

20. Physique-chimie

20.1. Introduction

L'épreuve orale de physique-chimie sans préparation consiste en un unique exercice dont les candidats prennent connaissance et débute la présentation au tableau. Le temps accordé est de 30 minutes, des formalités à l'entrée à l'effacement final du tableau inclus.

Les sujets proposés portent sur la totalité des programmes officiels (et uniquement sur ces derniers) de physique et chimie des deux années de MPSI et MP, y compris les outils mathématiques et transversaux ainsi que les thématiques expérimentales. Si un étudiant propose une notion hors programme de son propre chef, le jury se réserve le droit de vérifier qu'il maîtrise les conditions d'application de la démarche proposée et qu'il est aussi en capacité d'apporter une réponse dans le cadre du programme.

20.2. Analyse globale des résultats

Le jury tient à souligner que les démarches fondamentales du cours et ses applications ne doivent jamais être négligées. Ainsi, une question proche du cours ne doit pas pour autant être traitée de façon approximative dans un souci de gain de temps. La note finale ne dépend pas, loin s'en faut, que de la quantité de points traités. La qualité de l'argumentation et la rigueur de la démarche sont des critères importants dans l'évaluation : la concision ne doit pas se faire au prix de la précision. À contrario, « traîner » volontairement sur les questions jugées les plus faciles pour éviter d'être confronté à celles qui semblent plus délicates n'est pas une bonne stratégie. Au contraire, avancer dans le sujet dans une interaction dynamique et constructive avec l'examineur est toujours apprécié.

La gestion du tableau est aussi un élément important : les informations doivent être présentées de façon organisée en s'appuyant, lorsque cela est nécessaire, sur des schémas (éventuellement en couleurs) suffisamment grands et soignés pour soutenir le discours.

La gestion de la parole est un autre levier parfois négligé : il est vivement conseillé d'explicitement oralement (en s'adressant directement à l'examineur) les étapes d'un calcul fait au tableau en précisant comment y sont utilisées les hypothèses qui sous-tendent la démarche. La confrontation d'un résultat intermédiaire au bon sens physique est souvent souhaitable avant de poursuivre dans l'exercice.

Les applications numériques n'étant pas facultatives, l'utilisation efficace d'une calculatrice personnelle est indispensable. À ce propos, le jury en constate l'oubli trop fréquent. Il propose alors des estimations en ordres de grandeur. La connaissance (au moins en ordre de grandeur) des valeurs numériques des constantes fondamentales usuelles, ainsi que celle de grandeurs physiques d'usage courant, est attendue. Une analyse critique des résultats numériques obtenus est là encore bienvenue.

20.3. Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

Diffusion thermique

Il convient toujours de commencer par la définition spatiale du système pour lui appliquer un premier principe durant un intervalle de temps précisé. L'analyse physique du signe d'un éventuel terme de production ou d'un transfert conducto-convectif est valorisée.

L'obtention d'une résistance thermique se fait bien plus rapidement, quelle que soit la géométrie adoptée, en exploitant l'uniformité du flux en régime permanent (et en l'absence de source) et la méthode de séparation des variables.

Thermodynamique des systèmes ouverts

La démonstration de cours du premier principe industriel (pour un fluide en écoulement entre une entrée et une sortie) est une question de cours dont le jury attend à minima les grandes étapes : définition d'un système fermé construit à t et à partir de la surface de contrôle et des masses entrante et sortante ; système fermé auquel est appliqué le premier principe pour l'énergie totale en exploitant l'hypothèse de régime stationnaire ; recenser les transferts énergétiques et en particulier justifier l'expression du travail des forces de pression.

En cas de cycle avec changement d'état (climatisation ou pompe à chaleur par exemple), la relation entre chaleur latente et variation d'entropie ainsi que l'analyse physique du signe des transferts thermiques engagés sont attendues.

L'établissement du rendement ou de l'efficacité de Carnot, bien que très classique, est parfois trop laborieuse, ce qui, même si le résultat est connu par cœur, peut être pénalisant.

Mécanique en référentiel non galiléen

Les notions de vitesse et d'accélération d'entraînement sont connues ainsi que l'accélération de Coriolis ; cependant, une analyse physique de la situation permettrait d'en simplifier l'écriture.

Lois du frottement

Il faut être attentif à positionner correctement la composante de frottement de façon à ce qu'elle s'oppose au glissement lorsque celui-ci se produit.

Induction

Une analyse préalable en lien avec la loi de Lenz-Faraday pour analyser le sens d'un courant induit ou d'une force de Laplace est bienvenue.

Électrocinétique et électronique

L'utilisation d'un pont diviseur de tension demande de s'assurer qu'on se trouve bien dans le cadre d'application de cette méthode. Il est parfois nécessaire et plus efficace de savoir mettre en œuvre la loi des nœuds en termes de potentiels. Identifier la nature d'un filtre par une analyse préalable haute et basse fréquence est une bonne stratégie, que la question soit posée ou pas. Elle permet, en outre, de repérer une éventuelle erreur dans la fonction de transfert du montage. À ce propos, la mise en forme de cette dernière sous forme canonique requiert une certaine technicité qui n'est pas toujours maîtrisée.

La contextualisation, dans le cadre du traitement du signaux complexes, de la condition de Nyquist-Shannon en lien avec la problématique du repliement de spectre n'est pas toujours bien menée.

Électrostatique et magnétostatique

L'analyse des propriétés de symétrie et d'invariance (dans cet ordre) de la distribution de charge (ou de courant) et les conséquences pour le champ électrostatique est un préalable à toute étude. Le choix d'une surface de Gauss fermée (ou d'un contour d'Ampère), bien que souvent classique, doit être motivé.

