

Rapports du jury

May 17, 2024

Ulm
X Physique
X Chimie
Mines
Centrale Supélec: PC1, PC2, TP
ADS
TIPE
TIPE ENS

Banque MP inter-ENS – Session 2023

Rapport relatif à l'épreuve orale de Physique - U

- **Écoles partageant cette épreuve** : ENS Ulm
- **Coefficients** (en pourcentage du total des points de chaque concours) : 23,1 %
- **Membres du jury** : Pierre Fleury, Sandrine Codis

Présentation générale de l'épreuve

L'épreuve dure une heure sans préparation. L'énoncé, généralement succinct, est présenté à l'oral par le jury, constitué lors de l'épreuve d'un.e seul.e examinateur.ice. Le.a candidat.e présente ses raisonnements et effectue ses calculs au tableau devant le jury. L'épreuve prend essentiellement la forme d'un échange continu entre le jury et le.a candidat.e, durant laquelle des questions intermédiaires peuvent être posées en vue de guider le.a candidat.e dans ses raisonnements.

Le jury s'attend à ce que les différentes étapes du raisonnement soient clairement exposées et à ce que les résultats soient précisément analysés. Le.a candidat.e est invité.e à systématiquement expliquer ce qu'il est en train de faire. Le jury ne s'attend pas à ce que le.a candidat.e sache résoudre le problème aussitôt la question reçue. Un temps de réflexion est bien sûr permis ; se questionner, douter et réfléchir à voix haute permet de démarrer une discussion avec le jury. À tout moment, le.a candidat.e peut poser un calcul « au brouillon » sur le tableau afin de répondre à la question posée.

Énoncés

Les énoncés portent sur l'ensemble du programme de physique des classes de MPSI et MP. Un même sujet peut nécessiter de recourir à plusieurs parties du programme.

Tous les sujets proposés par le jury sont originaux et n'ont, à sa connaissance, jamais été posés aux concours. Une expérience de pensée, un phénomène de la vie courante ou encore un fait expérimental, récent ou ancien, forme souvent le point de départ de l'énoncé. Ce dernier est rédigé de façon succincte et laisse au candidat le soin d'introduire le formalisme adéquat et d'en réaliser la modélisation mathématique et physique.

Une importance toute particulière est accordée à cette étape de modélisation : identifier des lois physiques pertinentes, notamment à l'aide d'ordres de grandeur, réaliser un schéma du système étudié et choisir des notations pour paramétrer le problème. Le jury encourage le.a candidat.e à commencer par une description simplifiée du problème avant de répondre à la question. Dans tous les cas, le jury guide le candidat s'il reste bloqué trop longtemps, le plus souvent par le biais de questions.

Certaines situations physiques font intervenir des concepts en dehors du cadre du programme de MPSI/MP. Le jury présente alors clairement ce que le.a candidat.e doit savoir pour répondre au problème. Le jury insiste toutefois sur le fait qu'aucune connaissance hors programme n'est nécessaire pour la compréhension et la résolution des problèmes donnés.

Dans certains cas, l'énoncé est complété par une figure, représentant par exemple un résultat expérimental. Ces documents sont introduits au moment où le.a candidat.e en a besoin pour ne pas interférer dans sa réflexion préalable. Aucune étude de documents n'est demandée au cours des épreuves.

Des exemples de sujets donnés lors de la session 2023 sont fournis à la fin de ce rapport.

Évaluation

L'objectif de l'épreuve est d'évaluer la connaissance et la compréhension des concepts physiques au programme, la capacité à mobiliser de manière pertinente ces connaissances face à un problème nouveau, ainsi que les compétences techniques des candidat.e.s.

Les principales compétences évaluées sont :

- maîtriser le programme ;
- analyser une situation physique nouvelle avant tout calcul ;
- utiliser des ordres de grandeur pour identifier les phénomènes physiques pertinents ;
- construire une modélisation adaptée au problème ;
- avoir un regard critique sur le modèle proposé et sur les résultats obtenus ;
- présenter de façon claire ses hypothèses, raisonnements et résultats ;
- mener des calculs de façon rigoureuse tout en sachant introduire et utiliser des approximations physiques pertinentes ;
- effectuer des applications numériques au tableau en étant attentif aux unités ;
- entretenir une discussion physique avec le jury et savoir s'adapter aux indications données en cours d'épreuve.

Certains aspects de l'épreuve, dans sa forme ou au sujet de l'évaluation, sont détaillés par la suite.

Maîtrise du cours. L'oral est axé sur la résolution d'un problème et, en ce sens, les questions de cours ne sont pas au cœur de l'épreuve. Une connaissance parfaite du cours est toutefois indispensable à la résolution des problèmes posés. En particulier, le.a candidat.e doit être capable de préciser pour les résultats de cours qu'il invoque, ses conditions d'application, les hypothèses sous-jacentes et leur domaine de validité. Une courte démonstration ou le principe de la démonstration peuvent être demandés au candidat quand ils figurent au programme.

Analyse et modélisation du problème. Les énoncés sont le plus souvent très concis. Qu'une question lui soit spécifiquement dédiée ou non, le début de l'épreuve doit donc commencer par une analyse du problème. Dans cette première phase exploratoire où le jury intervient peu, idéalement, il est attendu du ou de la candidat.e qu'iel décrive soigneusement la situation physique en identifiant les paramètres pertinents du problème. Un dessin clair et soigné est valorisé. Il est également du ressort du ou de la candidat.e qu'iel fasse un choix pertinent de notations pour les grandeurs introduites, et que ces notations restent cohérentes tout au long de l'épreuve.

Une analyse qualitative du problème est très appréciée : l'analyse de cas limites simples, l'évaluation d'ordres de grandeur estimant l'importance relative de différents phénomènes permettent le plus souvent une compréhension globale du problème et une simplification préalable à toute mise en équation. Ce temps d'analyse permet ainsi au ou à la candidat.e de faire preuve de recul sur la physique du problème mais aussi de mettre toutes les chances de son côté pour résoudre ensuite le problème. Les candidat.e.s sachant mener cette première phase sans calculs sont valorisés.

Le jury attend ensuite du ou de la candidat.e qu'iel propose une méthode de résolution du problème avec une mise en équation rigoureuse. À cette étape comme aux précédentes, le jury attend une certaine autonomie du ou de la candidat.e. En particulier, iel doit être capable d'avancer dans sa réflexion et dans la résolution du problème sans attendre la validation de chaque étape par le jury. Toutefois le jury ne laisse pas le ou la candidat.e s'avancer trop avant dans des raisonnements ou calculs sans issue. Il n'intervient pas immédiatement afin de laisser le temps au candidat de s'auto-corriger. Se rendre compte des faiblesses de son raisonnement initial puis se corriger est tout à fait valorisé.

Discussions avec le jury. Les sujets, tels qu'ils sont écrits, ne peuvent souvent pas être résolus sans l'intervention du jury. Idéalement, ce dernier n'intervient que pour guider un raisonnement par ailleurs autonome du ou de la candidat.e, ou pour introduire des hypothèses ou des précisions nécessaires à la résolution du problème.

Dans tous les cas, les interventions du jury sont bienveillantes. Le plus souvent, il intervient pour demander au candidat de préciser un résultat ou une affirmation qu'il a faite (indépendamment de sa véracité) ou pour donner des indications pour aider le ou la candidat.e à avancer s'iel reste bloqué.e trop longtemps.

Le jury insiste donc sur l'importance pour les candidats de rester attentifs à ses interventions tout au long de l'épreuve. Les candidats qui n'ont pas su écouter les indications du jury et se sont enfermés dans une voie trop simpliste, complexe, voire erronée, ont été pénalisés.

Présentation des raisonnements et résultats. Une importance toute particulière est donnée à la façon dont le ou la candidat.e présente la situation physique, ses raisonnements, approximations et résultats. De façon générale, cela passe par un dessin soigné représentant la situation physique et introduisant les grandeurs pertinentes. Des calculs menés sans justification claire ou avec des commentaires lapidaires sont sanctionnés, même si le résultat

final est correct. Le fait qu'un calcul semble « classique » au candidat ne justifie pas un manque de rigueur scientifique ou de brûler des étapes : le.a candidat.e doit être capable de convaincre par un argumentaire scientifique rigoureux qu'il maîtrise les calculs qu'il mène. En l'absence de justification suffisante, l'examineur l'interroge pour obtenir des précisions. Des réponses laconiques traduisant un refus de la discussion physique ont été pénalisées.

Plusieurs candidats ont ainsi voulu avancer trop vite dans l'énoncé au détriment de la clarté de leur présentation. Le jury insiste sur le fait que cette stratégie n'est jamais gagnante. De façon générale, la note finale n'est pas directement corrélée à l'avancée dans le sujet par le.a candidat.e. La précision de ses réponses et les interventions ou aides de l'examineur sont également prises en compte dans l'évaluation.

Calculs. Tous les problèmes aboutissent à un moment à une étape de formalisation suivie de la résolution des équations. Si les compétences techniques des candidat.e.s, déjà largement testées lors des épreuves écrites, ne sont pas au cœur de l'évaluation lors de cet oral, il est attendu que le ou la candidat.e sache mener rigoureusement un calcul. Les calculs demandés sont habituellement relativement courts et peuvent être effectués sur un seul tableau. Le jury tient à rappeler qu'il ne s'agit pas d'une épreuve de mathématiques ou de calculs, mais bien de physique. Néanmoins ne pas savoir mener un calcul simple ou une résolution d'équation "classique" (solutions d'un oscillateur harmonique par exemple) est lourdement sanctionné. Dans tous les cas, la clarté de la présentation, une bonne tenue du tableau avec des calculs clairs, des approximations bien posées et physiquement justifiées, et des notations cohérentes et bien choisies, autrement dit un souci de pédagogie, sont fortement valorisées.

Analyse des résultats. La réponse à un problème physique s'arrête rarement à la donnée d'une formule. Il est attendu du ou de la candidat.e qu'il analyse et interprète ses résultats. Cela peut notamment passer par un test de l'homogénéité de la solution, l'évaluation d'ordres de grandeur ou le test de cas limites. Les candidat.e.s sachant mener ces analyses de façon autonome sont valorisé.e.s.

Le jury tient toutefois à insister sur le fait que, si l'outil mathématique est indispensable à la résolution des problèmes physiques, l'interprétation des résultats ne peut se limiter à une étude purement mathématique. Le ou la candidat.e doit être capable de donner un sens physique aux solutions données ou aux équations posées. Comme écrit précédemment, le sens physique du ou de la candidat.e est un élément central de l'évaluation, au-delà de son analyse mathématique du problème.

Rapport sur la session 2023

120 candidat.e.s ont passé l'épreuve de physique, pour une moyenne de 12,5 et un écart-type de 3,7. Le jury tient à insister sur le très bon niveau général des candidat.e.s auditionné.e.s, avec quelques candidat.e.s excellent.e.s. Par conséquent, la note reçue ne doit pas être interprétée de façon absolue, elle ne reflète que le classement du ou de la candidat.e et l'interclassement de l'épreuve orale de physique par rapport aux autres épreuves. Sauf

exceptions, la performance des candidat.e.s en fin de classement reste tout à fait honorable malgré la faiblesse des notes indiquées.

Le jury insiste sur le fait qu'une vérification régulière de l'homogénéité de ses expressions devrait davantage être un réflexe chez les candidat.e.s. De nombreuses étourderies dans les calculs auraient ainsi pu être évitées.

En mécanique, le jury a été surpris de constater que la conservation de la quantité de mouvement ne va pas toujours de soi chez les candidat.e.s. Cette faiblesse s'est principalement manifestée dans des problèmes faisant intervenir un bilan de quantité de mouvement. A toutes fins utiles, le jury se permet également de rappeler que le principe fondamental de la dynamique n'est pas $F = ma$, mais bien $F = dp/dt$, ce qui est différent lorsque la masse varie. La quantité de mouvement d'un photon $p = hc/\lambda$ n'était pas toujours connue des candidat.e.s. Enfin, le jury a constaté un certain manque de recul sur les forces d'inertie en référentiel non-inertiel, notamment une confusion entre les forces d'inertie d'entraînement et de Coriolis.

En physique des plasmas, de nombreux candidats étaient mal à l'aise avec les notations complexes et leur généralisation. Il serait sans doute judicieux d'établir, en cours, l'équation de propagation des ondes électromagnétiques avant de passer en notations complexes.

Une tendance, chez certain.e.s candidat.e.s, d'énoncer ou d'écrire au tableau des propos au hasard, sans réflexion préalable a malheureusement été observée. Le jury rappelle que prendre le temps de la réflexion n'est jamais sanctionné ; au contraire, la capacité des candidat.e.s à construire un discours logique et cohérent est valorisée.

Enfin, le jury note que plusieurs candidat.e.s sont venu.e.s accompagné.e.s par des proches en tant qu'auditeurs. Souvent, cette situation s'est avérée déstabilisante et perturbante pour les candidat.e.s. Le jury recommande donc la plus grande réserve à ce sujet.

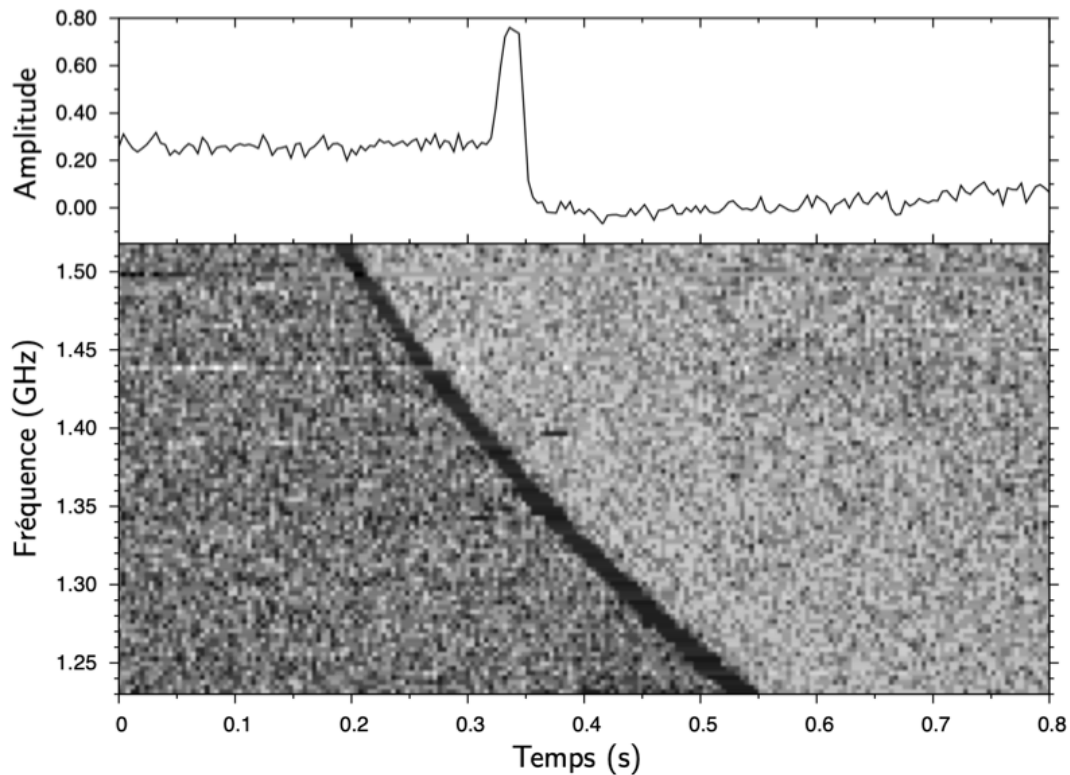
Exemples de sujets

Nous donnons ici des exemples de sujets posés lors de cette session du concours. Le jury tient à rappeler qu'une grande importance est accordée à la discussion du ou de la candidat.e avec le jury. Ces exemples ne doivent pas être interprétés comme s'il s'agissait d'une épreuve écrite tant l'intervention du jury est indissociable de l'énoncé.

Énoncé 1. Vous êtes un ou une navigatrice du XVIIIe siècle. Comment faites-vous pour mesurer votre latitude et votre longitude en pleine mer ?

Dans cet énoncé, la difficulté majeure est celle de la mesure de la longitude. Une discussion préliminaire visait à mener le.a candidat.e à comprendre que celle-ci repose nécessairement sur une mesure de temps. La seconde partie de l'exercice consistait alors à déterminer la perte de précision d'une pendule embarquée dans un navire, et éventuellement d'en discuter certaines solutions.

