

REMARQUES D'ORDRE GÉNÉRAL

Les épreuves orales de physique-chimie se sont correctement déroulées, sans incident particulier. Nous tenons à féliciter les candidats pour le travail accompli et la qualité de leur préparation.

Les candidats sont respectueux de la structure et des modalités de l'épreuve. La ponctualité est respectée, toutefois beaucoup de candidats sont arrivés juste à temps pour leur oral alors qu'ils sont convoqués une demi-heure auparavant.

Un futur ingénieur doit savoir respecter les consignes données.

Quelques conseils à destination des candidats :

- avant d'entrer dans la salle, préparer un stylo, la feuille de passage et la pièce d'identité. Trop de candidats perdent une précieuse minute de préparation à chercher péniblement un stylo ou leur pièce d'identité au fond de leur sac ;
- ne pas frapper à la porte sous peine de déstabiliser le candidat au tableau et l'examineur qui est obligé de se déplacer. Attendre que l'examineur ouvre la porte ;
- éviter tout relâchement verbal (du type « koa ? », « hein ? », « keskia ? », « OK », « ouais ») ;
- ne pas être déstabilisé, voire agressif, lorsque l'examineur fait une remarque ou pose une question. Les efforts des examinateurs pour remettre un candidat dans le droit chemin ou pour valoriser une prestation déjà bonne sont parfois mal interprétés ;
- l'épreuve comporte deux exercices de poids voisins sur deux parties différentes du programme. Il est important de passer du temps de préparation et du temps d'exposition sur chacun d'eux ;
- apprendre à se servir de la calculatrice collège fournie lors de l'oral et indiquée dans la notice du concours ;
- introduire l'exercice de manière qualitative ;
- faire des schémas clairs pour illustrer le problème et définir les notations appropriées ;
- vérifier l'homogénéité des formules. Ne pas oublier l'unité pour les applications numériques. Commenter les résultats spontanément est toujours apprécié par l'examineur ;
- il faut savoir mettre en équation un problème avec des calculs soignés et avec un mode de repérage rigoureux, en particulier définir précisément une convention d'orientation de l'espace et une convention de signe lorsque c'est nécessaire (électrocinétique, optique, induction, mécanique).

Quelques défauts à corriger en vue des futures épreuves orales de physique-chimie :

- mauvaise définition d'une variation, confondue avec une diminution ;
- difficultés à mettre en œuvre une simple séparation des variables ;
- incapacité à évaluer un ordre de grandeur numérique de tête ;
- mauvaise connaissance des solutions des équations différentielles classiques ;
- application des conditions initiales sur une partie de la solution ;

- remplacement partiel de termes littéraux par leurs valeurs numériques, ce qui fait disparaître l'homogénéité ;
- un manque de connaissances physiques surprenant : ordres de grandeur de puissances usuelles méconnus (tranche nucléaire, fer à repasser,...). Difficile dans ces conditions d'apprécier la pertinence d'un résultat numérique ;
- la connaissance des expressions des opérateurs en cartésiennes fait partie des capacités exigibles. Ces expressions ne sont pas toujours écrites correctement ;
- difficulté à tracer rapidement une courbe ;
- chiffres significatifs pléthoriques. Il faut se limiter à 2 ou 3 ;
- mauvaise connaissance des volumes et surfaces relatifs aux sphères et cylindres.

REMARQUES PAR MATIÈRE

CIRCUITS

Les calculs sont souvent menés de façon maladroite avec introduction d'inconnues qui n'en sont pas. Une bonne maîtrise du diviseur de tension permet souvent d'éviter des calculs inextricables.

L'ordre de grandeur des résistances d'un oscilloscope ou d'un générateur BF devraient être connus des candidats. Ceux-ci ne savent pas toujours calculer la valeur moyenne d'un signal dont ils ont l'expression.

Il faut parfaitement connaître les diagrammes de Bode des filtres au programme, en particulier savoir tracer rapidement au moins les diagrammes asymptotiques et identifier à vue l'éventuel caractère intégrateur ou dérivateur d'un filtre.

Pour les équivalents asymptotiques (souvent confondus avec la limite), mieux vaut passer par les équivalents de la fonction de transfert et pas du gain, on obtient ainsi directement et rapidement les équivalents du gain et de la phase

L'utilité d'une décomposition en série de Fourier fournie pour étudier le filtrage d'un signal complexe n'est souvent pas bien comprise.

L'échantillonnage et le repliement du spectre sont des notions qui restent vagues, jamais exposées en des termes précis et clairs.

Dans le cas particulier de la filière MPI, les exercices comportant des portes logiques sont plutôt bien réussis dans l'ensemble.

