

Physique-chimie

Présentation des épreuves

Les candidats doivent être présents à l'heure de leur convocation dans la salle d'attente de l'épreuve, munis de leur convocation, d'une pièce d'identité et de ce qui est nécessaire au déroulement de l'épreuve (stylo, calculatrice). Il est bien sûr interdit de communiquer pendant l'épreuve : tout objet connecté doit impérativement être mis en mode inactif et il n'est pas permis de réaliser des enregistrements ou des photographies. Enfin, l'ordre de passage des deux épreuves 1 et 2 est aléatoire mais 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 relation entre ces épreuves orales et l'épreuve de travaux pratiques de physique-chimie.

L'épreuve orale de physique-chimie 1 est une épreuve *sans préparation* : dès son entrée dans la salle, le candidat se voit remettre un sujet (comportant un exercice unique) et il doit en débiter immédiatement la présentation au tableau. Au contraire, l'épreuve orale de physique-chimie 2 est une épreuve *avec préparation* : le candidat dispose d'au plus trente minutes de préparation du sujet (comportant là aussi un exercice unique) avant de débiter la présentation. Pendant la préparation et la présentation, un sujet de physique-chimie 2 peut être associé à un document, à un script Python ou à un logiciel de simulation.

Les deux épreuves peuvent porter sur la totalité des programmes de physique et de chimie des deux années de préparation (MPSI et MP), y compris les thématiques expérimentales. Le candidat n'a pas le choix du sujet. Les épreuves orales ne sont cependant en aucun cas des séances de simple vérification des connaissances et savoir-faire prévus au programme ; il s'agit bien d'épreuves spécifiques, différentes l'une de l'autre et des épreuves écrites et destinées à évaluer des ensembles de compétences bien spécifiques. La connaissance du cours est une *condition impérieusement nécessaire* au bon déroulement de l'oral, mais elle n'est *en aucun cas suffisante* à cette réussite.

Analyse globale des résultats

De nombreux candidats, bien préparés aux épreuves, y ont obtenu les bonnes notes que le jury aime à attribuer. On retrouvera dans la section « Résultats par épreuve » quelques éléments statistiques portant sur les notes attribuées et leur répartition entre les deux épreuves. Par ailleurs, en considérant la moyenne des deux notes obtenues à chaque épreuve orale de physique-chimie, on note que :

- 29 % des candidats obtiennent une moyenne supérieure ou égale à 14 ;
- 56 % des candidats ont une moyenne supérieure ou égale à 12.

Les épreuves orales de physique-chimie 1 et 2 n'évaluent pas, de par leurs différences de conception, les mêmes compétences. De plus, l'organisation de l'oral permet à chaque candidat d'être évalué systématiquement sur deux champs disciplinaires distincts du même programme. Ainsi, il peut exister des différences significatives entre les notes obtenues aux deux épreuves. Si pour 68 % des candidats l'écart est limité à 4 points, il est d'au moins 5 points pour près d'un tiers des candidats.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Les deux qualités que le jury évalue et valorise spécifiquement à l'oral sont l'*autonomie* dans le traitement d'un sujet scientifique et la capacité d'*interaction* avec l'examinateur lors du déroulement de l'épreuve. On peut donc donner aux candidats quelques conseils, certes banals mais si facilement oubliés dans la tension du moment !

Le candidat doit *parler à l'examineur*, expliquer ce qu'il fait, ce qu'il recherche, *en même temps* qu'il écrit au tableau. Le tableau est le support de la communication, le remplir n'est pas l'objectif de l'épreuve.

Le candidat doit être *actif* dans le traitement du sujet qui lui est proposé. Il ne doit pas dire *je vais faire* et encore moins *je pourrais faire* : il doit faire ! Si l'examineur est satisfait avant la fin de l'action ou s'il souhaite se contenter des seuls résultats, il le dira.

L'examineur est *bienveillant* et s'il intervient, c'est en général à bon escient : il est nécessaire de l'écouter, de lui répondre s'il a posé une question. Il n'est pas recommandé d'essayer de « l'embrouiller » : une erreur reconnue et rectifiée au moyen d'arguments pertinents laissera une impression favorable, au contraire de l'image confuse que peut laisser un candidat qui essaie à toute force d'avoir raison si ça n'est pas le cas.

