

REMARQUES D'ORDRE GÉNÉRAL

La promotion 2022 a vu le passage de candidats ayant suivi deux années avec des enseignements perturbés par la pandémie du COVID-19. Le niveau général s'en est ressenti et certains thèmes comme l'induction, la chimie et la thermodynamique et, plus généralement, les thèmes de première année, ont été nettement moins bien traités. Il est important de rappeler que les différentes matières apparaissent dans les sujets à la hauteur de leur importance dans le programme.

En règle générale, nous tenons à féliciter les candidats pour le travail qu'ils ont accompli, ainsi que pour leur ponctualité, leur savoir-vivre et les échanges constructifs qui ont eu lieu lors des interrogations. À noter toutefois que, lors de la session 2022, les candidats devaient être présents 30 minutes avant la salle avant leur heure de passage et certains ont pris beaucoup de liberté par rapport à cette demi-heure. Un futur ingénieur doit savoir respecter les consignes.

Voici quelques petits conseils pour améliorer votre prestation orale :

- préparez un stylo, la feuille de passage et la pièce d'identité : ce sont des minutes gagnées et vous êtes rapidement devant le sujet à vous concentrer. Il n'est pas nécessaire d'ouvrir, fermer, rouvrir, refermer, ... votre sac pour enfermer plus ou moins profondément vos trousseaux ou portes-feuilles : toutes vos affaires restent dans la salle, à proximité de vos yeux ;
- ne frappez pas à la porte, sous peine de déstabiliser le candidat au tableau et l'examineur qui est alors obligé de se déplacer ; attendez que l'examineur ouvre la porte.
- lorsque l'examineur vous envoie au tableau, « emparez-vous » de suite du tableau et commencez à poser le problème, à faire un schéma, ..., même si l'examineur est en train d'installer le candidat suivant. Votre temps au tableau est compté : soyez actif ! Vous devez absolument essayer de montrer toutes vos compétences. Le rythme est parfois particulièrement lent et ceci peut être pénalisant ;
- pensez, au départ, à introduire l'exercice de manière qualitative ;
- lorsqu'un examinateur pose une question, cela ne sous-entend pas que c'est faux, mais qu'il attend une explication. Par exemple, un candidat a eu le cas ultra-classique du calcul du champ magnétique dans un solénoïde. Il connaît très bien cet exercice et déroule son explication. Pour le courant enlacé, il pose (nlh) . On lui demande pourquoi $(+nlh)$, plutôt que $(-nlh)$? Il a alors changé tous les signes, alors qu'ils étaient justes...
- certains candidats sont assez agressifs quand on fait une remarque alors qu'on les ramène dans le droit chemin. Les efforts des examinateurs pour essayer de valoriser leur prestation sont parfois mal interprétés ;
- lorsqu'on demande une explication ou une justification, ne répondez pas « Il n'y a pas de justification, c'est du cours ! ». Osez dire « Je ne sais pas », ou alors, tentez une explication.

- parlez, parlez, parlez, et occupez l'espace : c'est signe de dynamisme. Mais, évitez tout relâchement verbal (du type « OK », « ouais », « le truc »...);
- l'épreuve comporte deux exercices sur au moins deux parties différentes du programme. Les points alloués à chacun des exercices ne peuvent pas être modifiés : il est donc important de passer du temps sur chacun des exercices. Il y a trop de candidats brillants sur un seul exercice ;
- apprenez à vous servir de la calculatrice collège. Le modèle fourni par le concours pour les épreuves orales est noté dans la notice du concours. Il y a trop de candidats complètement dépourvus et qui se retrouvent bloqués au début d'un exercice pendant la préparation car incapables de se servir de la calculatrice ;
- lorsque vous réalisez une application numérique, pensez aux unités et à vérifier l'homogénéité des formules par l'étude des dimensions. Les candidats qui commentent leur résultat spontanément sont appréciés ;
- ne confondez pas vitesse et précipitation : il y a trop de prestations bâclées, où les calculs sont faits vite et mal, avec une accumulation de fautes en tous genres, prestations qui peuvent donner au candidat l'impression d'avoir réussi puisqu'il aboutit à un résultat au terme d'une course de vitesse échevelée mais très approximative ;
- sachez mettre en équation un problème avec des calculs soignés et avec un mode de repérage rigoureux, définir une convention d'orientation de l'espace et une convention de signe (électrocinétique, induction, composantes vectorielles), faire des analogies dans le comportement mathématique de grandeurs physiques différentes (pour mieux mémoriser les formules voire les propriétés), réaliser les lectures de courbes, graphes, tableaux de valeurs.

