

Physique-chimie 1 et 2

Présentation des épreuves

Les oraux de physique-chimie

Chaque candidat passe deux épreuves orales de physique-chimie, dénommées physique-chimie 1 et physique-chimie 2 (mais bien sûr pas nécessairement dans cet ordre). Les deux épreuves portent sur la totalité des programmes de physique-chimie des classes MPSI et MP, y compris la partie *formation expérimentale*, les approches *numériques et documentaires* et les appendices *outils mathématiques et outils transversaux*.

Le jury est extrêmement attentif aux limites du programme ; toutefois, un minimum de bon sens et un peu de culture générale scientifique sont exigibles à ce niveau. En demandant par exemple dans quel sens varie la pression dans l'océan en fonction de la profondeur, le jury s'est vu opposer un refus de répondre (« *c'est complètement hors programme* ») ; une telle attitude est plutôt ridicule et n'est naturellement pas favorable au candidat.

L'organisation des épreuves orales est telle que les thèmes des sujets proposés à un même candidat lors des deux épreuves de physique-chimie portent sur des champs disciplinaires différents. Dans les deux cas, le candidat dispose de sa calculatrice personnelle et peut l'utiliser pendant toute l'épreuve. Les sujets sont attribués aléatoirement ; il n'est, bien sûr, pas possible de demander à changer de sujet.

Des exemples de sujets effectivement posés lors de la session 2015 aux deux épreuves orales de physique-chimie sont disponibles sur le site du concours. En fonction du déroulement effectif de l'interrogation, les épreuves peuvent comporter des vérifications explicites des connaissances et compétences exigibles du programme et le champ des questions posées ne se limite pas nécessairement à l'énoncé initialement fourni au candidat.

Les deux épreuves orales de physique-chimie ont été conçues pour permettre à la fois de couvrir l'ensemble des champs disciplinaires du programme de physique-chimie et de valoriser des compétences complémentaires. En physique-chimie 1, l'accent est ainsi mis sur l'*autonomie* du candidat, sa capacité à *modéliser* un phénomène et *valider* le modèle choisi. En physique-chimie 2, on insiste plus sur la capacité à *s'approprier* et à *analyser* un sujet à priori plus complexe. De plus, les compétences du candidat en termes de *communication* et d'*échange* sont évaluées dans les deux épreuves.

L'oral de physique-chimie 1

L'épreuve orale de physique-chimie 1 est une épreuve sans préparation, d'une durée de 30 minutes. Dès son entrée dans la salle d'interrogation, le candidat se voit remettre un sujet, traitant un thème unique, débutant nécessairement par une question très proche du cours puis élargissant progressivement le champ de l'interrogation, en fonction des réponses apportées par le candidat.

L'oral de physique-chimie 2

L'épreuve orale de physique-chimie 2 est une épreuve avec préparation, d'une durée totale d'une heure (30 minutes de préparation et 30 minutes de présentation). À son entrée dans la salle d'interrogation, le candidat se voit remettre un sujet (énoncé d'une page au maximum) traitant d'un

thème unique, mais éventuellement accompagné d'un script python, d'un logiciel de simulation, de documents à analyser, etc. Le passage au tableau doit toujours débiter par une *présentation synthétique* du sujet préparé.

Analyse globale des résultats

Performance des candidats

Le jury interrogeait cette année pour la première fois sur le nouveau programme issu des réformes successives du baccalauréat et des programmes des classes préparatoires aux Grandes Écoles. Les sujets proposés aux candidats, évidemment adaptés à ces nouveaux programmes, ont permis un déroulement parfaitement satisfaisant des épreuves orales, aboutissant en particulier à un bon étalement des notes, permettant la valorisation des très bons candidats et, à contrario, la juste sanction de candidats insuffisamment préparés, ne maîtrisant pas les éléments du programme ou incapables d'assurer une présentation autonome et dynamique. Enfin, quelques notes très rares mais très basses attribuées à des candidats en impasse totale peuvent interroger sur le filtre de l'écrit.

