

Physique-chimie

Présentation des épreuves

Caractéristiques communes aux deux épreuves

Les épreuves d'admission comportent *deux épreuves* orales dénommées physique-chimie 1 (épreuve sans préparation) et physique-chimie 2 (épreuve avec 30 minutes de préparation et mise à disposition d'un ordinateur). La durée de passage est de 30 minutes pour chacune des deux épreuves. Chaque candidat passe ces deux épreuves dans un ordre aléatoire. L'ordre et le contenu de ces épreuves sont *sans rapport* avec l'épreuve de travaux pratiques.

Le déroulement d'une épreuve orale de physique-chimie amène le candidat à affirmer, en plus de la nécessaire maîtrise des éléments de base du programme, des qualités particulières : *exprimer* (oralement, en pas seulement par écrit ; le tableau n'est qu'un auxiliaire !) les concepts et méthodes qu'il développe, mais aussi *écouter* les interventions de l'examinateur. Rappelons ici que ces interventions, qu'il s'agisse de préciser un point de détail ou de suggérer des pistes négligées, ont *toujours* pour but d'aider l'étudiant à exprimer le meilleur de son potentiel.

Le programme

Chacune des épreuves orales de physique-chimie porte sur la **totalité** des programmes de physique-chimie des classes MPSI et MP, y compris les parties intitulées *formation expérimentale, approches numériques et documentaires, outils mathématiques* et *outils transversaux* de ces programmes. Le jury est extrêmement attentif à ne jamais déborder des limites de ce programme. Toutefois, un minimum de bon sens et un peu de culture générale scientifique sont exigibles à ce niveau. De plus, des éléments complémentaires (formulaires, rappels, etc.) sont fournis au candidat en tant que de besoin.

L'organisation des épreuves assure que, quel que soit l'ordre dans lequel chaque candidat passe les deux épreuves, les thèmes principaux des sujets qui lui seront proposés seront distincts. L'existence des deux épreuves permet ainsi un balayage plus complet du programme et il n'est pas raisonnable de se présenter à l'oral en ayant fait l'impasse sur tout un chapitre du cours, jugé peut-être « marginal », comme cela s'est pourtant vu à l'occasion.

Calculatrices

Lors des deux épreuves, chaque candidat peut librement disposer de sa calculatrice personnelle et peut donc l'utiliser comme bon lui semble. Le jury ne souhaite pas entendre la question « *Puis-je utiliser ma calculatrice ?* » (oui, bien sûr, puisqu'elle est autorisée), pas plus que la question « *Dois-je faire les applications numériques ?* » (si elles sont demandées, c'est sans doute qu'elles ont un intérêt). Rappelons plus généralement que *c'est le candidat qui mène l'épreuve* et décide de son rythme, l'examinateur prend acte, pose des questions, suggère des pistes, mais ne peut, ne veut ni ne doit intervenir pour prendre la place du candidat.

Les sujets

Des exemples de sujets posés aux deux épreuves lors des sessions passées du concours, y compris la session 2017, sont disponibles sur le site du concours. Bien sûr, le déroulement effectif de l'interrogation peut amener l'examinateur à modifier la nature, la difficulté ou le champ disciplinaire des questions posées ; cette liberté n'est pas celle du candidat.

L'épreuve de physique-chimie 1

Il s'agit d'une épreuve orale *sans préparation*, d'une durée de 30 minutes. Dès son entrée dans la salle d'interrogation, le candidat se voit remettre un sujet, bref et traitant un thème ou un dispositif unique.

Dès qu'il a pris connaissance du sujet, le candidat est invité à prendre en main le déroulement de l'oral en *débutant la réponse* aux questions posées. Celles-ci commencent toujours par une question qui précise le thème de l'exercice. Elle permet au candidat de mobiliser ses connaissances sur ce thème. Les questions suivantes élargissent progressivement le champ de l'interrogation. Les questions posées peuvent évidemment évoluer en fonction des réponses apportées par le candidat et de sa réactivité aux questions et suggestions de l'interrogateur.

L'épreuve de physique-chimie 2

Il s'agit d'une épreuve orale précédée d'une *préparation de 30 minutes* : le candidat reçoit un sujet (l'énoncé proprement dit, une page A4 au maximum) accompagné éventuellement d'un script python (totalement ou partiellement fonctionnel, à compléter ou adapter), d'un autre logiciel de simulation ou d'un ensemble de documents de contexte à analyser (article scientifique ou grand public, notice d'appareil, etc.).

À l'issue de sa préparation, le candidat doit obligatoirement débiter sa prestation par une *présentation synthétique* du sujet. Notons que, bien que la nécessité en soit rappelée explicitement sur chaque énoncé (la phrase « *Il sera accordé une grande importance aux qualités d'exposition. Le candidat est invité, dès le début de son passage au tableau, à présenter le sujet préparé de manière ordonnée et argumentée.* » figure sur chaque sujet), les candidats qui débiterent ainsi leur passage sont encore minoritaires, ce que le jury regrette bien sûr vivement.

Compétences évaluées lors des oraux de physique-chimie

Rappelons-le, l'oral est avant tout un oral de physique-chimie et le pré-requis à l'évaluation des compétences est la connaissance du cours (et donc du thème de l'exercice) mais, rappelons le aussi, seule une toute petite minorité des candidats est pénalisée par une « impasse » complète d'un sujet.

