertitudes est essentielle mais elle ne doit pas devenir prédominante devant l'estimation de la grandeur physique et les expériences réalisées dans la présentation

9. L'activité expérimentale finale

Cette activité expérimentale, qui termine l'épreuve, peut consister à reprendre des points de mesures sur les expériences présentées, modifier le réglage de certains instruments ou à proposer et surtout réaliser un protocole expérimental dans un tout autre domaine que celui ou ceux déjà présentés dans la première partie de l'épreuve. Cette activité n'est pas destinée à évaluer le candidat sur des développements théoriques, il s'agit encore une fois de tester les capacités expérimentales du candidat. Il est donc attendu que le candidat puisse développer le protocole expérimental en direct devant le jury tout en justifiant le choix de celui-ci. Etant donné le temps limité alloué à cette partie, c'est avant tout l'efficacité du candidat dans les manipulations, la mesure ainsi que dans l'exploitation des résultats (par des calculs d'ordre de grandeur notamment !) qui est évaluée.

Conseils généraux

Les expériences qualitatives sont appréciées pour introduire le montage, faire découvrir un phénomène, illustrer une application ou effectuer une transition lors de l'exposé, mais elles doivent être limitées afin de se laisser le temps d'exploiter et faire des mesures quantitatives fiables et reproductibles devant le jury.

Bien qu'une courte introduction soit nécessaire, les considérations théoriques générales et de trop longues introductions sont à proscrire car 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, sans digression et en proscrivant les expressions familières ou possessives (comme « J'ai mis mon point sur ma courbe. »), le but et le protocole de chaque expérience, puis effectuer des mesures devant le jury.

Le pointé complet d'une cinématique devant du jury ou de longues séances de mesures en direct est souvent laborieux. Le candidat peut choisir de reprendre un point dans une série déjà commencée pour

illustrer le protocole ou dans ce contexte-là, l'automatisation de l'acquisition des mesures peut s'avérer préférable.

Lors d'une mesure, le candidat doit expliquer au jury comment il procède et indique la valeur obtenue avec une évaluation justifiée des incertitudes. 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.

Dans les montages « mesure », une articulation autour de mesures à différentes échelles ou dans l'objectif de réduire les incertitudes sur la mesure d'un seul objet sera apprécié de manière équivalente.

En guise de conclusion, il peut être judicieux de discuter l'adéquation entre les mesures obtenues, les grandeurs évaluées ou les lois vérifiées et les choix effectués (type de mesure, appareil utilisé, manipulation réalisée), dans le cadre du montage ou des expériences présentées.

Le jury préfère une manipulation simple bien réalisée, bien exploitée, et bien contextualisée à une manipulation trop ambitieuse non maîtrisée.

Le jury peut demander en direct des calculs d'ordre de grandeur sur les expériences présentées ou lors de la manipulation supplémentaire.

Enfin, au regard des présentations réalisées ces dernières années, le jury a décidé de faire évoluer légèrement la liste des montages. Certains titres ont été supprimés car ils étaient mal compris par les candidats, ce qui menait souvent à des hors-sujets ou à un enchaînement d'expériences mal contextualisées. La nouvelle liste comprend donc 60 entrées. Les montages 7, 8, 14 et 18 sont soit nouveaux, soit différents par rapport aux années précédentes.