Le jury a noté quelques évolutions significatives par rapport aux années précédentes. Tout d'abord, il y a clairement reculé des compétences des candidats dans les parties strictement techniques (notamment le *calcul algébrique* ou analytique), parties qui sont d'ailleurs, autant que faire se peut, évitées ou contournées par les nouveaux sujets proposés. En revanche, la plupart des candidats est, plus qu'avant, consciente de l'importance de *l'analyse des phénomènes* physiques, de l'évaluation des *ordres de grandeur*, de la performance de *l'analyse dimensionnelle*. Il s'agit donc ici clairement d'un succès du renouvellement de l'esprit de l'enseignement de la physique et de la chimie dans la filière MP que le jury a apprécié.

Les changements apportés cette année à l'organisation des deux épreuves orales ont aussi contribué à révéler des qualités parfois insuffisamment valorisées des candidats :

- lors de l'épreuve de physique-chimie 1, le traitement spontané (sans préparation) du sujet amène le candidat à exposer les ressorts de son analyse des phénomènes physiques ;
- lors de l'épreuve de physique-chimie 2, le recours à des documents ou à des simulations valorise les candidats sachant faire preuve d'esprit de synthèse. Notons aussi que les réactions de « rejet de l'ordinateur », encore observées parfois l'an passé, ont pratiquement disparu.

Corrélation entre les deux épreuves

Les répartitions des notes attribuées lors des deux épreuves sont tout à fait comparables (avec des moyennes de l'ordre de 12,0 et des écarts-types de l'ordre de 3,7, les répartitions détaillées des notes attribuées figurent par ailleurs dans ce rapport). Toutefois, les différences importantes entre la nature et le déroulement des deux épreuves a souvent conduit à attribuer des notes assez différentes lors des deux épreuves passées par un même candidat (voir *figure 1*, statistiques portant sur plus de 1 400 couples de notes). Ainsi, la moyenne de l'écart entre les deux notes est supérieure à 3,5 points, donc tout à fait significative, tant en termes d'analyse des performances des candidats que d'incidence sur leur classement.

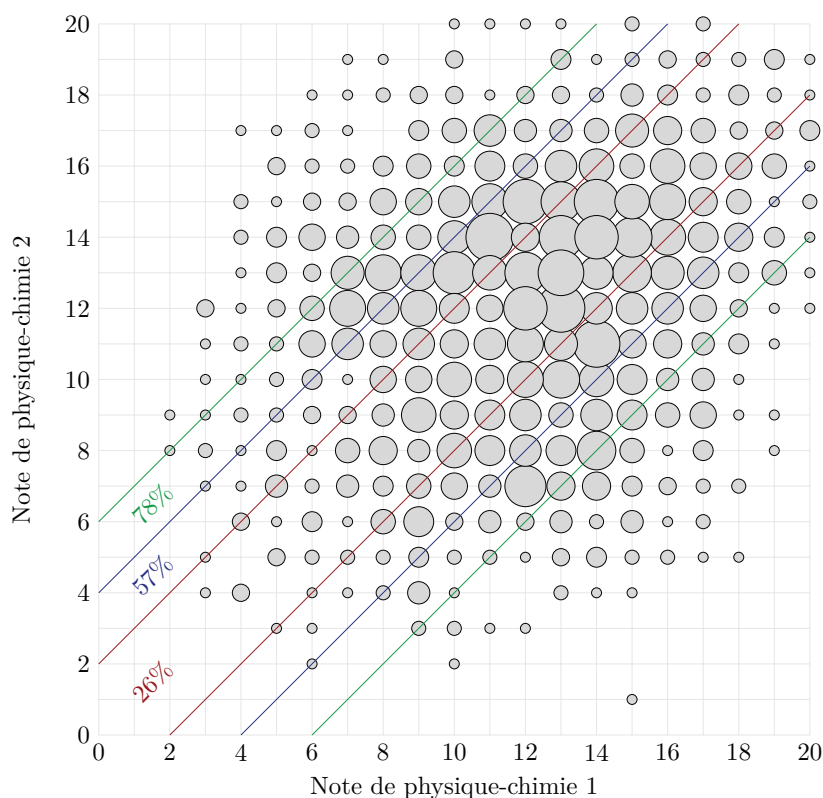


Figure 1 Corrélation des notes de physique-chimie 1 et physique-chimie 2. La surface du disque est proportionnelle au nombre de candidats ayant reçu un couple de notes

