

# Physique-chimie

## Présentation des épreuves

### Organisation de l'oral

Il appartient aux candidats d'être présents au lieu et à l'heure prévus par leur convocation, sans retard. Ils doivent impérativement être munis de cette **convocation**, d'une **pièce d'identité**, d'un **stylo** et de leur calculatrice personnelle. Tout téléphone portable ou objet communicant doit bien sûr être éteint. Il peut être demandé aux candidats de déposer ces derniers en vue, hors de leur portée, pour la durée de l'épreuve.

L'ordre de passage des deux épreuves de physique-chimie et de physique-chimie-informatique est aléatoire mais l'organisation interne des oraux est telle que le thème disciplinaire principal du sujet proposé aux candidats sera différent lors des deux épreuves. Il n'y a en revanche aucune corrélation entre ces épreuves orales et le thème de l'épreuve de travaux pratiques de physique-chimie.

L'épreuve orale de physique-chimie est une épreuve sans préparation : les candidats se voient remettre un sujet, comportant un exercice unique, lors de leur entrée dans la salle. Il doit en débiter immédiatement la présentation au tableau. L'épreuve dure donc 30 minutes environ (des formalités à l'entrée à l'effacement du tableau inclus). Les applications numériques et leurs commentaires ne sont pas facultatifs ; les candidats doivent donc être en mesure d'utiliser efficacement leur calculatrice personnelle (en physique-chimie) ou la console **Python** (en physique-chimie-informatique) ou bien de proposer des estimations d'ordres de grandeur, en fonction de l'énoncé qui leur est proposé.

L'épreuve orale de physique-chimie-informatique est une épreuve avec préparation : les candidats disposent d'environ trente minutes pour cette préparation. Le sujet comporte un exercice unique qui peut être associé à un document annexe à analyser, à un script **python** à exploiter ou à compléter, à une simulation ou un enregistrement vidéo, ou à plusieurs de ces compléments d'énoncé. La présentation débute à l'issue de cette phase de préparation. Le papier de brouillon utilisé pendant cette préparation est fourni aux candidats ; il reste à leur disposition pendant le passage au tableau puis est détruit (et n'est donc jamais évalué) à l'issue de l'épreuve. La durée totale de celle-ci est donc d'une heure (des formalités à l'entrée à l'effacement du tableau inclus). Les applications numériques gagnent presque toujours à être exécutées au moyen de **Python**, en particulier du fait que la majorité des sujets est accompagnée d'un script déjà programmé comportant toutes les données utiles.

### Programme des épreuves orales

Les deux épreuves orales portent sur la totalité des programmes de physique et chimie des deux années de préparation (MPSI et MP), y compris les outils mathématiques et transversaux, les approches documentaires et thématiques expérimentales. Les candidats n'ont pas le choix du sujet qui leur est proposé.

Les épreuves orales ne se limitent en aucun cas à une simple vérification des connaissances du programme ; la connaissance du cours est donc une condition nécessaire au bon déroulement de l'oral, mais elle n'y suffit pas. Les deux épreuves orales, sur la base de la maîtrise de ce programme, évaluent en réalité l'acquisition de compétences bien spécifiques, telles qu'elles sont définies par le programme officiel des classes de préparation.

Les sujets proposés ne font jamais appel à des connaissances, méthodes ou résultats hors programme. Toutefois, si les candidats proposent d'eux-même d'utiliser une telle notion, le jury se réserve le droit de vérifier qu'ils connaissent bien les conditions d'application du résultat proposé et, à défaut, peut en refuser l'emploi.

## L'évaluation des épreuves orales

### En physique-chimie

Le sujet imposé débute toujours de manière très proche du cours, de façon à évaluer d'abord les connaissances globales du thème abordé et la capacité des candidats à les organiser. L'exercice se poursuit toujours dans un cadre contextualisé, les candidats devant alors construire et présenter un raisonnement personnel : analyse, mise en équations et résolution du problème posé. Lors du déroulement de l'épreuve, l'examineur évalue la capacité des candidats à mettre à profit les indications qu'ils reçoivent, à valider ou rectifier les hypothèses choisies, à relier le problème traité aux résultats du cours.