Sujets des épreuves orales de la session 2024

Leçons de physique 2024

Cette liste est donnée à titre indicatif

Titres leçons	Passages obligés
Équilibre et mouvement dans un champ de force centrale conservative	En s'appuyant sur le code fourni, présenter une simulation numérique illustrant l'influence des conditions initiales sur le type de trajectoire dans un champ de force newtonien attractif ou répulsif.
Filtrage linéaire en électronique analogique et numérique	A l'aide du code fourni présenter une simulation numérique de l'action d'un filtre sur un signal périodique dont le spectre est fourni.
Lois de conservation en mécanique. Applications	Présenter un exemple de loi de conservation exploitée en dynamique des fluides
Approximations quasi-stationnaires dans différents domaines de la physique	Présenter l'approximation des régimes quasi stationnaires en électromagnétisme.
Aspects macroscopiques de la thermodynamique des états fluides	Présenter l'intérêt et les limites de la détente de Joule-Thomson comme méthode de refroidissement.
	Établir et discuter la relation entre la pression et la densité d'énergie d'un gaz de photons.
Bilans d'entropie et phénomènes irréversibles	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice permettant de calculer l'entropie créée par unité de temps lors d'un transfert thermique en régime permanent.
Bilans macroscopiques en mécanique des fluides	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice portant sur un bilan de moment cinétique appliqué à une turbine entraînée en rotation par l'écoulement d'un fluide.
Collisions de particules	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice exploitant un calcul d'énergie de seuil.
Constantes fondamentales et système d'unités	Mettre en œuvre expérimentalement une mesure du rapport e/m pour un électron.
Constantes fondamentales et système d'unités. Analyse dimensionnelle	Présenter deux nombres sans dimension utilisés en dynamique des fluides et préciser leur utilité.
Conversion électronique de puissance	Mettre en œuvre expérimentalement un hacheur série.
	Mettre en œuvre expérimentalement un redresseur double alternance.
Convertisseurs électromécaniques en rotation	Mettre en œuvre expérimentalement la rotation d'une aiguille aimantée grâce à un champ magnétique tournant.
Diffusion de particules	Présenter et exploiter, à l'aide du code fourni, une simulation de la marche au hasard à une dimension d'un grand nombre de particules à partir d'un point et caractériser l'étalement spatial de cet ensemble de particules au cours du temps.
Diffusion des ondes électromagnétiques	Mettre en œuvre une expérience illustrant le phénomène de polarisation par diffusion.
	Mettre en œuvre une expérience mettant en évidence un phénomène qui explique la couleur bleue du ciel.
Diffusion thermique	Présenter la diffusion en profondeur d'une fluctuation périodique de température (effet de cave).
Dispersion et absorption	Présenter le principe de l'influence du phénomène de dispersion sur la bande passante d'une ligne de transmission d'information.
Dualité onde-corpuscule	Présenter une expérience historique permettant de mettre en évidence la notion de dualité onde-corpuscule pour la lumière.

Dynamique dans le référentiel terrestre	Présenter le principe d'une expérience historique mettant en jeu une force d'inertie liée au caractère non galiléen du référentiel terrestre.
Dynamique spatiale	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice sur le système de propulsion d'une fusée.
	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice traitant de l'ellipse de transfert de Hohmann entre deux orbites circulaires.
Effet de peau	Illustrer la leçon en exploitant la simulation numérique dont le code est fourni.
Effet Doppler. Applications	Établir et commenter les caractéristiques de l'effet Doppler relativiste.
	Présenter une application de l'effet Doppler non relativiste dans un contexte lié à l'astrophysique.
Effet tunnel	Exposer un modèle de la désintégration alpha s'appuyant sur l'effet tunnel.
Énergie d'interaction magnétique. Actions mécaniques associées	Démontrer la condition de synchronisme d'un moteur synchrone à pôles lisses à partir de l'expression de l'énergie magnétique stockée dans l'entrefer.
Energie et quantité de mouvement du champ électromagnétique	Présenter le bilan d'énergie électromagnétique dans un conducteur ohmique.
	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice traitant d'une voile solaire.
Équations d'état de fluides et modélisations associées	Présenter la possibilité d'une transition de phase liquide-vapeur pour un fluide vérifiant l'équation d'état de van der Waals.
Exemples d'effets relativistes. Applications.	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice abordant le "paradoxe des jumeaux".
Exemples de phénomènes non linéaires. Applications	A l'aide du code fourni illustrer l'influence de l'amplitude du mouvement sur la nature et la période des oscillations d'un pendule.
Exemples de principes variationnels. Applications	Démontrer les lois de Snell-Descartes à partir d'un principe variationnel.
Facteur de Boltzmann. Exemples	Présenter le théorème d'équipartition de l'énergie et une de ses applications.
Forces de traînée et de portance	Mettre en œuvre une expérience illustrant le phénomène de portance.
Forces newtoniennes	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice mettant en jeu le théorème de Gauss gravitationnel.
Gravitation	Mettre en œuvre une mesure expérimentale du champ gravitationnel à la surface de la Terre.
Hystérésis et bistabilité	Présenter et réaliser une expérience permettant de relever le cycle d'hystérésis d'un matériau ferromagnétique.
Induction électromagnétique	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice traitant d'un haut-parleur électrodynamique.
	Mettre en œuvre expérimentalement et analyser l'expérience historique de Faraday de 1831 (découverte des courants induits dans un circuit par le déplacement d'un aimant).
Interférences à division d'amplitude	Présenter le principe d'un traitement anti-reflet.
Interféromètre de Michelson	Présenter une application métrologique de l'interféromètre de Michelson.
	Mettre en œuvre expérimentalement une mesure d'indice de réfraction à l'aide d'un interféromètre de Michelson.
	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice traitant de la mesure de l'indice de réfraction d'un gaz.