Avant d'évoquer les spécificités de chacune des épreuves en terme de compétences évaluées, précisons tout d'abord qu'un certain nombre de compétences sont évaluées dans les deux oraux.

Par exemple, la résolution d'un exercice de physique-chimie sollicite toujours la compétence « s'approprier » avec la nécessité de « proposer une stratégie pour répondre à la problématique » de l'exercice proposée. Néanmoins, même face à cette compétence commune, l'évaluation s'avère différente selon l'épreuve.

En physique-chimie 1, le candidat est amené à réfléchir en direct à sa stratégie de résolution, avec si besoin les indications de l'examinateur, et sa réactivité est un atout essentiel. Il s'avère très intéressant de voir le candidat exposer en direct son raisonnement, sa logique.

En physique-chimie 2, le candidat doit avoir mis à profit sa préparation pour « s'approprier » le thème et donc « définir les objectifs de résolution » qu'il doit exposer à l'examinateur. Un travail de synthèse est donc déjà mis en avant lors des premiers étapes de l'oral.

Citons aussi l'exemple de la compétence « communiquer » qui est essentielle dans un oral : faire l'effort d'exposer son raisonnement, en « s'appuy[ant] sur des schémas, des graphes » et en « utilis[ant] un vocabulaire scientifique adapté » sont des qualités requises pour la réussite des deux épreuves. Mais là encore, de part la nature même des épreuves, avec ou sans préparation, les critères de réussite ne sont pas les mêmes pour les deux épreuves et ainsi la capacité à « présenter les

étapes de son travail de manière synthétique, organisée, cohérente et compréhensible » est évaluée préférentiellement lors de l'épreuve de physique-chimie 2.

Mais les deux épreuves de physique-chimie ont été conçues pour être le plus complémentaires possible du point de vue de l'évaluation des compétences définies dans le cadre du programme.

L'épreuve de physique-chimie 1 évalue tout particulièrement deux points de la compétence « analyser » :

- tout d'abord, elle permet de révéler la capacité de l'étudiant « à formuler et échanger des hypothèses ». En effet comme l'énoncé est court dans cette épreuve, il laisse une part d'interprétation importante. Une fois la première question réussie qui précise le cadre de résolution de l'exercice, il est important de formuler les bonnes hypothèses, toujours avec la bienveillante attention de l'examinateur, pour la résolution. Comme l'épreuve est en direct, sans préparation, il est possible de laisser plus de latitude au candidat sans que cela ne le pénalise. Par exemple, quelle est la nature de la transformation thermodynamique qui correspond à la situation expérimentale décrite dans l'énoncé ? Quel est le régime envisagé ? Quel terme peut être négligée dans les équations ? ... ;
- ensuite l'objectif d'un très grand nombre d'exercices de physique-chimie 1, est d'« évaluer l'ordre de grandeur d'un phénomène et des ses variations » afin de « valider » la démarche entreprise dans les 30 minutes d'interrogation par « confrontat[ion] d'un modèle à des résultats expérimentaux ». Les résultats trouvés sont-ils en accord avec le phénomène exposé dans l'énoncé ? Il est important que le candidat face preuve de recul face au contexte de l'énoncé. À ce titre, les ordres de grandeur et les tests de pertinence du résultat sont particulièrement appréciés lors de cette épreuve qui passe vite.

La créativité et la réactivité dans le cadre d'une démarche scientifique sont deux qualités du candidat essentiellement évaluées lors de cet oral.

L'épreuve de physique-chimie 2, quant à elle, évalue plus précisément les compétences suivantes :

- tout d'abord, cette épreuve avec documents et préparation évalue, au sein de la compétence « s'approprier », la capacité à « rechercher, extraire et organiser l'information » des documents et/ou scripts python proposés, en lien avec la problématique expérimentale de l'énoncé. Le candidat doit en effet pouvoir avancer dans sa préparation et l'énoncé est donc rédigé de telle manière à ce que le candidat fasse les bonnes hypothèses par une lecture des documents fournis ;
- ensuite, cette épreuve permet une évaluation plus fine et plus approfondie de la compétence « valider ». En effet, les phénomènes sont décrits dans le sujet avec plus de détails, plus de faits expérimentaux que dans l'épreuve 1 et les résultats obtenus grâce à l'outil informatique sont plus détaillées et précis. Dès lors, il devient possible de « confirmer ou infirmer une hypothèse, une information », d'« analyser les résultats de manière critique ».

La qualité de la démarche scientifique du candidat est donc évaluée plus spécifiquement au cours de l'épreuve de physique-chimie 2.

Analyse globale des résultats

Performance des candidats

Pour la troisième année d'interrogation sur la base du programme renouvelé en 2013, les résultats des candidats sont maintenant bien stabilisés. La sélection d'un grand nombre de sujets, conformes à ces programmes et de niveaux de difficulté comparables, a permis un classement bien étagé des candidats, avec une note moyenne de l'ordre de 12 et un étalement significatif de l'échantillon autour de cette moyenne, l'écart-type étant proche de 4. Les notes comprises dans l'intervalle de 9 à 15 inclus forment donc l'essentiel de l'effectif, et elles correspondent à des candidats bien préparés, capables de mener (avec, bien sûr, plus ou moins de brio et de maîtrise) une présentation autonome et cohérente de leur sujet.