Propagation des ondes électromagnétiques

La relation de structure n'est valable que pour l'onde plane progressive pour laquelle il convient de ne pas confondre la direction de polarisation avec la direction de propagation. Bien que dans le cadre de l'étude des OPPH, il est souvent commode de mener les calculs en complexe, une attention particulière doit être portée sur les grandeurs énergétiques : une grandeur énergétique est toujours réelle. Ainsi, lorsqu'on demande d'évaluer le vecteur de Poynting instantané, il est impératif de repasser en réel.

Rayonnement dipolaire et diffusion

Le jury regrette le manque de sens physique relatif au cadre du modèle de la charge élastiquement liée et attire l'attention sur la nécessité de connaître et savoir justifier l'approximation dipolaire.

Optique ondulatoire et géométrique

Calculer une différence de marche ou un déphasage entre deux ondes requiert l'utilisation du théorème de Malus et dans de nombreux cas le principe de retour inverse de la lumière. L'équivalence du Michelson à une lame d'air doit être justifiée par un tracé de rayon mettant en évidence les symétries par rapport à la lame séparatrice (supposée d'épaisseur nulle puisque que compensée).

Certain(e)s candidat(e)s rencontrent des difficultés liées à l'absence de schéma clair ou à des tracés dans des cas trop particuliers. L'attention est attirée sur la nécessité d'orienter les angles.

Mécanique quantique et thermodynamique statistique

Dans ces deux domaines, les calculs sont souvent bien menés, mais le jury regrette que l'analyse physique des résultats obtenus ne soient pas du même niveau. Il est donc conseillé aux futurs candidats de systématiquement chercher à faire sens aux différentes situations rencontrées.

Thermochimie

Le recours à un tableau d'avancement est souvent nécessaire. Il convient, si besoin, de faire apparaître la quantité de matière totale à l'état gazeux. L'usage du taux de conversion n'est pas toujours maîtrisé bien que d'un usage classique. L'évaluation de la température atteinte par un réacteur monobare adiabatique nécessite de correctement décrire le cycle utilisé sans omettre la quantité de matière en azote lorsqu'il s'agit de combustion dans l'air.

Les erreurs sont fréquentes dans les calculs numériques du fait des unités : les pressions doivent être exprimées en pascals, les volumes en mètres cubes (γ compris dans les masses volumiques), les masses en kilogrammes (γ compris pour dans les masses molaires).

Électrochimie

Dans l'écriture des demi-équations électroniques menant à un bilan redox, il convient de vérifier que les espèces utilisées sont effectivement présentes. Il est donc important de recenser les différents oxydants et réducteurs présents dans le système pour vérifier la faisabilité d'une demi-équation.

Le montage à trois électrodes n'est pas toujours connu.

L'analyse des courbes intensité-potentiel demande souvent de contextualiser les notions de sur-potentiel à vide et de palier de diffusion. Il convient en outre de ne pas oublier de tenir compte de la chute ohmique dans l'écriture de la différence de potentiel d'électrodes à courant non nul.

20.4. Conclusion

Concernant la session 2025, le jury constate dans la majorité des évaluations la bonne maîtrise des fondamentaux. Les questions proches du cours sont ainsi souvent traitées de façon convaincante. Les questions demandant plus d'appropriation sont plus inégalement réussies. En effet, si certains candidats font preuve d'initiative dans leur démarche, leurs bonnes idées ne sont pas toujours soutenues par une technicité calculatoire suffisante. Cependant, lorsque ce savoir-faire est mis au service d'une analyse originale du problème, reposant sur de solides bases, cela conduit à d'excellentes prestations. Ces dernières démontrent, chez les candidats concernés, non seulement une maîtrise disciplinaire mais aussi de réelles qualités oratoires qui, bien entendu, sont valorisées. Enfin le jury tient à souligner la courtoisie et la motivation de la très grande majorité des candidats.

21. Physique-chimie-informatique

21.1. Introduction

L'épreuve de Physique-chimie-informatique constitue une évaluation orale exigeante avec une préparation de 30 min suivie d'une présentation de même durée. Cette épreuve permet de tester la capacité à analyser des problèmes scientifiques contextualisés, fréquemment accompagnés de documents annexes, de simulations numériques ou de scripts Python à compléter. Elle évalue l'aptitude à mettre en œuvre une démarche scientifique rigoureuse tout en exploitant efficacement les outils numériques. Cette épreuve vérifie la maîtrise de concepts physiques fondamentaux issus des programmes des classes de MPSI et de MP. Enfin, elle permet de juger des compétences de communication scientifique, notamment la clarté d'expression, la rigueur dans la présentation et la qualité de l'interaction avec l'examineur.

Les sujets proposent une difficulté progressive et abordent l'ensemble du programme en mettant l'accent sur la modélisation physique et l'interprétation pertinente des résultats obtenus. Ces compétences sont bien sûr attendues dans les formations d'ingénieurs auxquelles se destinent les candidats.

21.2. Analyse globale des résultats

L'analyse des résultats de la session 2025 révèle une répartition équilibrée des notes. 25% des candidats ont obtenu des notes très satisfaisantes supérieures à 14, démontrant ainsi une maîtrise convenable du cours et de la méthodologie attendue. À l'inverse, 25 % des étudiants ont présenté des lacunes et par conséquent des notes inférieures à 8.

21.3. Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

Erreurs fréquemment observées

Plusieurs types d'erreurs méthodologiques ont été régulièrement constatés lors de cette session. De nombreux candidats ont négligé l'exploitation des annexes fournies avec les sujets, alors que ces documents contenaient souvent des informations cruciales pour la résolution du problème. Il est également conseillé d'examiner les codes Python fournis qui, bien souvent, aident à la compréhension de l'énoncé et même parfois fournissent des éléments de réponse intermédiaires.

Par ailleurs, un nombre significatif d'étudiants a présenté des calculs numériques détaillés, mais sans les accompagner d'une analyse numérique ou d'une interprétation physique pertinente, ce qui a réduit la valeur de leur travail. La gestion du temps de préparation s'est également révélée problématique pour certains, conduisant à des présentations incomplètes ou désorganisées.

