

Remarques d'ordre général

Les examinateurs ont noté cette année un nombre plus important de TRES bons candidats, mais également un nombre plus important de candidats présentant des lacunes abyssales : $\text{grad} \vec{F} = E_p$, le théorème de Gauss est utilisé pour déterminer le champ électromoteur, $\int \vec{B} \times d\vec{l} = \mu_o I_{\text{int}}$,

Les candidats ont été très ponctuels, avec une attitude correcte et une tenue vestimentaire adaptée.

Toutefois, il est bon de rappeler que les candidats n'ont pas à frapper et à pénétrer dans la salle : c'est l'examineur qui vient les chercher. En effet, toute intrusion dans la salle perturbe l'interrogation en cours et peut déstabiliser le candidat au tableau qui termine son oral. Les candidats doivent être présents à leur heure de convocation devant la salle et doivent avoir la correction et la patience d'attendre la fin de l'interrogation du candidat précédent : comme le précise la convocation, l'interrogation du candidat doit commencer au cours des quinze minutes qui suivent l'heure de convocation.

Les candidats devraient systématiquement commencer par les exercices qu'ils savent faire, et ne pas s'enfermer dans des parties qu'ils n'arrivent pas à faire. De plus en plus souvent, les examinateurs n'aident les candidats qu'au niveau du second exercice, une fois qu'ils ont montré être capable de quelque chose ! D'autre part, les candidats doivent impérativement préparer les deux exercices. Il semble également qu'ils ne sachent pas utiliser à bon escient leur temps de préparation. Souvent, à l'oral, ils ne font qu'un "copier-coller" de leur préparation, réduisant ainsi de moitié le temps qui leur est imparti. On ne peut pas improviser au tableau. Préparer les deux exercices en entier ne signifie pas avoir réalisé tous les calculs.

Le tableau a généralement été bien géré, même s'il serait souhaitable que les candidats prennent l'habitude de numéroter les questions au tableau, et de n'effacer qu'après avoir demandé l'autorisation à l'examineur.

La note décernée à chacun des candidats est fonction de différents critères :

Les connaissances du cours (voir partie B sur les remarques par matière)

- Les élèves négligent trop (ou ne révisent pas assez) le programme de première année. Or, TRES souvent, les sujets proposés aux candidats comportent **1** exercice de première année, et **1** exercice de seconde année, et cette "impasse" les pénalisent fortement.

La capacité d'analyse d'une situation physique

- Les candidats ne doivent pas être préoccupés par le seul développement mathématique : l'explication physique, le bilan raisonné qui doit précéder et l'interprétation finale doivent trop souvent être réclamés.

La capacité à manipuler l'outil mathématique

- Les candidats capables de mener un calcul sans erreurs sont extrêmement rares. De plus, l'expression finale ne doit pas être laissée sous la forme d'un calcul inachevé. L'homogénéité des formules et expressions obtenues n'est pratiquement jamais vérifiée, laissant passer des erreurs aisément détectables. Elles sont systématiquement fortement sanctionnées. Les grandeurs vectorielles et scalaires sont mélangées, et la qualité des schémas au tableau laisse à désirer. Quelques problèmes mathématiques reviennent de manière chronique : les équations différentielles de base sont mal maîtrisées (solution exponentielle ou sinusoïdale, type de solution suivant le signe du discriminant, définition de la pseudo-période, conditions initiales utilisées sans prendre en compte la solution particulière), les formules de trigonométrie sont à revoir, l'expression de la surface élémentaire en coordonnées sphériques est source d'erreurs, sans parler de la définition du Laplacien.

La capacité à exploiter et commenter un résultat de calculs

- Bien évidemment, il faut, pour pouvoir réaliser les applications numériques, être en possession de sa calculatrice (autorisée lors du passage au tableau, mais non pendant la préparation). Par contre, il faut avoir de l'esprit critique par rapport à ses résultats.

La culture scientifique

- Trop de candidats ont tendance à affirmer des relations entre des grandeurs physiques, sans savoir l'origine de ces relations. Il en va de même du signe, de l'unité et de l'ordre de grandeur de bon nombre de quantités physiques.

La communication

- Il faut faire preuve de dynamisme au tableau (problème de l'entraînement en colle dans les prépas ?). Il s'agit d'un oral : il faut parler assez fort et commenter. Les candidats doivent être ouverts aux remarques des examinateurs. A noter que certains candidats étrangers semblent avoir été pénalisés par leur compréhension du français : terme de l'énoncé mal interprété, question ou remarque de l'examineur non comprise.