Les notes

Le jury a eu, cette année encore, le plaisir d'entendre certains candidats parfaitement préparés, autonomes et dynamiques et prenant de plus manifestement plaisir lors de leur passage à l'oral. De très bonnes notes (jusqu'à 20/20) leur ont été attribuées sans hésitation. Bien sûr l'autre extrémité du spectre de notes est également présent et des erreurs scientifiques majeures associées à des présentations sans dynamisme ont été justement sanctionnées. Les notes très basses (inférieures à 5) sont très rares mais pas absentes, signalant peut-être un défaut du filtrage initialement opéré par les épreuves écrites.

La plupart des candidats (mais pas encore tous) a maintenant bien intégré qu'une épreuve de physique-chimie doit nécessairement mobiliser des éléments concrets : ordres de grandeur, comparaisons à des dispositifs industriels ou de laboratoire, analogies entre phénomènes présentant des lois d'évolution comparables, etc.

Cette évolution positive a été accompagnée d'une réduction des compétences de calcul purement mathématiques (corrélés d'ailleurs avec l'évolution des programmes de mathématiques) mais les nouvelles orientations du programme, bien maîtrisées par bon nombre de candidats, n'en font pas un obstacle : bilans explicites, analyse en ordres de grandeur, emploi de variables adimensionnées, discussion des échelles et (dans le cas de l'épreuve de physique-chimie 2) emploi de méthodes numériques font partie maintenant des outils normalement utilisés par les bons candidats.

Corrélation entre les deux épreuves

Les compétences mobilisées lors des deux épreuves orales de sont assez différentes pour qu'on s'attende à des écarts de notes chez certains candidats, l'une ou l'autre épreuve révélant plutôt leurs points forts ou leurs points faibles. C'est effectivement ce que montrent les résultats avec un écart moyen de 3,6 points ([page 17](#)). Les écarts que révèlent ces éléments statistiques sont significatifs et montrent bien que les candidats ne sont pas tous également à l'aise au regard de chacune des compétences prévues par le programme et évaluées par l'oral.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Chimie. Les exigences de la filière en ce domaine sont modestes, et la plupart des candidats propose ici des prestations honorables, ce qui constitue un progrès notable. Toutefois, un minimum de culture général est souhaitable : le nom de quelques ions (certains figurent explicitement au programme !), ce que sont la soude ou l'acide chlorhydrique, etc. Les candidats qui ignorent les mots les plus élémentaires de la chimie se pénalisent eux-mêmes dans la lecture des sujets et le déroulement de l'oral.

Électromagnétisme. Les calculs de capacité, même dans le cas très simple du condensateur plan, *a fortiori* dans les géométries sphérique et cylindrique, ne devraient pas poser de problème... Certains candidats en rencontrent pourtant. Rappelons que le signe $C > 0$ découle de la bonne *définition* de cette grandeur, c'est-à-dire de la connaissance des conventions d'orientation.

Mécanique. C'est peut-être dans le domaine de la mécanique du point matériel que les difficultés sont les plus nombreuses. Par exemple, le mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme, la définition et l'interprétation de l'énergie potentielle effective et tous les résultats relatifs aux changements de référentiel.

Sans qu'il s'agisse de véritables lacunes, certains candidats perdent beaucoup de temps à retrouver des résultats fondamentaux : accélération en coordonnées polaires, troisième loi de Kepler, expression des moments des forces (en particulier lors de l'emploi de produits vectoriels), etc.

Optique. Dans l'ensemble, les éléments de base de cette partie du programme sont maintenant bien compris et connus, mis à part quelques ordres de grandeur (fréquence typique du domaine optique, longueurs de cohérence) et surtout certains tracés géométrique (avec une simple lentille divergente par exemple).

Physique statistique et quantique. Dans ces parties du programme bien balisées, les candidats rencontrent en général peu de problèmes et c'est bien sûr tant mieux.

Thermodynamique. Il ne sert à rien de connaître par cœur l'équation de la chaleur si on n'en connaît pas les conditions d'application ou si on ne sait comment l'utiliser. Plus généralement, il est pratiquement toujours préférable de raisonner en termes de bilans, en distinguant bien transferts thermiques, flux thermiques et densité de flux thermique.

Conseils pour les candidats aux futures sessions

Le jury propose ci-après aux candidats aux futures sessions du concours quelques conseils très généraux, en plus de la prise en compte des indications disciplinaires plus spécifiques indiquées ci-dessus. Les candidats peuvent aussi prendre connaissance des rapports des épreuves orales des deux années précédentes.

Il s'agit d'une épreuve *orale*. Bien sûr le candidat doit d'abord *lire l'énoncé* et ne pas hésiter à s'y reporter autant que nécessaire, mais il ne doit surtout pas *rédigé* un texte au tableau : il doit parler, argumenter (au sens scientifique du terme !), expliquer, plutôt qu'écrire, affirmer, calculer.