Sur le plan disciplinaire, plusieurs confusions conceptuelles ont été relevées, généralement les mêmes que les années antérieures. On peut rappeler qu'en optique, les tracés demeurent souvent approximatifs, avec des constructions géométriques insuffisamment précises. En thermodynamique physique ou chimique, la définition du système est parfois floue et la transformation imprécise. En mécanique, les questions relatives aux référentiels non galiléens continuent de poser problème. La physique quantique, et plus spécifiquement l'interprétation des résultats, reste

un point délicat pour une proportion significative d'étudiants. Enfin, l'exploitation efficace des outils numériques n'est pas encore suffisamment maîtrisée par l'ensemble des candidats, même si des progrès ont été remarqués.

En ce qui concerne la forme des prestations, certaines présentations manquent de structure logique, rendant difficile le suivi du raisonnement. L'interaction avec l'examinateur se révèle parfois insuffisante, certains candidats ayant tendance à s'enfermer dans un monologue sans vérifier le bon sens de leur démonstration.

Des performances remarquables ont été observées dans plusieurs domaines clés. En électromagnétisme, les questions portant sur l'analyse des symétries et des invariances sont globalement maîtrisées. Les exercices de thermodynamique impliquant des bilans énergétiques conducto-convectifs ont également donné lieu à d'excellentes prestations.

Réussites exemplaires

Les candidats les plus performants se sont distingués par plusieurs qualités remarquables. Ils ont systématiquement commencé leur présentation par une synthèse claire et concise du problème posé, permettant ainsi de situer immédiatement le cadre de leur démonstration. L'exploitation des scripts Python fournis a été optimale, ces outils étant utilisés à bon escient pour traiter les aspects numériques des problèmes.

Enfin, leur maîtrise des outils transversaux, comme l'analyse dimensionnelle ou l'estimation des ordres de grandeur, ont témoigné d'une formation scientifique solide et complète.

Conseils pour la préparation

Pour préparer efficacement cette épreuve, plusieurs stratégies peuvent être recommandées. Il est tout d'abord essentiel de s'entraîner régulièrement sur des sujets récents comportant des annexes, afin de se familiariser avec ce type de documents. La pratique assidue de Python, et plus particulièrement des bibliothèques scientifiques comme Scipy et Numpy, constitue un atout majeur pour aborder sereinement la partie numérique de l'épreuve.

Lors de l'oral proprement dit, une attention particulière doit être portée à la structure d'une démonstration. Celle-ci gagne à suivre des étapes précises, avec une introduction posant le problème, un développement organisé et une conclusion synthétique analysant le résultat.

La qualité des schémas et des annotations au tableau joue également un rôle important dans la clarté de l'exposé.

Enfin, l'interaction avec l'examinateur doit faire l'objet d'une attention particulière. Il convient de répondre précisément aux questions posées, sans hésiter à reconnaître et corriger une éventuelle erreur, ce qui démontre une capacité précieuse d'auto-évaluation et de rectification.

21.4. Conclusion

L'analyse détaillée des résultats de l'épreuve de Physique-chimie-informatique met en évidence l'existence de deux profils distincts parmi les candidats. D'un côté, les étudiants méthodiques, capables de mener une analyse physique approfondie et de présenter leurs raisonnements avec clarté et rigueur. De l'autre, ceux qui éprouvent des difficultés à structurer leur pensée scientifique et à organiser efficacement leur présentation, faute d'une bonne maîtrise du cours.

Ces résultats confirment que cette épreuve, bien qu'exigeante, joue parfaitement son rôle. Elle constitue en effet un excellent indicateur des capacités nécessaires pour réussir dans les écoles

d'ingénieurs, où les compétences scientifiques doivent s'allier à des qualités de communication et de synthèse.

Le jury tient à encourager les futurs candidats à diversifier leur préparation, en accordant une attention particulière au développement des compétences numériques et à la maîtrise de la phase de synthèse, qui reste un élément déterminant dans l'obtention d'une excellente note. La qualité globale des prestations observées cette année laisse présager une belle réussite des candidats dans leurs futures études.

22. Travaux pratiques de physique-chimie

22.1. Introduction

L'épreuve, d'une durée de trois heures, consiste à réaliser plusieurs expériences, à analyser et à interpréter les résultats en vue de répondre à une problématique concrète et explicitée en introduction.

Que ce soit en chimie (titrage, étude cinétique et thermodynamique, oxydoréduction, etc.) ou en physique (électricité, électronique, optique, capteurs, etc.), il s'agit d'étudier un phénomène particulier à l'aide des notions figurant au programme des deux années de préparation. D'une manière générale, les candidats sont évalués à partir des compétences de la démarche scientifique : s'approprier, analyser, réaliser, valider, communiquer.

Cette évaluation s'articule autour de trois composantes :

- les échanges oraux qui permettent de valider le protocole élaboré par le candidat ou de vérifier qu'il a compris la manipulation qui lui était proposée ;
- les gestes techniques ;
- le compte rendu, rédigé en parallèle des échanges avec l'examineur, dans lequel figurent les réponses à certaines questions identifiées ou à l'intégralité des questions (selon les indications du sujet). Les candidats doivent par ailleurs analyser et valider les résultats et répondre de façon argumentée à la problématique posée. Enfin, ils doivent effectuer une synthèse montrant qu'ils ont compris la démarche et la finalité de l'étude ou encore, pour certains TP de physique, répondre à une question ouverte permettant de replacer le travail dans un contexte plus général.