Enfin, les candidats doivent être conscients que malgré tout leur stratagème, l'examineur n'est pas dupe ! Régulièrement, on observe des calculs ponctués d'erreurs qui amènent à un résultat juste, dont le candidat s'est vaguement souvenu pendant la préparation. Cette façon de procéder, peu cohérente, n'est pas en accord avec une future fonction d'ingénieur. D'autre part, avant d'écrire les équations, il faudrait réfléchir à la méthode que l'on va utiliser, et l'énoncer oralement.

Remarques par matière

1. Circuits

Pour une grande majorité des candidats, les difficultés dans cette partie du programme semblent être calculatoires. Ainsi, des problèmes ont été rencontrés dans les calculs de puissance (tant sur

$P = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos \varphi$ que sur $P = \int \frac{j^2}{\gamma} dV$, ou sur la puissance en régime sinusoïdal forcé), lors de calculs en complexes (notation utilisée par ailleurs pour traiter les régimes transitoires !), pour écrire une loi des nœuds ou des mailles (erreurs de signes, conventions récepteur / générateur).

On a noté également que les raisons de la continuité de $u_C(t)$ et $i_L(t)$ restent obscures ; le pont diviseur est utilisé, même si une partie du courant est prélevée ; les montages très classiques avec A.O. (inverseur, non-inverseur, intégrateur, ..) mériteraient d'être mieux connus. Par contre, il n'y a aucun problème pour passer d'un générateur de Thévenin à Norton, et vice-versa.

Au niveau de l'électronique, les diagrammes de Bode asymptotiques (gain et phase) ne sont pas tracés facilement. La définition du gain en décibel est parfois inconnue, tout comme les notions de décade, de fréquence de coupure ou de facteur de qualité. La confusion entre coupe et court-circuit est trop fréquente. Tous les candidats savent appliquer le théorème "magique" de Millman en potentiels. Mais, s'il y a un courant, ils sont perdus. De plus, ils l'utilisent aussi abusivement. Leurs idées sur le filtrage des signaux ne sont pas claires, et il faut savoir faire la différence entre AO idéal et AO en régime linéaire.

Enfin, il faut apprendre à analyser un circuit par blocs, et ne pas utiliser systématiquement les transformations $j\omega \rightarrow \frac{d}{dt}$ et $\frac{1}{j\omega} \rightarrow \int dt$ pour obtenir la réponse temporelle des circuits. Cela pose problème, car trouver la réponse temporelle revient à donner une fonction de transfert, même si le régime n'est pas sinusoïdal.

2. Électromagnétisme

Le calcul direct du champ électrique ou magnétique pour des distributions de charge ou de courant pose pratiquement toujours problème. Et pourtant, l'expression du champ magnétique créé par une spire en un point de son axe est régulièrement demandée.

Les études des symétries et invariances sont menées quasi-systématiquement. Par contre, les candidats se doivent de justifier : ainsi, il faudrait rappeler la nature du vecteur considéré (polaire ou axial), que le point M où l'on calcule le champ doit appartenir au plan de symétrie ou d'antisymétrie, que les invariances font référence aux charges ou courants de la distribution, et enfin que c'est le principe de Curie qui permet de conclure sur les variables de dépendance.

Les calculs de flux et circulations sont approximatifs, et le contour d'Ampère (qui n'est pas toujours un cercle !) doit être systématiquement orienté. De nombreuses erreurs de signe sur le courant enlacé pourraient être évitées. De même, pour la détermination du potentiel vecteur, pour lequel, quand la relation intégrale est connue, le contour est très rarement orienté.

Les propriétés des conducteurs ne sont toujours pas maîtrisées. Par contre, les exercices sur l'induction ont été mieux traités cette année. Toutefois, il y a un manque de rigueur sur les signes (orientation du système).

Les dipôles électrostatiques ou magnétostatiques sont peu sus : expression du potentiel, du champ, du moment. L'expression du couple en fonction du moment magnétique est trop souvent oubliée.

Les ondes sont généralement bien traitées, même si encore de trop nombreux candidats confondent direction de polarisation et de propagation, vitesse de groupe et vitesse de phase. La validité de $\vec{B} = \frac{\vec{k} \times \vec{E}}{\omega}$ laisse à désirer, tout comme la définition d'une onde plane.