Il convient d'utiliser un *vocabulaire précis*, ce qui ne veut pas dire lire les équations lettre à lettre, mais bien transcrire celles-ci dans le domaine de la description du réel. On peut conseiller aux candidats de veiller au *registre du langage utilisé*, en s'exprimant avec rigueur et sans familiarité.

Ne pas oublier les *schémas*, pertinents et bien lisibles : tracer un dessin soigné et la question est souvent résolue ! *Calculer* avec soin et de façon pertinente est également important : une expression algébrique n'est utile que si elle est simple et lisible (et juste, bien sûr).

C'est un oral de physique-chimie. Il faut donc vérifier (spontanément) l'*homogénéité*, faire les *applications numériques* (et ne pas demander s'il faut vraiment les faire...), préciser les *unités*, discuter les *ordres de grandeur* et faire montre à l'occasion de la culture générale scientifique et technique qu'on peut attendre d'un futur ingénieur.

Enfin, la durée de l'oral est *le temps du candidat* : à lui d'en faire le meilleur usage, de rester dynamique jusqu'aux dernières minutes ! Le jury est toujours surpris de voir certains candidats qui semblent attendre la fin de l'épreuve comme une délivrance... Se refuser à progresser, c'est choisir de limiter sa note !

L'oral de physique-chimie 1

L'oral de physique-chimie 1 est une épreuve sans préparation. Le candidat découvre donc le sujet pendant quelques minutes avant de prendre la parole. La première question est toujours *très proche du cours* afin d'aider le candidat à mobiliser ses connaissances sur le thème de l'exercice.

Pour la suite, les exercices sont rédigés de manière peu directive, afin que le candidat modélise la situation concrète évoquée dans l'exercice. Lors de sa démarche de *modélisation* et de *schématisation*, l'examineur le guide par des questions, pour corriger d'éventuelles erreurs et l'amener à faire les bonnes hypothèses. Le jury, conscient de la difficulté de cette étape, est indulgent quand une « indication » donnée dans l'énoncé n'a pas été relevée par le candidat. Ce dernier ne doit donc pas être inquiet de s'entendre dire « relisez votre énoncé » ou de s'entendre relire une phrase de l'énoncé. Une bonne interaction avec l'examineur et une réflexion sur la contextualisation sont les éléments clés de cette délicate étape.

Une fois cette phase de modélisation terminée, le candidat doit entreprendre la résolution de l'exercice dans le cadre mis en place et le jury attend alors une plus grande autonomie du candidat. Sans préparation, les petites erreurs de calculs peuvent s'avérer plus fréquentes et le jury fait preuve d'indulgence mais le candidat doit rester attentif. Il est important de rappeler que des tests d'homogénéité, de pertinence et le contexte permettent de détecter de nombreuses erreurs. Le jury est toujours très sensible lorsque le candidat fait preuve de *recul sur les résultats obtenus* et corrige seul si besoin ses équations.

Il est souvent demandé une application numérique pour valider ou invalider la démarche. Cette étape finale ne doit pas être négligée par le candidat.

À noter que certains exercices nécessitent expressément l'usage de la calculatrice pour faire des applications numériques « techniques », une résolution graphique d'une équation ou une régression linéaire. Un candidat qui n'a pas sa calculatrice lors de l'oral ou qui ne sait pas s'en servir est fortement handicapé

face à de telles situations. Il est donc vivement conseillé de vérifier le bon fonctionnement de son matériel avant l'oral.

L'oral de physique-chimie 2

L'épreuve est d'abord particulière à cause de la préparation, qui occupe la moitié du temps total. Si elle n'est pas évaluée directement (les brouillons, par exemple, sont systématiquement détruits à la fin de l'épreuve), le jury a souvent l'impression que la préparation n'a pas été utilisée au mieux. Il n'est pas pertinent de commencer par résoudre en détail les questions dans l'ordre pour recopier fastidieusement au tableau les calculs déjà faits : c'est d'ailleurs souvent à cette occasion qu'une petite erreur, découverte en direct, semble supprimer tout le bénéfice de la préparation !