Le noyau atomique. Dimension, énergie et stabilité.	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice permettant d'estimer la durée de vie du Soleil.
Machine synchrone	Mettre en œuvre expérimentalement un champ magnétique tournant.
Mouvement au voisinage d'un équilibre	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice permettant de déterminer les modes propres de vibration linéaire d'une molécule de CO ₂ .
Notion de cohérence en optique	Présenter une application métrologique de l'interféromètre de Michelson éclairé en lumière blanche.
Observations astronomiques	Présenter le principe d'une observation stellaire interférométrique.
	Illustrer expérimentalement des limitations d'observations optiques.
	Présenter et mettre en œuvre expérimentalement une lunette astronomique.
Ondes acoustiques	Illustrer l'intérêt d'une adaptation d'impédance acoustique entre plusieurs milieux.
	Présenter le principe de l'échographie Doppler.
Ondes évanescentes. Réflexion totale	Discuter une application en télécommunications radio du phénomène de réflexion totale lié au comportement de l'ionosphère.
	Présenter un bilan d'énergie électromagnétique associé à une onde évanescente.
Oscillateurs	Mettre en œuvre expérimentalement et analyser un oscillateur électrique utilisant un comparateur à hystérésis.
	Mettre en œuvre expérimentalement un oscillateur à résistance négative.
Phénomènes décrits par une équation de diffusion	Illustrer expérimentalement un phénomène de diffusion.
Phénomènes interfaciaux	Présenter et mettre en évidence expérimentalement la loi de Jurin de l'ascension capillaire.
	Présenter la notion de mouillage et des conséquences pratiques de cette notion.
Photographie. Capteurs numériques	Illustrer expérimentalement la notion de profondeur de champ et sa dépendance avec l'ouverture numérique de l'objectif.
	Présenter les limitations imposées par la taille physique d'un pixel du capteur d'un appareil photographique numérique.
Polarisation des ondes électromagnétiques	Mettre en œuvre un dispositif de production d'ondes polarisées dans le domaine des ondes centimétriques.
	Mettre en œuvre une expérience mettant en jeu des interférences en lumière polarisée.
Principe et applications de la résonance magnétique nucléaire	Présenter le principe et les applications du blindage ou déblindage d'un noyau (effet d'écran).
Principes d'évolution en thermodynamique	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice illustrant l'évolution d'un système thermostaté de pression constante.
Principes de mesures de masse à toutes les échelles	Présenter une méthode permettant de mesurer la masse de l'électron, connaissant sa charge, et la mettre en œuvre expérimentalement (mesure de e/m).
Production nucléaire d'énergie électrique	Présenter et exploiter une modélisation du cycle thermodynamique du circuit de vapeur d'un réacteur à eau pressurisée et réaliser un calcul de rendement.
Production photovoltaïque d'énergie électrique	Proposer un calcul d'ordre de grandeur de la puissance crête d'une installation photovoltaïque.
Propagation guidée	Présenter le guidage d'une onde électromagnétique entre deux plans infinis parfaitement conducteurs et discuter les limites de la modélisation proposée.
Propriétés électrostatiques des conducteurs à l'équilibre	Présenter le principe d'une cage de Faraday.
Propriétés magnétiques de la matière	Réaliser et interpréter une expérience permettant de montrer l'influence d'un matériau magnétique sur la valeur d'une inductance propre et d'une inductance mutuelle.