Le matériel fourni diffère d'un centre d'examen à l'autre. Par défaut, les candidats doivent se munir d'une calculatrice et du matériel d'écriture usuel (stylos, crayons, gomme et règle). Certains se présentent sans calculatrice et utilisent le langage de programmation Python pour faire les calculs. Les appareils connectés (en particulier les téléphones portables) et les clés USB sont interdits. Les montres sont interdites dans certains centres d'examen, mais dans ce cas, un réveil ou une horloge est mis à disposition des candidats. Pour les manipulations de chimie et pour des raisons de sécurité, les candidats doivent porter un pantalon et des chaussures fermées ; les cheveux longs doivent être attachés. Ils doivent se munir d'une blouse en coton à manches longues et apporter leurs lunettes de protection. Les lentilles de contact ne sont pas autorisées.

Durant l'épreuve, les candidats peuvent disposer de la notice de certains appareils ou bénéficier d'explications sur le fonctionnement de certains dispositifs. Des modes d'emploi succincts des différents logiciels sont parfois mis à disposition.

22.2. Analyse globale des résultats

Les candidats de la filière MP sont bien préparés à l'épreuve.

Malgré tout, les candidats de cette filière ont pu rencontrer quelques difficultés dans la réalisation de certains TP de chimie, puis dans l'interprétation des phénomènes.

Cette année encore, le jury se félicite de la présence d'excellents candidats.

22.3. Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

Attitude

L'épreuve de travaux pratiques se déroule souvent dans un lieu différent de celui des autres épreuves. Les candidats doivent donc veiller à se présenter à l'endroit et à l'heure indiqués sur leur convocation sans se tromper de centre d'examen.

Il est rappelé que cette épreuve s'effectue en temps limité : trois heures pour les appels, la réalisation des expériences et la rédaction du compte rendu, une fois les explications et consignes données. En chimie, l'évacuation des produits, le rinçage de la vaisselle et le rangement de la paillasse se font en dehors des trois heures. Un étudiant qui ne respecte pas les consignes de rangement se voit pénalisé dans la notation.

En vue de traiter l'essentiel de l'épreuve dans la durée impartie de trois heures, il est essentiel d'optimiser la gestion du temps. En chimie, le jury constate que certains retardent à l'excès la mise en œuvre des expériences et perdent beaucoup de temps à s'approprier la problématique en s'engageant dans des démarches très souvent inadéquates. En cas de difficulté dans la compréhension du sujet, il conseille aux candidats de faire appel à l'examinateur pour engager un dialogue qui, certes, peut les priver d'une partie des points attribués dans le barème à l'appropriation du problème posé, mais leur permettra de mettre en œuvre les protocoles et d'exploiter les résultats des mesures, activant ainsi les compétences « réaliser » et « valider ». Il attend des candidats une attitude dynamique et la prise d'initiatives pour gérer leur séance.

Les candidats sont aussi invités à lire attentivement l'ensemble du sujet, y compris les informations en début de sujet et les annexes. En effet, des explications introductives permettent souvent de mieux appréhender l'objectif du TP ; des informations complémentaires (fonctionnement du matériel spécifique, régime de fonctionnement des amplificateurs, graduations des réticules en optique, rappels de certains éléments théoriques) sont également données dans les sujets pour éviter toute confusion dans les manipulations. Par ailleurs, une meilleure identification des différentes manipulations à réaliser et des éventuels « temps d'attente » (notamment en chimie : chauffage ou agitation de quelques minutes, acquisitions automatiques en cinétique, attente d'un appel, etc.) permettrait de s'organiser avec plus d'efficacité. Il est à noter que certaines parties du sujet sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre quelconque.

Par ailleurs, l'analyse des données fournies est également très importante. En chimie, les grandeurs physico-chimiques (telles que potentiel standard, constante d'acidité, produit de solubilité, etc.) doivent permettre d'identifier la réactivité des espèces chimiques étudiées (acides, bases, oxydants, réducteurs, etc.), ce qui permet de prévoir ou de comprendre les protocoles. Dans la précipitation, certains candidats passent à côté de ces informations importantes ou font des contresens très préjudiciables à l'élaboration de protocoles pertinents (exemple en électronique : confusion entre des montages en série et parallèle malgré les indications).

Chaque sujet comporte deux ou trois appels, pendant lesquels les candidats doivent faire une brève synthèse orale de leurs réflexions et de leurs travaux et répondre aux éventuelles questions posées dans le sujet. Solliciter l'examinateur pour réaliser un appel est laissé à l'initiative du candidat. Afin que l'échange soit optimal, le jury recommande au candidat de :

- préparer une argumentation organisée de façon claire et logique qui s'appuie sur un vocabulaire adapté (les appareils clairement identifiés, la verrerie correctement nommée, etc.) ;
- présenter un support écrit clair et lisible si la réponse s'appuie sur une équation, un calcul, un schéma ;
- vérifier que ses réponses couvrent l'ensemble des questions posées.

Suivant les cas, un protocole est fourni à l'issue de l'appel, que la proposition faite par le candidat soit correcte ou non. Les candidats doivent mettre en œuvre le protocole distribué (même s'il ne correspond pas à celui qu'ils ont proposé) car il prend en compte les contraintes de matériel, de cinétique et de sécurité.

Interaction avec l'examineur

Les candidats sont, dans leur très grande majorité, courtois. Il est important qu'ils comprennent que les remarques et les propositions formulées par le jury ont pour objectif de les aider. Ils doivent donc y être attentifs et en tenir compte.

Sécurité en chimie

Le port des lunettes ou sur-lunettes est obligatoire pendant toute la durée de l'épreuve des manipulations de chimie.

L'emploi des gants est réservé pour les prélèvements des espèces chimiques corrosives ou toxiques. Le jury en attend un emploi raisonnable et raisonné. Les données de sécurité des substances chimiques engagées dans les manipulations sont indiquées dans le sujet ; il revient au candidat d'en prendre connaissance et de juger de la pertinence ou non de porter des gants. Il est indispensable de retirer les gants après avoir manipulé.