### En physique-chimie-informatique

Le sujet fourni aux candidats est toujours fortement contextualisé et accompagné dans presque tous les cas d'annexes (documents, figures, simulations, scripts `Python`...) qui permettent une préparation construite en amont de l'oral. Le jury attend (et obtient parfois) que l'oral débute par une présentation synthétique du problème posé et des méthodes de résolution envisagées. Pendant la suite de l'oral, le recul acquis pendant la préparation sur le sujet traité permet aux meilleurs candidats un développement en profondeur des notions abordées.

### Longueur des sujets

Seul le déroulement de l'oral influe sur l'attribution de la note, en particulier en comparaison des autres candidats interrogés au même moment et sur le même thème. Il est parfaitement possible d'obtenir une très bonne note en ayant fourni un traitement de qualité d'une partie seulement de l'énoncé. De la même manière, le fait de parcourir, à grande vitesse mais sans approfondir et parfois sans rigueur, la totalité du sujet n'est absolument pas une garantie d'obtenir une telle bonne note.

## Analyse globale des résultats

Ce rapport présente une analyse statistique des notes attribuées lors des deux épreuves orales. Ces notes couvrent toute la gamme de 1 à 20. Ce qui est proposé plus bas en constitue un résumé succinct assorti de quelques commentaires.

### Les points communs aux deux épreuves

Les perturbations de la scolarité des candidats à l'oral 2024 dues à la pandémie de COVID-19 sont maintenant assez anciennes pour qu'elles aient peu influencé la préparation aux concours. Le jury a donc logiquement vu des candidats plutôt bien préparés, bien au courant de la modalité des épreuves, sans lacune massive dans leurs connaissances, et prêts pour beaucoup d'entre eux à fournir une prestation dynamique lors de l'oral.

Les deux épreuves ont pu ainsi évaluer de manière pertinente la maîtrise des méthodes et savoir-faire en physique-chimie mais aussi d'autres compétences : savoir élaborer un discours, faire preuve d'écoute puis de réactivité et manifester un bon esprit de synthèse. Les candidats qui n'ont pas manifesté de lacunes sur l'ensemble du spectre ainsi évalué ont logiquement obtenu de bonnes notes ; environ **23 %** des étudiants ont ainsi été notés **de 15 à 20**.

Certains candidats ont occupé l'autre extrémité du spectre des notes, en général en cumulant lacunes disciplinaires, méthodologiques et de présentation. On notera ainsi qu'environ **21 %** des étudiants ont été notés **de 1 à 8**. le jury n'attribue pas la note zéro à un candidat présent à l'oral.

## Les différences entre les deux épreuves

Comme indiqué plus haut, les épreuves orales de physique-chimie et de physique-chimie-informatique évaluent les performances des candidats sur deux parties distinctes de leur programme ; c'est une cause possible des différences que certains ont pu constater entre leurs deux notes.

Au-delà de cette différence évidente, des candidats qui maîtrisent bien l'ensemble du programme peuvent néanmoins obtenir des notes bien différentes aux deux oraux. Ceux-ci sont en effet conçus pour évaluer de manière complémentaire les candidats. Ainsi, si environ **46 %** des candidats ont obtenu aux deux épreuves des notes proches (écart compris entre 0 et plus ou moins 2 points) ; plus de la moitié d'entre eux ont un écart de plus ou moins trois points.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

### Comportement à l'oral

L'immense majorité des candidats se présente en connaissance de cause, et en connaissant les modalités des deux épreuves. Évidemment ceux qui les découvrent en arrivant, n'ont pas de stylo, pas de preuve d'identité, etc., ressortent d'autant.

Le jury apprécie les efforts de présentation des étudiants. Le choix du registre de langage, les efforts de gestion du tableau, des schémas soignés et lisibles au tableau, ont évidemment une influence positive sur la note finale.