On a retrouvé les défauts suivants au cours des interrogations, avec pour certains candidats un manque de technicité réellement handicapant :

- difficultés à linéariser ;
- difficultés à tracer rapidement une courbe. Le candidat a systématiquement le réflexe de se lancer dans un long calcul de dérivée au lieu de procéder par estimation des limites en 0 et l'infini ;
- difficultés à évaluer un ordre de grandeur numérique de tête, le candidat se ruant systématiquement sur la calculatrice, dont l'utilisation peut s'avérer chronophage si les puissances n'ont pas été réduites ;
- mauvaise organisation des équations différentielles, avec en particulier le choix de constantes dont la forme n'est pas reliée à la dimension ;
- remplacement partiel de termes littéraux par leurs valeurs numériques, ce qui fait disparaître l'homogénéité ;
- chiffres significatifs pléthoriques (jusqu'à 5 pour une température) ;
- formalisme inadapté avec en particulier l'introduction d'intégrales doubles et triples pour des problèmes en géométrie unidimensionnelle cartésienne ;
- mauvaise connaissance des expressions des volumes et surfaces relatifs aux sphère et cylindre, tout comme les éléments différentiels de surface et de volume. Pour ces derniers, il faudrait simplement que les candidats comprennent qu'une surface et le produit d'une longueur par une largeur, et un volume le produit d'une surface par une épaisseur. Ainsi, le volume élémentaire compris entre deux sphères correspond à la surface de la sphère ($4\pi r^2$) multiplié par l'épaisseur (dr). On peut aussi faire très simplement : $dV = d(H\pi r^2) = 2\pi H r dr$ ou $dV = d(4\pi r^3)/3 = 4\pi r^2 dr$.

REMARQUES PAR MATIÈRE

CIRCUITS

Les calculs sont souvent menés de façon maladroite avec introduction d'inconnues qui n'en sont pas et on ne parvient pas vraiment à sortir des calculs, même si les circuits ne contiennent généralement que 2 mailles au plus. On note un manque de maîtrise des méthodes de résolution (équations différentielles et notation complexe) et les candidats doivent apprendre à rendre les calculs plus efficaces en distinguant toutes les caractéristiques physiques qu'ils comportent.

La notion de vecteur de Fresnel au programme de MPSI n'est vraiment pas acquise : ils ne savent pas que ce sont en fait les relations entre les affixes des amplitudes complexes et il est donc impossible pour eux d'en déduire *les caractéristiques d'un dipôle en fonction de sa tension efficace et du déphasage*. On retrouve toujours les mêmes erreurs de signes entre tension et courant aux bornes des dipôles et la relation entre tension et intensité pour un condensateur est mal connue. Tous ne maîtrisent pas bien le diviseur de tension, qu'ils appliquent sans aucune précaution. Les équivalents hautes fréquences et basses fréquences sont maîtrisés, mais étrangement, le raisonnement en régime transitoire par circuits équivalents (permanents) pour trouver les conditions initiales pose problème. Les notions liées au filtrage (critère de Shannon et décomposition spectrale du signal échantillonné) ne sont pas assimilées et les comportements intégrateur et dérivateur sont souvent ignorés. Les questions expérimentales posent toujours problème (résistance interne d'un GBF ou d'un oscilloscope, branchement d'un appareil de mesure, ...).