	Présenter le principe des pertes par hystérésis dans un transformateur.
Puits de potentiel en physique quantique	Interpréter qualitativement l'existence d'une énergie minimale non nulle dans un puits de potentiel.
	Illustrer l'intérêt du modèle du double puits de potentiel pour étudier les oscillations entre les deux conformations de la molécule d'ammoniac.
Rayonnement du corps noir	Présenter un exemple issu de l'astronomie.
Rotation d'un système autour d'un point fixe	Présenter l'approximation gyroscopique sur l'exemple de la toupie
Semi-conducteurs. Applications.	Présenter l'effet Hall dans les semi-conducteurs.
Spectroscopies	Discuter la résolution spectrale d'un spectromètre au choix.
Système Terre-Lune	Présenter le phénomène des marées et ses conséquences sur le système Terre-Lune.
Systèmes couplés	Etablir et commenter l'équation régissant le comportement d'une chaîne d'oscillateurs harmoniques couplés dans la limite continue.
Thermodynamique des gaz	Présenter l'intérêt et les limites du modèle de Van Der Waals.
Transferts thermiques	Présenter et réaliser une expérience mettant en évidence le phénomène de rayonnement thermique.
	Présenter et réaliser une expérience mettant en jeu le phénomène de conduction-convection.
Transitions de phase. Applications	Présenter, en justifiant les choix pédagogiques effectués, l'énoncé et la résolution d'un exercice de calorimétrie permettant de déterminer une enthalpie de changement d'état.
Transmission d'un signal	Illustrer expérimentalement le principe de la modulation en amplitude.
Transmission de l'information. Principes physiques	Présenter le principe de la propagation d'un signal informatif dans une fibre optique et discuter des limitations de débit imposées par cette technologie.
	Proposer une approche historique analysant quelques découvertes scientifiques qui ont jalonné les principaux progrès technologiques en transmission de l'information depuis le début du XIXe siècle.
Viscosité. Écoulements visqueux	Présenter l'intérêt du nombre de Reynolds dans la conception d'objets aérodynamiques.

Leçons de chimie 2024

La liste des leçons est publiée à titre indicatif.

Enseignement	Titre	Élément imposé
1ère G, spécialité PC	Conversion de l'énergie stockée dans la matière organique	Mettre en œuvre une expérience pour estimer le pouvoir calorifique d'un combustible.
	Structure des entités organiques et identification des groupes	Utiliser des modèles moléculaires ou des logiciels de représentation moléculaire pour visualiser la géométrie d'une entité
	Synthèses d'espèces chimiques organiques	Mettre en œuvre un montage à reflux
		Réaliser une chromatographie sur couche mince
		Réaliser une filtration, un lavage pour isoler et purifier une espèce chimique
Suivi et modélisation de l'évolution d'un système chimique	A l'aide d'un langage de programmation, déterminer la composition de l'état final d'un système siège d'une transformation chimique totale	