L'oral est avant tout un échange ; le candidat doit *écouter* les remarques et suggestions de l'examineur et prendre le temps d'y *réfléchir* avant de répondre. Lorsque un interrogateur aide le candidat, celui-ci ne doit pas devenir passif, mais au contraire savoir repartir en avant par lui-même.

L'épreuve est courte (30 minutes) ; aucun candidat n'a intérêt à « jouer la montre » en avançant le plus lentement possible : certes, on dit moins d'erreur, mais on donne la mauvaise impression de refuser de se confronter au sujet posé, pour lequel il existe toujours au moins une porte d'entrée ! Quelques très rares candidats veulent aussi aller trop vite au point d'en devenir confus, voire inintelligibles.

Conclusion

C'est un oral de physique-chimie, il est donc nécessaire (et bien souvent presque suffisant !) de faire de beaux et grands *schémas*. Par la suite, le candidat ne doit pas se contenter d'obtenir des « formules », qui ne sont en rien les résultats attendus ; il doit en discuter l'*homogénéité*, observer et commenter les *signes* ou les sens de variation et plus généralement la *vraisemblance physique*

du résultat. Il convient d'étudier, autant que c'est possible, les *ordres de grandeur*, de faire les applications numériques demandées (oui !) ; le jury attend donc des étudiants qu'ils soient capables de procéder à des *analyses dimensionnelles*, ce qui impose donc de connaître les dimensions et/ou les unités des grandeurs du programme.

S'il y a une préparation, c'est le temps réservé du candidat ; il en est libre, comme d'ailleurs de ses brouillons (même si ceux-ci sont détruits à l'issue de l'épreuve). Toutefois, le jury se permet les conseils ci-après :

- il est inutile de *rédiger* un brouillon comme un écrit, qui serait destiné à être lu au tableau *in extenso* ;
- il est important de lire autant que possible l'ensemble du sujet, ce qui ne veut pas dire survoler sans profondeur, mais bien *réfléchir à la physique* du problème ;
- si le sujet comporte un script Python, le candidat a tout intérêt à regarder, à l'essayer, etc ;
- si le sujet comporte un document d'accompagnement, le candidat doit bien en noter les liens avec le sujet.

Travaux pratiques de physique-chimie

Présentation de l'épreuve

L'épreuve consiste, pendant une durée de 3 heures, à réaliser plusieurs expériences, à analyser et à interpréter les résultats en vue de répondre à une problématique concrète.

Que ce soit en chimie (titrage, étude cinétique et thermodynamique, oxydoréduction, électrolyse, etc.) ou en physique (électricité, électronique, optique), il s'agit d'étudier un phénomène particulier à l'aide des notions figurant au programme des *deux années* de préparation (en filière MP, les travaux pratiques de chimie ont été proposés cette année à environ 15% des étudiants admissibles). D'une manière générale, le jury rappelle que les candidats sont évalués à partir des compétences de la démarche expérimentale : s'approprier, analyser, réaliser, valider, communiquer.

L'épreuve nécessite généralement l'élaboration et la mise en œuvre d'un ou plusieurs protocoles expérimentaux, une interprétation et une présentation des résultats, accompagnées éventuellement de quelques justifications théoriques. Les protocoles expérimentaux peuvent être donnés dans le sujet ou à proposer par le candidat. Parallèlement aux échanges avec l'examineur, le candidat rédige un compte-rendu dans lequel figurent les résultats obtenus et les réponses à des questions non traitées lors de ces échanges. En guise de conclusion, il est demandé au candidat d'analyser et de valider les résultats, de répondre de façon argumentée à la problématique posée, d'effectuer une synthèse montrant qu'il a compris la démarche et la finalité de l'étude ou encore de répondre à une question ouverte permettant de replacer le travail dans un contexte plus général.

D'un point de vue pratique en chimie, 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. Les lunettes de protection sont fournies. Les lentilles de contact ne sont pas autorisées pour les manipulations de chimie. En chimie comme en physique, les candidats doivent apporter calculatrice et matériel d'écriture usuel (stylos, crayons, gomme et règle). Les copies et les brouillons sont fournis par le concours. Les montres connectées et téléphones portables sont interdits. Pour les TP de physique, il est recommandé d'apporter une montre classique. Pour les TP de chimie, aucune montre n'est acceptée mais une horloge est disponible dans la salle.

Durant l'épreuve, les étudiants disposent de la notice des appareils et des modes d'emploi succincts des différents logiciels mis à leur disposition. En chimie et dans certains cas en physique, un technicien peut également expliquer le fonctionnement de certains dispositifs.

Le jury souhaite que les commentaires et conseils figurant ci-après aident au mieux les futurs candidats au concours Centrale-Supélec.

Analyse globale des résultats

Certains candidats ont montré une très belle aisance dans la compréhension des sujets et/ou dans l'expérimentation, témoignant d'une excellente préparation. On peut en revanche regretter que d'autres se focalisent sur la réalisation des gestes expérimentaux mais cherchent peu à comprendre les phénomènes et à exploiter les résultats en vue de répondre à la problématique proposée.

En chimie, cette année, certains candidats de la filière MP ont semblé moins à l'aise que les années précédentes, notamment dans le domaine de l'oxydoréduction.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Attitude

L'épreuve de travaux pratiques se déroule souvent dans un lieu différent des autres épreuves, les candidats doivent donc veiller à se présenter à l'endroit et à l'heure précisés sur leur convocation.