ÉLECTROMAGNÉTISME

L'obtention d'un déplacement élémentaire ou d'une surface élémentaire n'est pas chose aisée et les candidats n'ont, pour la plupart, pas compris comment on fait pour obtenir les différentes expressions, en fonction des coordonnées vectorielles du déplacement élémentaire. Ils ont alors des difficultés pour appliquer un théorème de Gauss ou d'Ampère. Ainsi, le théorème de Gauss est bien appliqué pour les distributions sphériques de charges mais le cas de symétries cylindriques est plus délicat. Le « principe de Curie » n'est pas appliqué à bon escient : il permet à certains d'éviter les plans de symétrie et d'antisymétrie, qui sont explicitement au programme. L'identification des plans de symétrie pose beaucoup de problèmes et ils trouvent souvent des directions fausses (comme un champ magnétique orthoradial pour un solénoïde, ou un champ électrique colinéaire au fil infini chargé !). Les candidats n'ont pas intégré qu'il faut considérer un plan de symétrie de la distribution de courant et non d'antisymétrie pour obtenir directement la direction du champ magnétique. De plus, la parité du champ électrique n'est jamais abordée, ou avec des arguments très pauvres, alors qu'elle est utilisée dans la suite du calcul. Une attention particulière doit être portée à la lecture des cartographies de champ. Les dipôles (électriques, magnétiques) sont un peu mieux maîtrisés que les années précédentes. Les phénomènes d'induction sont souvent très mal traités, sans étude qualitative et avec des erreurs de signe évidentes non corrigées. La force électromotrice induite n'est pas une force qu'on met dans le PFD...

Les notions d'inductance propre ou mutuelle sont rarement bien traitées.

La formule donnant la force de Laplace est souvent mal connue, alors que des candidats donnent sans hésiter la force de Lorentz : il faudrait leur faire remarquer que l'une dérive de l'autre. On éviterait ainsi les $B \wedge Idl$!

L'exploitation de la conductivité complexe pose parfois problème. Des difficultés avec les OEM non planes ou ne vérifiant pas les relations de structure des OEMPPH. La planéité ou non de l'onde progressive n'est pas comprise le plus souvent. Et les candidats tombent dans le piège en utilisant la relation de structure.

MÉCANIQUE

De manière générale, la mécanique du point est mieux comprise que la mécanique des solides. On note beaucoup de fautes dans les projections de vecteurs et de manque de « bon sens » dans l'identification simple des actions et des conséquences. Ainsi, trop de candidats partent systématiquement du théorème de la résultante cinétique et oublient certaines forces inconnues (comme une réaction sur une liaison, même si elle est parfaite !). Pensez à avoir une réflexion préalable au choix de la méthode même quand le sujet ne l'impose pas : cela vous évitera des calculs inutiles.

Attention aux changements de référentiels : les candidats ne saisissent pas l'utilité de travailler dans un référentiel non galiléen. Beaucoup ont des doutes sur l'expression de la force d'inertie de Coriolis... vitesse dans R ou R' ??

Les effets de la force d'inertie d'entraînement peuvent être beaucoup plus discutés. Préférez les expressions simplifiées (suivant que le référentiel est en rotation ou en translation rectiligne), plutôt que la formule générale, longue et compliquée, qui est souvent donnée avec beaucoup d'erreurs.

Le théorème du moment cinétique est doublement mal traduit : méconnaissance de la signification du moment d'inertie (souvent confondu avec celui d'un mobile ponctuel) et calcul faux des moments des forces.

Les études énergétiques sont faites avec beaucoup moins d'adresse que les études à l'aide des théorèmes de la dynamique et il est difficile d'obtenir un vrai bilan d'énergie sur un système défini. Il y a souvent confusion entre énergie et puissance.