		Déterminer expérimentalement la composition de l'état final d'un système et l'avancement final d'une réaction
	Solubilité et miscibilité des espèces chimiques	Illustrer les propriétés des savons Mettre en œuvre l'extraction liquide-liquide d'un soluté moléculaire
	Titrages	Réaliser un titrage direct colorimétrique
1ère ST2S	Molécules d'intérêt biologique	Mettre en évidence les propriétés chimiques de la vitamine C en lien avec ses fonctions chimiques
		Mettre en œuvre un protocole permettant de différencier les aldéhydes et les cétones
	Acides et bases	Mettre en œuvre un protocole de neutralisation
	Analyse thermodynamique des besoins énergétiques	Mettre en œuvre un protocole pour déterminer l'énergie libérée par la combustion d'un aliment
1ère STI2D, spécialité PCM	Oxydo-réduction	Réaliser une pile et étudier son fonctionnement
1ère STL, spécialité PCM	Cinétique d'une réaction chimique	Estimer expérimentalement un temps de demi-réaction
		Mettre en évidence l'influence de la température sur la vitesse de disparition ou d'apparition.
		Suivre expérimentalement l'évolution temporelle de la concentration d'un réactif ou d'un produit
	Réactions acido-basiques en solution aqueuse	Préparer une solution tampon
	Solvants et solutés	Étudier l'influence de la température sur la solubilité d'une espèce chimique
1ère STL, spécialité SPCL	Réactions de synthèse, sites électrophiles et nucléophiles, formalisme des flèches courbes	Effectuer et interpréter une chromatographie sur couche mince.
		Réaliser un montage à reflux ; utiliser une ampoule de coulée
		Synthétiser un composé organique
	Synthèse d'un composé organique	Réaliser une extraction par solvant.
		Réaliser une recristallisation.
		Utiliser un montage à reflux.
	Dosages	Utiliser une ampoule de coulée.
Estimer expérimentalement un K_A/pK_A		
		Réaliser un dosage par changement de couleur
2ème année MP	Cinétique électrochimique	Réaliser une expérience pouvant être interprétée avec des courbes courant potentiel
	Corrosion	Mettre en œuvre une expérience mettant en évidence le phénomène de corrosion
		Passiver un métal.
		Tracer des courbes courant potentiel et les exploiter qualitativement
	Dispositifs électrochimiques	Étudier le fonctionnement d'un électrolyseur pour effectuer des bilans de matières et des bilans électriques
		Étudier le fonctionnement d'une pile pour effectuer des bilans électriques
	Deuxième principe de la thermodynamique appliqué aux transformations physico-chimiques	Déterminer expérimentalement des grandeurs de réaction
		Déterminer expérimentalement l'évolution de la valeur d'une constante thermodynamique d'équilibre en fonction de la température

	Premier principe de la thermodynamique appliqué aux transformations physico-chimiques	Calculer la température d'un système, siège d'une transformation adiabatique, après réaction (Cette leçon est accompagnée du script d'un programme écrit en langage python)
		Déterminer expérimentalement une enthalpie standard de réaction
		Mettre en œuvre une technique de calorimétrie
		Simuler l'évolution temporelle de la température pour un système siège d'une transformation adiabatique (Cette leçon est accompagnée du script d'un programme écrit en langage python)
2ème année MPI	Oxydants et réducteurs, réactions d'oxydo-réduction	Mettre en œuvre une pile et déterminer ses caractéristiques à vide ou en fonctionnement.
	Acides et bases, réactions acide-base	Choisir et utiliser un indicateur coloré de fin de titrage dans le cas d'un titrage acide-base.
		Interpréter et exploiter un diagramme de distribution. Tracer un diagramme de prédominance à l'aide d'un langage de programmation (Cette leçon est accompagnée du script d'un programme écrit en langage python)
Transformation chimique : modélisation, équilibre chimique, évolution d'un système chimique	Mettre en œuvre une transformation totale et une transformation aboutissant à un état d'équilibre.	
1ère année MPSI	Evolution temporelle d'un système chimique	Déterminer l'énergie d'activation d'une réaction chimique
	Acides et bases	Mettre en œuvre une réaction acide-base pour réaliser une analyse quantitative en solution aqueuse
	Dissolution et précipitation	À l'aide d'un langage de programmation, déterminer les conditions optimales pour séparer deux ions par précipitation sélective (Cette leçon est accompagnée du script d'un programme écrit en langage python)
		Déterminer expérimentalement un produit de solubilité
		Illustrer un procédé de séparation en solution aqueuse
		Mettre en évidence expérimentalement des facteurs influençant la solubilité
	Différents types de solides	Illustrer expérimentalement des propriétés physiques des différents types de solides
	Modèle du cristal parfait	Utiliser des modèles cristallins pour visualiser des mailles et des sites interstitiels
		Utiliser un logiciel ou des modèles cristallins pour déterminer des paramètres géométriques
		Utiliser un logiciel pour visualiser des mailles et des sites interstitiels
	Structure des entités chimiques	Utiliser un logiciel de visualisation 3D des molécules
Description et transformation chimique d'un système	Déterminer une constante d'équilibre par une expérience	
	Déterminer, à l'aide d'un langage de programmation, l'état final d'un système à l'équilibre siège d'une transformation, modélisée par une réaction, à partir des conditions initiales et de la valeur de la constante d'équilibre (Cette leçon est accompagnée du script d'un programme écrit en langage python)	