Dans le détail, pour 26 % des candidats, les notes obtenues en physique-chimie 1 et physique-chimie 2 diffèrent de deux points au maximum ; pour 57 % d'entre eux, elles diffèrent de quatre points au maximum et enfin pour 78 % d'entre eux, de six points au maximum. On notera donc que pour 22 % des candidats, la différence dépasse sept points. Ces écarts significatifs peuvent avoir une double origine : une mauvaise préparation du candidat à un des champs disciplinaires du programme, ou la non-validation des compétences spécifiques évaluées par l'une ou l'autre des deux épreuves.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Pour les deux épreuves de physique-chimie

Parmi les grandes règles qui aident à assurer la réussite d'un oral de physique-chimie : avant l'oral, *apprendre son cours* ; pendant l'oral, *être attentif aux questions posées* et, chaque fois que nécessaire, *faire un schéma* !

Un candidat passif ou attentiste (qui « joue la montre »), produisant une présentation laborieuse au cours de laquelle l'examinateur doit sans cesse intervenir pour espérer progresser un peu sera justement sanctionné, en dehors même des questions de contenu.

En revanche, celui qui prend en main le déroulement de son oral, explore des pistes, propose des méthodes (même si tout n'aboutit pas), fait des remarques pertinentes et montre finalement autant son intérêt pour le sujet que sa maîtrise des compétences exigibles sera évidemment valorisé, même si l'exercice servant de support à l'épreuve n'a pas été traité dans sa totalité.

Enfin, le jury espère encore assister, comme cette année, à des présentations exceptionnelles au cours desquelles des candidats brillants montreront leur parfaite maîtrise du sujet ainsi que leur capacité à réagir avec pertinence et précision à toutes les suggestions. Au-delà même de l'excellente note alors méritée, les examinateurs remercient ces candidats qu'ils ont plaisir à écouter !

Pour l'épreuve de physique-chimie 1

Les candidats se présenteront munis d'un stylo et d'une calculatrice, dont ils devront connaître le mode d'emploi (pour les calculs simples, mais aussi pour la résolution d'une équation numérique ou la recherche d'une droite d'approximation par la méthode des moindres carrés).

Rappelons encore une fois que l'épreuve se déroule **sans préparation** ; après avoir émarginé, le candidat se voit remettre un énoncé court avec une première question très proche du cours qui définit le thème principal de l'exercice. L'objectif de cette première question est d'aider le candidat à faire un point sur le thème traité et de faciliter le début de l'oral. Après la courte durée de lecture du sujet, le candidat doit prendre immédiatement en main la présentation de l'oral.

Il est souhaitable de débiter l'oral par une brève présentation du thème de l'exercice qui reprend les éléments essentiels de l'énoncé et explique la démarche qui va être suivie dans les grandes lignes, plutôt que d'écrire en silence la réponse à la première question au tableau. L'objectif de cet oral est en effet de discuter les phénomènes physiques et de *construire en direct* devant l'examinateur une démarche scientifique. Comme l'énoncé est court et sans préparation, le candidat est souvent amené à faire des hypothèses « raisonnables » qu'il propose à l'examinateur. Dans cette phase de construction de la démarche, l'examinateur est particulièrement bienveillant et sensible aux arguments physiques invoqués. Cet échange entre l'examinateur et le candidat constitue le cœur de cette épreuve de physique-chimie 1. Dans cette discussion, l'examinateur intervient pour guider par ses questions le raisonnement du candidat et parfois corriger quelques erreurs de calculs (inévitables dans une présentation sans préparation). Néanmoins, l'examinateur ne corrige pas systématiquement et immédiatement les erreurs de calculs, car un candidat qui trouve seul ses erreurs par le sens physique, par l'analyse dimensionnelle,... est très apprécié.

Attention toutefois, cette épreuve ne saurait se limiter à une discussion qualitative du thème sans que le candidat écrive au tableau. La résolution satisfaisante de l'exercice passe par la mise en place d'une démarche écrite explicite, rigoureuse et structurée. Même si l'examinateur dispose évidemment de l'énoncé, il est préférable de reproduire les schémas au tableau pour mieux communiquer avec l'examinateur et les compléter au fur et à mesure du raisonnement.