Enoncé 2. Le graphique suivant représente l'observation d'un "sursaut radio rapide" ; il s'agit d'un signal électromagnétique de quelques dixièmes de seconde observé par radiotélescope. Le signal en question, apparaissant en noir dans la partie inférieure du graphique, est représenté dans l'espace temps-fréquence. Sachant que la densité moyenne d'électrons libres dans l'univers est d'environ 0,2 électrons par mètre cube, déterminer la distance qui nous sépare de la source de ce signal.



Enoncé 3. Milieu granulaire soumis à des vibrations

Lorsqu'un milieu granulaire comme du sable est soumis à des vibrations, des phénomènes surprenants peuvent se produire comme l'apparition de motifs géométriques (carrés, lignes, hexagones, etc). Avez-vous une idée de l'origine de ce phénomène? Pouvez-vous proposer une modélisation du mouvement vertical des grains.

Enoncé 4. Avalanche

Proposer une estimation de la quantité de neige mobilisée par une avalanche. On pourra supposer qu'un bloc parallélépipédique de taille abc se détache soudainement après le passage d'un individu par exemple.

Épreuve orale de Physique, Filière MP

Lors de la session 2023, l'épreuve orale de physique a été passée par 390 candidats, dont 309 de nationalité française. La note moyenne obtenue par les candidats français est 11,78/20 avec un écart-type égal à 3,00.

L'épreuve orale de Physique, d'une durée de 50 minutes, débute par la présentation d'un exercice, généralement au tableau. Cet exercice peut être accompagné d'un document exposant des résultats de mesures, ou illustrant un phénomène. Parfois, une courte vidéo est également présentée. Ces compléments à l'énoncé comportent généralement des informations utiles pour résoudre l'exercice ou justifier des approximations. Enfin, une courte question peut être posée en préambule pour tester la connaissance du cours et/ou guider le candidat pour démarrer la résolution.

Les exercices proposés couvrent l'intégralité du programme. Parfois, un second exercice, portant sur un sujet distinct et nécessitant des compétences différentes, est soumis afin de permettre à l'examineur d'ajuster son évaluation. Il convient de souligner que la résolution complète ou correcte du premier exercice n'est pas nécessaire pour passer au second exercice, et le premier exercice peut être interrompu avant que toutes les questions ne soient posées. De même, certaines réponses peuvent être fournies en cours de résolution pour permettre au candidat de passer à une autre question en exploitant cette réponse.

Des questions élémentaires sont généralement posées au début de l'exercice pour vérifier l'assimilation des notions essentielles du programme. Si le candidat manifeste une solide maîtrise des fondamentaux, des questions plus originales sont rapidement abordées pour permettre au candidat de montrer ses capacités. Les exercices permettent à la fois d'évaluer la compréhension des concepts physiques au programme et la capacité à construire des raisonnements élaborés. La réaction d'un candidat face à une indication fournie est également un critère important dans l'évaluation ; un candidat qui persiste dans la même erreur malgré les indications apportées pour se corriger est sévèrement pénalisé. Globalement, la notation prend en considération la connaissance du cours, la pertinence et l'élaboration du raisonnement, et la capacité du candidat à réagir en utilisant des indications fournies.

Certains candidats évitent de répondre directement aux questions posées, les contournent ou n'y répondent que partiellement. Il est important de souligner à nouveau qu'une compétence générale du programme de Physique consiste à « mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée ». Ainsi, des réponses complètes et approfondies sont attendues. Nous encourageons vivement les candidats à adopter une approche spontanée, persévérante et à interagir avec l'examineur pour exposer le cheminement suivi, expliquer les raisons de ses choix, les hypothèses introduites, le repère et les paramètres sélectionnés, etc. Il est également opportun de vérifier la pertinence des résultats intermédiaires (dimensions, signes, orientations des vecteurs, etc.). Les calculs ne doivent pas être effectués de manière silencieuse. La verbalisation de la résolution permet à l'examineur de suivre la logique sous-jacente à chaque étape du raisonnement et de mieux apprécier la compréhension des concepts en jeu. Ainsi, une communication claire et volontaire du candidat n'est pas simplement une

exigence formelle, mais également un élément essentiel pour son évaluation. Par ailleurs, des expressions telles que « je suis débile » ou « je suis nul(le) aujourd'hui » qui surgissent parfois spontanément, bien qu'elles reflètent certainement l'engagement louable du candidat, ne sont pas appropriées pendant la durée de l'épreuve orale.

Dans la suite, des points demandant une attention particulière sont relevés.

Mécanique –

Les forces d'inertie présentes dans un référentiel en rotation uniforme sont fréquemment mal formulées ou négligées, en particulier en ce qui concerne la force d'inertie de Coriolis. Lorsque cette force est compensée, par exemple par une composante de la réaction du support, il est important de le mentionner.

Certains raisonnements élémentaires appliqués à un système mécanique, tels que trouver la raideur équivalente de deux ressorts en série, sont parfois mal maîtrisés. Cela sous-entend une compréhension approximative des notions de force et du principe d'action-réaction (troisième loi de Newton).

Mécanique quantique –

Les techniques de résolution de l'équation de Schrödinger en une dimension sont généralement assez bien maîtrisées mais la justification physique des conditions de continuité ou des propriétés de symétrie de la fonction d'onde reste souvent confuse.

De nombreux candidats ont des difficultés pour représenter qualitativement, i.e. sans faire le calcul, l'allure de la fonction d'onde dans le cas de potentiels simples en une dimension.

Électromagnétisme et électrocinétique –

Le passage aux impédances complexes pour analyser les régimes harmoniques n'est pas toujours parfaitement maîtrisé, en particulier en ce qui concerne le retour de la solution complexe vers la solution réelle.

Thermodynamique et physique statistique –

Des imprécisions ont été constatées de manière récurrente sur l'énoncé et la compréhension du second principe de la thermodynamique. En particulier, la propriété d'extensivité de l'entropie est souvent oubliée. Certains candidats peinent à expliquer la notion de « fonction d'état » et ses implications.

Il convient de rappeler que le travail élémentaire implique par défaut la pression extérieure, celle-ci pouvant être prise égale à la pression du système si la transformation est réversible. Si cette simplification est adoptée, il demeure cependant essentiel de l'expliquer et de préciser, le cas échéant, pourquoi la transformation peut être considérée réversible.

Certains candidats éprouvent des difficultés à établir si une transformation peut être qualifiée d'isotherme ou d'adiabatique, laissant présager que la notion d'échanges de chaleur n'est pas bien assimilée.

La considération d'un récipient calorifugé ne garantit pas que les transformations subies par le gaz à l'intérieur sont adiabatiques. Par exemple, cela n'est pas le cas s'il y a une source de chaleur dans le récipient.

L'apport essentiel de Ludwig Boltzmann à la compréhension du monde microscopique semble être ignoré par de nombreux candidats. Si une discussion basée sur l'équipartition de l'énergie peut servir de point de départ pour certains exercices, et peut amener de bons candidats à mettre en valeur leur sens physique, elle doit aussi les orienter vers une approche probabiliste utilisant le facteur de Boltzmann.

Optique –

Il est important de souligner qu'un tracé de rayons précis et soigné est un prérequis essentiel en optique. Beaucoup de candidats rencontrent des difficultés dans les calculs de chemin optique en raison d'un tracé de rayon trop approximatif et peu soigné.

Dans les calculs d'interférence, rappelons qu'il est parfois judicieux de raisonner en termes de source lumineuse virtuelle pour simplifier la géométrie du problème et se ramener à un montage standard, par exemple le dispositif des trous d'Young. Par ailleurs, si la formule du déphasage dans le cas des trous d'Young est connue, il faut aussi savoir la redémontrer en posant correctement les approximations utilisées.

Ondes-

Les notions de dispersion et de vitesse de groupe font partie du programme, mais un nombre important de candidats ne les connaissent pas correctement.

Outils mathématiques –

D'une manière générale, une baisse notable du niveau de maîtrise des outils mathématiques nécessaires à la résolution des problèmes de physique inscrits au programme est constatée. Cette baisse s'avère pénalisante pour de trop nombreux candidats lors de cette épreuve de Physique. Quelques erreurs graves relevant du niveau de terminale sont apparues : primitives de $1/r^n$, confusion entre primitive et dérivée, vitesse qui s'annule au sommet d'une trajectoire parabolique, surface d'une sphère, formules de trigonométrie, etc.

La manipulation de quantités infinitésimales reste un écueil pour trop de candidats, qui les mélangent avec des quantités non-infinitésimales, ou peinent à évaluer leurs dimensions. De même la manipulation de grandeurs volumiques et surfaciques mène souvent à des erreurs.

Quelques candidats ne pensent pas à utiliser la méthode de séparation des variables face à une équation différentielle d'ordre un, par exemple pour relier le temps et la position en mécanique du point. Lorsqu'il y a un second membre, les équations différentielles posent des difficultés à un nombre croissant de candidats. Plus généralement, la maîtrise du calcul différentiel est souvent approximative.

Dans un calcul intégral, les bornes d'intégration doivent être précisées et les variables d'intégration ne doivent pas être oubliées.

Des difficultés sur les constructions géométriques et trigonométriques usuelles, en particulier lors de la projection de vecteurs, sont de plus en plus fréquentes. De nombreux candidats semblent raisonner par tâtonnement pour définir s'il s'agit d'un sinus ou d'un cosinus, en considérant des angles particuliers ; cela doit être une façon de vérifier a posteriori un résultat, et non de le deviner. Certains candidats se noient lors d'un changement de base, voire dans l'utilisation des coordonnées polaires.

Des difficultés ont été constatées lorsqu'il s'agit de représenter graphiquement un résultat. Savoir tracer une courbe, en mettant en évidence ses éléments caractéristiques, tels que les asymptotes, tangentes en des points spécifiques, ou la convexité, est une compétence à maîtriser. De même, il est important d'avoir le réflexe d'utiliser des quantités adimensionnées afin de donner à son graphe un caractère général.

Lorsque c'est le cas, le candidat peut souligner et tirer profit de la linéarité d'une équation différentielle, ou par exemple d'un filtre en électrocinétique.

Epreuves orales de CHIMIE, Filière MP

Trois commissions parallèles ont interrogé les candidats français et étrangers. La durée de l'épreuve est de 40 minutes sans préparation préalable pendant lesquelles un sujet est proposé. Une table de constantes et une classification périodique sont accessibles au candidat. Des questions complémentaires et/ou un second sujet peuvent être également donnés au cours de l'oral suivant la progression du candidat. Toutes les parties du programme MPSI et MP ont été abordées sur l'ensemble des épreuves orales. Suivant le thème abordé et la structure du sujet, le candidat peut réussir à le traiter entièrement ou aborder uniquement quelques questions.

La moyenne de l'épreuve est de **11,27/20** avec un écart type de **3,34** pour les **309** candidats français. Etant donné le faible nombre de candidats étrangers, les moyennes et écarts type associés ne sont pas significatifs.

Remarques d'ordre général

Nous tenons tout d'abord à souligner la qualité globale des présentations orales grâce à une préparation complète à l'épreuve et une bonne appréhension du programme. Après quelques minutes nécessaires à la prise de connaissance du problème, un dialogue a été, en général, très vite initié avec l'examineur afin d'aborder la démarche scientifique et le raisonnement à adopter pour la résolution de l'exercice. Le jury n'a jamais laissé le candidat bloqué face à une question, des indications ont toujours été données ou des questions ont été posées afin d'orienter le candidat vers la solution. Nous tenons à mettre l'accent sur le fait que lors d'une épreuve orale, le dialogue avec l'examineur est primordial. Il est donc demandé au candidat d'expliquer sa démarche ; ses commentaires s'appuyant bien sûr sur les résultats inscrits clairement au tableau (équations, schémas, formules, brèves notes). L'examineur pourra quant à lui soit donner des indications pour lever d'éventuels blocages, soit poser des questions afin d'évaluer plus en profondeur les connaissances ou la capacité de réflexion du candidat.

Il est donc recommandé dans un premier temps de bien lire le début de l'énoncé pour saisir la logique de l'exercice pour savoir faire preuve d'initiative. De la même façon, dans certains exercices, c'est au candidat d'inférer le comportement du système chimique à partir des données fournies en annexe, il est ainsi important de ne pas omettre la lecture et l'exploitation de ces données. Enfin, la note finale n'est pas directement corrélée aux nombres de questions traitées. Il est attendu que le candidat expose clairement sa démarche scientifique et fasse preuve d'un raisonnement construit pour aboutir à la résolution de la problématique posée. Ainsi, la clarté et la précision dans l'expression, ainsi que la façon de présenter les

résultats avec un certain dynamisme sont valorisées. Il est regrettable de voir des candidats remplir le tableau par des lignes de calculs sans exposer leur stratégie : l'examineur pourra difficilement aider un candidat qui s'oriente vers une mauvaise direction dans ce cas. À l'opposé, tous les efforts visant à expliquer les démarches entreprises, critiquer les résultats obtenus et les replacer dans un contexte plus général sont appréciés.

Le tableau a été en général bien tenu. Lors de développements d'équations réactionnelles ou algébriques, il est conseillé d'écrire à la suite et ne pas effacer ou réécrire par-dessus ce qui tend toujours à des confusions pour le candidat. De la même façon, lors des applications numériques il est souhaitable que les changements d'unité et le regroupement des puissances de 10 se fassent au tableau et non dans la calculatrice car il est alors très difficile pour l'examineur de venir en aide au candidat.

La connaissance des notions vues lors des deux années de préparation est essentielle pour la résolution des problèmes posés. La majorité des candidats connaît les notions du cours et sait traiter les questions les plus classiques. Il est à noter que certains candidats ont été très vite pénalisés à cause de lacunes importantes sur certains points du programme. Cela s'est traduit par des formules employées inexactes, mal appliquées... Faute d'autonomie, l'examineur a dû à plusieurs reprises indiquer les règles ou modes de résolution à utiliser. Cette attitude est évidemment très préjudiciable.

A l'inverse, une poignée d'étudiants s'est distinguée par un recul exceptionnel sur le problème à traiter, connaissant et maîtrisant de façon précise les notions du programme. Certains candidats ont également fait preuve d'une certaine culture scientifique en reliant l'exercice à des problématiques actuelles rencontrées dans le domaine de la chimie.

Bon nombre d'exercices nécessitent l'usage de la calculatrice, il est donc important que le candidat puisse en avoir une pour l'épreuve : l'examineur n'en prête pas et le temps passé à faire les opérations à la main l'est forcément au détriment de l'évaluation de la qualité du candidat. Les applications numériques ne peuvent être négligées et il ne sert à rien de demander si elles doivent être faites. Les résultats doivent être clairement écrits au tableau en précisant les unités. Il est également attendu un commentaire sur le résultat obtenu notamment sur les valeurs de grandeurs thermodynamiques. Dans le cas d'un résultat numérique complètement aberrant, le candidat doit faire preuve d'esprit critique. De plus, la calculatrice est à utiliser uniquement pour la dernière phase de calcul, après écriture des expressions mathématiques au tableau. De cette façon, cela permettra au candidat d'être aidé plus aisément par l'examineur si le résultat est faux. Ce dernier pourra également juger s'il s'agit d'une simple faute de frappe ou d'une mécompréhension de la loi utilisée.

Lors du traitement d'un problème, certains candidats sont persuadés de connaître déjà le résultat d'une réaction, d'une équation, d'un calcul... Il est important de faire preuve de vigilance en vérifiant que le résultat connu s'applique bien, ce dernier devant surtout être justifié scientifiquement en s'appuyant sur des lois chimiques et les observations indiquées. Il existe peu de formules à connaître par cœur dans le cours de chimie, la démonstration du reste est toujours susceptible d'être demandée.

Analyse détaillée des performances des candidats

La connaissance des notions du cours des deux années de préparation est indispensable pour réussir son épreuve orale. A cet effet, le candidat a été sévèrement sanctionné si les capacités exigibles n'étaient pas connues (structure cubique faces centrées, loi de Van 't Hoff, calcul du pH d'une solution d'acide faible, valence d'éléments simples...)