OPTIQUE

On retrouve les mêmes difficultés récurrentes chaque année : au lieu de se perdre dans un formalisme non compris, il vaudrait mieux expliciter les exercices à l'aide de schémas soignés. Les propriétés des ondes telles que les interférences, diffraction, réflexion et réfraction, apparaissent de manière plus évidente. Entraînez-vous à faire des schémas soignés et à main levée.

Les questions d'optique géométrique posent problèmes aux candidats en particulier la construction de la marche des rayons lumineux à travers une ou plusieurs lentilles convergentes ou divergentes. L'utilisation de formules de conjugaison sont le plus souvent mal algébrisées.

Le principe de retour inverse de la lumière et le théorème de Malus sont mieux maîtrisés.

Le réseau ne donne que très rarement lieu à des prestations correctes : la formule de Fresnel est fréquemment utilisée et le cours n'est pas su.

Les équivalents du Michelson sont sous-utilisés, ce qui fait perdre beaucoup de temps au candidat (Attention : la séparatrice ne doit plus apparaître dans les équivalents lame d'air/coïn d'air). La configuration de l'interféromètre de Michelson en coin d'air est souvent mal comprise par les candidats. Si le calcul des rayons des anneaux du Michelson est parfois fait, il y a des malentendus sur la valeur des ordres d'interférences (trop souvent nul au centre) et le fait qu'ils diminuent quand on s'éloigne du centre. La localisation des franges pose problème : des candidats observent les interférences du coin d'air sur le plan focal de la lentille de sortie.

Par contre, pour des trous d'Young à distance finie, les arguments « surface d'onde approchée » sont exposés avec maladresse et beaucoup ont des difficultés pour retrouver la différence de marche.

Lorsqu'une lame de verre est introduite dans un montage de type trous d'Young, il faut décomposer la différence de marche le long des rayons au lieu d'ajouter directement une différence de marche supplémentaire dont le signe est rarement le bon.

THERMODYNAMIQUE

Il y a eu quelques impasses quasi-totales, mais ceux qui savent leur cours, aidés souvent par l'examineur pour bien comprendre et traduire l'énoncé en équations, font une prestation honorable.

Pour la thermodynamique de première année, il faut impérativement recenser les paramètres descriptifs de l'état final avant de se lancer dans les calculs. Certaines difficultés sur les concepts de base sont récurrentes : utilisation et signification du premier et deuxième principe, calcul de travail, notion de

réversibilité, et utilisation des lois de Laplace lors d'une transformation adiabatique réversible (utilisées pour des liquides et solides).

On note des difficultés pour donner les signes des transferts thermiques pour les pompes à chaleur et les machines frigorifiques, avec des manques de précision. La notion de rendement ou d'efficacité est rarement bien définie et les candidats confondent régulièrement la quantité « utile » et « coûteuse » ainsi que les notions de transfert thermique et de travail.

Les cycles ne sont pas toujours bien tracés et les candidats ne sont souvent pas capables de tracer un diagramme d'état (p, T) : la position respective des états solide, liquide et vapeur sont très souvent faux. De même, la lecture des diagrammes (p, h) associés à des machines thermiques pose beaucoup de problèmes.

Dans l'étude des transferts thermiques, il faut impérativement s'intéresser aux symétries du système avant d'effectuer un bilan thermique. Lorsqu'il y a un terme source (effet Joule, métabolisme, réaction nucléaire,...), il est préférable de travailler sur un système fini (tranche de longueur finie, cylindre, sphère) plutôt que sur un système élémentaire (tranche élémentaire, pellicule cylindrique, sphérique). On gagne une intégration.

Dans le bilan thermique, les flux convectifs n'apparaissent que sur des interfaces, jamais en volume. Il faut penser à vérifier le signe du flux conducto-convectif dans un bilan.