Il faut au contraire réfléchir à l'ensemble du sujet, mobiliser tous les éléments de la résolution pour les mettre en place au fur et à mesure de l'oral et, finalement, dans les dernières minutes de la préparation par exemple, mettre en place la présentation qui devrait débiter le passage au tableau ! Tous les sujets proposés cette année contenaient la phrase : « Il sera accordé une grande importance aux *qualités d'exposition*. Le candidat est invité, dès le *début* de son passage au tableau, à présenter le sujet préparé de manière *ordonnée et argumentée*. » Force est pourtant de constater que bien peu de candidats se sont astreints à suivre cette indication ; ceux qui l'ont fait, en particulier en privilégiant les aspects physiques dans leur propos, en ont été bien sûr récompensés.

À l'approche de la fin du temps de présentation, l'examineur demande souvent aux candidats s'ils souhaitent présenter un élément du sujet, non encore traité, et qu'ils auraient abordé en préparation. C'est bien sûr le moment de présenter en quelques phrases synthétiques des idées, des méthodes, des pistes ; pourtant, trop de candidats, peu pressés semble-t-il de valoriser leurs intuitions, préfèrent alors se (re-)lancer dans des calculs hésitants qui n'ont bien sûr aucune chance d'aboutir à ce moment de l'oral. Ceux-là perdent bien sûr une précieuse occasion de montrer à la fois leurs qualités d'écoute et d'autonomie.

Les sujets de physique-chimie 2 sont souvent associés à des scripts Python (fonctionnels ou presque, qu'il suffit d'exécuter tels quels ou de modifier très légèrement) ou à des documents de contexte. Ceux-ci ne sont pas destinés à rendre l'épreuve plus difficile, bien au contraire ! Le candidat ne doit pas s'étonner de trouver la réponse à une question presque entièrement donnée dans le document ou dans le script et c'est l'examineur qui est déçu lorsque l'un ou l'autre n'a pas du tout été exploité. Le jury publie des exemples de tels sujets qui permettront aux candidats aux futures sessions de constater qu'il s'agit d'éléments destinés à rendre plus facile leur compréhension du sujet traité, et pas le contraire. Encore faut-il s'en servir... Exécuter le script, ne serait-ce qu'une seule fois « pour voir » est évidemment conseillé, c'est en tout cas bien plus productif que de laisser l'ordinateur en attente sans essayer de s'en servir !

Les candidats peuvent utiliser leur calculatrice personnelle, toutefois, le calcul ne doit pas être un long moment de silence : le jury aime à entendre quelques mots expliquant ce qui est en cours, les résultats obtenus, les éventuelles raisons de la reprise du calcul... Il est aussi toujours possible d'utiliser Python comme une calculatrice, d'autant plus que toutes les données numériques nécessaires figurent souvent dans le script proposé ! Le jury a pourtant eu cette année encore l'extrême surprise de voir des candidats préférer la calculatrice Windows...

Chimie

Les exigences des programmes de MPSI et MP en chimie sont modestes ; pourtant, certains (rares) candidats sont assez ignorants en la matière. Ce n'est pas le cas de la plupart d'entre eux, même s'il leur manque à l'occasion un peu de culture générale : quelle est la composition chimique de l'air ? Qu'est-ce que la combustion totale d'un hydrocarbure ?

Quelques applications très simples devraient être mieux maîtrisées, comme l'*avancement d'une réaction prépondérante* ou le bilan enthalpique d'une réaction totale (température de flamme), etc.

Électrocinétique et électronique

Il est regrettable de voir quelques candidats échouer pour une simple question de convention d'*algébrisation* ; dans tous les cas, les signes obtenus en fin de calcul méritent un regard critique. De même, quelques conclusions rapides peuvent souvent être présentées sans calcul, par exemple en ce qui concerne la nature du régime transitoire attendu, ou bien l'ordre ou la nature du filtre réalisé, etc.

Pour l'étude des filtres, le passage de l'échelle logarithmique (-3 dB) à l'échelle linéaire ($1/\sqrt{2}$), tout comme le lien entre facteur de qualité et bande passante sont parfois redécouverts pendant l'épreuve, ce qui bien sûr défavorise le candidat en ralentissant sa présentation.

