

Le niveau d'ensemble est meilleur que l'an passé, avec une moyenne générale de 10,2/20 et un écart-type de 3,95, pour 3769 candidats. Les règles de l'oral (notamment l'heure de convocation) ont été respectées et le comportement des candidats a été jugé très satisfaisant.

Une nouveauté cependant a été remarquée par les examinateurs : certains parlent volontairement très vite lors de leur exposé (le plus souvent pour formuler des choses inexactes) et parfois cette attitude leur a été conseillée par leur professeur. Pourquoi ce comportement ? Cela ne peut que desservir le candidat qui se verra contraint de répéter une, voire plusieurs fois, ce qu'il vient de dire, à la demande de l'examineur.

Il est également regrettable de voir les étudiants réécrire les textes des exercices "parce que leur prof leur a demandé" ! Les candidats investissent une bonne partie de leur énergie, durant leur temps de préparation, à essayer de retenir le sujet pour le recopier et pouvoir les passer à leurs enseignants respectifs. Il est conseillé aux candidats de focaliser leur attention sur leur tâche essentielle de candidat, qui est de faire les exercices demandés et répondre aux questions de l'examineur !

Beaucoup de candidats pensent qu'ils n'ont pas le droit à la calculatrice : la calculatrice n'est pas autorisée durant la préparation et doit être déposée à l'entrée de la salle avec les affaires (sac, papiers, téléphone portable, ...) du candidat. Si une application numérique est demandée (et il y en a régulièrement), elle est alors réalisée pendant la présentation au tableau. Il est donc indispensable que chaque candidat se présente avec au moins un stylo (!) et sa calculatrice, matériel indispensable d'un futur ingénieur.

A- Remarques d'ordre général

Trop de candidats n'ont pas compris qu'ils sont maîtres de leur présentation (choix de l'exercice à faire en premier, temps passé sur chaque exercice) et qu'ils ne doivent pas s'attendre à ce que l'examineur approuve ou non ce qu'ils font : l'examineur est là pour juger de la prestation dans sa globalité. Il est parfois nécessaire de parler avec certains candidats : ce n'est pas parce que l'examineur dit "Bon", que ce que le candidat vient de dire est correct : l'examineur accepte simplement la réponse, sans pour autant préciser si elle est juste ou fausse. Enfin, l'examineur n'est pas là pour piéger le candidat. Lorsque celui-ci pose des questions, c'est pour demander une précision afin de s'assurer que le cours correspondant est bien acquis, pour avoir une précision quant à la notation utilisée, ou encore pour aiguiller le candidat sur une erreur. Le candidat se doit de répondre à toute question de l'examineur, avant de continuer sa prestation.

Le candidat doit demander l'autorisation d'effacer son tableau à l'examineur : il est très désagréable, alors qu'on prend des notes, de voir le candidat effacer ce qu'il vient tout juste d'écrire. Une bonne gestion du tableau éviterait ce désagrément et doit permettre au candidat de réaliser un exercice en entier, sans utiliser le tampon effaceur. De plus, comment demander au candidat de corriger une erreur qu'il vient d'effacer ? L'utilisation des couleurs est rare (et pourtant bien pratique en optique géométrique).

On note un grand manque de rigueur dans les explications et les calculs, et rares sont les candidats capables de mener quelques lignes de calcul sans faute d'étourderie. Beaucoup de ces erreurs conduisent à des résultats manifestement inhomogènes, qui devraient être immédiatement identifiés, et qui malheureusement, ne le sont pas. La vérification de l'homogénéité des résultats devrait être un réflexe de tout candidat.

Sur le fond, la précision dans les notations, le signe des grandeurs, leur unité, l'énoncé des lois, indique bien souvent le niveau du candidat. Un effort supplémentaire peut donc être porté sur ces

différents points. Il est également demandé de connaître l'origine et l'intérêt des formules proposées par les candidats eux-mêmes, ce qui semble être un minimum pour un futur ingénieur. Les candidats ont des problèmes en mathématique appliquée récurrents : l'outil mathématique est un handicap pour beaucoup ! Ainsi, ils ne maîtrisent pas la résolution d'équations différentielles élémentaires telles que $y'' = \pm \omega^2 y$, $y'' + ay' + by = 0$ ou encore $y' + cy = d$! Ils ont des problèmes également en trigonométrie élémentaire (confusion cos et sin), dans les relations dans les triangles. Et que dire des problèmes d'homogénéité ou de signe dans une équation ! Il est d'ailleurs surprenant que, lorsque l'examinateur précise qu'il y a un problème de signe dans l'équation finale, le signe en question change par miracle, au détriment de la ligne précédente de calcul ! Tout changement doit être justifié à l'examinateur.