2ème année PSI	Conversion d'énergie électrique en énergie chimique	Réaliser une électrolyse et effectuer des bilans de matière et des bilans électriques
2ème année PT	Conversion d'énergie électrique en énergie chimique et réciproquement	Étudier le fonctionnement d'un électrolyseur pour effectuer des bilans de matières et des bilans électriques Étudier le fonctionnement d'une pile pour effectuer des bilans électriques
	Étude cinétique des réactions d'oxydo-réduction : courbes courant-potentiel	Tracer et exploiter des courbes courant-potentiel
	Deuxième principe de la thermodynamique appliqué aux transformations physico-chimiques	Déterminer expérimentalement la composition chimique d'un système dans l'état final, dans les cas d'équilibres chimiques et de transformations totales
1ère année PTSI	Diagrammes potentiel-pH	Mettre en œuvre des réactions d'oxydoréductions en s'appuyant sur l'utilisation de diagrammes potentiel-pH Mettre en œuvre une réaction de médiamutation
	Réactions d'oxydo-réduction	Réaliser un titrage indirect Réaliser une pile et étudier son fonctionnement
	Réactions acides bases	Réaliser des titrages successif et simultanés Réaliser un titrage par suivi conductimétrique
	Structure des entités chimiques	Utiliser un logiciel de visualisation 3D des molécules
T ST2S	Lipides	Fabriquer un savon
	Vitamines et additifs alimentaires	Réaliser un titrage pour déterminer la teneur en vitamine C d'un aliment ou d'un médicament
	Principes de fonctionnement d'un airbag et d'un alcootest	Déterminer expérimentalement le volume molaire d'un gaz
	Qualité de l'eau	Mettre en œuvre un dosage conductimétrique d'une espèce ionique présente dans l'eau
	Stéréochimie des molécules d'intérêt biologique	Utiliser des modèles moléculaires ou un logiciel de simulation
T STI2D, spécialité PCM	Oxydo-réduction	Réaliser une pile et déterminer l'énergie totale stockée
T STL, spécialité PCM	Cinétique d'une réaction chimique	Réaliser le suivi cinétique d'une transformation chimique et l'exploiter pour déterminer l'ordre de réaction.
	Réactions d'oxydo-réduction	Réaliser une pile et exploiter les résultats des mesures de tension
	Réactions acides bases	Montrer expérimentalement l'invariance d'un pK_A par spectrophotométrie
	Réactions acido-basiques en solution aqueuse	Réaliser une extraction ou une séparation faisant intervenir une espèce acide ou basique
	Structure spatiale des espèces chimiques	Mettre en évidence les différences de propriétés chimiques de deux diastéréoisomères Utiliser un logiciel de modélisation
	Energie chimique	Estimer expérimentalement le pouvoir calorifique d'un combustible
T STL, spécialité SPCL	Fonctions chimiques et transformations en chimie organique	Utiliser un Dean Stark
	Mécanismes réactionnels	Mettre en œuvre un exemple de catalyse homogène
	Estérification, hydrolyse, saponification	Réaliser la synthèse d'un ester Réaliser une réaction de saponification