Électromagnétisme

L'étude des invariances et symétries des distributions en relation avec les propriétés des champs a souvent été très bien traitée, parfois en quelques lignes bien choisies. Attention, toute onde électromagnétique n'est *pas nécessairement plane*, ni progressive. Enfin, un bilan énergétique électromagnétique ne se limite pas au seul calcul du vecteur de Poynting, de plus, l'utilisation directe de notations complexes dans les calculs énergétiques est, bien sûr, déconseillée.

Toute étude d'un phénomène d'induction électromagnétique exige une *orientation* préalable des circuits.

Mécanique

Les exercices de mécanique gagnent souvent à être traités au moyen de théorèmes *énergétiques* (encore faut-il connaître ou savoir retrouver les expressions des énergies potentielles, newtonienne par exemple) ou du théorème du *moment cinétique*. La notion d'énergie potentielle effective qui en découle parfois est souvent mal connue et mal utilisée. Dans le cas d'un solide, la notion de *point d'application* d'une force est souvent méconnue et la confusion avec les expressions applicables à un seul point matériel n'est pas acceptable.

Tous les candidats ou presque, interrogés sur le sujet, connaissent ou savent établir (en mouvement circulaire) la troisième loi de Kepler. Toutefois, sa mise en application n'est pas toujours aussi évidente : savoir que $T^2/a^3 = \text{cte}$ ne sert à rien si on ne sait pas expliciter « est une constante » : constante le long d'une trajectoire, constante au cours du temps, constante universelle ?

Les expressions et propriétés des pseudo-forces d'inertie sont en général bien connues.

Optique

Tout exercice d'optique, et particulièrement d'optique géométrique, doit débiter par un *schéma*. Celui-ci doit être assez soigné pour servir de base au raisonnement ; il doit aussi mettre en évidence la ou les grandeurs pertinentes et notamment les *angles*.

La plupart des candidats sont capables d'énoncer les propriétés du système de franges obtenues lors du réglage de l'interféromètre de Michelson en lame d'air. Ils sont parfois moins sûrs d'eux dès qu'une question cherche à préciser ce qu'il en est : comment justifier l'expression $\delta = 2e \cos i$? Comment parvient-on à ce réglage ? Que signifie exactement le terme localisation ?

La notions de *longueur de cohérence* reste hélas, pour trop de candidats, un mystère. Le théorème de Malus est parfois mal connu ou oublié, ce qui rend parfois impossible le calcul des chemins optiques en présence de lentilles.

Physique quantique

Les quelques difficultés rencontrées dans ce domaine du programme relèvent plus de l'interprétation que des calculs eux-mêmes : qu'est-ce qu'un *état stationnaire* ? Quelle est la signification des symboles « Δ » des inégalités de Heisenberg ? Que peut-on déduire de l'expression d'une fonction d'onde, une fois celle-ci calculée ?

Thermodynamique

Les expressions formelles des principes thermodynamiques, notamment lors d'un écoulement stationnaire, sont en général bien connues, mais la signification des termes qui y figurent l'est parfois moins (qu'est ce qu'un travail utile ?). Enfin, il convient de vérifier les conditions d'application d'un théorème avant de s'en servir !

On ne peut appliquer une propriété thermodynamique extensive (le premier ou le second principe par exemple) qu'à un système *préalablement défini* au cours d'une évolution *préalablement définie*. Des expressions du type $\Delta U = mc_v \Delta T$ ou $\Delta H = mc_p \Delta T$ ne constituent ni un bilan thermique ni l'application du premier principe.

L'équation de diffusion thermique a en général vocation à être *établie* avant d'être *utilisée* ; cette utilisation se ramène d'ailleurs parfois à de simples considérations d'ordres de grandeur, qui doivent néanmoins être précis (par exemple, comment relier la « longueur caractéristique » à la géométrie du phénomène).

Conclusion

Une préparation efficace aux épreuves orales exige des candidats à la fois une *maitrise sans défaut* de l'ensemble des notions et savoir-faire *du programme*, mais aussi le développement de chacune des compétences spécifiquement évaluées par les deux épreuves. Les bons résultats obtenus par de nombreux candidats lors de la session 2018 montrent que c'est un objectif qui est à la portée du plus grand nombre et le jury espère voir ces résultats s'améliorer encore lors des sessions à venir !