Atomistique et structure de la matière

La détermination de la configuration électronique d'un élément a souvent été laborieuse. Comme l'examineur donne accès au candidat à une classification périodique, celui-ci devrait pouvoir indiquer directement la configuration électronique de la couche de valence sans un long calcul à partir du numéro atomique Z. Les nombres quantiques n, l et m ne sont pas toujours connus de manière satisfaisante. Ainsi, trop peu de candidats sont à même d'expliquer l'origine du nombre d'électrons pouvant être contenus dans un sous-niveau de nombre quantique secondaire donné. Beaucoup d'étudiants pensent aussi que tous les éléments du tableau périodique s'ionisent afin d'acquérir la configuration électronique du gaz rare le plus proche, ce qui conduit à des nombres d'oxydation complètement aberrants notamment pour les métaux de transition qui sont négatifs pour certains candidats.

L'exploitation de la classification périodique n'est pas correctement réalisée. Bon nombre de candidats demandent encore la masse d'un proton afin de calculer une masse molaire. L'évolution des propriétés comme l'électronégativité, le rayon atomique ou encore la polarisabilité n'est pas bien maîtrisée car la notion même de ces propriétés notamment la polarisabilité n'est pas acquise.

L'écriture des formules de Lewis des molécules a été encore plus problématique cette année et donc chronophage. Les formules de Lewis d'éléments simples comme le carbone, l'azote ou encore l'oxygène ne sont pas sues pour tous. Le décompte des électrons de valence est souvent entaché d'erreur ce qui conduit à des aberrations. De plus, les charges sont fréquemment oubliées et les doublets placés mécaniquement sans aucune cohérence avec une quelconque réalité chimique. Ainsi, il est fréquent d'avoir des molécules avec des carbones pentavalents sans que le candidat remarque son erreur.

Les questions concernant les forces intermoléculaires (liaisons / ponts hydrogène, de Van der Waals, etc.) ont été très peu correctement traitées cette année. Beaucoup de confusions ont été constatées, peu de candidats savent réellement décrire une liaison hydrogène car ils ne savent même pas en quoi cela consiste. La notion de polarité n'est pas acquise non plus.

Cristallographie

Globalement, les questions de cristallographie ont été moins bien traitées que les années précédentes. La majorité des candidats connaît la structure CFC et sait la représenter facilement. Cependant, le jury a constaté beaucoup de difficultés pour les questions portant sur la détermination de la masse volumique ou la compacité. Le temps consacré à ces questions simples a pénalisé le candidat. Bien évidemment, les questions concernant les conditions d'insertion dans un site tétraédrique ou octaédrique ont été encore plus laborieuses car un nombre non négligeable de candidats a été incapable de placer les sites ou a confondu les deux

types de sites. De plus, la majorité des candidats se retrouve en difficulté lorsqu'il s'agit de discuter des différents types de liaisons dans les cristaux (cristaux métalliques, covalents, ioniques).

Cinétique chimique

La cinétique formelle n'est pas maîtrisée pour l'ensemble des candidats. Certains sont restés bloqués sur l'expression même de la vitesse et également par la résolution des calculs. Le travail en phase gaz peut aussi être une source de soucis (notamment si l'expérience fait intervenir la densité).

Solutions aqueuses

Au même titre que l'année dernière, les sujets portant sur la chimie des solutions ont posé beaucoup de difficultés souvent dues à un manque de rigueur et une mauvaise compréhension des phénomènes se déroulant au sein de la solution. La mesure physique même du pH est confondue pour certains avec la mesure de la conductivité. L'interprétation d'une courbe de titrage est aussi très confuse. Il est important de mentionner que de nombreux candidats ne connaissent pas la différence entre le terme « équilibre » et « équivalence » lors d'un exercice sur un dosage. Ils affirment que le pH est égal au pK_a du couple acido-basique à l'équivalence au lieu de la demi-équivalence. Aussi, peu de candidats sont capables de mener à bien le calcul du pH d'un monoacide faible au sein d'une solution aqueuse. Certains candidats semblent préférer se noyer dans des calculs longs et complexes au tableau plutôt que de faire des approximations judicieuses permettant de gagner un temps précieux. Ceci leur est particulièrement dommageable car le jury rappelle que l'oral de chimie n'est pas un oral de calcul et n'est pas évalué comme tel. D'autres utilisent des formules toutes faites qu'ils ne savent pas démontrer. La formule d'Andersson apparaît souvent comme la formule « magique » à utiliser dans tous les cas de figures, souvent à tort.

Nous avons remarqué que le travail par linéarisation systématique des produits par passage au logarithme est généralement inefficace. Il conduit rarement à une application numérique juste car la transformation « -log » est double et les étudiants se trompent. La manipulation systématique des pH, pC, pK_c allonge aussi grandement les temps de calculs. Finalement, cette technique obscurcit le sens chimique, qui est souvent plus manifeste lorsque l'on travaille en concentration. Plusieurs minutes peuvent être nécessaires pour donner une valeur du pH lorsque l'on connaît la concentration en ions OH^- . De façon générale, il serait souhaitable que les candidats soient aussi à l'aise avec les bases qu'avec les acides et qu'ils aient compris que ces deux visions sont symétriques l'une de l'autre.

Certains candidats ont tendance également à complexifier l'exercice en n'utilisant pas les variables proposées par l'énoncé.

Les questions relatives à la solubilité, à l'apparition et à la redissolution de précipités suivant le pH sont les plus difficiles pour les candidats. Presque tous les étudiants sont mis en difficulté dès lors que deux phénomènes concurrents peuvent se produire dans le système. La définition même de la solubilité est souvent très confuse.

Oxydo-réduction

Comme chaque année, beaucoup de temps a été perdu pour équilibrer une équation chimique notamment les équilibres d'oxydo-réduction. Il est nécessaire que les candidats soient plus efficaces sur ce type de question.

La lecture et le tracé des diagrammes E-pH sont globalement maîtrisés mais la réaction de dismutation a eu du mal certaines fois à être identifiée. La détermination des équations de frontière peut parfois prendre du temps, ce qui ne permet pas d'aborder les questions suivantes. Des difficultés ont été remarquées également, lorsque l'on fait en sus intervenir des phénomènes de précipitation, etc...

L'analyse de courbes intensité-potential pose souvent des problèmes fondamentaux et a été appréhendée, au même titre que l'année dernière, de façon très hétérogène suivant les candidats. Beaucoup de candidats semblent déroutés face au fait qu'une courbe puisse ne présenter que la vague d'oxydation d'une espèce en solution, sans présenter la vague de réduction correspondante. Il est bon de rappeler que, pour observer une vague d'oxydation ou de réduction sur une courbe intensité-potential, l'espèce subissant la réaction d'oxydo-réduction correspondante doit être présente en solution. Les liens qualitatifs et/ou quantitatifs entre l'intensité du courant limite de diffusion avec la concentration du réactif en solution, le nombre d'électrons échangés à l'électrode et la surface immergée de l'électrode à partir des courbes intensité-potential ne sont pas bien connus. L'allure des courbes I-E traduisant le fonctionnement d'une pile ou d'un électrolyseur est toujours confuse. Les schémas des montages sont également assez approximatifs. On rappelle qu'une électrode platine n'est pas une électrode de référence.

Thermochimie et équilibres

Les exercices portant sur ce thème ont été relativement bien traités avec des calculs bien menés, avec les bons ordres de grandeur et les bonnes unités. Il est cependant regrettable que certains ne connaissent pas la loi de Van't Hoff ou ne savent pas l'utiliser à bon escient. La définition même de l'état standard n'est pas maîtrisée. Ainsi, des confusions ont été observées entre $\Delta_r G$ et $\Delta_r G^\circ$ et lors de l'application de la loi de Hess pour justifier que l'enthalpie standard de formation d'un corps pur simple pouvait être nulle. Comme chaque année, les exercices nécessitant l'utilisation du potentiel chimique se sont avérés très compliqués.

Il est à noter que certains candidats manipulent avec rigueur et dextérité les concepts de quotient réactionnel, constante d'équilibre et cycle thermodynamique.

Pour conclure, le jury tient à revenir sur l'implication de la majorité des candidats. Le but de ce rapport est de contribuer à améliorer la qualité de leurs prestations orales. Il est toujours très plaisant et constructif de pouvoir échanger avec des candidats sérieux qui ont su profiter d'une préparation de qualité.

2 Physique

2.1 Remarques générales

2.1.1 Déroulement de l'épreuve

Comme indiqué dans la notice, l'oral de physique du concours Mines-Ponts dure environ une heure au tableau et comporte au moins deux parties. Le candidat dispose d'un temps de préparation de 15 minutes sur table pour la première partie. La deuxième partie est cherchée et résolue en direct au tableau.

Un même examinateur interroge tous les candidats selon la même procédure. L'interrogation peut comporter une question de cours ou uniquement des exercices. Les modalités de l'interrogation sont annoncées à l'extérieur de la salle et rappelées si besoin au début de l'épreuve. Les examinateurs ont tous les mêmes exigences et les mêmes objectifs, même si la procédure d'interrogation diffère un peu de l'un à l'autre.

Les examinateurs ont pour objectif d'aider les candidats à révéler le meilleur d'eux-mêmes. L'épreuve orale est un échange entre l'examinateur et le candidat, et n'est surtout pas un « écrit au tableau ». Le candidat est libre de choisir sa méthode ou le contenu de son exposé lors d'une question de cours. L'examinateur s'adapte à ses propositions et intervient régulièrement, indépendamment de la valeur de la prestation. Le candidat n'a pas à s'inquiéter des interventions de l'examinateur qui peut à tout moment interrompre l'exposé ou rompre le silence pour de multiples raisons, toutes dans l'intérêt du candidat : demande de précisions, élargissement du sujet, question intermédiaire ou supplémentaire. Ces interventions font partie intégrante de l'interrogation et ne sont jamais malveillantes.

En 2024, les épreuves orales de physique des deux filières MP et PSI porteront sur l'ensemble du programme de physique et de chimie de 1^{re} et 2^e années de ces filières (Règlement 2024, 1.1.3, page 5)

2.1.2 Attentes

Les candidats au concours Mines-Ponts, sont interrogés dans le respect strict du programme des classes MPSI et MP2I, PCSI, puis MP et MPI, PC et PSI. Nous insistons sur le fait que la première année de classe préparatoire fait intégralement partie du programme d'évaluation. L'interrogation peut aborder aussi des aspects expérimentaux vus en travaux pratiques.

Il est toujours étonnant de constater que des candidats peuvent avoir fait des impasses totales sur certaines parties du programme, et pas seulement sur celles de première année !

Le volume de connaissances et compétences exigibles est déjà très vaste ; il est donc inutile de se charger avec des connaissances hors programme, particulièrement mal assimilées, surtout si les notions de base ne sont pas connues.

Les examinateurs ont conscience du stress que peut provoquer l'enjeu d'une telle épreuve. Une erreur n'est en soi jamais fatale, surtout si le candidat corrige spontanément ou à la suite d'une petite remarque

de l'examineur. De même un contrôle d'homogénéité peut éviter bien des bévues. Néanmoins des erreurs répétitives, ou grossières sur des calculs simples ne sont plus attribuables à de banales étourderies.

La durée de l'épreuve est suffisamment longue aussi l'oral ne doit pas être une course de vitesse. Il est toujours préférable de prendre un peu de temps pour réfléchir, clarifier ses idées ou vérifier ses calculs, plutôt que de se précipiter ou recommencer plusieurs fois la même tâche, ce qui engendre de la panique.

Les examinateurs s'étonnent que des candidats n'écoutent pas leurs questions et même refusent d'y répondre, en particulier quand ces questions ne sont pas notées sur l'énoncé. Rappelons encore une fois que les interventions de l'examineur font partie de l'interrogation, et que les réponses ou réactions qu'elles suscitent sont évaluées et comptent pour la note finale.

L'attitude au tableau requiert quelque attention. Le candidat ne doit pas rédiger in extenso : c'est un oral, pas un écrit. Néanmoins, il doit gérer l'espace de façon rationnelle, et dire tout haut ce qu'il aurait écrit sur une copie. Trop de candidats restent quasi-muets en gribouillant des choses illisibles. L'usage de schémas est grandement encouragé, même si les droites ou les cercles tracés à la main ne sont pas parfaits. Il est aussi important de ne pas effacer avant d'y être invité par l'examineur.

Un langage clair, précis et grammaticalement correct est requis de la part du candidat. Les sigles utilisés sont définis lors de la première utilisation en prononçant les mots qui les constituent (par exemple : « Onde plane progressive harmonique » pour OPPH). Les notations doivent être rigoureuses, notamment en ce qui concerne les éléments infinitésimaux. L'homogénéité concerne également les vecteurs et les scalaires. Les lettres grecques doivent être correctement nommées et dessinées.

Si besoin, les candidats utilisent leur calculatrice personnelle le jour de l'oral et il est judicieux de vérifier avant l'épreuve que celle-ci est bien chargée. Son usage doit rester rationnel car souvent l'application numérique peut se faire de tête. Rappelons aussi qu'un résultat numérique requiert une unité. Une calculatrice sert aussi à tracer des courbes et les exploiter. Les candidats sont donc invités à mieux savoir utiliser leur calculatrice pour ces applications afin de ne pas tâtonner et s'y reprendre plusieurs fois.

Le commentaire argumenté des résultats, qu'ils soient chiffrés ou non, est toujours bienvenu. Il est même parfois intéressant de mettre à jour une contradiction, ce qui permet de critiquer le modèle employé, ou au contraire de valider telle ou telle étape du raisonnement. Une question de cours vise aussi bien à vérifier la robustesse des connaissances du candidat, qu'à le mettre en confiance afin d'aborder des questions plus approfondies dans les meilleures conditions. Notons qu'une connaissance formelle du cours, sans recul, ne suffit pas. Le traitement d'une question de cours ne peut pas non plus se limiter à une démonstration sans contextualisation, application(s) ni ordre(s) de grandeur, voire sans illustrations expérimentales. Il est vivement conseillé aux candidats de traiter le sujet de façon assez large, et d'élaborer un plan, présenté au début, incluant une phrase d'introduction et une phrase de conclusion.

Les examinateurs recommandent enfin aux candidats d'arriver suffisamment à l'avance pour éviter le stress de l'imprévu, d'avoir une tenue correcte et de faire preuve d'un minimum de courtoisie avec les examinateurs, le personnel du concours et les autres candidats. Il est également important de prévoir

de quoi boire et s'alimenter avant ou entre les épreuves.

2.1.3 Évaluation

Nous rappelons que l'oral du concours Mines-Ponts classe les candidats au sein de chaque équipe. Les examinateurs sont parfaitement conscients qu'ils interrogent des jeunes gens et des jeunes filles d'un niveau certain, sélectionnés en amont par des épreuves écrites exigeantes. Néanmoins, l'examineur utilise toute l'échelle de notes mises à sa disposition, c'est-à-dire de 1 à 20. La note est un outil de classement et non un strict jugement de valeur absolue.

Les meilleures notes sont attribuées aux candidats ayant manifesté toutes les qualités attendues pour entrer dans les écoles du concours : le cours est non seulement su, mais compris en profondeur, le candidat fait preuve d'autonomie et peut parfaitement justifier les étapes de son raisonnement ainsi que les éventuelles hypothèses engagées, les calculs sont menés correctement et les éventuelles erreurs corrigées spontanément. Ce candidat répond volontiers aux questions de l'examineur sans y voir aucune agression, il est capable de citer ou d'évaluer des ordres de grandeur sans calculatrice, de commenter des résultats littéraux comme numériques, et de se laisser mener sur des questions d'ouverture plus générales.

Au contraire, les notes les plus basses caractérisent des candidats, relativement moins performants de d'autres, aux connaissances et méthodes très fragiles, superficielles, ou même ayant fait l'impasse sur des parties du pro-gramme, dont très fréquemment, celui de première année. Ces notes peuvent caractériser de l'ignorance, mais plus souvent un manque total d'assimilation ou de compréhension des concepts. De nombreux candidats apprennent du cours ou des solutions par cœur, sans aucun recul, et sans être capables de réinvestir ces connaissances dans un contexte différent. Beaucoup de candidats révèlent malheureusement une incapacité à faire le tri dans leurs connaissances et font preuve d'une réelle détresse face à une petite nouveauté ou même une simple question de contrôle.

2.2 Physique - Filières MP et MPI

Ce rapport des épreuves orales des filières MP et MPI s'inscrit dans la lignée des précédents et vous y trouverez de nombreuses similarités, preuve s'il en est que les étudiants ne les lisent pas assez et devraient y consacrer un peu de leur temps.