Une épreuve orale doit s'appuyer sur l'interaction des candidats avec leur interrogateur : c'est à lui qu'il faut parler (et non à son tableau), il faut l'écouter quand il parle ou pose une question (c'est toujours en première intention à l'avantage des candidats) et lui répondre. Toutefois, en l'absence d'interruption, c'est aux candidats de gérer le déroulement de l'oral qui ne doit en aucun cas être interrompu pour attendre une confirmation ou une approbation, qui ne viendra pas.

### Gestion du déroulement de l'interrogation

Certains candidats se pénalisent eux-mêmes par une mauvaise gestion du déroulement de l'interrogation. L'idée qu'il vaudrait mieux faire « trainer » l'épreuve sur les questions faciles pour éviter d'être confronté à celle qui semblent un peu plus délicates est complètement fautive : avancer dans le sujet, même avec l'aide de l'examineur, ne peut que favoriser les candidats et jamais baisser sa note !

Il serait bon que les candidats se préparent à une bonne gestion de leur tableau. Si celle-ci n'est pas évaluée en tant que telle lors d'un oral, savoir retrouver les résultats pertinents, s'appuyer sur un schéma déjà tracé pour répondre à une nouvelle question, etc., est toujours avantageux.

### Remarques disciplinaires

Quel que soit le champ disciplinaire concerné, le jury a pu voir des oraux de qualité mais aussi des prestations décevantes. Les remarques qui suivent, présentent quelques une des erreurs commises par les candidats ; il ne s'agit pas d'une liste exhaustive des points difficiles mais seulement de quelques exemples d'erreurs que le jury souhaite éviter aux candidats des futures sessions du concours.

#### Chimie

Pour de nombreux exercices, les candidats ont tout intérêt à recourir à un tableau d'avancement. De même, en électrochimie, l'application de la « règle du gamma » doit suivre immédiatement le recensement des réactifs potentiels.

Si la détermination des grandeurs thermodynamiques standard est en général bien connue, leur interprétation physique fait parfois défaut. L'évaluation des températures de fin de réaction est trop rarement présentée avec la rigueur attendue.

Bien sûr la chimie, comme d'ailleurs la thermodynamique physique, comporte quelques usages concernant les unités de température (degrés celsius), de volume (litres), de pression (bars) et de masse (grammes), qui ne doivent pas être oubliés avant les applications numériques.

### Électricité et électronique

Identifier clairement un diviseur de tension suffit souvent à établir les équations électriques les plus simples ; à contrario en voir un là où il n'est pas, est une faute sanctionnée. Identifier un filtre et ses éléments caractéristiques devrait être une opération rapide, que ce soit à partir du schéma du montage, de l'expression de la fonction de transfert ou de l'observation de son comportement ; ça n'est pas toujours le cas.

La condition de Nyquist-Shannon est en général citée correctement, mais la signification du terme nommé «  $f_{\max}$  » est souvent peu claire.

### Électromagnétisme

L'emploi de méthodes ou de résultats inadaptés (relation de structure des ondes planes pour des ondes qui ne le sont pas, notation complexe maintenue pour des grandeurs énergétiques, ...) est à l'origine d'un grand nombre d'erreurs aisément évitables ! Attention à ne pas confondre les directions de polarisation et de propagation.

En électrostatique et magnétostatique, l'étude des symétries puis des invariances des causes du champ étudié doit, dans cet ordre, précéder la détermination du champ. Les erreurs des candidats viennent presque toujours de fautes dans l'analyse de ces symétries.

Quelques candidats confondent les forces de Lorentz et de Laplace, qui ne s'appliquent pas aux mêmes systèmes (et n'ont pas la même expression).

### Mécanique classique

Quelques candidats rencontrent des difficultés importantes pour traiter des problèmes simples (propriétés du mouvement circulaire, caractère libre ou lié d'un mouvement...) ; ce n'est pas normal.

Certains étudiants ne savent pas exprimer correctement les pseudo-forces d'inertie ; leurs expressions dans les cas du programme (rotation d'axe fixe et translation) doivent être connues, et il ne faut évidemment pas confondre le mouvement d'un référentiel avec celui du système étudié.