Pour finir, un oral est un exercice difficile qui demande de s'entraîner. On peut conseiller aux candidats de mieux utiliser leur temps de préparation. Le brouillon est un simple support sur lequel il n'est pas nécessaire d'énoncer en toutes lettres une loi ou un principe, comme par exemple celui de Huygens-Fresnel (perte de temps). Indiquer en quelques mots ce dont on va parler, décrire le phénomène étudié, permet d'aller à l'essentiel.

B- Remarques par matière

1- CIRCUITS

- Les candidats abusent du théorème de Millman : on se retrouve devant de gros problèmes quand il faut déterminer l'impédance d'entrée, ou, s'il apparaît un courant que l'on ne peut expliciter en terme de potentiel. Ce n'est pas une formule miracle !
- Bon maniement des complexes, mais certains ont de la difficulté pour calculer le module de la fonction de transfert.
- Confusion générale entre AO idéal et AO en fonctionnement linéaire.
- Le cheminement est parfois laborieux pour l'obtention des diagrammes de Bode, qui ne commencent pas toujours par le diagramme asymptotique.
- Les relations de continuité (intensité dans une bobine, tension aux bornes d'un condensateur) sont inconnues de la plupart des candidats, et des fautes de signe sont quasi-systématiques pour la relation entre intensité et tension aux bornes d'un condensateur.
- Trop de temps perdu pour trouver l'expression de la fonction de transfert, alors qu'elle est souvent donnée, et que son étude est alors possible.
- La définition du gain en décibels n'est pas toujours maîtrisée, et la notion de décade pas toujours connue.
- Il y a beaucoup d'erreurs de signes en appliquant la loi des mailles ou d'Ohm. C'est difficilement acceptable, même pour une raison de stress ! Il s'agit de la partie la plus facile du programme.
- Les ponts diviseurs de courant et de tension sont très rarement utilisés pour faire des calculs rapides.
- Le comportement asymptotique n'est pas souvent fait correctement. Cela permet pourtant de prévoir rapidement la nature d'un filtre.
- Le cours sur les filtres du second ordre est non assimilé (calcul d'une bande passante, existence ou non d'une résonance en fonction de Q, utilisations de filtres dans la pratique).

2- ELECTROMAGNETISME

- Les cas de base sont trop souvent mal traités, voire inconnus : fil infini, spire, solénoïde, dipôle électrostatique ; d'où une perte de temps importante et qui se révèle pénalisante pour la suite de l'exercice.
- On note des difficultés à intégrer (intégrale de surface, volumique, problème sur la détermination des bornes).

- La relation de Biot et Savart est mal connue, et les candidats ont beaucoup de mal à en déduire le champ magnétique créé par des distributions de courant simples.
- Les théorèmes d'Ampère et de Gauss sont mal appliqués : le choix du contour ou de la surface est réalisé avant d'évoquer les arguments de symétrie et d'invariance. Les orientations sont très rarement précisées. Les étudiants oublient de préciser que le point M , point où l'on calcule le champ, doit obligatoirement appartenir au plan supposé de symétrie ou d'antisymétrie ; que les plans de symétrie ou d'antisymétrie ainsi que les invariances font référence aux sources (charges ou courants).
- Pour les exercices d'induction, le repère de projection et l'orientation du circuit ne sont pas précisés.
- Les candidats confondent quasi-systématiquement : surface fermée et surface ouverte, force de Laplace et force de Lorentz, direction de propagation et direction de polarisation, moment magnétique et moment des forces de Laplace.
- Les condensateurs et les propriétés des conducteurs à l'équilibre sont mal connus.
- La signification physique du vecteur de Poynting n'est pas bien assimilée.
- Les définitions de L et M sont imparfaitement connues : pour trop d'étudiants, définir une inductance mutuelle se résume à $M \frac{di}{dt}$, et il est impossible de revenir au concept de flux.
- Beaucoup sont incapables de classer par fréquence croissante les ondes électromagnétiques, les UV, les IR et les différentes couleurs du spectre électromagnétique. De même, il est demandé aux candidats, futurs ingénieurs, de posséder quelques connaissances élémentaires sur les ordres de grandeur : un champ de 1000 T n'est pas facile à réaliser !
- Il est regrettable que dans leur travail de mémorisation, les candidats se privent d'une compréhension physique de la vitesse de phase et de la vitesse de groupe, se contentant de débiter, sans explications ou interprétation, une expression mathématique apprise par cœur sans en apprendre le sens.
- Les candidats devraient absolument savoir que les opérateurs différentiels ne se calculent pas avec l'opérateur nabla en coordonnées cylindriques ou sphériques. Il faut dans ce cas, privilégier les formes intégrales équivalentes.
- Les élèves appliquent souvent la relation de structure à des ondes non planes.
- La modélisation surfacique des courants n'est pas comprise d'où l'erreur classique $I = \iint \vec{j}_s \cdot d\vec{S}$.