2.2.1 Conseils au futurs candidats de la filière MP

Le jury recommande aux candidats de toujours commencer par une analyse de la physique d'un problème avant sa résolution technique. Il est par exemple déconseillé de commencer directement son exposé par « On applique le PDF/le théorème de Gauss, etc ». Bien analyser la situation permet aussi d'éviter l'erreur qui consiste à chercher mécaniquement à utiliser des formules du cours qui ne sont pas forcément applicables (un champ électrique ne se calcule pas toujours par le théorème de Gauss par exemple).

L'homogénéité est souvent vérifiée par les candidats mais parfois de manière peu efficace. On rappelle aux candidats qu'ils peuvent utiliser n'importe quelle formule de la physique. Un choix judicieux peut accélérer cette vérification et il est conseillé aux candidats de s'entraîner, surtout en électromagnétisme et en électrocinétique, où les dimensions sont moins « naturelles ».

Le jury a constaté des problèmes sur des outils mathématiques de base comme les projections et les relations géométriques qui se doivent d'être parfaitement maîtrisés.

Certains candidats attendent trop l'approbation de l'examinateur pour poursuivre leur piste de résolution. Nous rappelons que ce n'est pas le rôle de l'examinateur de valider chaque étape de la résolution.

2.2.2 Analyse thématique

Cette section regroupe les erreurs fréquemment rencontrées par les différents membres du jury, mais ne se veut en aucun cas être une liste exhaustive.

Électrocinétique

Le jury constate trop d'erreurs d'algébrisation dans les relations courant/tension, les relations sont généralement mémorisées en convention des récepteurs mais ça n'est pas toujours le cas. Sans schéma associé le jury ne peut pas aider le candidat.

Il faut savoir justifier rapidement les comportements limites des dipôles électrocinétiques à haute et basse fréquence et faire une analyse fréquentielle des circuits, même si elle n'est pas demandée explicitement, cela permet a minima de vérifier la cohérence avec le calcul.

Les signaux non sinusoïdaux posent problème et l'utilisation du théorème de superposition pour un signal possédant plusieurs harmoniques mène souvent à une impasse.

Les ordres de grandeurs des caractéristiques des composants classiques (résistor, condensateur et bobine) utilisés en électronique ne sont pas toujours connus.

Mécanique

Le jury constate l'oubli fréquent de la réaction du support pour les mouvements sans frottement, qui est bien présente même si elle disparaît lors de la projection sur la direction du mouvement.

Il est important de vérifier la pertinence de la projection des équations du mouvement dans un ou plusieurs cas particuliers avant de poursuivre les calculs.

L'application du théorème du moment cinétique donne lieu à trop d'erreurs, l'utilisation du bras de levier s'avère efficace si l'on vérifie bien le signe du résultat obtenu en tenant compte de l'algébrisation des grandeurs.

Dans le cas du frottement de glissement, la direction de la composante tangentielle n'est pas toujours correctement expliquée et il y a confusion fréquente entre « vitesse » et vitesse de glissement.

L'étude des mouvements en référentiels non-galiléens donne lieu à des erreurs de signe ou des calculs fastidieux inutiles, par exemple la force de Coriolis pour une position d'équilibre ou le calcul d'un double produit vectoriel alors que la distance à l'axe de rotation est suffisante.

L'étude énergétique des systèmes est trop peu souvent proposée alors qu'elle permet parfois d'obtenir un résultat rapide sans passer par la résolution d'équations différentielles, comme dans l'exemple classique de l'altitude maximale d'un tir vers le haut sans frottement.

En mécanique céleste les candidats n'associent pas valeur de l'énergie mécanique et nature de l'orbite.

Mécanique quantique

Les candidats savent en majorité résoudre l'équation de Schrödinger, mais certains méconnaissent le lien entre fonction d'onde et densité de probabilité de présence. La notion de densité de courant de probabilité n'est pas bien assimilée, en particulier son analogie avec la densité de courant électrique.

Électromagnétisme

Les situations classiques de calcul des champs électrique et magnétique sont globalement maîtrisées. Certains candidats vont néanmoins trop vite et ne proposent pas d'analyse des invariances et symétries car ils connaissent déjà le « bon » contour d'Ampère ou la « bonne » surface de Gauss.

En induction, l'algébrisation cohérente du circuit et du calcul de la force de Laplace n'est pas toujours respectée. La conversion idéale de puissance est trop peu utilisée et certains candidats perdent beaucoup de temps à calculer une force de Laplace alors que le résultat est pratiquement devant leurs yeux. L'utilisation qualitative de la loi de Lenz permet généralement d'anticiper les phénomènes que l'on va décrire, le jury attend du candidat qu'il prenne l'initiative de cette démarche même si la question n'est pas explicitement posée.

Toutes les ondes étudiées ne sont pas planes et les candidats doivent néanmoins pouvoir proposer une étude du phénomène en repartant des équations de Maxwell. Les expressions des vitesses de phase et de groupe sont généralement connues mais pas forcément leur interprétation physique.

Le tracé du champ électromagnétique dans le cas de l'effet de peau dans un conducteur ohmique donne lieu à des courbes qui ne prennent pas en compte les valeurs relatives de la pseudo-période et de la distance d'atténuation.

Thermodynamique

Le jury constate à nouveau qu'il y a trop d'à-peu-près dans l'utilisation des notations d , δ et Δ .

L'utilisation d'un principe de la thermodynamique ne peut pas se faire avant d'avoir défini clairement un système. L'algébrisation pose problème, notamment dans le cas des machines thermiques étudiées dans un cas concret, quand elles sont couplées à d'autres systèmes. L'algébrisation approximative des grandeurs énergétiques exploitées par les machines thermiques donne souvent lieu à des résultats fantaisistes.

Le vocabulaire des changements d'état est trop approximatif et les bilans sur des systèmes sous plusieurs phases posent problème, il y a fréquemment confusion entre enthalpie et énergie interne lors de l'application du premier principe.

Pour l'étude du transfert thermique, l'utilisation de l'énergie « entrant » et « sortant » du système ne saurait constituer une algébrisation rigoureuse lors de la mise en équation. Le terme d'énergie « produite » est également mal compris et plus généralement la prise en compte de sources locales pose des problèmes. La mise en équation dans une situation de conduction radiale bloque la plupart des candidats, même en régime permanent. Les résistances thermiques constituent un outil efficace quand leur utilisation est licite, trop de candidats proposent leur introduction sans vérifier si c'est possible.

Optique

Dans le cas d'interférences à distance finie, l'utilisation du projeté d'une source sur le second rayon est malheureusement encore rencontrée, cette mise en équation maladroite ne permet jamais au candidat d'aboutir rigoureusement au résultat alors qu'un développement limité permet de conclure assez rapidement.

Les conditions d'éclairage et d'observation pour les montages coin d'air ou lame d'air avec interféromètre de Michelson sont mal connues. Certains candidats ne connaissent que le montage replié du coin d'air et ont beaucoup de mal à faire le lien avec le Michelson tel qu'il est réellement.

Le défilement de franges donne lieu à des calculs compliqués alors que l'utilisation de l'ordre d'interférence permet souvent une analyse rapide et efficace.

Pour expliquer l'évolution des anneaux quand l'interféromètre de Michelson se rapproche du contact optique en lame d'air, de nombreux candidats manquent de méthode et se contentent d'une affirmation.

Physique-chimie

Présentation des épreuves

Organisation de l'oral

Les candidats sont convoqués en salle d'attente ; il leur appartient d'être présents au lieu et à l'heure prévus, sans retard. Ils doivent impérativement être munis de leur 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.

L'ordre de passage des deux épreuves de physique-chimie 1 et 2 est aléatoire ; merci aux candidats de prêter attention aux horaires qui figurent sur leur convocation sans confondre les deux épreuves ! Les salles d'attente sont voisines mais distinctes. L'organisation de l'oral est telle que le *thème disciplinaire principal* du sujet proposé au candidat sera différent en physique-chimie 1 et 2. 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 1 est une épreuve sans préparation : le candidat se voit remettre un sujet, comportant un exercice unique, lors de son entrée dans la salle. Il doit en débiter immédiatement la présentation au tableau. L'épreuve dure donc 30 minutes.

L'épreuve orale de physique-chimie 2 est une épreuve avec préparation : le candidat dispose de 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, etc. La présentation débute à l'issue de cette phase de préparation. Le papier de brouillon utilisé pendant cette préparation est fourni au candidat ; il reste à sa disposition pendant le passage au tableau puis est détruit (et il n'est donc jamais évalué) à l'issue de l'épreuve. La durée totale de celle-ci est donc d'une heure.

Il est dans l'intérêt des candidats d'être prêts dès le moment de leur appel : celui qui perd du temps à rechercher sa carte d'identité perd *son temps* d'oral. De même, les candidats venus sans calculatrice perdent du temps et de l'efficacité.

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*. Le candidat n'a pas le choix du sujet qui lui 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.

Les sujets proposés ne font *jamais* appel à des connaissances, méthodes ou résultats hors programme. Toutefois, si le candidat propose de lui-même d'utiliser une telle notion, le jury se réserve le droit de vérifier que l'étudiant connaît bien les conditions d'application du résultat proposé et, à défaut, peut en refuser l'emploi.

Évaluation des épreuves orales

En physique-chimie 1

Le sujet proposé au candidat débute toujours par une question *proche du cours*. Ceci permet d'évaluer la capacité du candidat à *mobiliser rapidement* ses connaissances du thème abordé. Par la suite, dans un cadre plus *contextualisé*, l'étudiant doit construire en direct le *raisonnement logique* d'analyse et de résolution du problème posé. L'examineur évalue ainsi la capacité du candidat à réagir aux indications, à se reprendre en cas d'hypothèses impropres, etc.

En physique-chimie 2

Le sujet proposé au candidat est toujours *fortement contextualisé* et accompagné d'*éléments annexes* (documents, simulations, scripts...) qui permettent une préparation sur un temps long en amont de l'oral. Le jury attend systématiquement, et obtient souvent, un oral qui 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.

Analyse globale des résultats

Ce rapport présente par ailleurs des résultats détaillés, y compris une analyse statistique des notes attribuées (qui couvrent toute la gamme de 1 à 20). Ce qui est proposé ici en constitue un résumé succinct assorti de quelques commentaires.

Les points communs aux deux épreuves

Malgré les difficultés qui ont inévitablement marqué leur préparation du fait de la pandémie de COVID-19, le jury a vu des candidats plutôt bien préparés, sans manques majeurs dans leurs connaissances, connaissant le format des preuves et prêts à fournir des efforts significatifs au cours de leur déroulement.

Au delà de quelques lacunes disciplinaires (qui sont d'ailleurs détaillées plus loin), certains candidats à la session 2022 du concours ont ainsi manqué de dynamisme ou de réactivité au cours de l'oral. Ces capacités à mener un discours, à rebondir sur une difficulté, à interagir avec un auditoire sont justement des qualités attendues de futurs ingénieurs que les épreuves orales cherchent justement à quantifier et à valoriser. On peut penser que la pandémie est à l'origine d'une partie de ces difficultés et espérer qu'elles ne seront que transitoires.

Cette situation explique sans doute une légère baisse des résultats d'ensemble ressentie par les jurys de physique-chimie 1 et 2 cette année, marquée par une moyenne générale un peu en retrait (inférieure à 12). On peut aussi l'illustrer en notant que *plus d'un candidat sur cinq* a reçu une *note basse* (strictement inférieure à 9). Notons quand même, pour nuancer ce propos, qu'une proportion très significative des candidats (un sur quatre) a reçu une *note haute* (de 15 à 20), ce qui montre heureusement que les étudiants performants, dynamiques et bien préparés sont toujours là.

Les différences entre les deux épreuves

Les deux épreuves orales de physique-chimie sont conçues pour contribuer de manière *complémentaire* au classement des candidats au concours. Les candidats sont ainsi nombreux (deux sur cinq) à obtenir des notes proches aux deux épreuves (écart compris entre 0 et 2 points) mais une proportion non négligeable des étudiants (un sur cinq environ) obtient deux notes bien distinctes (écart de 6 points ou plus).

Les épreuves de physique-chimie 1 et 2 sont aussi organisées de manière à ce que chaque candidat se voit proposer une évaluation portant sur au moins *deux parties distinctes* du programme : on pardonnera au

jury d'en profiter pour répéter que la maîtrise de la *totalité* du programme est une condition nécessaire à la réussite !

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Tenue et comportement à l'oral

Le jury apprécie les candidats qui font un effort de présentation. Une tenue adaptée (sans bien sûr exiger un quelconque formalisme), un registre de langage choisi, une écriture lisible ne peuvent avoir sur la note finale qu'une influence positive. Une fois passé au tableau, le candidat ne doit pas oublier la présence de l'examineur, à l'occasion se tourner dans sa direction pour lui parler, l'écouter ou lui répondre, etc.

Quelques incontournables

Il n'est pas raisonnable de se présenter à un oral de ce niveau sans être capable de traiter, rapidement et sans erreur, quelques situations qui relèvent de l'application directe des notions de base du programme. On peut citer, sans être exhaustif, les calculs :

- de la période d'oscillation d'un pendule simple ;
- des vitesse, période et énergie d'un mouvement circulaire newtonien ;
- des champs magnétiques créés par un fil infini ou un solénoïde infini ;
- de la capacité d'un condensateur plan ;
- des rendement, efficacité et coefficient de performance d'une machine de Carnot ;
- des différences de marche dans les cas des fentes de Young et des anneaux d'égale inclinaison ;
- des équations régissant les régimes transitoires dans les circuits usuels d'ordre 1 ou 2 ;
- du vecteur de Poynting moyen associé à une onde plane progressive dans le vide.

Mais aussi la détermination justifiée, au moins dans le cas unidimensionnel :

- de l'équation de diffusion thermique ;
- du premier principe industriel pour les écoulements stationnaires ;
- de la forme générale d'une fonction d'onde d'un état stationnaire ;
- des énergies quantifiées dans un puits de potentiel infini.

Et bien sûr la connaissance sans erreur ni hésitation de certaines expressions, propriétés ou définitions :

- expressions des vitesse et accélération en coordonnées polaires ;
- expression des éléments de surface et de volume ;
- domaines de variation des angles en coordonnées sphériques ;
- définition et expressions des capacités thermiques d'un gaz parfait.

Gestion du tableau et du temps

Après une préparation de deux (ou trois) ans, les candidats doivent avoir conscience que leur épreuve orale sera confinée spatialement à un tableau de quelques mètres carrés et temporellement à une durée de 30 minutes. Leur prestation se doit donc d'être fortement concentrée s'ils veulent y exprimer toutes les qualités, méthodes et connaissances acquises au cours de cette préparation pour finalement obtenir la meilleure note possible.

La gestion du tableau

Le jury n'a aucune exigence quant à l'état du tableau au cours ou à la fin de l'épreuve et son aspect n'est pas évalué : il s'agit d'épreuves *orales*. Toutefois ce tableau est le support de la prestation orale et

c'est à cet égard que le candidat a tout intérêt à maintenir un tableau lisible, ordonné, utilisable à tout moment. Il est donc tout à fait inutile d'y recopier toutes les phrases énoncées à l'oral mais au contraire indispensable d'y collationner les résultats littéraux, valeurs numériques, schémas principaux, etc.

La gestion du temps

Les épreuves orales sont très courtes. Le jury est donc toujours surpris de voir certains candidats perdre du temps : refaire un calcul déjà effectué, effacer un tableau avec lenteur, prendre un soin excessif à établir un résultat simple. Le temps ainsi perdu ne se rattrape pas. On a parfois l'impression que certains étudiants préfèrent éviter d'avancer dans l'étude du problème qui leur est posé, se réfugier en terrain connu, pour ne pas être confronté à des questions supposées plus difficiles. C'est toujours une erreur.

Remarques disciplinaires

Dans tous les champs disciplinaires du programme le jury a assisté à des prestations de qualité mais aussi à des oraux décevants. Ce qui suit met en exergue certaines de ces difficultés. Le lecteur ne doit pas y voir une liste exhaustive des points difficiles mais seulement une illustration de ce qui a pu être reproché à certains candidats.

Chimie

Alors qu'ils semblent en mesure de traiter des problèmes plus complexes, certains candidats sont inexplicablement gênés par des questions simples, comme le rôle de la dilution ou de la stoechiométrie dans un dosage, ou l'emploi des courbes intensité-potentiel. Le jury a également remarqué une fréquente confusion dans l'esprit des étudiants entre *exprimer* une constante thermodynamique d'équilibre (en fonction de la composition du milieu réactionnel) et *calculer* celle-ci, en fonction des données thermodynamiques.