PHYSIQUE QUANTIQUE ET THERMODYNAMIQUE STATIQUE

Les candidats ont réalisé de bonnes prestations en physique statistique et en mécanique quantique, où souvent les questions sont des applications pratiques du cours et les exercices sont assez calculatoires.

L'équation de Schrödinger est souvent mal connue. On rappelle qu'il n'est pas indiqué explicitement dans le programme que cette équation doit être donnée : les candidats doivent la connaître.

Il ne faut pas donner les solutions de l'équation stationnaire de Schrödinger sous la forme de fonctions sinusoïdales, mais sous la forme d'exponentielles imaginaires. La forme en cosinus et sinus est formellement correcte sur le plan mathématique, mais elle fait disparaître l'interprétation en termes d'onde progressive et régressive puis incidente et réfléchie, par exemple sur une marche de potentiel et ne permet pas de simplifier la solution en milieu semi-infini (absence de condition aux limites ou de source renvoyant une onde).

En thermodynamique statistique, dans l'intitulé notions et contenus, figure la « capacité thermique classique des gaz et solides ». Mais les candidats ne connaissent pas la définition de la limite classique. Par ailleurs, ceux qui mènent correctement les calculs de moyennes et écart-types sont dans l'incapacité de citer des exemples de systèmes à 2 niveaux.

Les candidats ont des difficultés quand il s'agit de comparer le quanton avec une particule classique (le comportement classique des particules mis en perspective avec les résultats donnés par la physique quantique), mais aussi avec la statistique de Boltzmann pour passer du facteur à la probabilité même pour deux états seulement. La loi d'équipartition des énergies quadratiques n'est pas connue.

CHIMIE

Comme explicité préalablement, la chimie est en proportion de son importance dans le programme. Les exercices de chimie sont en général fort mal traités (les exercices d'atomistique ont été mieux compris). Les molécules les plus courantes (comme HCl) sont totalement ignorées et certains candidats sont incapables de donner la formule de l'acide sulfurique. L'écriture d'une loi d'action de masse pour un équilibre acidobasique est une gageure. L'impasse sur cette partie du programme n'est pas requise.

Les questions posées sont classiques, principalement :

- pour la thermochimie, calcul des enthalpie et entropie molaires standard et interprétation de leurs signes ; calcul de la constante d'équilibre et de l'avancement de réaction ;

- pour la partie redox, il s'agit souvent de l'étude d'une électrolyse avec recensement des espèces majoritaires présentes, écriture des demi-équations redox à la cathode et à l'anode, identification de la réaction d'électrolyse par règle du gamma (inversé), puis étude des courbes intensité-potentiel pour l'identification d'une éventuelle inversion de réaction par surtension.

Voici les principaux défauts qui ont été relevés dans cette partie :

- le calcul des constantes d'équilibre redox par les potentiels d'équilibre donne lieu à des calculs beaucoup trop complexes. Mieux vaut passer par les enthalpies libres standard de réaction (étoilées) associées à un potentiel redox, méthode qui donne un résultat immédiat et surtout permet de voir très clairement quel potentiel on définit ;
- pour le calcul d'un K_s à partir d'un diagramme E-pH, les expressions sont très lourdes et souvent aucun calcul n'aboutit : il faut s'entraîner à lire la convention sur la concentration de tracé, le pH de début de précipitation puis à faire directement l'application numérique ;
- il serait bon de se familiariser avec la méthode LOS (Lewis Octet Structure) pour la construction des structures de Lewis dont les modalités paraissent souvent bien incertaines ;
- pour pouvoir résoudre les exercices dans le domaine redox, il faut absolument connaître les couples de l'eau. L'équilibrage d'une demi-équation redox doit se faire avec des H^+ et non des OH^- car les potentiels standard sont donnés à pH=0 ;
- il faut apprendre à manipuler le quotient réactionnel dans le but de savoir s'il y a précipitation ou non, et à expliquer l'origine des paliers de diffusion anodique et cathodique ;
- la définition et la manipulation des produits de solubilité posent problème.