22.3.1. Aspects pratiques en TP de physique

De manière générale, le jury constate une grande disparité dans les compétences expérimentales des candidats. Certains manipulent avec une relative aisance en utilisant le matériel adéquat. Très peu de candidats prennent le temps à la fin de l'épreuve pour faire la synthèse de l'épreuve ou pour répondre à la question ouverte. Quelques candidats attendent la fin de l'épreuve (15 minutes avant la fin) pour rédiger le compte rendu, alors qu'ils devraient le rédiger tout le long de l'épreuve au lieu de consacrer la fin de l'épreuve pour faire la synthèse et la conclusion.

S'approprier

Le titre du sujet contient souvent des informations capitales que tous les candidats ne pensent pas à exploiter.

En optique, pourquoi s'acharner à parler de prisme quand l'objet du sujet est un réseau ? Pourquoi faire des calculs de minimum de déviation sur un prisme quand cette notion est hors programme et que la situation expérimentale montre clairement que le prisme n'est pas utilisé au minimum de déviation ? Pourquoi faire des calculs quand le sujet ne demande que des mesures et donne les formules à utiliser ?

Concernant le matériel d'optique, trop de candidats ne savent pas reconnaître une lentille divergente d'une lentille convergente. Les termes utilisés sont souvent approximatifs et il y a souvent confusion entre les différents instruments (lunette, viseur, collimateur, etc.). Certains instruments mentionnés dans le sujet voient leur orthographe malmenée dans les comptes rendus (l'oculaire devient l'oriculaire ou l'occulaire selon les cas, etc.).

Analyser/Raisonner

Les candidats ne savent que très rarement faire le lien entre les régimes temporels et fréquentiels et ne connaissent pas les équivalents d'un régime à l'autre.

En optique, on note une nette régression dans les connaissances sur les tracés de rayons à travers les systèmes optiques à lentilles. Rappelons qu'un tracé de rayons suit un raisonnement et reflète une réalité expérimentale. Plus de la moitié des candidats font des observations correctes mais ne font pas les tracés de rayons demandés (avouant à l'examinateur que « le tracé de rayons n'est pas leur point fort ») ou font un tracé de rayons qui ne reflète pas la réalité observée ou la situation expérimentale (quel peut bien être le signe de la focale de l'oculaire ? que veut dire « voir à l'infini » ?). Cette déconnexion totale entre la réalité expérimentale et la compréhension des phénomènes est très pénalisante.

En interférométrie, il manque souvent la compréhension physique des phénomènes observés, en particulier la relation entre l'observation (niveau lumineux) et la différence de marche, ainsi que la différence entre forme des franges (rectilignes, circulaires ou autres) et leur interprétation physique (égale épaisseur ou égale inclinaison). Plus généralement, certains candidats n'ont pas acquis les bases théoriques indispensables à la compréhension de certains sujets d'optique. Sur le goniomètre, par exemple, peu de candidats comprennent le protocole de réglage ou font correctement le lien entre les angles lus sur le cercle gradué et les angles incidents et réfractés ou diffractés par un réseau. La conjugaison infini foyer pour un point objet hors d'axe n'est pas toujours maîtrisée ; idem pour la notion de mise au point à l'infini.

Réaliser

Les candidats présentant un montage propre et facile à vérifier sont avantagés. On note toujours des erreurs de masse trop fréquentes (non-raccordement ou raccordement en deux endroits différents, entrée non branchée à la masse, le candidat pensant que c'est équivalent à appliquer un potentiel de 0 V).

Lors de l'étude de systèmes en électronique (filtres par exemple), il est fortement conseillé de visualiser à la fois les signaux d'entrée et de sortie, afin de s'assurer du bon fonctionnement de la maquette ou du montage. Cela permet notamment de vérifier la linéarité du montage (pas de saturation de la sortie, fréquences des signaux d'entrée et de sortie identiques).

Malgré les notices simplifiées fournies pour les oscilloscopes, on note régulièrement des erreurs de mesure en raison d'une mauvaise configuration. Le bouton de configuration automatique des oscilloscopes (« autoset ») est à utiliser avec une grande précaution (pour ne pas dire en dernier recours) car il modifie de nombreux paramètres sans réelle maîtrise. Pour le multimètre et l'oscilloscope, on relève toujours des erreurs de choix entre les positions AC, DC et AC+DC, de branchement (problèmes de masse, ampèremètre en parallèle, voltmètre en série, etc.) et de compréhension de la notion de calibre. Lors du réglage des appareils, la confusion entre fréquence et pulsation, entre tension crête et tension crête-à-crête est source d'erreur de mesure.

La mesure de déphasages pose souvent des problèmes (notamment sur le signe) et les candidats ne pensent pas toujours à utiliser les marqueurs temporels lorsque l'oscilloscope ne fournit pas une mesure du déphasage. Enfin, on note parfois un manque de recul sur l'usage des fonctions « measure », typiquement lorsque le signal est à peine visible à l'écran (ce qui traduit un choix inadapté des échelles d'observation).

En optique, il est primordial d'être précautionneux dans les manipulations en évitant par exemple de toucher les optiques avec les doigts, ou encore d'écrire au stylo sur les optiques. Par ailleurs, les réglages et alignements doivent être effectués avec un maximum de précision : trop souvent, ils sont grossiers, les candidats se satisfaisant de voir un vague signal lumineux quand bien même il leur est demandé de réaliser un alignement soigneux. Le retour sur investissement en temps passé à réaliser des alignements soigneux est pourtant évident : il autorise des mesures avec des biais et des incertitudes réduits. L'examinateur est d'ailleurs très sensible à la qualité des réglages et mesures effectués.

Valider

Il est important de faire preuve d'esprit critique quant aux résultats obtenus par exemple dans le cas d'échelles horizontales ou verticales inadaptées.