3- MECANIQUE

- Les candidats confondent référentiel en mouvement et repère de projection, d'où apparition ou absence de forces d'inertie non maîtrisées. Préciser la nature galiléenne ou pas d'un référentiel, devrait être un réflexe, tout comme faire un schéma !
- Aucun réflexe de projection de la relation vectorielle sur un axe orthogonal à une force pour l'éliminer. De plus, le choix de la base est souvent peu judicieux, et entraîne des erreurs de projection.
- Confusion entre norme et valeur scalaire
- Erreur sur le calcul de la puissance ou du travail d'une force : beaucoup ne considèrent pas le déplacement du point d'application, mais celui du centre d'inertie. Le travail d'un couple est difficile à calculer.
- L'allongement du ressort pose toujours des problèmes (confusion long à vide, long à l'équilibre,...).
- Les étudiants appliquent beaucoup de formules et arrivent par là même à résoudre l'exercice, mais il y a très peu de réflexions physiques sur le mouvement du solide.
- Les lois de Coulomb sur le frottement solide sont plutôt bien connues. En revanche, le sens de T est rarement discuté. Il est regrettable que les solutions proposées par les candidats se limitent à une succession de calculs sans analyse préalable du mouvement de manière qualitative. On entend des erreurs du style : « la force de frottement s'oppose au mouvement ». On rappelle la méthode : S'il y a glissement, on calcule la vitesse de glissement et on en déduit le sens réel de la

force. S'il n'y a pas glissement, alors la force est algébrique et dessinée dans le sens du vecteur de base.

- Les notions de portrait de phase, les lois de Képler, la Relation Fondamentale de la Dynamique en référentiel non galiléen, ou encore le problème à deux corps sont insuffisamment maîtrisés.
- De graves erreurs sont commises sur le signe de l'énergie potentielle de pesanteur : le lien avec le travail du poids n'étant pas toujours explicité, les candidats oublient que le signe dépend aussi de l'orientation de l'axe.
- L'équation polaire de la conique est mal connue, ainsi que la mécanique céleste. Tout candidat devrait savoir traiter le cas du satellite circulaire.
- On note des lacunes sur les théorèmes de Koenig, des fautes de signes sur les formules des vitesses dans un solide, des solides traités comme des points matériels, des oublis de forces, des mauvais choix pour l'application du Théorème du Moment Cinétique.