Une analyse physique préalable des lois de Coulomb du frottement solide évite souvent les erreurs dans leur application.

### Mécanique quantique

L'interprétation physique pose bien plus de problème que les calculs qui sont ici généralement bien menés. Les applications numériques sont parfois délicates, peut-être à cause des ordres de grandeur inhabituels ou des limites techniques de certaines calculatrices. Une détermination d'ordre de grandeur ou, le cas échéant, l'emploi d'un script **Python** permettraient pourtant de contourner ces difficultés.

### Optique

Traiter un exercice d'optique, c'est presque toujours commencer par faire un schéma. Plus il est élégant et général et plus il sera utile aux candidats. Les paramètres angulaires sont souvent essentiels ; rappelons

qu'ils s'expriment couramment de degrés, minutes et secondes d'angle et qu'il convient de savoir les convertir en radians.

Les calculs de différence de marche s'appuient normalement sur l'application du théorème de Malus, qu'il faut appliquer avec soin et discernement (il n'y a de plan de phase que dans le cas d'une onde plane...). Dans de nombreux cas, le théorème de Malus n'est utile que si on l'applique aux ondes fictives imaginées dans le cadre de la loi du retour inverse de la lumière.

La notion de localisation des franges (dans l'interféromètre de Michelson) reste encore souvent mal comprise.

L'étude et les conditions d'emploi des réseaux de diffraction restent bien mystérieux pour certains candidats (c'est aussi le cas de la notion même de diffraction).

### Thermodynamique

Quelques résultats classiques sont parfois mal maîtrisés (théorème de Carnot, régimes d'écoulement stationnaire) ; les changements d'état sont souvent cause de sérieuses difficultés, que ce soit pour l'interprétation des diagrammes diphasés ou pour l'expression des variations des fonctions d'état. La modélisation en résistance thermique, lorsque elle est justifiée, simplifie souvent les raisonnements.

Plus généralement il n'est pas possible de faire une étude thermodynamique sans définir pour commencer le système étudié et la transformation qu'il subit. Il est aussi indispensable d'être soigneux avec les algébrisations, notamment des transferts thermiques.

Affirmer sans aucune justification l'équation de diffusion n'est pas une bonne idée. Sa résolution exige de toutes façons des précisions quant aux conditions aux limites et/ou aux conditions initiales.

Si les candidats ont souvent bien compris que, dans le cadre de la distribution statistique de Boltzmann la limite basse température est le peuplement majoritaire des niveaux les plus bas, certains pensent à tort que la limite haute température est le peuplement majoritaire des niveaux les plus hauts.

### Conclusion

Même si les paragraphes, qui précèdent, insistent sur certaines erreurs courantes et regrettables, le jury tient à souligner la bonne impression d'ensemble qui, encore une fois, se dégage des épreuves 2024. Les candidats, tout en manifestant un niveau variable, sont en général motivés, aimables, ponctuels, informés du format de l'épreuve et, pour beaucoup, bien préparés.

Pour aider à la préparation aux sessions du concours à venir, des sujets d'oral récents seront publiés sur le site du concours.

# Travaux pratiques de physique-chimie

## Présentation de l'épreuve

L'épreuve, d'une durée de 3 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, électrolyse...) ou en physique (électricité, électronique, optique, capteurs...), 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.

L'évaluation s'articule le plus souvent autour de trois composantes : les échanges oraux qui permettent de valider le protocole élaboré par les candidats ou de vérifier qu'ils ont compris la manipulation qui leur était proposée, les gestes techniques et le compte-rendu. En effet, parallèlement aux échanges avec l'examinateur, les candidats rédigent un compte-rendu dans lequel figurent les réponses à certaines questions identifiées ou à l'intégralité des questions (selon les indications du sujet). Ils 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 leur calcul. 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 et 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.

## Analyse globale des résultats

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

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 de candidats excellents.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs 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, le rangement de la paillasse et la vaisselle se font en dehors des trois heures. Un candidat qui ne respecte pas les consignes de rangement se voit pénaliser dans la notation.