Les signaux en sortie d'un système linéaire (type filtre) ont parfois du mal à être interprétés par certains candidats, à partir du diagramme de Bode du système. Certains ont des difficultés à établir la fréquence de coupure à -3 dB d'un filtre ou à définir la bande passante à -3 dB pour un filtre quelconque.

La restitution des résultats sous forme de tracés nécessite quelques règles incontournables (échelle présente et adaptée, courbe suffisamment zoomée pour être lue avec précision). L'exploitation d'un tracé fréquentiel (identifier un gain statique ou une fréquence de coupure, calculer une pente en échelle logarithmique) pourrait être améliorée. L'asymptote en hautes fréquences du tracé fréquentiel d'un filtre passe-bas est parfois utilisée pour identifier sa constante de temps alors que c'est moins précis que l'intersection des asymptotes ou l'utilisation de la fréquence de coupure.

Les signaux numériques, caractérisés par des paliers de tension, sont parfois interprétés comme du bruit. La période d'échantillonnage n'est pas systématiquement mesurée. Le critère de Nyquist-Shannon n'est pas systématiquement considéré dans le cadre des systèmes avec échantillonnage.

Les calculs d'incertitudes-types et leur interprétation pourraient être améliorés. On note en particulier des difficultés pour identifier les grandeurs expérimentales sources d'incertitudes (par exemple l'amplitude du signal d'entrée d'un système électrique est rarement prise en compte) ou encore pour évaluer l'incertitude-type d'une grandeur s'exprimant en fonction d'autres grandeurs, dont les incertitudes-types sont connues, à l'aide d'une somme, d'une différence, d'un produit ou d'un quotient. La comparaison de la cohérence de deux mesures obtenues par des protocoles différents est généralement problématique.

En optique, les schémas représentant les observations faites sont appréciés, mais trop rares. Un schéma en dit souvent plus long qu'un texte.

22.3.2. Aspects pratiques en TP de chimie

Environ vingt pour cent des admissibles au concours ont réalisé une épreuve de travaux pratiques portant sur la chimie. Les sujets portent sur le programme des deux années et permettent d'évaluer les candidats sur leurs compétences en :

- chimie analytique (réalisation de titrage ou de dosage par étalonnage, études de transformation acido-basique ou d'oxydoréduction, précipitation) ;
- cinétique chimique (détermination d'ordre, d'énergie d'activation) ;
- thermochimie (détermination d'enthalpie, d'entropie de réaction) ;
- électrochimie (électrolyses, piles, tracé et/ou utilisation de courbes courant-potentiel).

Les techniques et mesures mises en œuvre sont également variées (calorimétrie, potentiométrie, pH-métrie, conductimétrie, spectrophotométrie, modélisation ou traitement de données au moyen de scripts Python, etc.).

Choix de la verrerie

Le jury souligne qu'il est important de savoir nommer correctement la verrerie lors des échanges avec l'examineur. Il précise que le candidat dispose d'une liste exhaustive du matériel et des espèces chimiques à disposition qui peut l'aider. Il recommande aux candidats de bien réfléchir au choix de la verrerie utilisée. En effet, l'utilisation de pipettes jaugées n'est attendue que pour le

prélèvement d'un volume précis. Pour le prélèvement d'un volume imprécis, l'éprouvette graduée doit être utilisée. Par ailleurs, un bécher n'est pas considéré comme un instrument permettant de réaliser un prélèvement.

L'utilisation d'une verrerie jaugée lorsque ce n'est pas nécessaire est sanctionnée par le jury car elle est signe d'une mauvaise compréhension du rôle des espèces chimiques concernées.

Le remplissage d'une burette graduée doit être effectué à l'aide d'un bécher. La burette fournie est généralement remplie d'eau. Il convient donc de la rincer à l'aide de la solution titrante. De plus, l'ajustement du zéro doit être fait après avoir vérifié l'absence de bulle au bas de la burette, et de préférence à la valeur zéro.

Tests en tube à essais et mesure de pH à l'aide de papier pH

La réalisation de tests en tube à essais s'est avérée étonnante. En effet, de nombreux candidats utilisent la pipette jaugée pour prélever quelques millilitres de solution alors que des pipettes pasteur sont à leur disposition. Par ailleurs, l'interprétation est souvent compliquée, même après échange avec l'examineur car les observations faites sont souvent trop partielles. Le candidat peut ainsi noter que la solution dans le tube se colore mais ne remarque pas que l'obtention de la couleur finale nécessite plusieurs minutes.

Pour une mesure qualitative du pH, le jury recommande l'utilisation du papier pH que peu d'étudiants connaissent. Afin d'éviter toute contamination de la solution, un trempage direct du papier pH dans celle-ci est à proscrire. Il convient de déposer, à l'aide d'une tige de verre, une goutte de solution sur un petit morceau de papier pH, puis de comparer la couleur obtenue à l'échelle de teinte disponible.

Réalisation de solutions

Le jury attend des candidats qu'ils soient capables de réaliser une dilution en utilisant avec précision une pipette jaugée et une fiole jaugée. L'ajustement d'une fiole jaugée doit être réalisé à l'aide d'une pipette pasteur et l'homogénéisation finale de la solution par retournement de la fiole ne doit pas être oubliée.

Pour la réalisation d'une solution par dissolution d'un solide, l'utilisation d'une balance de précision et d'une fiole jaugée est attendue, avec rinçage de la coupelle pour un transvasement quantitatif du solide et homogénéisation en deux temps. Il s'agit de bien comprendre l'expression « peser une masse précise d'environ » et d'utiliser la masse réellement pesée pour l'exploitation des résultats, et non la masse ciblée.