4- OPTIQUE

- On regrette le manque de soin pour les constructions faites au tableau. Les étudiants ne sont pas très à l'aise sur la construction d'images avec les lentilles : ils savent construire l'image d'un point, mais peu importe comment ils y arrivent (traits pleins et pointillés ont peu d'importance pour eux). L'image d'un objet non ponctuel situé à l'infini pose beaucoup de problèmes, ainsi que la construction des rayons lumineux faisant intervenir des objets virtuels. Certains réflexes devraient être acquis : un rayon arrivant en incidence normale n'est pas dévié par réfraction ; un rayon pénétrant dans un milieu plus réfringent se rapproche de la normale.
- Le phénomène de réflexion totale n'est pas toujours bien clair, et dans la loi de Descartes, les angles ne sont pas toujours définis par rapport à la normale.
- L'optique géométrique est mieux traitée que l'an passé (même s'il est possible de trouver des candidats ayant fait l'impasse totale). La relation de Newton mériterait d'être connue, et la formule de conjugaison de Descartes énoncée correctement. On a, pour les lentilles minces, des relations totalement fantaisistes telles que : $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{2}{CS}$ ou avec des distances $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$.
- Encore un fort pourcentage d'étudiants s'abstient à ne pas mémoriser les formules de conjugaison des miroirs sphériques. Ils passent alors tout leur temps de préparation à tenter de les retrouver par constructions de rayons et homothéties.
- Les formules relatives aux interférences et à la diffraction sont en général connues, mais si on demande une explication ou justification, la plupart des candidats sont complètement déroutés. Ainsi, personne ne sait dire si la formule de la diffraction est fondée sur la connaissance du principe de Huygens-Fresnel.
- La diffraction est très mal maîtrisée. Il y a confusion entre intensité diffractée par une pupille diffractante, et intensité résultant d'un phénomène interférentiel, et on entend souvent que l'intensité diffractée s'écrit sous la forme $I = I_o \left[1 + \cos\left(\frac{2\pi\delta}{\lambda}\right) \right]$.
- Les candidats ont du mal à calculer la différence de marche, et surtout à la simplifier en faisant appel à la notion de plan d'onde (équiphasé). Parfois, on a des calculs très folkloriques, faisant apparaître δ après la lentille de projection.
- Le protocole de réglage d'un Michelson est souvent ignoré. Le rôle de la compensatrice et de la séparatrice semble parfois obscur, et de manière générale, toutes les questions sur l'interféromètre de Michelson posent problème.
- Les réseaux plans ne sont pas connus du tout.

5- THERMODYNAMIQUE

- L'équation de la statique des fluides est mieux appliquée cette année, même si pour certains, elle est obtenue sans orienter l'axe de projection. Les candidats savent calculer le module de la poussée d'Archimède, mais ne connaissent pas son point d'application, pour un solide partiellement immergé.
- Les candidats ont énormément de mal sur les transitions de phase. Ils confondent diagramme d'état et isothermes d'Andrews, la dénomination de certaines transitions de phase, comme la sublimation, est inconnue. La notion de pression de vapeur saturante n'est pas clairement définie, et celle de vapeur sèche ou humide n'est pas comprise. Les courbes d'ébullition et de rosée sont parfois inversées.
- Les concepts d'entropie échangée, créée et de variations d'entropie ne sont pas clairs.
- La définition d'une machine thermique contient rarement le mot "cycle". La signification de l'aire dans le diagramme entropique n'est pas connue. Le rendement est difficile à définir.
- Les exercices sur les machines thermiques entre pseudo-sources (T_c ou T_f variables) sont systématiquement mal traités.
- On peut voir des isothermes ou des adiabatiques à pente positive dans le diagramme de Clapeyron, suivant ce qui "arrange" le candidat.
- La calorimétrie élémentaire (mélange eau-glace dans un calorimètre) est très mal traitée.
- A cela s'ajoute des erreurs graves : la conversion des litres en mètre cube est difficile, et la pression est plus élevée en haut du Mont Blanc qu'à Paris. La notation "d" ou " δ " pose toujours problème, tout comme la confusion (plus rare) mais plus gênante entre transformation isotherme et transformation adiabatique.
- Le cours sur le rayonnement est mal su, et se résume souvent à la relation σT^4 .
- L'équation de la chaleur est connue, mais difficile à établir. De plus, elle est souvent inutile : il vaut mieux écrire le premier principe sur un élément de volume.
- Les bilans thermiques (diffusion, convection, rayonnement) sont toujours difficiles à effectuer et donnent des erreurs de signe, de surfaces et systèmes choisis, d'homogénéité. En géométrie sphérique ou cylindrique, ils posent des problèmes, même si le système est bien défini, et les candidats doivent apprendre à se passer de l'expression de la divergence ou du laplacien dans ses deux systèmes.
- L'analogie résistance électrique - résistance thermique ne semble pas toujours évidente à expliquer.
- La notion de flux à travers une surface n'est pas bien comprise et la signification physique du flux radiatif est inconnue.