ÉLECTROMAGNÉTISME

a) Electrostatique – Magnétostatique

Les propriétés de symétrie et invariance sont en général bien appliquées. En revanche, les propriétés de parité (ou d'imparité) du champ électrostatique ou magnétostatique ne sont que très rarement établies alors qu'elles peuvent être utiles pour la suite du raisonnement.

Attention à ne pas confondre les notions de flux et de circulation.

En géométrie unidimensionnelle cartésienne, il vaut mieux travailler directement sur l'équation de Maxwell-Gauss/Maxwell-Ampère, après examen des symétries, plutôt que sur le théorème de Gauss/d'Ampère. La solution est obtenue beaucoup plus rapidement.

b) Propagation

La planéité ou non de l'onde progressive n'est pas comprise le plus souvent et les candidats tombent dans le piège en appliquant une relation de structure non appropriée entre E et B. L'étude de la nature de l'onde (TE, TM, TEM) pose également problème.

Attention à ne pas confondre l'énergie électromagnétique avec la densité volumique d'énergie électromagnétique.

c) Induction

Aucun candidat ne peut espérer avancer dans la résolution d'un exercice d'induction s'il n'a pas pris le temps de la réflexion sur l'utilisation des conventions d'orientation (flèche de i , flèche de e) et sur le calcul de la force de Laplace. C'est sur cet aspect du respect des conventions que le candidat sera noté et non pas sur une résolution bâclée au cours de laquelle des signes défailants seraient modifiés avec légèreté et sans explication.

MÉCANIQUE

Toujours les mêmes difficultés récurrentes : opérations sur les vecteurs, différence entre repère de projection et référentiel, absence de bilan des forces clair et bien schématisé. La compréhension du problème gagnerait en efficacité avec parfois du simple bon sens plutôt qu'en se perdant dans les calculs.

Trop de candidats partent systématiquement du théorème de la résultante cinétique et oublient certaines forces inconnues.

Les théorèmes énergétiques sont souvent confus et erronés, en particulier la distinction énergie/puissance n'est pas faite.

La notion d'intégrale première du mouvement (qui fait partie des capacités exigibles) est ignorée de la plupart des candidats.

Le mouvement du solide est souvent confondu avec celui d'un point matériel dans la définition d'un moment cinétique ou de l'énergie cinétique.

Difficultés à définir un paramètre angulaire avec un angle souvent orienté (lorsqu'il l'est) négativement dans le sens direct.

Les mouvements de satellites terrestres s'étudient dans le référentiel géocentrique supposé galiléen. Il ne faut pas parler de poids dans ce référentiel, mais de force gravitationnelle.

Les référentiels non galiléens posent toujours autant de problèmes : confusions sur le référentiel d'étude, erreur de signe pour la force d'inertie d'entraînement, mauvaise expression de la force d'inertie de Coriolis.

La question « qu'est-ce que le poids ? » ne reçoit que rarement une réponse satisfaisante. Par ailleurs, le poids ne s'applique pas à l'extrémité d'un solide.

OPTIQUE

Il est impératif en optique de réaliser des schémas. Et que ceux-ci soient de qualité.

Pour les trous d'Young avec lentilles, les théorèmes utiles ne sont pas toujours bien expliqués, le retour inverse et le théorème de Malus sont rarement cités.

Les équivalents du Michelson sont sous-utilisés, ce qui fait perdre beaucoup de temps au candidat. La localisation des franges pose problème : des candidats observent les interférences du coin d'air sur le plan focal de la lentille de sortie.

La détermination des rayons brillants ou sombres de la lame d'air est souvent fautive, l'ordre au centre est souvent pris nul et croissant quand on s'éloigne.

Il ne suffit pas pour les réseaux (programme MP) d'exprimer la différence de marche entre deux rayons successifs, encore faut-il exprimer la condition d'interférences constructives.

Sur l'optique géométrique de première année, beaucoup d'erreurs de signes dans les grandeurs algébriques.

La construction de la marche des rayons lumineux à travers une ou plusieurs lentilles, en particulier divergentes, pose problème.

THERMODYNAMIQUE

Une analyse du problème est nécessaire. Les exercices démarrent en général directement sur des calculs, souvent des restitutions de la mémoire, non adaptées au dispositif proposé.

La loi de Laplace continue d'être appliquée sans vérification des hypothèses associées.

Les cycles ne sont pas toujours tracés correctement. Rappelons par exemple que lors d'une compression, la pression doit forcément augmenter et le volume baisser.