Titrage

Lorsqu'un protocole de titrage doit être établi, le jury attend des candidats qu'ils présentent un raisonnement complet incluant plusieurs étapes :

- identification de la transformation chimique impliquée dans le titrage et écriture de l'équation de la réaction support associée, en réalisant un bilan des espèces introduites dans le milieu réactionnel et en analysant les données fournies (la présence d'espèces ioniques spectatrices ne doit pas engendrer de confusion) ;
- justification du caractère quantitatif de la transformation par calcul de sa constante thermodynamique d'équilibre ou par l'analyse de diagrammes ;
- choix d'une méthode de détermination de l'équivalence adaptée au matériel disponible ;
- écriture de la relation à l'équivalence ;

- choix, en lien avec la burette à disposition, d'un volume équivalent adapté qui permet de déterminer le volume de solution titrée à prélever ;
- choix de diluer ou non la solution à titrer.

Différentes techniques de suivi sont à maîtriser et le jury donne ici quelques indications :

- pour un suivi conductimétrique, le tracé de la conductivité corrigée ou l'ajout d'un grand volume de solvant pour négliger la dilution doit être proposé par le candidat lors de l'élaboration du protocole. Pendant la manipulation, il est inutile de resserrer les points au voisinage de l'équivalence et il faut suffisamment de points après la rupture de pente pour faire une linéarisation correcte ;
- pour un suivi pH-métrique ou potentiométrique, les candidats doivent être capables de prévoir une augmentation ou une diminution de la grandeur mesurée au cours du titrage. Les points doivent être resserrés au voisinage de l'équivalence, puis une détermination précise du volume équivalent est attendue par la méthode des tangentes ou de la dérivée ;
- pour un titrage suivi par colorimétrie, les candidats doivent choisir un indicateur coloré ou identifier une espèce colorée intervenant dans le titrage afin de prévoir le changement de couleur à l'aide des données. Lors de la manipulation, deux essais sont attendus : un premier titrage rapide permettant un encadrement du volume équivalent et un second titrage pour la détermination à la goutte près du volume équivalent. La réalisation de deux titrages concordants est bienvenue. Il convient bien sûr de regarder le bécher ou l'erenmeyer (et pas la burette) pour la détection de l'équivalence.

Il est recommandé de tracer les courbes au fur et à mesure de la prise de valeurs pour repérer l'équivalence et ajuster les volumes ajoutés en conséquence. Pour cela, les candidats disposent de différents tableurs (Regressi, Latis-pro, Excel, LibreOffice Calc) ou de papier millimétré. La réalisation de la courbe à l'aide du langage de programmation Python (via un environnement Pyzo ou Spyder) n'est pas optimale si elle ne permet pas la visualisation de la courbe en direct.

Le jury note que la maîtrise du logiciel choisi par le candidat est souvent insuffisante. Beaucoup de candidats ne savent pas :

- repérer les valeurs relevées par des marqueurs visibles ;
- modifier l'échelle automatique souvent choisie par défaut ;
- exploiter la courbe obtenue avec le logiciel choisi.

Les candidats ont de grosses difficultés pour appréhender les titrages indirects.

Spectrophotométrie

Le jury souhaite attirer l'attention sur plusieurs points à bien maîtriser en spectrophotométrie :

- le blanc doit être réalisé avec une cuve contenant les espèces chimiques autres que celle étudiée, et pas uniquement de l'eau. L'utilité du blanc doit être bien comprise et expliquée ;
- l'intérêt de travailler au maximum d'absorbance doit être justifié complètement, le candidat ne pouvant se contenter d'indiquer simplement une meilleure précision ;
- lorsqu'il y a plusieurs mesures, le jury recommande l'utilisation d'une unique cuve, qui doit être rincée avec la solution dont on mesure l'absorbance.

De plus, une bonne homogénéisation des solutions de la gamme d'étalonnage est nécessaire à l'obtention d'une gamme étalon satisfaisante.

Calorimétrie

Cette année, les mesures de calorimétrie n'ont pas posé de gros problèmes aux candidats. Nombreux sont ceux qui connaissent la capacité thermique du calorimètre et savent la déterminer expérimentalement par la méthode des mélanges.

Les mesures de température peuvent être réalisées, selon les sujets proposés, avec un thermocouple relié à un dispositif d'acquisition permettant de réaliser un suivi temporel de la température ou avec un thermomètre à affichage numérique.

Oxydoréduction

Lorsque des réactions d'oxydoréduction sont impliquées, l'équation de la réaction modélisant la transformation doit être correctement équilibrée, en établissant au préalable les demi-équations électroniques associées à chaque couple. Le jury attend par ailleurs des candidats qu'ils distinguent d'une part l'étude thermodynamique et d'autre part l'étude cinétique. Pour déterminer si une transformation est thermodynamiquement favorisée, l'utilisation des diagrammes E-pH n'est pas maîtrisée par l'ensemble des candidats. Les réactions de dismutation ou de médiamutation posent notamment problème. Les courbes courant-potentiel sont, quant à elles, très mal utilisées. Certains candidats ne savent pas que l'étude de ces courbes donne accès à la cinétique de la réaction.

Dans le cas d'une pile ou d'une électrolyse, le schéma du montage doit être maîtrisé et les réactions électrochimiques possibles à chaque électrode doivent pouvoir être discutées. L'électrolyse pose souvent des problèmes de compréhension aux candidats, en particulier la notion de rendement d'électrolyse.

Cinétique

Les suivis de cinétique sont souvent bien exécutés et le lien entre la grandeur mesurée au cours du temps et la concentration en quantité de matière est correctement établi. Néanmoins, les candidats ont de grandes difficultés à mobiliser l'outil numérique (Python, tableur, etc) pour réaliser les opérations simples sur les données ou des régressions linéaires.