Par ailleurs certains candidats essaient d'équilibrer les équations redox avec une absence totale de méthode alors qu'il existe un algorithme systématique, rapide et infallible.

Électricité et électronique

Si le candidat choisit d'introduire des grandeurs (tensions, courants) non définies par l'énoncé, il est naturellement attendu qu'elles soient définies par un schéma et que la convention choisie soit explicitée. Il est également recommandé de ne pas introduire ces grandeurs supplémentaires en nombre excessif.

Plus généralement les outils à disposition des candidats (ponts diviseurs, loi des nœuds en termes de potentiel...) sont trop peu maîtrisés alors qu'ils sont indispensables à l'étude d'un circuit électrique. Le passage par les équations différentielles pour des études en régime sinusoïdal forcé n'est en général pas une bonne idée.

Électromagnétisme

Pour l'étude de l'induction électromagnétique, un schéma du circuit doit obligatoirement être tracé, incluant les conventions de signe, qui doivent être uniques pour tout le traitement (électrique et mécanique) du sujet.

Le lien entre les aspects électromagnétique et optique de l'intensité énergétique d'une onde électromagnétique, tout comme l'aspect corpusculaire d'une même onde, sont mal connus.

Mécanique classique

Curieusement les énoncés qui demandent de rechercher des intégrales premières du mouvement ne déclenchent, chez certains candidats, aucun des réflexes que le jury suppose pourtant acquis. Par ailleurs, une fois fixée l'origine conventionnelle des énergies d'interaction, les expressions (et le signe !) des énergies potentielle et mécanique doivent être précisés avec soin et ne sont pas du tout dépourvus de sens physique.

Enfin les notions de bras de levier et de point coïncidant gagneraient à être mieux employées.

Mécanique quantique

Certains étudiants confondent les relations de Planck-Einstein et De Broglie. Les relations de Heisenberg sont toujours citées sans problème mais parfois mal comprises.

Certains candidats semblent aussi découvrir au moment de l'oral que la fonction d'onde possède une dimension. Le signe des énergies quantiques a, comme dans le cas classique, une signification physique qu'il convient d'explorer.

Optique

Un tracé de rayons offre souvent une méthode simple et performante pour répondre à la plupart des questions posées dans un sujet d'optique géométrique ; encore doit-il être effectué avec un double soin de principe (quelle est la règle appliquée ?) et de réalisation (une droite ne doit pas être courbée de force pour s'adapter à une idée préconçue qui s'avère parfois fausse).

Les angles pour l'expression des lois de Descartes sont trop souvent pris par rapport au dioptré alors qu'ils devraient l'être par rapport à la normale à celui-ci. Le même genre de confusion s'observe aussi pour la formule des réseaux par exemple.

Thermodynamique

De nombreuses confusions subsistent quant à l'expression des variations des grandeurs extensives (U , H , $S...$) entre systèmes immobiles et écoulements, mais aussi entre évolutions avec ou sans changement d'état. Dans ce dernier cas, le vocabulaire n'est pas toujours bien maîtrisé.

Il appartient aux candidats de bien identifier le système étudié (qu'il soit ouvert ou fermé), de bien définir l'évolution qu'il subit (y compris les adjectifs adaptés, comme monobare, réversible, adiabatique...) avant de chercher à lui appliquer telle ou telle propriété thermodynamique.

En thermodynamique statistique, le *facteur de Boltzmann* et parfois confondu avec la constante du même nom.

Outils transversaux

Le jury a constaté des difficultés de manipulation de certains outils mathématiques qu'on imagine pourtant à la portée des étudiants de cette filière : résolution d'équations différentielles, calcul sur les nombres complexes, manipulations trigonométriques élémentaires, développements limités hors des cas ultra-classiques.

Conclusion

Selon le jury, la crise sanitaire n'a pas eu de conséquence significative sur le niveau des candidats, qui reste satisfaisant mais très hétérogène. Les commentaires présentés dans ce rapport doivent avant tout rappeler le fait que les candidats ont été globalement bien préparés à ces épreuves et que de nombreuses prestations se sont conclues par d'excellentes notes. Le jury souhaite que ces quelques remarques permettent aux futurs candidats d'aborder les oraux de physique-chimie 1 et 2 en ayant clairement conscience des enjeux mais aussi des erreurs à éviter pour réussir au mieux.

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 expérimentale : 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 le candidat ou de vérifier que le candidat a compris la manipulation qui lui 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). De trop nombreux candidats se présentent sans calculatrice ce qui met en péril la possibilité de prêter une calculatrice lorsque celle d'un candidat présente une défaillance. Les copies et les brouillons sont en revanche toujours fournis par le concours. Les appareils connectés (et en particulier les téléphones portables) et les clés USB sont interdits. Les montres sont interdites dans certains centres d'examen (par exemple à l'IUT Orsay) 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.

Analyse globale des résultats

En TP de chimie, un grand nombre de candidats de la filière MP a des difficultés dans les manipulations par manque de dextérité. Le jury s'étonne qu'un nombre important de candidats ne maîtrisent pas des notions et compétences expérimentales présentes au programme. Dans la filière MP, les prestations s'avèrent être globalement moins bonnes cette année que les années précédentes, notamment en optique. Il est noté que les lois de Descartes, grand mathématicien français, et les tracés de rayons associés, sont en général peu connues des candidats de cette filière. Le jury se félicite toutefois de la présence de candidats qui ont d'excellentes capacités expérimentales et qui analysent finement les problématiques.

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 précisés notés sur leur convocation.

Il est rappelé que cette épreuve s'effectue en temps limité : trois heures pour 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.

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 candidats retardent à l'excès la mise en œuvre des expériences et perdent beaucoup de temps à s'appropriier la problématique en s'engageant dans des calculs très souvent inadéquats. Le jury leur conseille, en cas de difficulté dans la compréhension du sujet, de faire appel à l'examineur pour engager un dialogue qui, certes, peut les priver d'une partie des points attribués dans le barème lié à l'appropriation du problème posé mais leur 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 aux candidats 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° , 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 lors des différents appels.

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, 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 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.

Le jury recommande aux candidats de bien lire afin d'éviter des erreurs de manipulation ou de choix de solutions à utiliser qui peuvent présenter un risque chimique mais également une consommation excessive des solutions.

Par ailleurs, les candidats doivent faire la différence entre un test qualitatif et une mesure précise de manière à ne pas perdre de temps car de nombreux candidats n'ont pas le temps d'effectuer le dernier appel, ou sinon dans de mauvaises conditions.

Dans le compte-rendu demandé en fin d'épreuve, les candidats doivent répondre aux questions posées. Pour les TP de chimie, il est inutile de reporter dans le compte-rendu les échanges oraux car ces derniers ont déjà été évalués.

Interaction avec l'examineur

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

Il est dommage qu'un nombre croissant de candidats attribue les résultats expérimentaux erronés à des dysfonctionnements présumés du matériel et ont des difficultés à prendre en compte les indications apportées par l'examineur pour les aider à corriger leur protocole expérimental (par exemple lors de mesures automatiques en AC+DC mal comprises).

Sécurité

Lors d'une manipulation de chimie, le jury attend un emploi raisonnable des gants. 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. Mais garder des gants en permanence est source de danger puisque cela revient à répandre partout les substances dont il faut se protéger. Ainsi, le port des gants est nécessaire pour prélever des réactifs corrosifs ou toxiques mais le jury conseille aux candidats de les retirer après le prélèvement et de les jeter. Si besoin, une autre paire de gants peut être fournie.

Le port des lunettes ou sur-lunettes est obligatoire pendant toute la durée des manipulations.

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. Les maladresses des autres témoignent d'un manque de préparation. 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 et la fréquence. De manière générale, un nombre non négligeable de candidats de cette filière donne l'impression d'avoir insuffisamment manipulé du matériel expérimental au cours de l'année.

Très peu de candidats prennent le temps à la fin de l'épreuve pour faire la synthèse et une conclusion de l'épreuve. Quelques candidats attendent la fin de l'épreuve (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

L'oscilloscope numérique est souvent employé comme instrument capable de 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 ou verticales inadaptées, de valeurs relevées en position AC ou DC). 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 ont des difficultés pour la mesure de déphasages (notamment sur le signe) et ne pensent pas toujours à utiliser les marqueurs temporels lorsque l'oscilloscope ne fournit pas une mesure du déphasage. Enfin certains candidats font confiance à la fonction « mesure » alors même que le signal est à peine visible à l'écran.

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...) et de compréhension de la notion de calibre.

La notion de valeur efficace n'est maîtrisée que par la moitié des candidats. La notion de phase est quant à elle de mieux en mieux connue.

Certaines **mesures** sont réalisées avec du matériel non adéquat. Par exemple, des tensions continues (provenant d'une alimentation stabilisée) mesurées à l'aide d'un oscilloscope au lieu d'un voltmètre en mode DC. 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.

En optique, le titre du sujet contient souvent des informations capitales : 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 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...). Certains instruments mentionnés dans le sujet voient leur orthographe traumatisée dans les comptes-rendus, révélant un cruel manque de culture chez certains candidats (l'oculaire devient *l'oriculaire* ou *l'oculaire* selon les cas ...).

Comprendre

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.

Une confusion entre courant alternatif et continu et des erreurs de branchement de câbles coaxiaux ont parfois été constatées.

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. Beaucoup (plus de 50 % !) de 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 reflètent 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 déconnection totale entre la réalité expérimentale et la compréhension des phénomènes est inquiétante. Elle 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 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

Il est à regretter qu'il faille en moyenne 50 minutes aux candidats pour simplement générer un signal sur un GBF et le mesurer pour vérification, là où les candidats les plus à l'aise mettent 10 minutes.

Malgré les notices simplifiées fournies aux candidats pour les oscilloscopes, beaucoup d'entre eux font des erreurs de mesure en raison d'une mauvaise configuration. Le bouton de configuration automatique des oscilloscopes (« autose ») 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. Les notions de masse et de terre (terre des générateurs basse fréquence et des oscilloscopes par comparaison avec la masse flottante des multimètres et des alimentations continues) sont très mal maîtrisées.

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.

Certains candidats rencontrent des difficultés pour effectuer des tracés (échelle non présente, choix de l'échelle non adaptée). Beaucoup ne savent pas relever puis exploiter un tracé fréquentiel (identifier un gain statique ou une fréquence de coupure, calculer une pente en échelle logarithmique). Plusieurs candidats utilisent l'asymptote en hautes fréquences du tracé fréquentiel d'un filtre passe-bas, 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.

Lors de l'étude de systèmes en électronique (filtres par exemple), il est fortement conseillé aux candidats 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).

Le choix de la base de temps, sur des oscilloscopes numériques, est souvent mal maîtrisé.

La détermination du comportement fréquentiel des systèmes est parfois mal maîtrisée. Pour tracer un diagramme de Bode (comportement fréquentiel), il est important que le signal d'entrée soit un signal sinusoïdal et de vérifier que ce signal reste sinusoïdal et de même fréquence en sortie (on se limite à l'étude de systèmes linéaires). Certains candidats ne semblent pas en connaître la raison.

La notion de bande-passante est mal maîtrisée. Pour un filtre passe-bas, par exemple, la bande-passante va de 0 à la fréquence de coupure identifiée à -3 dB par rapport au gain en basse fréquence, et non depuis la borne moins l'infini.

Le gain en décibels d'un système linéaire correspond au logarithme du module de la fonction de transfert (ou du rapport de l'amplitude du signal de sortie sur l'amplitude du signal d'entrée) multiplié par 20.

La détermination de la fréquence de coupure à -3 dB est souvent mal interprétée par les candidats. Il s'agit de la fréquence telle que le gain en décibels (défini précédemment) vaut le gain en décibels dans la bande-passante diminué de 3 dB. En amplitude, il s'agit de trouver la fréquence telle que le gain (rapport

de l'amplitude du signal de sortie sur l'amplitude du signal d'entrée) a été diminué d'un facteur racine de deux par rapport au gain dans la bande-passante.

La différence entre la bande-passante et la fréquence caractéristique d'un filtre quelconque (en particulier du second ordre) n'est pas claire.

En optique, il ne faut pas toucher les optiques avec les doigts, et ne pas écrire au stylo sur les optiques ! Par ailleurs, les réglages et alignements sont trop souvent 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'examineur est d'ailleurs très sensible à la qualité des réglages et mesures effectués.

Analyser

Le passage de l'**analyse temporelle** à l'**analyse fréquentielle** (spectre des signaux classiques) est mal maîtrisé : certains candidats ont du mal à comprendre l'intérêt du filtrage et leurs conséquences sur des signaux « simples » (triangle, carré, sinus). Les filtres ne sont décrits que selon les concepts d'intégrateur ou de dérivateur. Le fait que certaines composantes peuvent être coupées par un filtre et pas d'autres ne semble pas être perçu par certains candidats.

Les **signaux** en sortie d'un système linéaire (type filtre) ont du mal à être interprétés par les candidats, **à partir du diagramme de Bode du système**.

Les **signaux numériques**, caractérisés par des paliers de tension, sont parfois interprétés comme du bruit. La **période d'échantillonnage** n'est pas systématiquement mesurée. De même que le **critère de Nyquist-Shannon** n'est pas systématiquement mentionné comme contrainte forte des systèmes échantillonnés par les candidats lorsqu'ils sont confrontés à des signaux numériques.

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

Communiquer

À l'oral

Lors de l'appel aux examinateurs, les candidats :

- se contentent souvent de répondre aux questions du sujet sans introduction préalable du **contexte** ;
- ne présentent pas le **protocole détaillé** utilisé, ni sa pertinence lorsqu'ils ont le choix ;
- ne s'appuient pas sur des **signaux ou diagrammes pertinents** pour présenter le problème.

En optique, il est apprécié, lors d'un appel, que le candidat dise à l'examineur d'emblée pourquoi il l'appelle : est-ce pour lui présenter ses résultats, et si oui à quel endroit du sujet ; et sinon pourquoi ?

À l'écrit

La plupart des comptes-rendus ne comportent **pas d'introduction** rappelant les objectifs du TP et montrant que le candidat s'est approprié le sujet, **ni de conclusion** montrant que les objectifs ont été atteints (même partiellement).

Les courbes présentées (signaux, diagrammes de Bode...) doivent être **systématiquement légendées**, les **axes gradués** et avec le **nom et l'unité des grandeurs** physiques qu'ils représentent.

En optique, introduction et conclusion ne sont pas attendues mais sont appréciées ; elles doivent de toute façon être courtes. Plus important : il faut écrire lisiblement et souligner ou encadrer les résultats et réponses aux questions. Les tableaux de mesures et graphes sont appréciés.

Aspects pratiques en TP de chimie

Environ 17 % des admissibles au concours ont réalisé une épreuve de travaux pratiques portant sur la chimie. Le jury souhaite donner quelques conseils spécifiques aux candidats pour que ceux-ci puissent réaliser au mieux dans le temps imparti les différentes manipulations proposées.

Les sujets de chimie portent sur le programme des deux années. Les futurs candidats doivent ainsi s'attendre à réaliser des manipulations concernant un grand nombre de thématiques, par exemple :

- 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, spectrophotométrie, modélisation ou traitement de données au moyen de scripts Python, ...).

Choix de la verrerie

Le jury note que certains candidats ne savent pas nommer correctement la verrerie et qu'une utilisation adaptée de la verrerie est nécessaire en chimie. Le jury attend donc que les candidats sachent qu'un prélèvement précis nécessite une pipette jaugée et non une éprouvette, que l'on prépare une solution dans une fiole jaugée et non dans un bécher ou une éprouvette. Le jury rappelle que les graduations d'un bécher ne peuvent servir de mesure lors du prélèvement d'une solution.

Par ailleurs le remplissage d'une burette graduée peut s'effectuer grâce à un bécher ou un flacon mais certainement pas à l'aide d'une pipette jaugée. De nombreux candidats ajustent le zéro de la burette sans ouvrir le robinet ou oublient de vérifier l'absence de bulle dans le bas de la burette graduée avant de faire le zéro. De plus, le jury rappelle qu'il est préférable de vider la burette graduée à partir de la valeur zéro plutôt que d'une autre valeur afin d'éviter des erreurs.