Il est rappelé que l'épreuve de TP est une épreuve en temps limité (3 h pour la réalisation des expériences et la rédaction du compte-rendu, une fois les explications et consignes données). Les candidats sont totalement responsables de la gestion de leur temps. Le jury note pour certains une attitude trop attentiste qui nuit à leur efficacité. Une utilisation raisonnée des brouillons et un échange précoce avec l'examineur en cas de difficultés améliorerait les prestations.

Les candidats sont invités à lire attentivement l'ensemble du sujet, y compris les parties comportant des annexes et/ou données, ce qu'ils ne font pas toujours. Identifier les différentes manipulations à réaliser et les éventuels « temps morts » (notamment en chimie : chauffage ou agitation de quelques minutes, acquisitions automatiques en cinétique, attente d'un appel) permettrait aux candidats de s'organiser avec plus d'efficacité.

De plus, le jury rappelle aux candidats qu'ils doivent prendre l'initiative de solliciter l'examineur lors des différents appels prévus au cours des activités à réaliser. Si un candidat n'a pas réussi à élaborer complètement le protocole demandé ou ne parvient pas à réaliser les manipulations proposées, il ne doit pas hésiter à solliciter l'examineur pour lui faire part de ses réflexions ou de ses difficultés. Un échange s'engage alors entre l'examineur et le candidat, celui-ci reçoit les indications nécessaires et peut continuer l'épreuve (avec évidemment une conséquence sur la note). Il est regrettable de voir que certains candidats n'appellent pas suffisamment tôt l'examineur, perdent du temps à élaborer un protocole qu'ils ne parviennent pas à finaliser et n'ont ensuite plus le temps nécessaire pour mener à bien l'ensemble des manipulations.

Enfin, les candidats doivent faire la différence entre un test qualitatif et une mesure précise de manière à ne pas perdre de temps.

TP physique : commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

Attitude générale

La prise d'initiative et les essais sont encouragés dans cette épreuve. Toutefois, beaucoup de candidats confondent initiative personnelle et manipulations hasardeuses, ce qui conduit parfois à la destruction de matériel (courts-circuits, chutes, dépassement de tensions ou intensités limites, disjonctions...).

Dans le sujet, figurent deux appels à l'examineur, pendant lesquels les candidats doivent faire une brève synthèse orale de leurs résultats. Certains d'entre eux les présentent sans avoir abordé toutes les expérimentations demandées, attitude évidemment contraire à l'esprit de l'épreuve. La gestion du temps d'un nombre significatif de candidats ne leur permet pas d'effectuer en fin de TP leur deuxième appel, ou sinon dans de mauvaises conditions, malgré les consignes des examinateurs.

La synthèse écrite demandée en fin d'épreuve est souvent absente ou se limite à un simple résumé de quelques lignes énonçant les résultats obtenus.

Mobilisation des connaissances

L'épreuve demande parfois quelques calculs assez simples qui permettent la confrontation entre expérience et théorie et nécessitent un minimum de connaissances élémentaires. Mais beaucoup de

candidats ne montrent pas la compétence nécessaire pour les maîtriser (incohérence dans l'application de la loi des mailles, incapacité à établir le comportement d'un circuit simple, courant négatif dans une diode, manque de maîtrise de la notion de quadrature ou d'opposition de phase, difficulté à calculer la valeur moyenne d'un signal sinusoïdal sur une demi-période à partir d'une formule fournie...). Un nombre important de candidats privilégie les explications par des calculs théoriques complexes au détriment d'une explication physique ou de bon sens.

Aspects pratiques

L'oscilloscope numérique est souvent employé comme instrument à tout mesurer (à la place du voltmètre par exemple). Nombre de candidats en attendent des fonctions évoluées (calcul de valeur crête, de valeur moyenne...) mais manquent d'esprit critique quant aux résultats obtenus (par exemple dans le cas d'échelles horizontales et/ou verticales inadaptées) et la synchronisation reste parfois mal connue ou mal maîtrisée. Un mauvais choix de fonctions par certains candidats (maximum ou tension crête-à-crête au lieu d'amplitude, retard au lieu de phase...) rend les mesures moins précises ou moins faciles à effectuer. Beaucoup de candidats attendent que l'appareil mesure aussi les déphasages et ne pensent pas toujours à passer en mode X-Y ou à utiliser les marqueurs temporels lorsque cette fonction n'est pas disponible. Les mesures de déphasage en mode X-Y sont toutefois très souvent de mauvaise qualité. Pour relever la réponse fréquentielle d'un filtre, l'utilisation d'un voltmètre en entrée et d'un oscilloscope en sortie est à éviter car ils ne mesurent pas la même chose (respectivement une tension efficace et une amplitude).

Pour le multimètre et l'oscilloscope, on relève encore parfois des erreurs de choix entre les positions AC et DC, des erreurs de branchement (ampèremètre en parallèle, voltmètre en série...) et de compréhension de la notion de calibre.

Malgré les notices simplifiées fournies aux candidats pour les oscilloscopes, beaucoup d'entre eux font des erreurs de mesure par mauvaise configuration. Le bouton de configuration automatique des oscilloscopes (« autoset ») est à utiliser avec une grande précaution car il modifie de nombreux paramètres.