Il faut également prendre conscience de la différence qu'il existe entre relations locales et relations intégrales : elles ont toutes leurs avantages et leurs inconvénients. Il faut savoir les utiliser à bon escient. Ainsi, en régime variable, le théorème d'Ampère à appliquer est le théorème d'Ampère GÉNÉRALISÉ, mais les équations de Maxwell sont LOCALES. Les relations de passage sont approximatives : utilisation de la densité volumique de charge à la place de la densité surfacique, orientation du vecteur normal.

3. Mécanique

Il est important d'analyser le problème avant de se lancer à corps perdu dans sa résolution. Ainsi, plusieurs candidats ont perdu leur temps de préparation, parce qu'ils ont écrit toutes les équations, sans tenir compte du fait que le repère était non-galiléen : les forces d'inertie avaient été oubliées. Ces forces posent d'ailleurs problème, notamment parce qu'il y a confusion entre mouvement du système et mouvement du référentiel relatif par rapport au référentiel absolu. Les candidats auraient aussi intérêt à réaliser un bilan des forces et à les présenter sur un schéma, à discuter sur le sens physique, et le mouvement résultant.

On retrouve des difficultés de base, et notamment calculatoires : difficultés de paramétrage (en particulier, les angles sont définis dans le sens indirect, ou définis depuis une direction liée au solide vers une direction fixe du repère), difficultés dans les projections de vecteurs, difficultés pour calculer le travail d'une action (en particulier action de contact) ou d'un couple, expression de la vitesse et de l'accélération en coordonnées cylindriques.

L'énergie (potentielle ou mécanique) pose également problème : le calcul de l'énergie potentielle d'un solide n'est pas maîtrisée (mgh d'accord, mais qu'est-ce que h ? En quel point est-il pris ?), la position d'équilibre est définie par la nullité de la dérivée de l'énergie potentielle par rapport au temps, et non par rapport au paramètre d'espace, et enfin, les candidats ont trop tendance à faire

$$E_m = \text{cte} \Rightarrow \frac{dE_m}{dt} = 0, \text{ puis ils intègrent pour revenir au début, avec } E_m = \text{cte} .$$

On a noté une utilisation déplorable des lois de Coulomb du frottement et du glissement : confusion entre les deux situations (environ 1 candidat sur 3), et discussion très rare concernant la direction de la composante tangentielle en présence de glissement. Toutefois, la définition de la vitesse de glissement est connue. Mais pour certains candidats, si le roulement s'effectue sans glissement, alors il n'y a pas frottement.

La mécanique du solide est généralement appréciée des candidats, qui la traite souvent en priorité, mais négligent le reste. On sent que c'est un sujet qu'ils ont bien travaillé. Toutefois, appliquer le TMC en G est un réflexe pour de nombreux candidats, alors que parfois l'utilisation d'un point fixe permet d'aller plus vite au résultat. Les réactions de support sont souvent oubliées dans le bilan de force, et les conditions de contact sont mal exploitées. Enfin, les théorèmes de Koenig ont des formulations fantaisistes.

4. Optique

Les candidats font souvent l'impasse sur l'optique géométrique : c'est dommage, car souvent les sujets sont faciles, et un minimum d'investissement leur permettrait de gagner des points à l'oral. Lorsqu'ils ont travaillé cette partie du programme, le cours d'OG est bien su, bien qu'assez mal utilisé, par manque de méthode. Ainsi, les candidats ont du mal à traduire l'énoncé, par exemple, sous la forme : $A \xrightarrow{[L]} A' \dots$. Dès que l'objet ou l'image sont virtuels (en particulier pour les lentilles divergentes), c'est la panique : les candidats mélangent allègrement rayons réfractés et réfléchis. Les instruments obtenus en associant 2 lentilles créent beaucoup de difficultés. Les formules de conjugaison ne sont pas sues (on a trouvé : $\frac{1}{F'A'} - \frac{1}{FA} = \frac{1}{f'}$ ou $\frac{1}{SA'} + \frac{1}{SA} = \frac{1}{f'}$!), et de trop nombreux candidats passent leur temps de préparation à essayer de retrouver ces relations par Thalès, ce qui entraîne des erreurs de signes fréquentes. Les conventions traits pleins et pointillés doivent être respectées, et tous les rayons lumineux doivent être fléchés. Enfin, la notion de vergence est bien trop souvent inconnue, ainsi que son unité, et on a vu de nombreuses constructions fantaisistes en désaccord complet avec les lois de Descartes (rayons incident et réfractés du même côté de la normale, problème de la réflexion totale, ...).