Dans certains sujets, la précision du prélèvement est explicitement annoncée. Dans d'autres sujets, c'est aux candidats de choisir la verrerie avec discernement. Ainsi, pour acidifier par exemple une solution, rincer un solide, ajouter un réactif en excès, une éprouvette graduée suffit alors que pour prélever la solution que l'on veut titrer, l'utilisation d'une verrerie jaugée adaptée s'impose. Aussi, le jury recommande aux candidats de prendre le temps de réfléchir au choix de la verrerie. Cette réflexion est valorisée. Par défaut et dans le doute, les candidats préfèrent souvent recourir à la verrerie de précision. Mais ils perdent en général un temps précieux : d'une part parce que mesurer un volume à l'aide d'une pipette jaugée prend plus de temps qu'avec une éprouvette graduée, d'autre part parce que la verrerie à disposition n'étant pas en nombre infini, il leur faut procéder à des étapes de lavage très chronophages. De plus, le jury sanctionne l'utilisation d'une verrerie trop précise, signe d'une mauvaise compréhension du rôle de l'espèce chimique ainsi introduite. L'utilisation de burette comme instrument de mesure de volumes précis (à 0,1 mL près environ) est rarement envisagée par les candidats. Elle est pourtant recommandée lorsqu'on souhaite préparer plusieurs solutions étalons ou plusieurs mélanges de compositions différentes pour une étude d'ordre en cinétique par exemple.

Réalisation de solutions

Le jury attend des candidats qu'ils soient capables :

- de préparer avec précision une solution par dissolution d'un solide en utilisant une balance de précision, une fiole jaugée et en récupérant de façon quantitative le solide. Le terme transvasement quantitatif

est source d'incompréhension. Le jury rappelle aux candidats qu'un transvasement quantitatif consiste à verser la totalité du prélèvement en rinçant la coupelle ou le contenant avec le solvant. Cette année encore, beaucoup de candidats ont réalisé les dissolutions en utilisant des béchers au lieu de fioles jaugées. Par ailleurs, le jury regrette encore l'absence d'homogénéisation (aussi bien quand la fiole jaugée n'est remplie qu'aux deux-tiers qu'en fin de réalisation) si bien que dans certaines solutions préparées, il reste encore du solide au fond de la fiole jaugée. Retourner cinq fois une fiole bouchée permet souvent une excellente homogénéisation. Le jury note enfin que la masse réellement pesée plus ou moins proche de la masse demandée n'est généralement pas utilisée dans l'exploitation des manipulations par le candidat ;

- de réaliser une dilution précise en utilisant pipette jaugée et fiole jaugée. Là encore, l'homogénéisation est souvent défailante induisant un gradient de concentration qui peut poser problème lors de l'utilisation des solutions. De même, trop souvent, on a pu regretter l'utilisation de béchers ou d'éprouvettes.

Titration

Il convient dans un premier temps de réfléchir à la transformation chimique attendue ou observée, par un bilan des espèces introduites dans le milieu réactionnel. Le jury note que la dissolution d'un solide ionique qui s'accompagne évidemment de l'introduction d'espèces chimiques ioniques spectatrices, troublent encore trop de candidats. Puis, à partir des données fournies, l'élaboration de diagrammes de prédominance ou d'une échelle d'oxydo-réduction doit conduire à l'écriture de l'équation de la réaction modélisant la transformation mise en œuvre pour le titrage. Enfin il convient de s'assurer que la transformation est quantitative (ce terme n'est d'ailleurs pas toujours compris par les candidats). Le jury note de réelles difficultés à déterminer la constante thermodynamique d'équilibre à partir des grandeurs thermodynamiques (pK_a ou potentiels standard) pour des réactions acide-base ou d'oxydoréduction. Les candidats confondent fréquemment quotient de réaction et constante thermodynamique d'équilibre et regrettent de ne pouvoir déterminer la valeur de la constante thermodynamique d'équilibre à partir de l'expression du quotient de réaction. Le jury encourage donc les futurs candidats à mémoriser ou à savoir retrouver rapidement les expressions des constantes thermodynamiques d'équilibre.

Dans un second temps, les candidats doivent chercher une méthode de détermination de l'équivalence. Puis, lors de l'élaboration d'un protocole, il convient d'écrire la relation à l'équivalence, de supposer un volume équivalent cohérent ; les candidats pourront ainsi en déduire la nécessité ou non de diluer la solution titrée et de choisir le volume du prélèvement adapté.

Cette année, le jury a constaté qu'outre l'erreur fréquente qui consiste à « oublier » les nombres stœchiométriques, certains candidats confondent équivalence et état d'équilibre. Il rappelle que l'équivalence est une situation particulière atteinte lors d'un titrage lorsque les réactifs sont introduits en proportions stœchiométriques. La traduction « à l'équivalence $Q_r = K^\circ$ » n'est pas correcte. Les candidats qui cherchent à déterminer la relation entre les quantités introduites à l'équivalence en s'appuyant sur un tableau d'avancement parviennent rarement à leur fin. Il est bien plus efficace, pour le titrage d'une espèce A par une espèce B s'appuyant sur la réaction support de titrage du type $aA + bB =$ produits d'écrire qu'à l'équivalence :

$$\frac{n_A(\text{introduit})}{a} = \frac{n_B(\text{versé})}{b}.$$

Par ailleurs, les différentes techniques de suivi d'un titrage ne sont pas toutes connues ou maîtrisées. Le suivi par potentiométrie est ainsi rarement proposé. Trop de candidats ne connaissent pas les spécificités liées à chaque méthode. Ainsi, le jury a trop souvent vu des candidats resserrer les points lors d'un titrage suivi par conductimétrie puis arrêter les mesures juste après la rupture de pente. À l'inverse, un grand nombre de candidats ne cherchent pas à resserrer les mesures à l'approche de l'équivalence d'un titrage

suivi par pH-métrie ou potentiométrie. Par ailleurs, le jury constate une confusion entre la nature du suivi du dosage et la méthode de détermination de l'équivalence. Il s'étonne que nombre de candidats réalisent des suivis par méthode physique sans jamais relever les valeurs expérimentales. Cela les oblige à répéter le dosage si leur gestion du temps le permet.

Lors d'un titrage suivi par potentiométrie, les candidats doivent attendre dans ce dernier cas un saut de potentiel à l'équivalence et doivent être capables de prévoir une augmentation ou une diminution du potentiel au cours du titrage suivant que le réactif titrant joue le rôle d'oxydant ou de réducteur.

Lors d'un titrage suivi par colorimétrie, au moins deux essais sont nécessaires. Un premier titrage rapide permet de déterminer un encadrement du volume équivalent, un second titrage déterminera à la goutte près le volume équivalent. Il ne s'agit pas d'un problème de temps car de nombreux candidats finissent les manipulations bien avant l'horaire. Le jury rappelle par ailleurs que la détermination de l'équivalence ne peut être faite qu'en regardant le changement de couleur de la solution dans l'erlenmeyer et non le volume lu sur la burette. Par ailleurs, les candidats considèrent fréquemment qu'un titrage suivi par colorimétrie nécessite l'utilisation d'un indicateur coloré. Le jury rappelle que lorsque l'espèce titrante ou l'espèce à titrer est la seule espèce colorée, l'apparition ou la disparition de la couleur permet de repérer aisément l'équivalence.

Lors d'un titrage suivi par pH-métrie, conductimétrie ou potentiométrie, l'utilisation d'un tableur (Regressi, Latis-pro, Excel, Libre-office Calc) est recommandée. Cependant, les candidats qui utilisent les tableurs, entrent leurs mesures directement mais ne pensent pas (ou ne savent pas) afficher les courbes au fur et à mesure. Le jury recommande vivement de tracer la courbe de façon simultanée à la prise de valeur ce qui permet aux candidats de resserrer les points si nécessaire et de déterminer l'équivalence avec précision. De plus, certains candidats sont si peu à l'aise avec le logiciel choisi qu'ils ne savent pas l'utiliser pour déterminer le volume versé à l'équivalence à partir de la courbe tracée.

Les spécificités des titrages de mélanges d'acide, de mélanges de bases, de polyacides ou de polybases sont souvent méconnues : il est important de savoir prévoir à partir des données de pK_a si les réactions envisagées sont simultanées ou successives puis d'utiliser des relations à l'équivalence cohérentes.

Un logiciel de simulation (dozzaqueux) est mis à disposition pour aider les candidats qui ne parviendraient pas à prévoir l'évolution du pH lors d'un titrage acido-basique.

Le jury recommande également aux candidats d'observer la courbe obtenue expérimentalement pour valider ou infirmer la prévision exposée pendant l'appel quant à l'aspect successif ou simultané de deux titrages.

Spectrophotométrie

La loi de Beer Lambert est globalement connue des candidats mais la notion de blanc n'est pas acquise, le blanc n'est pas forcément réalisé avec de l'eau. Le jury rappelle aux candidats que l'absorbance d'une solution dépend de l'ensemble des espèces chimiques présentes dans cette solution c'est-à-dire le soluté, le solvant et même la cuve. Avant toute mesure, on doit donc s'affranchir de la part de l'absorbance due au solvant et à la cuve. On procède donc à un étalonnage qui consiste à placer dans le spectrophotomètre une cuve contenant le solvant seul et on règle ensuite le spectrophotomètre pour qu'il indique alors une absorbance nulle. Par ailleurs, le jury recommande l'utilisation d'une unique cuve. Celle-ci doit être rincée avec la solution dont on mesure l'absorbance. Enfin, une mauvaise homogénéisation des solutions induit de mauvais résultats expérimentaux. L'intérêt de travailler au maximum d'absorbance n'est pas réfléchi non plus, le candidat ne pouvant se contenter d'indiquer une meilleure précision des mesures sans justifier cette affirmation.

Calorimétrie

Cette année encore, les mesures de calorimétrie ont posé de gros problèmes aux candidats. La capacité thermique du calorimètre est une grandeur qui n'est pas connue par un grand nombre de candidats. La

méthode des mélanges permettant de mesurer cette grandeur est non maîtrisée et sa mise en pratique s'avère délicate. Le jury rappelle que les masses d'eau introduites dans le calorimètre doivent être connues avec précision. Il est par exemple possible de verser un volume d'eau correspondant approximativement à la masse d'eau souhaitée dans un bécher, de peser le bécher plein, de verser l'eau dans le calorimètre puis de peser le bécher vide pour connaître par différence la masse d'eau introduite.

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

L'utilisation des diagrammes E-pH est globalement bien comprise. Toutefois des erreurs subsistent notamment sur le diagramme potentiel-pH de l'eau où les domaines de prédominance de H_2O , H_2 et O_2 sont mal déterminés.

L'établissement des équations de réaction d'oxydoréduction pose problème. Le jury conseille d'établir les demi-équations électroniques avant d'écrire l'équation de la réaction.

Exploitation des résultats

Des résultats expérimentaux incohérents ne semblent pas perturber certains candidats. Or 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 références, informations tirées de la littérature...) et réfléchissent aux sources d'incertitudes. Malheureusement peu de candidats utilisent les arguments liés à la variabilité de la mesure, ou encore les évaluations de type A et de type B des incertitudes, pour interpréter et valider leurs résultats expérimentaux. Le nouvel esprit lié à cette notion d'incertitude de mesure est une priorité dans la réforme du baccalauréat 2021. Ce cadre d'évaluation des incertitudes tâche d'éviter toute dérive calculatoire au profit d'une prise de recul vis-à-vis des mesures effectuées. Ainsi, les candidats pourraient enrichir leur compétence « Valider » de la démarche scientifique décrite dans les programmes de lycée, CPGE et STS. Dans les nouveaux programmes de CPGE, des outils de validation pertinents ont été introduits comme l'écart normalisé (ou z-score) à la place de l'écart relatif, les simulations Monte-Carlo ou l'utilisation d'une procédure de validation fondée sur la régression linéaire. 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.

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 dressent un graphique rudimentaire et peu précis sur le compte-rendu. Par exemple, il est vraiment 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 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.

Dans d'autres cas, les candidats ne pensent pas toujours à essayer de se ramener au tracé d'une droite pour tester 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. 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. Seule la régression linéaire permet de donner un poids identique aux différentes mesures effectuées et de valider correctement visuellement la répartition aléatoire des points expérimentaux autour de la droite de régression.

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

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. Le jury recommande aux candidats de limiter l'expression « du coup » qui est trop souvent utilisée.

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.

Les échanges avec l'examineur 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 précédemment, il recommande aux candidats d'interagir avec l'examineur, de l'appeler en cas de difficultés ou de doute.

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. 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 du candidat 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. 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. En fait, trop de candidats se satisfont d'une seule mesure. L'épreuve est certes en temps limité, mais répéter une mesure est utile pour comprendre quels effets peuvent intervenir dans l'évaluation de l'incertitude associée à la mesure. **Même si la notion d'incertitude est relativement bien maîtrisée, les candidats ne savent pas l'utiliser pour comparer deux mesures indépendantes de la même grandeur.** 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.

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.

Épreuve orale d'Analyse de Documents Scientifiques Physique, Filière MP

L'épreuve d'analyse de documents scientifiques (ADS) se déroule en deux parties. La première, pour laquelle les candidats disposent de deux heures de préparation, consiste à faire l'analyse scientifique d'un dossier. Ce dossier contient généralement entre 1 et 3 documents extraits d'articles, de livres ou de brochures, le tout accompagné d'un texte de quelques lignes précisant le travail demandé. La seconde partie est l'épreuve orale proprement dite. Elle dure 40 minutes, divisée en 15 minutes d'exposé, suivies de 25 minutes de discussion avec l'examineur.

Moyenne et écart-type des candidats français :

. 11,62/20 pour les 125 candidats français avec un écart-type de 2,94.

Les candidats sont répartis en 3 commissions indépendantes, donnant lieu chacune à un classement propre. La liste d'admission est établie en classant ex aequo les candidats classés avec le même rang dans chaque commission d'examen ; ainsi pour une épreuve donnée, les écarts de moyenne entre commissions ne génèrent pas de rupture d'égalité des conditions entre candidats.

La limite de temps de l'exposé initial est généralement respectée ; lorsque ce ne fut pas le cas, l'examineur a dû inviter à une conclusion rapide et synthétique, ou même, en cas de non-respect de cette consigne, interrompre l'exposé. C'est presque toujours la paraphrase qui allonge les exposés, très rarement l'excès d'analyses originales.

L'analyse d'un document scientifique consiste avant tout à en extraire le contenu relatif à la physique, souvent mélangé à des considérations d'ordre historique ou sociologique certes importantes, mais secondaires pour le physicien, les considérations techniques ou technologiques se situant à la frontière. Un document scientifique, même de vulgarisation, ne peut généralement porter sur le seul programme des CPGE ; l'ADS vise à mettre les candidats dans une situation similaire à celle qu'ils rencontreront dans leur vie professionnelle : tirer le maximum d'un texte avec les seules connaissances dont on dispose (ici, par convention : le programme). En d'autres termes, ce sont la maîtrise du programme, l'argumentation qu'elle permet et la réflexion qui en découle, qui conduisent à l'obtention d'une bonne note. Si des compléments de connaissances hors du programme sont nécessaires pour la compréhension des textes à analyser, ils sont fournis dans ces documents sous forme de parties séparées (« encadrés ») ou par un texte ad hoc accompagnant les documents. Il n'est généralement pas attendu que les candidats développent ces points, mais simplement qu'ils s'en servent.

Certaines parties du document peuvent être peu exploitables soit parce qu'elles sont imprécises, soit parce qu'elles supposent des connaissances allant au-delà du programme. Les candidats doivent donc commencer par faire le tri des informations à exploiter. Ensuite, il s'agit d'analyser les différents aspects scientifiques du contenu retenu en s'appuyant sur des connaissances précises. Tout doit être fait pour éviter le principal défaut observé qui est de se livrer à la paraphrase et de passer à côté de l'analyse.

Pour résumer la description du travail attendu en une phrase : **les documents proposés fournissent des informations et le jury attend des explications.**

Tous les dossiers proposés peuvent être reliés à un ou plusieurs chapitres du cours de physique de CPGE, mais aussi à toutes les connaissances acquises en particulier au lycée et au collège en physique, chimie, sciences de la vie et de la Terre, etc. Les connaissances pratiques acquises en TP sont aussi importantes. Au-delà des références aux principes ou théorèmes du cours, nous observons souvent des difficultés de certains candidats à mobiliser des connaissances relatives à une partie du programme non visée explicitement par le texte. Comprendre un texte, c'est le relier à ce que l'on connaît. Dans ce cadre, les candidats doivent s'efforcer de retrouver les valeurs numériques les plus importantes et de commenter dès que possible les modélisations et approximations, les techniques expérimentales et leurs contraintes, les équations, explicites ou pas, les figures et les courbes.