22.3.3. Exploitation des résultats en TP

La mise en œuvre d'une expérience est l'occasion pour les membres du jury d'évaluer la capacité des candidats à adopter une démarche critique et réflexive sur le contenu, les conditions opératoires et la nature des opérations d'un protocole donné. Il est ainsi nécessaire que les candidats vérifient la pertinence des résultats obtenus (comparaison à des valeurs de références, informations tirées de la littérature, etc.) et réfléchissent aux sources d'incertitudes. Des résultats expérimentaux incohérents ne perturbent pas certains candidats.

Certaines courbes réalisées manquent de définition d'échelle ou utilisent des échelles inadapées. On relève aussi parfois une erreur sur l'unité choisie (pourtant précisée dans l'énoncé) qui implique une déviation importante sur les résultats (passage de degrés Celsius en kelvins, par exemple). Un graphique doit, par ailleurs, présenter un titre et les axes doivent être annotés.

Dans l'ensemble, la plupart des candidats maîtrisent correctement le tracé expérimental de diagrammes de Bode ainsi que l'analyse de ces diagrammes mais annoncent comme « asymptote à -20 dB/décade » une droite de pente différente, qu'ils ont tracée en se contentant de « coller » au mieux aux points de mesure. Dans d'autres cas, les candidats ne pensent pas toujours à essayer de se ramener au tracé d'une droite pour tester un modèle physique. Inversement, de nombreux candidats essaient de faire passer une droite par des points qui n'ont pas de raison

particulière d'être alignés. Dire qu'une courbe est une droite après avoir placé seulement trois points n'est pas rigoureux et il convient de placer tous les points mesurés avant de conclure. Par ailleurs, toute courbe qui n'est pas affine n'est pas une « courbe exponentielle ».

En chimie, le tracé de la courbe de titrage n'est pas une fin en soi. Il faut ensuite l'exploiter en vue de déterminer le volume à l'équivalence. Trop souvent, cette étape est faite de façon approximative. Le candidat indique d'ailleurs souvent que le volume à l'équivalence « est environ égal à » une valeur donnée. Par ailleurs, il est inacceptable que certains candidats dressent un graphique rudimentaire et peu précis sur le compte rendu puis l'utilisent pour lire un volume versé à l'équivalence.

En chimie, l'évaluation des incertitudes a pu être réalisée soit par propagation des incertitudes, soit en utilisant la méthode Monte Carlo dont un script Python à adapter était fourni. Le jury recommande d'utiliser l'écart normalisé (ou z-score) et non l'écart relatif. De même, il est conseillé d'analyser les résidus (écarts entre les points expérimentaux et un modèle mathématique mis en œuvre) pour valider ou invalider un modèle choisi et non la valeur du coefficient de corrélation. Les candidats pourront consulter avec intérêt la ressource « Mesure et incertitudes au lycée » <https://eduscol.education.fr/document/7067/download>, publiées sur Eduscol le 5 juillet 2021, à propos du traitement des incertitudes au lycée.

22.3.4. Compétence « communiquer »

À l'oral

L'épreuve comporte une part de communication orale et la capacité des candidats à exposer clairement leur démarche est largement évaluée. Il est conseillé de débiter par une courte introduction du contexte, la présentation doit s'appuyer autant que possible sur un schéma clair, un calcul effectué proprement au brouillon, des graphiques clairs et pertinents. Il est important de ne pas omettre de présenter le protocole utilisé et d'en justifier la pertinence (s'il y avait un choix possible).

On attend un langage précis, une expression claire. Par ailleurs, les candidats confondent les verbes « mesurer » et « calculer » : une grandeur obtenue par la mesure de grandeurs expérimentales est une grandeur mesurée. Lorsque l'on détermine une grandeur à partir de grandeurs tabulées, la grandeur obtenue est une grandeur calculée.

À l'écrit

Un compte rendu succinct est attendu.

Dans ce compte rendu, le candidat doit faire figurer les réponses aux questions posées dans le sujet et communiquer ses résultats expérimentaux. Toutefois, il n'est pas nécessaire de présenter le détail des protocoles qui ont été précédemment abordés à l'oral car ils ont déjà été évalués. Les observations ou remarques pertinentes qui n'auraient pas été discutées avec l'examineur sont cependant appréciées.

Enfin, le candidat doit s'efforcer de rédiger son compte rendu en utilisant un vocabulaire rigoureux, une syntaxe correcte et une calligraphie lisible. Les résultats doivent être soulignés ou encadrés. Le compte rendu ne doit pas être rédigé au crayon de papier. Les explications doivent être concises et répondre aux questions posées. En physique, les tableaux de mesures sont trop rares alors qu'ils sont très appréciés.

Le jury recommande aux futurs candidats ne pas négliger la rédaction du compte rendu. Il a été noté que la qualité des comptes rendus s'est globalement dégradée ces dernières années. En TP de physique, dans certains sujets, une part non négligeable du travail, qui peut compter jusqu'à

un tiers de la note finale, est à faire après le dernier appel et n'est donc évalué qu'à l'écrit. Les courbes doivent être systématiquement légendées, les axes gradués et avec le nom et l'unité des grandeurs physiques qu'ils représentent.

Lorsque cela est demandé explicitement, il est important de rédiger une introduction (rappelant les objectifs du TP et montrant que le candidat s'est approprié le sujet) et une conclusion répondant à la problématique.

22.4. Conclusion

Cette épreuve requiert de la part des candidats des efforts d'appropriation du sujet et d'analyse. Après avoir réalisé les manipulations, il convient d'en exploiter les résultats expérimentaux et d'avoir une attitude critique vis-à-vis des résultats obtenus.

Ce rapport pointe principalement les erreurs et l'absence de maîtrise de capacités techniques et compétences expérimentales observées chez les candidats mais le jury n'en oublie pas moins les qualités de beaucoup d'entre eux. Les qualités évaluées par cette épreuve sont complémentaires de celles de l'oral et permettent à des candidats d'obtenir de très bonnes notes en ayant travaillé intelligemment et régulièrement lors des séances de travaux pratiques des deux années de préparation.