Il est impératif de maîtriser parfaitement le fonctionnement des moteurs et récepteurs thermiques avec en particulier le signe des échanges énergétiques associés à la convention choisie, sans quoi aucun exercice ne peut démarrer. On voit cependant certains candidats faire preuve d'une certaine aisance dans le calcul des transferts thermiques étape par étape, alors qu'ils n'ont aucune idée du fonctionnement de la machine.

Les systèmes en écoulement sont nécessairement traités par le premier principe pour un système ouvert (programme MP). Il est regrettable que les candidats ne sachent pas passer de la version massique à la version en terme de puissance. Il est, par ailleurs, important de savoir lire un diagramme (P,h).

Pour la conduction thermique, comme en électromagnétisme, il faut tout d'abord s'intéresser aux symétries du système avant d'effectuer un bilan thermique.

L'équation vérifiée par la température s'obtient par un bilan thermique sur un système dont la géométrie dépend de la symétrie du problème.

Lorsqu'on a établi la conservation d'un flux en régime stationnaire sans terme source, il faut introduire le flux comme constante et pas une constante quelconque non dimensionnée à un flux.

Un flux convectif n'apparaît qu'en surface, il ne doit jamais apparaître dans un bilan thermique en volume.

PHYSIQUE QUANTIQUE

Les candidats ne connaissent pas l'équation de Schrödinger pour la plupart.

Confusion fréquente entre le photon et les particules matérielles. La relation de de Broglie sur la quantité de mouvement est souvent méconnue, voire souvent confondue avec la relation d'Einstein.

Rappelons un point fondamental qui a déjà été signalé dans les rapports précédents : les solutions de l'équation stationnaire de Schrödinger ne doivent pas être données le cas échéant sous la forme d'un $A\cos(kx) + B\sin(kx)$, mais sous la forme $A\exp(ikx) + B\exp(-ikx)$, autrement dit sous la forme d'ondes

progressive et régressive. Il est, entre autres, impossible de faire apparaître un coefficient de réflexion si l'on n'a pas opté pour le bon formalisme !

Nombreux sont les candidats qui ignorent ce qu'est un électronvolt.

D'assez grosses difficultés avec la statistique de Boltzmann (programme MP) pour passer du facteur de Boltzmann à la probabilité, même pour deux états seulement.

CHIMIE

On a rappelé dans les rapports successifs que la chimie " tombait " à hauteur de son importance dans le programme. Les candidats donnent cependant très souvent l'impression d'être pris de cours.

En MPI, la chimie, pourtant réduite, pose problème à beaucoup de candidats. Un investissement minimal en chimie peut se révéler fructueux.

Les questions posées sont systématiquement les mêmes d'un exercice à l'autre, ce qui permet d'engranger facilement des points, typiquement :

En thermodynamique chimique (programme MP) :

- calcul des grandeurs thermodynamiques de réaction standard, commentaires sur leurs signes ;
- calcul d'une constante de réaction, définition d'un éventuel état d'équilibre final.

En oxydo-réduction :

- étude d'une électrolyse, d'une pile, avec écriture des réactions anodique et cathodique possibles ;
- identification de la réaction par une étude cinétique sur courbes intensité-potential (programme MP) ;
- étude d'un diagramme E-pH (programme MP) avec mise en place des espèces, détermination d'un potentiel standard, de la valeur d'un K_s , de la pente d'un segment, étude d'une éventuelle attaque par l'eau (dont on doit bien sûr connaître les couples).

Voici les principaux défauts qui ont été relevés :

Le calcul des constantes d'équilibre redox par les potentiels d'équilibre est une véritable usine à gaz. Mieux vaut passer par les enthalpies libres standard de réaction associées à un potentiel redox. Cette approche par enthalpie libre standard fait d'ailleurs l'objet d'un paragraphe dédié dans le programme de 2021.

L'équilibrage d'une demi-équation redox doit se faire avec des H^+ et non des HO^- car les potentiels standard sont donnés à $pH = 0$.

Les espèces réagissant dans une réaction de pile ou d'électrolyse ne peuvent être bien sûr que des espèces effectivement introduites dans le milieu réactionnel. Les demi-équations redox à la cathode et l'anode doivent être écrites dans le sens effectif de la réaction.

Attention au fait que les enthalpies standard de réaction sont exprimées en général en $kJ.mol^{-1}$ et les entropies standard de réaction en $J.K^{-1}.mol^{-1}$.

Le programme de première année est souvent moins bien appliqué, en particulier les problèmes de précipitation ainsi que l'allure des courbes de dosage qui ont pourtant été vues dans le secondaire et ont été certainement tracées en travaux pratiques.