Le document proposé est un point de départ. Si le document est destiné au grand public, l'exposé doit, lui, être formulé dans un langage de physicien, argumenté par des équations et éventuellement des résultats chiffrés. S'il s'agit d'un article de spécialité, les candidats doivent extraire les idées essentielles ou les points importants et les analyser avec leurs propres termes, afin de montrer que l'essentiel a été compris. Analyser un texte c'est donc l'interroger, le faire parler, se poser des questions, et en définitive le rendre vivant.

Nous résumons quelques règles simples qu'il faut garder à l'esprit :

- Proscrire absolument la paraphrase. Ainsi l'exposé ne doit pas nécessairement reprendre le déroulement du texte.
- Faire preuve d'esprit critique et de synthèse. Nous rappelons que tout texte peut contenir des erreurs ou des imprécisions. Ces points critiquables sont à discuter (erreurs, parties confuses etc.). S'il n'est pas attendu que les candidats corrigent systématiquement ces points, ils peuvent être amenés à le faire lorsque l'erreur est manifeste (par exemple : une force exprimée comme le produit d'une puissance par une vitesse) ou à des analyses dont il est question plus haut.
- Dégager les principes physiques utilisés dans le texte. Il est important d'être capable d'explicitier ces principes, théorèmes, etc. dans le cadre du programme ; la présentation de parties du programme (ou hors programme !) sans rapport direct avec le texte est à éviter rigoureusement.
- Essayer d'explicitier certains raisonnements du texte, discuter les applications numériques et surtout discuter les ordres de grandeur (nous rappelons qu'une quantité est grande ou petite devant une autre quantité mais pas dans l'absolu).
- Ne pas hésiter à tenter une modélisation avec les outils de physique à sa disposition. Les examinateurs jugent l'effort de modélisation et non le fait que cette modélisation aboutisse nécessairement à un modèle exact du phénomène présenté dans le texte.

Nous donnons deux exemples de dossiers proposés aux candidats en 2023 et l'analyse de leurs traitements par les candidats.

Dossier n°8 : Lancers

Documents

Ce dossier comporte deux documents sur la problématique des lancers. Le premier document est un article intitulé « Propulsions préhistoriques » tiré du magazine *Pour la Science*. Le second est la traduction d'extraits d'un article scientifique publié dans la revue *American Journal of Physics* qui a servi de référence pour les auteurs du premier document.

Sujet

Dans votre exposé, qui durera environ 15 minutes et qui synthétisera le contenu du dossier, vous chercherez à montrer comment vos connaissances en physique vous permettent de comprendre et d'expliquer les éléments présentés dans le dossier.

On veillera, lorsque cela est possible, à justifier les résultats numériques ou théoriques annoncés et à ne pas se contenter de répéter ou de paraphraser le texte.

Commentaire des examinateurs

Après une brève introduction dans le sujet, centrée sur l'objectif principal (« Comment lancer à la main un objet le plus loin possible ? »), le premier texte décrivait et analysait les deux techniques communes de lancer manuel de projectiles en fonction de la masse de ceux-ci, en décortiquant la succession des mouvements et en se servant d'estimations de portée et d'énergie atteignables. Le texte se terminait par la description du « propulseur » de lances, utilisé par les chasseurs préhistoriques. Le second texte, rajouté en annexe au premier, rapportait des résultats expérimentaux tirés d'expériences de lancer et donnait, sans la démontrer, l'expression de la courbe les ajustant.

Portant sur un phénomène « familier » et « intuitif » et faisant appel uniquement aux notions de base de la mécanique du solide, les deux textes étaient relativement faciles à suivre, à comprendre et à résumer. La difficulté de l'épreuve consistait donc non pas tant dans la description détaillée des phénomènes ou la synthèse exhaustive des textes que dans les formalisation et modélisation des techniques de lancer exposées. En effet, si la grande majorité des candidats a su faire un très bon résumé factuel, seulement très peu parmi eux ont pu mener à bien l'aspect modélisation. Concrètement, si le calcul « scolaire » de la portée d'un projectile lancé sous un angle en négligeant la résistance de l'air a été traité par pratiquement tous les candidats, (trop) peu nombreux ont été ceux qui ont pu retrouver le modèle mentionné dans le premier texte et décrivant les résultats expérimentaux du second. Il s'agissait pourtant d'un simple bilan d'énergie, d'ailleurs suggéré dans le texte même, bilan que la plupart des candidats se sont montrés tout à fait capables d'établir après coup lors de la discussion avec l'examinateur.

De plus, aucun de ceux qui ont pu construire le modèle n'a essayé de l'étendre au cas du « propulseur », l'extension étant pourtant immédiate après inspection du dessin donné dans le texte. Nous tenons donc à rappeler aux candidats – surtout quand ils y sont explicitement invités par les sujets mêmes – à ne pas hésiter à formaliser et à modéliser les phénomènes, et à ne pas se limiter à une simple narration des textes.

Un autre aspect de l'épreuve qu'il convient de commenter ici est la lecture inégale de certaines parties du premier texte. Si la première technique « classique » de propulsion par rotation du bras, applicable aux masses relativement faibles, a été traitée par tous, la seconde technique par rotation du corps et extension du bras, utilisée par les sportifs - lanceurs de poids (dont la masse est plus importante), n'a non seulement été mentionnée que par une faible minorité mais, de plus, pratiquement aucun candidat n'a fait l'effort de la modéliser. Cependant cette seconde technique s'inscrivait parfaitement dans la logique du texte (augmentation de la masse du projectile – changement d'approche pour le lancer) et sa modélisation était tout aussi accessible que celle de la première (bilan du moment cinétique au lieu de l'énergie). Nous invitons donc les candidats à une lecture attentive et approfondie des textes, lecture qui doit non seulement leur fournir tous les éléments factuels nécessaires au résumé mais aussi leur révéler les liens existants entre les différentes parties, de même que la logique interne et le message véhiculé.

En résumé, nous tenons à rappeler aux candidats qu'il s'agit d'une épreuve tout aussi de synthèse que d'analyse de textes et que, par conséquent, son traitement réussi doit associer, dans leur juste mesure, un récit factuel et logique avec une formalisation modélisant et expliquant les phénomènes relatés.

Dossier n°7 : Les isotopes

Documents

Ce dossier comportait deux extraits d'un livre intitulé "*Les isotopes*", publié en 1917. Le premier extrait décrivait certains effets dus à l'isotopie. Le second décrivait des méthodes de séparation isotopique.

Sujet

Dans votre exposé, qui durera environ 15 minutes et qui synthétisera le contenu du dossier, vous chercherez à montrer comment vos connaissances en physique vous permettent de comprendre et d'expliquer les éléments présentés dans le dossier. On veillera lorsque cela est possible à justifier les résultats numériques ou théoriques annoncés et à ne pas se contenter de répéter ou de paraphraser le texte.

Commentaires des examinateurs

Le premier extrait discutait de divers effets physiques que l'on peut attribuer à la différence entre les masses des isotopes d'un même élément chimique. Le texte insistait clairement sur l'importance du rapport des masses entre isotopes, puis présentait certains effets de ce rapport : différences de densités, de points de fusion et d'ébullition, etc., mais aussi effets de l'isotopie en spectroscopie. Le second extrait présentait plusieurs méthodes de séparation des isotopes fondées sur ces rapports de masses : diffusion, distillation fractionnée et centrifugation. Globalement, les candidats ont résumé les deux extraits, répartissant leur temps à peu près également entre les deux. La plupart des présentations se sont contentées d'être linéaires, sans réorganisation du contenu, ce qui tend à encourager la paraphrase. Il est rappelé aux candidats que l'épreuve requiert une présentation analytique du contenu du dossier et que la conception d'un plan logique, non nécessairement calqué sur l'ordre des textes, est la bienvenue. Une introduction générale au dossier est également un point important qu'il ne faut pas négliger. En l'espèce, le rôle scientifique, mais aussi social et

économique, des isotopes pour la production d'énergie nucléaire ou la conception d'instrumentation médicale offrait une porte d'entrée évidente dans le sujet, que seuls de rares candidats ont évoquée.

L'importance du rapport des masses comme clé de compréhension des effets isotopiques a bien été notée par les candidats, mais trop peu ont senti la nécessité d'utiliser cette donnée afin de bâtir des modèles simples des effets physiques présentés, se cantonnant souvent à de la paraphrase des extraits et à une énumération des données numériques. C'est regrettable car cela pouvait donner lieu à un réinvestissement de leurs connaissances du programme (systèmes de deux points matériels, mouvement autour d'un équilibre, atome de Bohr) et mener à des discussions quantitatives et qualitatives intéressantes.

Le second extrait, sur les méthodes de séparation isotopique, a été globalement mieux traité, notamment la partie sur la séparation par diffusion, qui semble bien connue des candidats. En revanche, la section sur la séparation par centrifugation a donné lieu à des incompréhensions, l'apparition de la fonction exponentielle et de la température dans le texte ayant induit les candidats, par réflexe, à invoquer indûment la distribution de Maxwell-Boltzmann au lieu de simplement appliquer la loi des gaz parfaits et l'équilibre isotherme.

Pour conclure, il faut insister sur la nécessité pour les candidats de réaliser une synthèse du dossier proposé qui s'appuie sur des modèles simples mais rigoureux permettant d'éclairer les mécanismes présentés dans les textes et de construire un ordre logique pour l'exposé. Le réinvestissement de connaissances personnelles sur le sujet afin de resituer le dossier dans un contexte plus large est également apprécié.



ÉTAPE 2

Présentation

La Présentation du TIPE est constituée d'une séquence de diapositives projetées en format **4/3 paysage**. Elle sert **impérativement** de support à l'exposé oral qui dure 15 minutes. Elle doit illustrer le discours du candidat et être focalisée sur les aspects scientifiques du projet.

Ce document doit être enregistré en **format PDF²** et **ne doit pas dépasser 5 Mo**. Il ne pourra pas contenir de vidéos, de fichiers audio, ni d'animations notamment du type Powerpoint ou Keynote. Il n'y a pas de nombre limité de pages ni de mots. Toutefois il est conseillé de ne pas mettre trop de texte (au grand maximum 10 lignes par diapositive), d'éviter de faire des phrases (ex : « Nous avons saisi les données » à remplacer par « saisie des données ») et d'y adjoindre autant que possible une iconographie adaptée (graphiques, schémas, photographies, images) venant en complément du texte et de l'exposé associé. Toute illustration extraite d'une source externe devra être référencée, par exemple en bas de diapositive, en bonne et due forme afin qu'il n'y ait pas d'ambiguïté sur son origine.

Il est fortement recommandé aux candidats de placer leur numéro d'inscription en première page, et de numéroter toutes les diapositives, afin de faciliter l'entretien avec les examinateurs.

Cette présentation doit être téléversée sur le site SCEI rubrique *SCEI>Mon_Dossier>TIPE*. L'absence de dépôt pourra conduire à l'attribution de la note zéro à l'épreuve. **Dans tous les cas, le candidat devra vérifier la présentation téléversée afin de s'assurer qu'elle pourra être ouverte et utilisée lors de son passage en salle d'oral. Pour ce faire, il est conseillé de l'afficher à partir du serveur SCEI.**

Si le candidat a développé des programmes informatiques, **il devra apporter en double exemplaire les listings correspondants sur support papier. Ces listings seront également inclus en documents annexes à la présentation (en aval de la conclusion) mais ne seront pas présentés formellement durant l'exposé du candidat. Ils pourront faire l'objet de questions spécifiques lors de la phase d'échange avec les examinateurs. Il est fortement recommandé d'afficher ces listings sur fond blanc pour être plus lisibles.**

Spécifique à chaque membre d'un éventuel groupe, le support de présentation doit être propre à chaque candidat et correspondre à son objectif individuel. Seul un petit nombre de diapositives peuvent introduire ou reprendre le projet du groupe.

DOT (Déroulé Opérationnel du TIPE)

Ce déroulé opérationnel permet de mettre en valeur de façon synthétique les **Étapes ou Séquences clés** du TIPE. Il apporte aux examinateurs **des éléments chronologiques sur l'exécution du TIPE, et qui ne sont pas nécessairement à mentionner dans la présentation orale**. Il serait utile que certains éléments de ce DOT soient mis en rapport avec les objectifs annoncés dans la MCOT.

² Exemple : pour les utilisateurs de MS Office ou équivalents, il est possible dans le menu «imprimer» de choisir comme destination un fichier au format PDF à la place d'une imprimante.



Ce DOT est une séquence de 4 à 8 faits marquants (jalons) du déroulement du TIPE (y compris les difficultés rencontrées, surmontées ou non) témoignant de sa **progression**. Chacune de ces **Étapes ou Séquences clés** y est décrite dans la limite de 50 mots et saisie en ligne via l'interface SCEI.

Le DOT ne doit pas être analogue à un plan, ni fournir des résultats ou des interprétations. Il doit, avant tout, rester factuel et situer chronologiquement les différents jalons.

Le DOT peut être aussi l'occasion d'indiquer les éventuelles difficultés rencontrées, la manière dont elles ont été surmontées ou non, les rebonds ou inflexions dans la démarche, soulignant ainsi la progression effective du travail, permettant aux examinateurs d'avoir une meilleure lisibilité du "cheminement" du candidat.

Exemples de formulation d'Étapes ou Séquences clés :

[Début Mars : Rencontre avec un expert en vibration des machines tournantes. Cette discussion m'a amené à lire les références [n] et [m], permettant l'identification des paramètres clés de l'étude]

[Novembre 2023 - Identification de notre méthode comme étant la théorie de De Bruijn, pour laquelle des algorithmes de résolution existent et sont disponibles en libre accès]

[Décision fin mai - Suite à la lecture de l'article [2] - d'étudier la sensibilité de manière théorique via le conditionnement des matrices. Cela s'est avéré infructueux puisque les différents facteurs que nous avons isolés n'étaient pas indépendants]

[Février 2024 - Réalisation d'une série d'expériences en faisant varier les deux paramètres a et b, ce qui nous a amenés à conjecturer la loi empirique. Le résultat est satisfaisant, mais dans un domaine de validité réduit]

[Mi-janvier 2024- Compréhension du lemme de Proob]

[Fin décembre : Passage de la version récursive à la version itérative de l'algorithme, au prix d'une augmentation peu significative du temps de calcul]

[Janvier 2024 - Échec de la synthèse d'un organomagnésien après les premières tentatives du début d'année nous obligeant à revoir les conditions de l'expérience]

[Mai 2024 : Réussite de la nouvelle synthèse de l'organomagnésien et calcul du rendement]

[Début Juin 2024- Interprétation des résultats, estimation des incertitudes de mesure, production des courbes pertinentes pour la présentation finale]



ÉTAPE 3

Validation des Livrables par le professeur encadrant

La validation des Livrables est sous la responsabilité du professeur encadrant dont le nom a été renseigné au préalable par le candidat sur le site SCEI. Le fait de valider signifie que les livrables, saisis et téléversés par le candidat, correspondent bien à un travail personnel constaté. Une zone de commentaire permet au professeur encadrant de porter à la connaissance du Directeur de l'épreuve toute information qu'il jugera nécessaire de communiquer.

Il est de la responsabilité du candidat de s'assurer que les livrables téléversés sont lisibles ; pour cela il devra les visualiser après téléversement (cf. ÉTAPE 2).

Pour satisfaire à l'exigence de validation, le professeur encadrant doit se connecter à son propre compte, sur le site web des Lycées (lycees.scei-concours.fr). Il aura alors accès (à condition que le candidat ait correctement respecté toutes les phases) aux documents suivants :

- La MCOT étendue (compilation de la MCOT, DOT et de tous les autres éléments saisis en ligne par le candidat),
- La Présentation.

Lorsque le travail est effectué en groupe, la validation par le professeur encadrant signifie que chaque candidat fournit des livrables qui correspondent à sa contribution personnelle.

NB : Pour les candidats libres, cette validation sera assurée par l'équipe pédagogique suite à un entretien qui aura lieu avec le Directeur ou un de ses représentants le jour de la convocation à l'oral. Les examinateurs ne sont pas informés du statut de candidat libre et procéderont donc à un oral dans des conditions identiques à tout autre candidat.