Pour l'épreuve de physique-chimie 2

Les candidats se voient remettre leur sujet dès le début de l'épreuve et disposent dès lors d'un ordinateur, équipé notamment de python (qui peut être utilisé comme une simple calculatrice, même si le sujet n'en fait pas mention). Ils peuvent aussi évidemment, pendant la préparation comme pendant la présentation, utiliser leur calculatrice personnelle.

Le temps de préparation est précieux ; il doit être consacré à une analyse aussi *globale* que possible du sujet posé, de manière à préparer un exposé cohérent. Tous les énoncés, sans exception, portent la mention suivante : « *Le candidat est invité, dès le début de son passage au tableau, à présenter le sujet préparé de manière ordonnée et argumentée.* » Trop peu de présentations ont effectivement

commencé cette année par une telle présentation synthétique. Le jury attend des candidats un effort significatif à cet égard dès l'année prochaine.

Au-delà de la présentation initiale, le jury de physique-chimie 2 attend que chaque sujet soit bien présenté dans son développement logique, faisant le lien entre les questions posées, le document étudié, l'emploi des simulations, les éléments établis pendant le passage au tableau et la culture générale scientifique du candidat. Au contraire, un candidat qui présentera les questions traitées comme une suite numérotée de calculs sans lien logique entre eux, sans en exposer l'intérêt, sans jamais prendre le recul nécessaire, sera sanctionné, même s'il pense avoir traité une partie significative des questions posées.

Enfin, pour les sujets utilisant un script python fourni, le minimum exigible des candidats est l'exécution du script proposé, l'observation des résultats ou des tracés produits et l'identification des calculs menés par le logiciel avec ceux développés lors du traitement du problème physique posé (dans la quasi-totalité des cas, les notations sont transparentes et les variables du modèle physique portent le même nom que les variables python associées).

Remarques portant sur les domaines disciplinaires

Chimie

La chimie est, dans le cadre des épreuves orales de physique-chimie, traitée comme toutes les autres parties du programme et les sujets portant sur cette partie ont été posés en nombre proportionnel à l'emprise approximative de la discipline sur l'horaire global d'enseignement. Les thèmes traités en MPSI et MP sont simples et les exercices de chimie ont été globalement bien traités par les candidats ; le nombre d'étudiants absolument réfractaires à cette partie du programme a fortement régressé.

Signalons quand même que le jury a eu quelques (rares) très mauvaises surprises, en ce qui concerne notamment les structures moléculaires et cristallines, la cinétique chimique ou les bilans en thermochimie.

Électrocinétique

Si le traitement numérique du signal, nouveauté du programme, est en général bien compris, le théorème de Nyquist-Shannon connu et bien énoncé, les difficultés se concentrent étonnamment sur les règles de base des circuits, que ce soit la loi des mailles ou la loi des nœuds, même pour des circuits très simples.

Des ordres de grandeur de paramètres électrocinétiques (résistances, capacités, inductances) sont souvent bien évalués, même si le jury a bien sûr eu son lot de petites surprises (fréquence secteur à 10 MHz...). En revanche, l'algébrisation reste un problème pour de nombreux candidats. Faute d'extraire une relation fiable d'un schéma électrique, ils rétablissent souvent le signe en fin de raisonnement, ce qui est bien sûr mieux que rien.

Les candidats maîtrisent enfin plutôt bien les notions associées aux régimes variables (évolutions temporelles, caractère borné, etc.) et celles liées au filtrage (analyse pertinente des courbes de gain ou des spectres proposés par les simulations par exemple).

Électromagnétisme

L'induction électromagnétique, même fortement restreinte par la nouvelle rédaction du programme, est parfois mal ou très mal maîtrisée. Des exercices très simples apparaissent alors complètement hors de portée de certains candidats, incapables d'écrire la loi de Faraday ou l'expression de la force

de Laplace ; plus généralement, l'obtention des deux équations (électrique et mécanique) couplées, clairement algébrisées (grâce à un schéma par exemple) pose problème, et le découplage de ces équations plus encore.

Rappelons aussi que toute onde plane n'est pas nécessairement progressive, que tout rotationnel n'est donc pas forcément un produit vectoriel et que la « relation de structure » trouve donc là ses limites.