On note toujours également des erreurs de masse (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), la non-vérification du fonctionnement linéaire d'un montage (choix de signaux d'amplitude inadaptée), la confusion entre fréquence et pulsation, entre tension crête et tension crête-à-crête. Le code couleur pour les câblages en électronique est mal maîtrisé, ce qui conduit les candidats à commettre de nombreuses confusions entre masse et terre. La terre des générateurs basse fréquence et des oscilloscopes par comparaison avec la masse flottante des multimètres et des alimentations continues est très mal maîtrisée. Certains candidats essaient de mesurer un courant directement à l'oscilloscope. Parmi les candidats qui décident d'utiliser une résistance pour effectuer cette mesure à l'oscilloscope (via une mesure de différence de potentiel), la plupart ne sait pas justifier le choix de la valeur de la résistance.

L'étude de la fonction de transfert d'une boîte noire avec deux bornes marquées *entrée* et deux bornes marquées *sortie* pose souvent des problèmes de branchement (par exemple le générateur de fréquence est branché à la fois sur l'entrée et la sortie pour tenter de fermer le circuit). Les résistances internes des composants ne sont quasiment jamais prises en compte dans l'estimation des sources de pertes dans un circuit.

Une confusion entre courant alternatif et continu, des erreurs de branchement de câbles coaxiaux, une mauvaise maîtrise de la notion de quadripôle (par exemple étudié comme un dipôle et donc court-circuité) et des erreurs de calcul de pente en échelle logarithmique ont parfois été constatées.

Beaucoup de candidats se contentent d'observations passives de phénomènes qu'ils n'ont pas l'idée de caractériser en faisant des mesures : par exemple, le candidat « voit » une sinusoïde, mais n'a pas l'idée d'en mesurer l'amplitude ni la fréquence. De manière générale, un nombre non négligeable de candidats de la filière MP donne l'impression de ne pas avoir manipulé de matériel expérimental au cours de l'année ou alors très peu. On peut ainsi s'interroger sur la disponibilité de matériel expérimental (en particulier en optique) dans certaines classes préparatoires.

Même si leur nombre est croissant, trop peu de candidats parlent des erreurs liées au principe physique utilisé par l'instrument, de la précision de mesure de l'appareil, des erreurs systématiques et subjectives, de la notion de résolution... Beaucoup de candidats ne savent pas donner la précision de lecture d'un appareil : par exemple, une tension lue sur un voltmètre analogique ou un angle lu sur un goniomètre ont une précision donnée par les graduations. Lorsqu'un calcul d'incertitude est demandé, on voit un peu de tout (somme des incertitudes relatives, racine carrée de la somme des carrés des incertitudes relatives...) parfois accompagné d'un coefficient, indépendamment du nombre de variables ; certains candidats ne semblent pas surpris d'obtenir une incertitude très inférieure à celle des composants ou de l'appareil de mesure.

Sur les parties 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...). Beaucoup de candidats ne différencient pas « polarisation » de « polarisation rectiligne », pas plus qu'ils ne connaissent le terme de « minimum de déviation » par exemple. 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 visiblement pas eu accès au matériel de base ou n'ont pas acquis les bases théoriques indispensables à la compréhension de certains sujets d'optique. Une fraction notable (environ 10 %) des candidats ne sait pas positionner l'image d'un point à travers un miroir plan et faire le tracé de rayons associé à cette conjugaison. Il s'agit d'un phénomène nouveau et surprenant, s'agissant d'un point autant élémentaire que concret dans la vie de tous les jours.

Globalement, il convient de rappeler aux élèves que toute utilisation d'un appareil de mesure, même et surtout s'il s'agit d'un instrument évolué, doit s'accompagner d'une analyse des résultats obtenus et d'un regard critique sur ceux-ci.

Exploitation des résultats

Des résultats expérimentaux incohérents ne semblent pas perturber certains candidats. D'autres au contraire n'hésitent pas à déformer les phénomènes observés pour les faire coïncider avec des interprétations erronées.

Certaines courbes manquent de définition d'échelle ou utilisent des échelles inadaptées. 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 Kelvin, par exemple).

Certains candidats n'utilisent pas le papier millimétré à leur disposition et dressent un graphique rudimentaire et peu précis sur le compte-rendu.

Dans l'ensemble, la plupart des candidats maîtrisent correctement le tracé expérimental de diagrammes de Bode ainsi que l'analyse de ces diagrammes mais trop de candidats 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. Quelques candidats peu familiers avec le papier semi-logarithmique portent en abscisse le logarithme de la fréquence au lieu de la fréquence, ce qui donne en définitive un double logarithme de la fréquence en abscisse.

Il y a fréquemment des erreurs sur la mesure d'une bande passante à -3 dB quand le gain dans la bande passante n'est pas de 0 dB ou quand le système présente une résonance.

Dans d'autres cas, les candidats ne pensent pas toujours à essayer de se ramener au tracé d'une droite pour démontrer une loi 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 très rigoureux et il convient de placer tous les points mesurés avant de conclure.

De manière générale, une mesure ou constatation expérimentale devrait se traduire dans le compte-rendu par un tableau et/ou une courbe.