Au niveau de l'optique ondulatoire, il est nécessaire d'insister en cours, sur le lien entre les notions d'optique ondulatoire (amplitude, éclairement) et celles d'électromagnétisme (champ, intensité) : on a l'impression que pour les candidats, ce sont deux concepts différents. On note une extrême lourdeur dans la description de l'onde réémise par une pupille diffractante, ce qui rend finalement le calcul impraticable.

Il serait bon de revenir à la forme simple $\underline{u}(S) = \iint_{(S)} t(P) \exp\left[\frac{2i\pi}{\lambda}(SPM)\right] dS_P$ à partir de laquelle il est très facile de calculer tous les cas de figure. L'intensité diffractée par une pupille diffractante est fréquemment écrite sous la forme : $I = 2I_o \left[1 + \cos\left(2\pi \frac{\delta}{\lambda}\right)\right]$ (d'ailleurs, dans cette formule, que représente I_o ?).

Les dispositifs du cours sont assez bien connus, mais les constructions géométriques sont hésitantes (Michelson). Le calcul de la différence de marche est mieux fait, et souvent les candidats savent retrouver l'expression simplement et géométriquement à partir du dessin. Par contre, la discussion sur la cohérence ou non de faisceaux est rarement abordée (polychromatisme, source large, 2 sources). La forme des franges d'interférence semble incomber au hasard, et le rôle de la séparatrice et de la compensatrice est mal expliqué.

On rappelle enfin que la polarisation de la lumière est au programme des "connaissances expérimentales exigibles". Or, certains n'ont jamais vu un polariseur, et ne savent pas ce qu'est un analyseur. A noter également que le vocabulaire n'est pas toujours maîtrisé : "l'intensité est égale à l'éclairement au carré"...

5. Thermodynamique

C'est certainement la partie du programme la plus mal traitée par les candidats... De nombreuses erreurs sont dues à la non-définition du système thermodynamique (1^{ère} et 2^{ème} années).

Les changements d'états, les courbes de rosée et d'ébullition sont des concepts très peu clairs pour les étudiants : ils font le pari de ne jamais y tomber dessus. Les lois de Laplace sont utilisées de manière abusive, sans en vérifier les hypothèses. Le diagramme d'un cycle (Clapeyron ou TS) doit être orienté. Le lien entre travail et aire du cycle dans le diagramme TS est rarement compris. Des difficultés pour exprimer la variation d'entropie pour une transformation irréversible : trop de candidats oublient le fait que c'est une fonction d'état. Les exercices sur les machines thermiques entre pseudo-sources sont systématiquement mal traités : les candidats ne savent pas définir comme système une masse élémentaire de fluide qui parcourt des cycles au cours desquels les températures des pseudo-sources varient suffisamment faiblement pour être considérées comme de vraies sources sur la durée du cycle. Les exercices simples de calorimétrie (mélange eau/glace) sont mal traités. Beaucoup d'erreurs de signes dans les transferts d'énergie, pour les machines thermiques ont été relevées : ainsi, pour un moteur, $W > 0$.

On rappelle que le travail élémentaire, pour une transformation quelconque, s'écrit : $\delta W = -P_{ext} dV$, où P_{ext} est la pression extérieure, et que la notation "d" ou " δ " n'est pas une question de goût personnel. On voit également encore des ΔQ et ΔW .

En thermique, l'analogie avec les circuits semblent maîtrisée. Toutefois, une attention particulière doit être portée aux signes dans les bilans thermiques locaux. On se retrouve parfois quand même avec des puissances libérées par la radioactivité qui ont pour effet de refroidir le système. Régulièrement, la loi de Joule ($\int \mathbf{j} \cdot \mathbf{E}$) est oubliée.

A noter : une perle cette année (qui est apparue à 4 reprises !) : $e = -\frac{d\Phi}{dT}$, où Φ est le flux thermique et T la température !

La moyenne générale de l'épreuve est de **10,22** avec un écart-type de **3,95**.