Retour d'expérience

Conseils généraux sur le choix du sujet

Comme les autres années, on a pu voir des TIPE étonnants toutes filières confondues. Il n'y a pas de recette unique pour un TIPE réussi. Mais les ingrédients sont souvent les mêmes :

- Une **problématique** progressivement étayée/nourrie par une recherche bibliographique, ce qui débouche naturellement sur la fiche MCOT, qui est en quelque sorte le document fondateur du TIPE. Précisons que le choix d'une problématique peut résulter d'un long processus de cheminement.
- Un **travail** avec – autant que possible – des allers-retours entre théorie et expérience (au sens large, mesures physiques, chimiques, production des données numériques par un code informatique, etc.). Ce travail, qui comporte des avancées, des interrogations (demi-succès, limitations), mais aussi des échecs (qu'il convient d'analyser et – autant que possible – de ne pas passer sous silence). Les périodes et/ou séquences marquantes doivent être consignées dans le Déroulé Opérationnel du TIPE (DOT) Ces faits marquants permettent d'informer les examinateurs sur un certain nombre de points/séquences dimensionnants du TIPE, sans qu'il s'agisse d'une réplique du plan de la présentation, bien au contraire.
- La **présentation** doit avoir un caractère relativement « lissé » (le « nous avons fait ceci, puis cela... » est à réserver au DOT) sans exagérer dans ce sens ; il est bon qu'elle ne prenne pas pour autant un aspect trop impersonnel ; les bonnes présentations sont celles où l'on sent passer un courant, une dynamique, une certaine fraîcheur de découverte qui ne suit pas nécessairement la chronologie réelle du travail qui apparaît plutôt dans le DOT.

D'un point de vue pragmatique, voici quelques expressions/mots-clés que le candidat s'attachera à faire siens concernant son travail de TIPE.

- il doit être choisi au plus **tôt**
- il est **motivé, motivant, maîtrisable**
- il n'est **ni trop élémentaire, ni trop ambitieux**
- il met en **rapport théorie et applications concrètes**
- il est souhaité qu'il soit à caractère **multidisciplinaire**
- il doit s'inscrire dans la **durée** d'une année complète, avec une **démarche** qui relève de celle de **l'Ingénieur**. Le choix du sujet doit donc être compatible avec cette exigence.
- il doit être présenté de **façon convaincante et didactique** dans le **temps imparti (15 min.)**

Quelques conseils à la fois techniques et méthodologiques.



- **Ne pas attendre la dernière limite** pour téléverser les fichiers demandés. Cette année encore, quelques centaines de candidats ont rencontré des difficultés sérieuses suite à des erreurs de téléversement, à une différence d'horloge interne entre les serveurs et leur ordinateur, à l'encombrement/saturation du réseau ou une coupure locale internet, etc...
- **Vérifier systématiquement les téléversements.** Certains candidats, n'ayant pas vérifié que leurs téléversements avaient été faits incorrectement où s'en étant aperçus tardivement, se trouvent face à une situation qui n'est plus rattrapable. Plusieurs candidats ont été ainsi amenés à présenter oralement sans support (rappelons que l'on n'admet pas, par souci d'équité entre candidats, des présentations qui nous sont proposées sur clé USB le jour de passage de l'oral). Il est donc important de vérifier juste après la date limite que les documents téléversés sont les bons ; dans le cas contraire, en avertir au plus vite les organisateurs. Le suivi des enseignants encadrants, en général excellent, contribue à la bonne marche du système, notamment en nous signalant des anomalies au moment où ils valident le travail de TIPE en visualisant les documents téléversés.
- **Numéroter les diapositives.** Ceci est indispensable pour faciliter la discussion avec les examinateurs. Cette année cette consigne a été beaucoup mieux respectée.
- **Ne pas mentionner le nom du lycée.** En effet, cette précision n'amène rien à la qualité de la prestation du candidat.
- **Mentionner le cas échéant sa spécialité.** Par exemple spécialité « Informatique » en MP.
- Être très précis dans les **Positionnements Thématiques** (Pos.Th.). Il a été constaté que le premier Pos. Th. avait une importance majeure. Si par exemple le Pos.Th. principal est « physique ondulatoire », il n'est pas nécessaire de mettre « mathématiques-analyse ». Un autre exemple : ne pas mentionner « Informatique » en tant que 3^{ième} Pos.Th. pour un programme de tracé de courbes. Par ailleurs, il n'est pas obligatoire de donner trois Pos.Th. (même si cela est fortement conseillé) : deux d'entre eux suffisent bien souvent, voire un seul dans certains cas de travaux très pointus.
- Dans le cas d'un **travail de groupe**, mentionner explicitement, dans la MCOT, et dans la présentation, ce qui relève du travail en commun et ce qui relève de la partie développée en propre ; ne pas attendre que le jury le demande. Signalons comme anormal le fait que les différents membres du groupe présentent le même texte.
- **L'adéquation au thème de l'année** doit être mentionnée. Cette exigence (commentée ailleurs dans le texte) a été très bien suivie d'une manière générale. Souhaitons qu'il en soit de même lors de la prochaine session.
- Il est possible de donner aux examinateurs **d'autres documents papier**, mais les examinateurs ne sont en aucun cas tenus de les prendre en compte pour l'évaluation. Ces documents peuvent servir à étayer une réponse ou donner un autre éclairage à un point souligné lors de la présentation. Dans tous les cas, ces documents peuvent ne pas être restitués au candidat.



- **Aucune information numérisée**, sur quelque support que ce soit (clé USB, téléphone, ordinateur...) ne sera acceptée.

Retour des examinateurs (non exhaustif...)

- **S'approprier** son sujet, bien formuler le problème.
- Mettre en avant la **méthodologie**, les **résultats**.
- Souligner sa **propre plus-value**.
- **Maîtriser** ce dont on parle, préciser les **hypothèses** de travail choisies.
- Ne pas confondre contact industriel et « **tourisme industriel** ».
- Se **questionner/se remettre en cause** - Par exemple rendre compte des leçons que l'on a tiré d'une expérience qui a échoué (dans le DOT, et même dans certains cas, dans la présentation elle-même).
- **Soigner la forme** (légendes, taille de police, nombre de planches, numéros de diapositives...).
- Ne pas négliger les **incertitudes expérimentales** et la connaissance des **appareils de mesure** utilisés.
- Faire preuve de **rigueur** et de **précision** (ordres de grandeur, unités, argumentation logique...).
- Mentionner les « **crédits** » ; par exemple pour une illustration prise sur Internet, il est normal d'indiquer l'URL du site correspondant en tout petits caractères au bas de la diapositive.
- **Répéter** devant un public critique, avec si possible un « candide » du sujet.

Banque MP Inter-ENS – Session 2022

Rapport sur l'épreuve orale de TIPE de physique

Écoles concernées :

ENS (Paris) - ENS de Lyon - ENS de Paris-Saclay – ENS de Rennes

Coefficients (en pourcentage du total d'admission) :

- Concours MP :
 - ENS de Paris-Saclay : 3.8%
 - ENS de Lyon : 5.4%
 - ENS (Paris) : 7.4%
 - ENS de Rennes : 3.8%
- Concours Info :
 - ENS de Paris-Saclay : 7.9%
 - ENS de Lyon : 5.6%
 - ENS (Paris) : 3.3%
 - ENS de Rennes : 11.4%

Membres du Jury :

Éric Brunet, Pierre Cladé, Philippe Odier, Stéphane Roux.

1 Déroulement de l'épreuve.

L'épreuve de TIPE est commune aux concours des ENS de Paris, Lyon, Cachan et Rennes. Elle est spécifique aux ENS. **Aucune présentation orale n'est demandée.** L'épreuve consiste en une discussion de 40 minutes avec deux membres du jury, qui ont pris connaissance au préalable du rapport fourni. Il n'est donc pas nécessaire d'apporter de transparents. En revanche, **il est recommandé d'apporter une version papier du rapport afin de faciliter la discussion.** Tout autre document, échantillon ou objet physique susceptible d'éclairer la discussion peut être apporté. Ils

seront tous rendus à la fin de l'épreuve. Si un candidat désire présenter, en accord avec le jury, un document numérique, celui-ci devra être sous la forme d'un fichier pdf, jpeg ou mpeg, placé sur une clé USB.

Le jury attend une bonne maîtrise et une bonne compréhension du sujet. En particulier, il s'autorise à aborder des points qui ne figurent pas au programme de physique des deux années de classe préparatoire s'ils sont en lien direct avec le sujet. Il peut par exemple être demandé d'établir les équations et formules utilisées dans le rapport, de discuter en détail le contenu d'une figure ou d'un schéma, d'expliquer le fonctionnement des appareils de mesure utilisés ou de détailler l'algorithme utilisé par un programme informatique. Le jury a remarqué que, trop souvent, la maîtrise du sujet choisi est trop superficielle. Il est donc très important de bien choisir et de bien approfondir son sujet afin de maîtriser les concepts qui y sont reliés. Le tableau est utilisé pour clarifier, sur demande du jury, certains points du rapport, et pour répondre à des questions en lien avec le sujet de TIPE.

Le jury tient à souligner l'importance attachée par les ENS à cette épreuve de TIPE, qui offre un moyen d'évaluer, avec d'autres critères que ceux de l'interrogation orale classique, la motivation du candidat ou de la candidate, son intérêt pour la recherche et son esprit d'initiative.

2 Choix du sujet

Le choix du sujet, dont le rapport au thème de l'année peut être entendu dans un sens large, est très important. Il doit permettre à la candidate ou au candidat de montrer sa capacité à établir une démarche scientifique sur un sujet précis. Cette démarche consiste à exposer clairement le problème posé et les réponses apportées. Un esprit critique par rapport aux modèles utilisés, aux mesures effectuées, etc., est fortement apprécié. Il est important de bien délimiter le sujet étudié afin de le maîtriser convenablement. **Les sujets ayant un composante expérimentale ou numérique sont fortement encouragés. Les sujets purement théoriques doivent faire preuve d'un vrai travail personnel allant au-delà d'un simple travail bibliographique.** Un TIPE n'est pas une analyse de document scientifique ou un exposé d'histoire des sciences : le jury jugera sévèrement

tout travail se contentant d'expliquer, autour d'un sujet, le contenu d'un ou de quelques éléments bibliographiques. Les sujets sans démarche personnelle dont l'étude décalque les cours de niveau L3 ou M1 sont pénalisés, ainsi que ceux qui suivent pas à pas une épreuve de concours. **Concernant les sujets numériques, il est essentiel de mettre en avant le problème physique étudié afin de ne pas le réduire à un problème d'informatique.** L'usage de "boîtes noires", tels les logiciels de modélisation complexe, n'est pas recommandé. Si un tel usage s'avère toutefois nécessaire, une connaissance précise des équations et méthodes utilisées par le logiciel est impérative. L'affinité de la candidate ou du candidat pour son sujet est aussi un élément important. La motivation et l'investissement dans le sujet sont des facteurs positifs dans la notation. **Le travail en groupe est possible, mais le jury conseille de se limiter à un travail en binôme.** Il faut pouvoir justifier son rôle et sa démarche personnelle au sein du projet commun, ce qui s'est avéré difficile lorsque le travail a été effectué au sein d'un groupe de 3, voire 4 personnes.

Nous incitons à prendre contact avec des scientifiques ou experts extérieurs en soutien de la démarche. Toutefois, la réalisation d'expériences de travaux pratiques dans d'autres établissements d'enseignements supérieurs n'est souvent pas liée à une démarche personnelle et ne correspond pas à ce que le jury attend. Très souvent dans ces cas de figure, le contenu des expériences réalisées n'a pas été bien digéré, ce qui se traduit par une maîtrise insuffisante lors de l'entretien. Souvent, les projets trop ambitieux, soit par la difficulté des expériences qu'ils exigent, soit en raison du grand nombre de connaissances hors programme qu'ils mobilisent, résultent dans un traitement superficiel du sujet. Il est plutôt recommandé de se concentrer sur une question accessible et néanmoins intéressante, et d'y appliquer une démarche rigoureuse et approfondie.

3 Rapport

Le rapport conditionne l'entretien entre le candidat et le jury. En particulier, le rapport doit refléter le travail qui a été effectué. Un rapport de bonne qualité permet de mettre ce travail en valeur. Si le rapport est trop concis, mal structuré, ou difficile à lire, et que le jury arrive à l'entretien sans avoir une idée précise du travail réalisé, il lui sera en général beaucoup plus difficile

d'appréhender la qualité de ce travail, même après 40 minutes de questions, ce qui peut conduire à une mauvaise note pour cette épreuve. Nous allons donc rappeler ici quelques conseils pour la rédaction de celui-ci:

- Lorsque le sujet est traité par un groupe, le rapport doit, lui, être personnel et mettre en avant la contribution particulière du candidat à ce travail.
- Le jury insiste sur le travail personnel : le rapport ne peut être un simple "copier-coller" de contenus accessibles par voie électronique ou de rapports obtenus par d'anciens candidats. **Le plagiat est une faute grave et sera sanctionné.**
- Un rapport n'est pas une fiche synoptique : il doit contenir des éléments sur le travail effectué (courbes, graphiques, protocoles expérimentaux, matériel utilisé, difficultés rencontrées, etc...). Le rapport doit être structuré pour faire ressortir les points importants.
- Un rapport n'est pas non plus une présentation "Powerpoint" imprimée.
- Le jury demande d'utiliser le format pdf pour le rapport. Il doit être constitué d'un unique fichier comprenant le rapport lui-même, les annexes et la bibliographie. Dans un souci de clarté, le jury demande de faire figurer une copie de la page de garde en première page du rapport. Ce fichier informatique doit impérativement être rendu au moment de l'inscription aux oraux. Le jury demande de **limiter le rapport à environ 12500 caractères**. L'inclusion des codes utilisés est inutile et n'est pas conseillée.
- Il est crucial que ce rapport soit rédigé personnellement par la candidate ou le candidat.
- Tout le contenu du rapport doit être bien maîtrisé. En particulier, toute mise en équation et tout calcul doit avoir été compris et le jury peut demander au candidat de les détailler et les refaire au tableau.
- La qualité de présentation est aussi essentielle. On attend du candidat qu'il sache réaliser un document informatique avec une mise en page soignée. La rédaction doit être claire et précise, sans faute

d'orthographe et avec des formules mathématiques lisibles. Les notations doivent toutes être clairement définies, et introduites au fur et à mesure (et non à la fin). Les figures et tables importantes doivent figurer dans le corps du texte, et non en annexe. Les figures, équations et tables, ainsi que les pages du rapport, doivent être numérotées afin de faciliter l'échange avec le jury.

- La présentation des courbes expérimentales doit être soignée; en particulier, le texte dans les figures doit être lisible. Les quantités mesurées et leurs unités doivent être précisément indiquées. Les points expérimentaux doivent être munis d'une incertitude de mesure et l'origine de cette incertitude doit être commentée. Toutes les figures, qu'elles représentent des données expérimentales, des résultats analytiques ou des simulations, doivent être clairement légendées et accompagnées d'une courte description.
- Le jury a remarqué que de nombreux rapports montrent une affinité plus grande avec les concepts théoriques de leurs sujets plutôt qu'avec leurs réalisations expérimentales. Il est important de noter que les questions posées lors de l'entretien sont largement influencées par le contenu du rapport. Ainsi un rapport composé pour une large partie de considérations théoriques sur le sujet entraînera des questions sur la modélisation théorique lors de l'entretien, et il est attendu que le contenu du rapport puisse être clairement justifié.
- En ce qui concerne le contenu expérimental du rapport, le jury encourage à exploiter au maximum les mesures. Il est fréquent de voir des études superficielles des données, ou des expériences pour lesquelles tout ce qui pouvait être mesuré ne l'a pas été. En particulier, et en lien avec la remarque précédente, bien souvent une modélisation théorique détaillée du sujet étudié est présentée, mais cette modélisation n'est pas exploitée pour analyser les données.
- Il arrive que le jury découvre pendant l'entretien que certaines expériences ont été réalisées mais ne sont pas mentionnées dans le rapport parce que jugées trop simples. Toutes les expériences, aussi simples soient elles, doivent être mentionnées dans le rapport si elles sont en lien avec le sujet étudié. Les limites de taille du rapport peuvent contraindre à n'en

faire qu'une mention brève, ce qui permettra au jury, s'il le souhaite, de demander des précisions supplémentaires lors de l'entretien.

- Enfin, le rapport doit comporter une bibliographie détaillée ainsi que la liste des contacts établis durant la préparation du TIPE. Si la bibliographie repose sur des sites internet, il faut préciser lesquels. Les figures, photos, schémas, etc. n'ayant pas été produits personnellement sont à utiliser avec parcimonie. S'ils s'avèrent nécessaires, les sources doivent être très clairement indiquées, avec, dans le cas des documents récupérés sur internet, l'URL complète et la date d'accès.