Quelques sujets traitant de la propagation dans les milieux conducteurs (plasmas) ont aussi parfois été mal traités, plutôt à la surprise du jury : il s'agit d'un thème très balisé pour lequel les sujets posés étaient en général sans surprise.

Mécanique

La mécanique du point est plutôt bien traitée, y compris les mouvements dans les référentiels non galiléens. Il n'en va pas toujours de même des sujets traitant des coefficients de frottement (quelques candidats ignorant absolument tout des lois du frottement sec). La partie la plus mal traitée est souvent l'étude des solides en rotation autour d'un axe fixe, que beaucoup de candidats s'acharnent à vouloir ramener à des formules relatives au seul point matériel.

Optique

Les exercices d'optique géométrique dans les conditions de Gauss restent redoutables pour quelques candidats. Le simple tracé de rayons, voire la définition des notions les plus simples (objet, image, grandissement) posent parfois des problèmes insurmontables.

En optique physique, le calcul de la différence de marche entre deux rayons dans un dispositif de trous d'Young est aussi un filtre assez binaire ; certains candidats semblent absolument incapables de mener à bien cette opération et même de mettre en place le problème posé sur un schéma.

La notion de diffraction n'est pas toujours bien maîtrisée par les candidats. Rappelons ici l'extrait du programme officiel, « relation $\sin \theta \simeq \lambda/d$ entre l'échelle angulaire du phénomène de diffraction et la taille caractéristique de l'ouverture » ; savoir au moins que la diffraction peut être gênante dans un instrument d'optique est un élément culturel important. Le jury a même eu exceptionnellement la surprise d'entendre affirmer avec force et conviction que « *la diffraction n'intervient que si la taille de la pupille est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde* ».

La localisation des franges d'interférence réalisées au moyen de l'interféromètre de Michelson est en général correctement citée dans ses conséquences, beaucoup moins bien dans ses causes.

Enfin, le jury est surpris d'apprendre la présence de tant de sources *rigoureusement ponctuelles* (en général à vapeurs de sodium ou de mercure d'ailleurs) dans les laboratoires des lycées.

Physique quantique et statistique

Ces parties nouvelles du programme ont manifestement été appréciées des candidats et ont donné lieu à d'agréables surprises à l'oral. Signalons seulement qu'il convient de connaître (ou savoir retrouver) la dimension (ou l'unité) des fonctions d'ondes Ψ , en particulier si on veut exprimer ou interpréter le courant de probabilité \vec{J} .

Thermodynamique

L'application du premier principe aux écoulements permanents (« premier principe industriel ») est complètement ignorée par un nombre significatif de candidats.

Un nombre non négligeable de candidats établit des résultats corrects mais ne semble pas conscient de l'importance des notations différentielles (extrait des compétences exigibles du programme : « Utiliser avec rigueur les notations d et δ en leur attachant une signification. »). Il convient de même, et c'est d'ailleurs l'intérêt des candidats, de distinguer un rendement d'une efficacité ou d'un coefficient de performance, potentiellement ou nécessairement supérieur à l'unité.

Aucun exercice ne fait bien sûr appel à l'écriture des identités thermodynamiques exprimant dU ou dH ; le jury n'a cependant pas sanctionné les candidats qui ont choisi de s'en servir... sauf pour les systèmes diphasés bien sûr.

Plus généralement, à propos du « hors programme »

Rappelons une fois encore que tous les exercices de physique-chimie ont été rédigés dans le strict respect du nouveau programme des classes préparatoires des voies MPSI et MP. Certains candidats, qui ont cru bon de contester l'inclusion du thème dans le périmètre du programme se sont alors vus relire, pendant leur oral, l'extrait du programme officiel explicitant leur erreur. Même si le jury n'appuie nullement son évaluation et sa note sur la survenue de cet incident, il est de nature à déstabiliser fortement le candidat pendant la suite de l'épreuve. Nous encourageons les candidats aux sessions à venir à utiliser cet argument avec circonspection et discernement. Chaque candidat au concours a le droit d'exiger le respect du programme lors de épreuves, mais ne peut pas en tirer argument pour excuser les insuffisances de sa préparation.