Cette année encore de nombreux candidats ont utilisé l'ordinateur (tableur ou logiciel de traitement des données mis à disposition dans certains cas) pour le traitement et la présentation des résultats. Un nombre non négligeable de candidats croit savoir se servir d'un tableur mais perd finalement beaucoup de temps à l'utiliser correctement et finit par demander de l'aide à l'examineur (dont ce n'est pas le rôle).

TP chimie : commentaires et conseils sur les différentes techniques

Généralement, l'évaluation s'articule autour de trois composantes : les échanges oraux qui conduisent la plupart du temps à l'élaboration de protocoles, les gestes techniques c'est-à-dire la mise en œuvre des protocoles et enfin le compte-rendu. Chacune de ces composantes compte environ pour un tiers de la note.

Appels

Dans le sujet, figurent des encarts intitulés « appels » dans lesquels une ou plusieurs questions sont posées. Les candidats sont invités à appeler l'examineur afin de donner la réponse à ces questions. Il s'agit souvent de proposer des protocoles ou d'interpréter des résultats d'expérience.

Le dialogue avec l'examineur permet d'affiner et/ou de corriger la(s) réponse(s).

Un protocole est fréquemment distribué à l'issue de l'appel, que la proposition faite par le candidat soit correcte ou non. Le jury attend que les candidats préparent ces appels :

- l'argumentation doit être organisée de façon claire et logique et utiliser un vocabulaire adapté (en particulier, la verrerie doit être correctement nommée) ;
- si la réponse s'appuie sur une équation, un calcul, un schéma, il faut que le support écrit présenté soit clair et lisible ;
- il est possible de ne donner qu'une partie des réponses mais le candidat ne doit pas s'attendre à ce que l'examineur lui fournisse systématiquement les réponses manquantes.

Élaboration de protocole

Titration. De nombreux candidats s'interrogent en premier lieu sur la nature du suivi d'un hypothétique titrage sans commencer par *réfléchir* à la réaction support de titrage. Le jury attend que le candidat soit capable de proposer une réaction support de titrage et de vérifier qu'elle remplit les critères permettant de l'utiliser comme telle. Une fois cette première étape établie, il peut chercher une méthode de détermination de l'équivalence. Le jury note que le choix d'un indicateur coloré reste très problématique pour les candidats. Par ailleurs, le suivi potentiométrique ne semble pas maîtrisé.

Le jury se félicite de constater que le rapport de l'année précédente a été lu par les candidats. Ainsi, ils ont en général compris qu'ils doivent au préalable déterminer une estimation de la grandeur

(concentration, masse, quantité de matière) que le titrage leur permettra de déterminer ensuite avec précision. Ils ont en tête une valeur raisonnable de volume équivalent et peuvent alors proposer un volume de prise d'essai et éventuellement une dilution de la solution à titrer ou de la solution titrante.

L'élaboration d'un protocole de titrage pour un polyacide demeure très difficile.

Pile et électrolyse. Le jury a été très déçu des réponses apportées par les candidats qui devaient proposer un montage afin de réaliser une pile ou une électrolyse.

Les candidats considèrent souvent que l'électrode doit nécessairement subir une réaction d'oxydo-réduction alors qu'il s'agit parfois d'une électrode inerte. Nombre d'entre eux prévoient un montage d'électrolyse en oubliant d'y introduire un générateur. Ils peinent à discuter des réactions attendues aux électrodes et oublient souvent que l'eau peut aussi subir des réactions d'oxydation ou de réduction.

Mise en œuvre des protocoles

Choix de la verrerie. La verrerie doit être choisie avec discernement.

Lorsqu'une mesure précise de volume est nécessaire, l'utilisation de verrerie jaugée adaptée s'impose. En revanche, dans de nombreux cas (ajout de solution acide pour un titrage d'oxydoréduction, rinçage d'un solide, ajout de réactif en excès non contrôlé), l'utilisation d'une simple éprouvette suffit. Dans le doute, de nombreux candidats utilisent systématiquement la verrerie jaugée (même pour remplir une burette !). Comme le nombre de pipettes jaugées est limité, ils sont contraints d'effectuer des rinçages fréquents et perdent un temps considérable, ce qui leur est très préjudiciable. Le jury recommande aux candidats de prendre le temps de réfléchir au choix de la verrerie, ce qui n'est pas une perte mais bien au contraire un gain de temps.

Réalisation de solutions. Le jury constate une grande disparité dans les compétences pratiques des candidats. Certains manipulent avec une relative aisance en utilisant le matériel adéquat. Les maladroites des autres témoignent d'un manque de préparation. Le jury attend des candidats qu'ils soient capables :

- de préparer avec précision une solution par dissolution (pesée précise, récupération quantitative du solide, utilisation d'une fiole jaugée, homogénéisation au fur et à mesure du remplissage nécessaire pour assurer une bonne dissolution et homogénéisation finale) ;
- de réaliser une dilution précise (pipette et fiole jaugées).