	Fonctions chimiques et transformations en chimie organique	Utiliser un Dean Stark
	Mécanismes réactionnels	Mettre en œuvre un protocole pour différencier deux diastéréoisomères par un procédé chimique
	Techniques de séparation en chimie organique	Réaliser une hydrodistillation
	Oxydo-réduction	Réaliser un titrage potentiométrique
	Solubilité	Mettre en œuvre un protocole pour extraire sélectivement des ions d'un mélange par précipitation
		Mettre en œuvre un protocole pour extraire une espèce chimique dissoute dans l'eau
	Spectroscopies UV-visible, IR	Réaliser un dosage par étalonnage.
	Spectroscopies UV-visible, RMN	Réaliser un dosage par étalonnage.
	Diagrammes binaires liquide vapeur	Choisir une technique de distillation et la mettre en œuvre pour séparer les constituants d'un mélange
		Réaliser une distillation fractionnée
TG, spécialité PC	Stratégie de synthèse multi-étapes	Réaliser une estérification en optimisant les conditions opératoires
	Structure et propriétés des composés organiques	Synthétiser un polymère
	Suivi temporel et modélisation d'un système chimique, siège d'une transformation chimique	Réaliser un suivi cinétique par conductimétrie
		Mettre en évidence les facteurs cinétiques
		Réaliser un suivi cinétique par spectrophotométrie
	Optimisation d'une étape de synthèse	Mettre en œuvre un protocole de synthèse pour étudier l'influence de la modification des conditions expérimentales sur le rendement.
	Stratégie de synthèse multi-étapes	Mettre en œuvre un protocole de synthèse conduisant à la modification d'un groupe caractéristique
		Réaliser la synthèse d'un amide
		Réaliser une estérification en optimisant les conditions opératoires
	Synthèses d'espèces chimiques organiques	Réaliser une chromatographie sur couche mince
	Analyser un système chimique par des méthodes physiques	Mesurer une conductance et tracer une courbe d'étalonnage pour déterminer une concentration.
	Comparer la force des acides et des bases	Déterminer, à l'aide d'un langage de programmation, le taux d'avancement final d'une transformation, modélisée par la réaction d'un acide sur l'eau (Cette leçon est accompagnée du script d'un programme écrit en langage python)
		Mesurer le pH de solutions d'acide ou de base de concentration donnée pour en déduire le caractère fort ou faible de l'acide ou de la base
Tracer, à l'aide d'un langage de programmation, le diagramme de distribution des espèces d'un couple acide-base de pK_A donné (Cette leçon est accompagnée du script d'un programme écrit en langage python)		
Réactions acides bases	Réaliser un titrage d'une base dont le pK_A du couple est inférieur à 10	

	Forcer le sens d'évolution d'un système	Identifier les produits formés lors du passage forcé d'un courant dans un électrolyseur. Relier la durée, l'intensité du courant et les quantités de matière de produits formés
	Prévoir le sens de l'évolution spontanée d'un système chimique	Déterminer la valeur du quotient de réaction à l'état final d'un système, siège d'une transformation non totale, et montrer son indépendance vis-à-vis de la composition initiale du système à une température donnée
		Mettre en évidence la présence de tous les réactifs dans l'état final d'un système siège d'une transformation non totale, par un nouvel ajout de réactifs
		Réaliser une pile, déterminer sa tension à vide et la polarité des électrodes, identifier la transformation mise en jeu, illustrer le rôle du pont salin
1ère année TS1	Équilibre chimique	Déterminer une constante thermodynamique d'équilibre à l'aide d'un titrage
	Evolution temporelle d'un système Chimique	Déterminer l'énergie d'activation d'une réaction chimique. Déterminer l'influence d'une concentration sur la vitesse d'une réaction chimique.
2ème année TS2	Approche thermodynamique du fonctionnement d'une pile électrochimique	Déterminer une constante thermodynamique par l'étude de piles
	Diagrammes potentiel-pH	Mettre en œuvre des expériences illustrant le phénomène de corrosion
	Optimisation d'un procédé chimique	Réaliser une expérience mettant en évidence un paramètre d'influence sur un procédé chimique