Les candidats sont responsables de la gestion de leur temps qui doit leur permettre de traiter l'essentiel de l'épreuve dans la durée impartie. En chimie, 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 calculs très souvent inadéquats. Le jury conseille, en cas de difficulté dans la compréhension du sujet, de faire appel à l'examineur pour engager un dialogue qui, certes, peut priver d'une partie des points attribués dans le barème lié à l'appropriation du problème posé, mais permet de mettre en œuvre les protocoles et d'exploiter les résultats des mesures, activant ainsi les compétences « Réaliser » et « Valider ». Il est attendu des candidats une attitude dynamique et la prise d'initiative pour gérer leur séance.

Les candidats sont invités à lire attentivement l'ensemble du sujet, y compris les informations en début de sujet et les annexes. En effet, 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) permettrait de s'organiser avec plus d'efficacité. Certaines parties du sujet peuvent être traitées indépendamment et dans un ordre quelconque ; 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, dans la précipitation, certains candidats passent à côté d'informations importantes ou font des contre-sens très préjudiciables à l'élaboration de protocoles pertinents (exemple en électronique : confusion entre des montages en série et parallèle malgré les indications). L'analyse des données fournies est également très importante. En chimie, elle permet d'identifier la réactivité des espèces chimiques étudiées (acides, bases, oxydants, réducteurs...) et les grandeurs physico-chimiques qui les caractérisent ( $E^\circ$ ,  $pK_a$ ,  $pK_s$ ) donc de prévoir ou de comprendre les protocoles.

Dans chaque sujet, figurent deux ou trois appels à l'examineur, 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. Le jury recommande par ailleurs une rédaction écrite raisonnée pour préparer des échanges efficaces. Les candidats doivent prendre l'initiative de solliciter l'examineur pour chaque appel.

Le jury attend que les candidats préparent ces appels :

- l'argumentation doit être organisée de façon claire et logique et s'appuyer sur un vocabulaire adapté (les appareils clairement identifiés, la verrerie correctement nommée...) ;
- si la réponse s'appuie sur une équation, un calcul ou un schéma, il faut que le support écrit soit clair et lisible.

Suivant les cas, un protocole est fourni à l'issue de l'appel, que la proposition faite par les candidats 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

Dans leur très grande majorité, les candidats sont 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 produits corrosifs ou toxiques. Garder des gants en permanence est inutile et même dangereux.

Par ailleurs, les rejets des solutions doivent se faire de façon raisonnée. Des bidons de déchets sont mis à disposition. En cas de doute, il est conseillé de questionner le technicien de la salle ou l'examineur.

## 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 leur travail ou pour répondre à la question ouverte. Quelques candidats attendent la fin du temps imparti (15 min 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 ne travaille pas 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 utilisé en optique, trop de candidats ne savent pas distinguer 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...). Certains instruments mentionnés dans le sujet voient leur orthographe maltraitée dans les comptes-rendus, révélant un cruel manque de culture chez certains candidats (l'oculaire devient l'oriculaire ou l'occulaire selon les cas...)

## Analyser / Raisonner

Les candidats ne savent que très rarement faire le lien entre les régimes temporels et fréquentiels.

En optique, le jury 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 modélise une réalité expérimentale. Beaucoup (plus de 50 % !) de candidats font des observations correctes mais ne font pas les tracés de rayons demandés (avouant à l'examineur 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. Cette déconnexion entre la réalité expérimentale et la modélisation des phénomènes est très pénalisante pour les candidats.

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 la 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. Le jury note toujours des erreurs de masse trop fréquentes (non-raccordement ou raccordement en deux endroits différents, entrée non branchée à la masse, les candidats 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 de leur 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, le jury 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, le jury 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...) 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'erreurs 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 Le jury note parfois un manque de recul sur l'usage des fonctions « measure » typiquement lorsque que le signal est à peine visible à l'écran (ce qui traduit un choix inadapté des échelles d'observations).

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 de bons alignements est pourtant évident : il autorise des mesures avec des biais et des incertitudes réduits. L'examineur 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. Le jury 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.