Titrage. La réalisation des titrages est en général correctement effectuée. Le jury rappelle toutefois, à toutes fins utiles que :

- la burette doit être rincée avec la solution titrante et remplie à l'aide d'un petit bécher ;
- il faut éliminer une éventuelle bulle d'air et ajuster le niveau supérieur par vidange et non par remplissage ;
- une *agitation est indispensable* ;
- lors d'un titrage à l'aide d'un indicateur coloré, un premier titrage rapide peut faire gagner du temps. La détection de l'équivalence se fait à la goutte près en regardant le bécher et non pas la burette ;
- lors d'un titrage suivi par conductimétrie, il n'est pas utile de rapprocher les mesures au voisinage de l'équivalence ;
- lors d'un titrage suivi par potentiométrie ou pH-métrie, il est en revanche nécessaire de rapprocher les mesures au voisinage de l'équivalence.

Par ailleurs, pour certains candidats, l'exploitation des résultats du titrage reste problématique :

- la notion d'équivalence n'est pas toujours maîtrisée. Ainsi, les coefficients stœchiométriques sont régulièrement oubliés ou mal positionnés ;
- certains candidats oublient que l'objectif est de déterminer la concentration de l'espèce titrée dans la solution étudiée et non dans le bécher utilisé pour le titrage.

Utilisation des tableurs. Plusieurs tableurs sont mis à disposition des candidats (graph2D, Latis Pro, Regressi et LibreOffice Calc). Des notices succinctes sont fournies.

Le jury s'étonne des difficultés que rencontrent les candidats pour utiliser un tableur dans le simple but de tracer une courbe de suivi de titrage afin de déterminer l'équivalence.

Il est recommandé :

- d'entrer les points de mesure directement dans le tableur (plutôt que d'avoir à recopier un brouillon inutile) ;
- de tracer les courbes au fur et à mesure de manière à contrôler l'évolution de la grandeur mesurée ;
- d'utiliser les outils de modélisation pour déterminer l'équivalence (méthode des tangentes intégrée dans certains tableurs, modélisation affine des points expérimentaux et recherche de l'intersection des droites modèles).

Il est vraiment contestable de lire un volume équivalent sur feuille avec abscisse non précisée et mal graduée. Dans ce cas, il vaudrait mieux utiliser du papier millimétré pour tracer la courbe.

De même, un graphe doit présenter un titre et les axes doivent être annotés.

Calcul d'incertitude. Les calculs d'incertitude ne sont pas systématiquement demandés. Il s'agit souvent d'identifier les *principales sources d'erreur* et parfois d'évaluer les incertitudes afférentes de manière à déterminer l'incertitude sur une grandeur calculée à partir de grandeurs mesurées. Le logiciel Gum est à disposition. En outre, les formules de propagation d'incertitude sont rappelées, permettant de faire facilement un calcul d'incertitude.

Le jury constate avec plaisir que ces questions ont été davantage abordées que les années précédentes et avec plus de pragmatisme et de succès.

Sécurité. D'un point de vue sécurité, garder des gants en permanence est source de danger puisque cela revient à répandre partout les substances dont il faut se protéger.

Compte-rendu

Un compte-rendu succinct est attendu.

Dans chaque TP, une problématique est posée au candidat qui doit la rappeler brièvement dans l'introduction.

Dans ce compte-rendu le candidat doit faire figurer les réponses aux questions posées dans le sujet. Toutefois il est inutile de reporter les réponses des questions déjà traitées à l'oral (questionnement et protocoles) car celles-ci ont déjà été évaluées. En outre, si une courbe est tracée, le tableau de valeurs n'est pas nécessaire.

Le compte-rendu doit se terminer par une réponse claire à la problématique que le TP cherche à résoudre.

Enfin, le candidat doit s'efforcer de rédiger son compte-rendu en utilisant un vocabulaire rigoureux, une syntaxe correcte et une calligraphie lisible.

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. Les candidats sont invités à appuyer leur raisonnement sur un schéma clair ou un calcul effectué proprement au brouillon. On attend un langage précis, une expression claire. Les échanges avec le jury sont aussi l'occasion d'orienter les candidats qui se sont parfois trompés. Le jury évalue favorablement ceux d'entre eux qui écoutent et mettent en pratique les conseils prodigués. Comme indiqué plus haut nous recommandons aux candidats d'interagir avec l'examineur, de l'interpeler en cas de difficultés ou de doute.

À l'écrit

Un compte-rendu succinct rapportant les mesures et les exploitations est demandé. Là encore, le jury attend clarté et concision. L'acquisition de données numériques n'est pas une fin en soi, mais apporter une réponse argumentée à la problématique exposée en début de sujet est très apprécié. Toutes les courbes doivent être tracées avec un axe des abscisses et un axe des ordonnées clairement libellés avec les grandeurs placées en abscisse et en ordonnée. Elles doivent faire l'objet d'une phrase de renvoi et d'un commentaire dans le compte-rendu.

Conclusion

L'épreuve de TP 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. Réussir l'épreuve de TP demande aussi une bonne organisation, une bonne gestion du temps et une communication exemplaire à l'écrit comme à l'oral. L'ensemble du jury de TP espère que ce rapport permettra aux futurs candidats de bien engager leur préparation.

Si le jury identifie quelques faiblesses chez certains candidats, il n'en oublie pas pour autant les qualités dont ils font aussi preuve et a pu apprécier d'excellentes prestations.