Montages 2024

M1. Illustration de quelques lois de la dynamique newtonienne

M2. Dynamique du solide en rotation

M3. Référentiels non Galiléens

M4. Mesure de longueurs

M5. Mesure de vitesses

M6. Mesure d'accélération

M7. Frottements

M8. Instabilités

M9. Phénomènes non linéaires

M10. Tension superficielle

M11. Viscosité

M12. Caractérisation d'un écoulement

M13. Ondes dans les liquides

M14. Ondes acoustiques

M15. Mesure de pressions

M16. Mesure de températures

M17. Transitions de phase

M18. Transferts thermiques

M19. Phénomènes de transport

M20. Rayonnement thermique

M21. Instruments d'optique

M22. Diffraction des ondes lumineuses – Filtrage

M23. Interférences lumineuses

M24. Interférences à ondes multiples

M25. Spectrométrie optique

M26. Émission et absorption de la lumière

M27. Photorécepteurs

M28. Biréfringence, pouvoir rotatoire

M29. Polarisation des ondes électromagnétiques

M30. Ondes : propagation et conditions aux limites

M31. Propagation guidée

M32. Production de champs magnétiques

M33. Mesure de champs magnétiques

M34. Milieux magnétiques

M35. Métaux

M36. Matériaux semi-conducteurs

M37. Conversion électromécanique

M38. Machine à courant continu

- M39. Production et conversion d'énergie électrique
- M40. Transducteurs
- M41. Haut-parleur
- M42. Mise en forme, transport et détection de l'information
- M43. Amplification de signaux
- M44. Signal et bruit
- M45. Numérisation du signal
- M46. Acquisition et analyse d'image
- M47. Mesures physiques par analyse d'image
- M48. Mesure de capacités
- M49. Capteurs à effets capacitifs
- M50. Mesure de coefficients d'induction
- M51. Phénomènes d'induction - applications
- M52. Détection synchrone
- M53. Systèmes bouclés
- M54. Résonances
- M55. Modes propres
- M56. Oscillateurs couplés
- M57. Régimes transitoires
- M58. Mesures par opposition (ou mesure à l'équilibre)
- M59. Perturbation par la mesure
- M60. Mesure de rendements
- M61. Microcontrôleurs : applications et limites

Épreuves orales de la session 2025

Seule la liste des titres des montages est communiquée à l'avance.

Leçons de physique et de chimie

Les modalités des leçons de physique et de chimie de la session 2025 seront inchangées par rapport à la session 2024.

Montages

La liste est légèrement modifiée par rapport à 2024.

- M1. Illustration de quelques lois de la dynamique newtonienne
- M2. Dynamique du solide en rotation
- M3. Référentiels non galiléens
- M4. Mesure de longueurs
- M5. Mesure de vitesses
- M6. Mesure d'accélération
- M7. Mesure de masses
- M8. Mesure physique dans le domaine médical
- M9. Frottements
- M10. Instabilités
- M11. Phénomènes non-linéaires
- M12. Tension superficielle
- M13. Viscosité
- M14. Caractérisation de différents types d'écoulements
- M15. Ondes dans les liquides
- M16. Ondes acoustiques
- M17. Mesure de pressions
- M18. Propriétés mécaniques des matériaux
- M19. Mesure de températures
- M20. Transitions de phase
- M21. Transferts thermiques
- M22. Phénomènes de transport
- M23. Rayonnement thermique
- M24. Instruments d'optique
- M25. Diffraction des ondes lumineuses – Filtrage
- M26. Interférences lumineuses
- M27. Interférences à ondes multiples
- M28. Spectrométrie optique
- M29. Émission et absorption de la lumière
- M30. Photorécepteurs
- M31. Biréfringence, pouvoir rotatoire
- M32. Polarisation des ondes électromagnétiques
- M33. Ondes : propagation et conditions aux limites
- M34. Propagation guidée
- M35. Production de champs magnétiques
- M36. Mesure de champs magnétiques
- M37. Milieux magnétiques
- M38. Métaux
- M39. Matériaux semi-conducteurs

- M40. Conversion électromécanique
- M41. Production et conversion d'énergie électrique
- M42. Haut-parleur
- M43. Mise en forme, transport et détection de l'information
- M44. Amplification de signaux
- M45. Signal et bruit
- M46. Numérisation du signal
- M47. Mesures physiques par traitement d'image
- M48. Mesure de capacités
- M49. Capteurs à effets capacitifs
- M50. Mesure de coefficients d'induction
- M51. Phénomènes d'induction – applications
- M52. Détection synchrone
- M53. Systèmes bouclés
- M54. Résonances
- M55. Modes propres
- M56. Régimes transitoires
- M57. Mesures par opposition (ou mesure à l'équilibre)
- M58. Perturbation par la mesure
- M59. Mesure de rendements
- M60. Microcontrôleurs : applications et limites