### Aspects pratiques en TP de chimie

Environ 20 % 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 ou d'entropie de réaction) ;
- électrochimie (électrolyses, piles, tracé 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 recommande aux candidats de bien réfléchir au choix de la verrerie utilisée. Pour un volume précis, l'utilisation de pipettes jaugées est attendue. Pour le prélèvement d'un volume imprécis l'utilisation d'éprouvettes graduées est attendue, un bécher n'est pas considéré comme un instrument permettant de prélever.

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. Il est important de savoir nommer correctement la verrerie lors des échanges avec le jury.

Le remplissage d'une burette graduée doit être effectué à l'aide d'un bécher. 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.

### 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. 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.

## Titration

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 d'appréciation de l'équivalence avec le matériel disponible.
- Écriture de la relation à l'équivalence, choix d'un volume du prélèvement adapté, choix de diluer ou non la solution titrée.

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 les candidats lors de l'élaboration du protocole. Lors de 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. Il convient bien sûr de regarder le bécher ou l'ermeneyer (et pas la burette) pour la détection de l'équivalence

L'utilisation d'un logiciel (Regressi, Latis-pro, Excel, Libre-office Calc, Pyzo ou Spyder) est recommandée pour le tracé des courbes, bien que l'utilisation du papier millimétré soit également acceptée. Il est recommandé de tracer les courbes au fur et à mesure de la prise de valeur pour repérer l'équivalence et ajuster les volumes ajoutés en conséquence. Le jury conseille de choisir des marqueurs visibles pour les valeurs relevées. Si le logiciel choisi le permet, il est recommandé aux candidats de l'utiliser pour déterminer le volume versé à l'équivalence à partir de la courbe tracée.

## 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, les candidats 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.

Une bonne homogénéisation des solutions de la gamme d'étalonnage est nécessaire à l'obtention d'une bonne gamme étalon.

#### Mesure de pH à l'aide de papier pH

Pour une mesure qualitative du pH, le jury recommande d'utiliser du papier pH et conseille d'en utiliser peu et de déposer à l'aide d'une tige de verre une goutte de solution sur le papier pH. Afin d'éviter toute contamination de la solution, un trempage direct du papier pH dans la solution est à proscrire.

#### Calorimétrie

Les mesures de calorimétrie n'ont pas cette année posé de gros problèmes. La capacité thermique du calorimètre est une grandeur qui est connue par un grand nombre de candidats qui 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, le jury attend des candidats qu'ils utilisent les données et les diagrammes E-pH pour déterminer si la transformation est thermodynamiquement favorisée ou non, puis éventuellement les courbes intensité-potentiel pour déterminer si elle est cinétiquement bloquée ou non. L'équation de la réaction modélisant la transformation doit être correctement ajustée, en établissant au préalable les demi-équations électroniques de chaque couple.

Dans le cas d'une pile ou d'une électrolyse, le schéma du montage doit être maîtrisé et les demi-équations électroniques 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.

#### 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...) 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 inadaptées. Le jury 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). Certains candidats dressent un graphique rudimentaire et peu précis sur le compte-rendu. Par exemple, il est inacceptable de lire un volume versé à l'équivalence sur une feuille de copie avec une abscisse non précisée et mal graduée. Un graphique doit 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 linéaire n'est pas une « courbe exponentielle ». Le jury rappelle l'importance d'effectuer une linéarisation des données expérimentales selon un modèle qui doit être validé ensuite. Que les logiciels permettent d'autres ajustements n'est pas une justification de leur utilisation.

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) pour valider ou invalider un modèle choisi.

### **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).

Le jury 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 mesure. 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, les candidats doivent faire figurer les réponses aux questions posées dans le sujet et communiquer leurs 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, les candidats doivent s'efforcer de rédiger leur 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. Le jury note 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 évaluée 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 les candidats se sont appropriés le sujet) et une conclusion (résumant les objectifs qui ont été atteints).

## Conclusion

L'épreuve de travaux pratiques 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 certains candidats mais le jury n'en oublie pas moins les qualités de beaucoup d'entre eux. Les compétences 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.