



L'épreuve de physique MP 2015 était découpée en deux problèmes indépendants d'électromagnétisme (problème 1 – 10 points) et d'optique (problème 2 – 10 points). Grâce à leurs difficultés progressives, les deux problèmes ont été abordés par les candidats, même si le problème 1 a largement été plus traité que le problème 2.

Même si l'on note des erreurs dans les applications numériques, l'absence d'utilisation des calculatrices ne semble pas avoir porté préjudice aux candidats : les applications numériques étaient suffisamment simples (seule l'extraction de la racine carrée a posé quelques soucis).

Par contre, les candidats devraient plus souvent porter attention à l'homogénéité de leurs formules, ce qui leur permettrait de détecter des erreurs grossières, notamment lors des calculs d'intégrales.

On peut donner quelques conseils aux candidats :

- une lecture globale du sujet est indispensable pour l'appréhender dans son intégralité et bien saisir les objectifs,
- la rigueur de raisonnement est indispensable,
- il faut avoir un esprit critique sur les résultats,
- prendre un peu de temps pour relire sa copie.

## Problème I

Le problème d'électromagnétisme s'intéressait au principe des Z machines, avec l'évaluation de nombreuses compétences (extraire et exploiter, restituer, modéliser, communiquer).

Le sujet a été relativement bien compris et s'appuie sur des concepts bien connus des étudiants. Certains ont même fait le parallèle entre l'étude documentaire et les différentes parties du problème.

### Partie 1

Bien que de nombreux candidats donnent une expression juste pour le champ magnétique  $\vec{B}$ , on remarque que les règles d'invariances et de symétries sont rarement énoncées de manière correcte :

- le plan de symétrie n'est pas précisé, ou est donné sous la forme de l'association de deux vecteurs unitaires (sans la précision du point  $M$ ). De plus, on ne sait pas s'il s'agit d'une symétrie de la distribution de courant ou du champ magnétique ;
- les conclusions sont données en confondant vecteur et norme. Ainsi, les candidats doivent être conscients que le vecteur champ magnétique  $\vec{B}$  n'est pas invariant par rotation autour de l'axe  $Oz$ . Sa norme est invariante, mais sa direction est fonction du point  $M$  (on rappelle que les lignes de champ magnétique sont des cercles centrés sur  $Oz$ ) ;
- le contour d'Ampère, lorsqu'il est précisé, est très rarement orienté.

Certains candidats n'ont pas compris que le courant était surfacique et ont introduit une densité volumique de courant dans le conducteur intérieur, obtenant ainsi des expressions incorrectes de  $\vec{B}$ .

Enfin, les candidats justifiant que  $\vec{B}(M) = \vec{0}$  parce qu'il n'y a pas de courant en  $M$  n'ont pas eu tous les points de la question.

Le calcul du flux est loin d'être évident :

- les étudiants confondent circulation et flux,
- la surface élémentaire est mal définie, entraînant une erreur sur le calcul du flux et certains candidats ne savent pas intégrer  $\frac{1}{r}$ . De plus, il n'est pas évident pour tous que  $\vec{B}$  est fonction de  $r$  : dans ces cas là,  $B$  est sorti de l'intégrale et le  $\rho$  est alors remplacé aléatoirement par  $a$  ou  $b$ .

Les erreurs sur les calculs d'intégration entraînent des erreurs d'inhomogénéité dans les expressions finales de  $\vec{B}$ , de  $L$  ou du flux.

## Partie 2

L'analyse des documents a quasiment été abordée dans toutes les copies. Par contre, il apparaît que peu de candidats ont vraiment compris ce que sont le phénomène de striction magnétique et le Z-pinch. Très souvent, le candidat assimile mal ce qu'il a lu et les explications données sont une suite de mots agencés dans des phrases parfois sans verbe, dans un style très peu scientifique et avec une tendance à la paraphrase importante. Certains mots clefs sont évoqués, comme les très hautes températures, mais le confinement n'apparaît que très rarement.

La notion de puissance est très mal maîtrisée et l'ordre de grandeur de la puissance d'une centrale nucléaire est non connue ou fantaisiste.

## Partie 3

La partie 3 est en général bien traitée, excepté la question 6a qui est mal justifiée.

Lorsque l'évolution de  $L$  est trouvée, peu concluent sur  $b/a$ .

On note des erreurs dans la résolution de l'équation différentielle ou sur l'expression de  $\tau$ .

## Partie 4

L'expression de  $L_{eq}$  donnée dans l'énoncé, n'est pas démontrée : la justification donnée est « on voit », « il est évident que », « elles sont en série »...

Les candidats ont eu peu de difficultés quand la partie 1 a été traitée.

L'énergie emmagasinée dans une bobine est parfois ignorée ou le facteur  $\frac{1}{2}$  est oublié et les candidats font une confusion entre puissance et énergie.

## **Problème II**

Ce problème avait pour but de faire découvrir aux candidats deux systèmes optiques, l'un basé sur l'optique géométrique (programme de première année), l'autre sur l'optique physique (programme de seconde année) afin de déterminer les caractéristiques d'une lame de verre : son indice  $n$  et son épaisseur  $e$ .

### Première partie : lame de verre

**II.1.** Pour l'indice du verre, une question de culture générale, il y a peu de bonne réponse mais on trouve souvent 1,33 qui est l'indice de l'eau ou « c'est autour de 1 » sans préciser si c'est au-dessus ou au-dessous de 1 !!

**II.2.** La relation de Snell-Descartes est connue mais on voit rarement que le rayon réfracté est dans le plan d'incidence.

**II.3. – II.4.** Les constructions correctes sont peu nombreuses. En effet, les rayons entrant et sortant de la lame sont rarement parallèles et les images  $A'$  du point  $A$  ne sont pas indiquées.

**II.5.** Peu de candidats se lancent dans la démonstration. Ils se montrent réticents à une étude géométrique rigoureuse. Quelques candidats essaient de trouver le résultat via les relations de conjugaison de Descartes !!

### Deuxième Partie : viseur

**II.6.** Question bien traitée mais parfois la rédaction laisse à désirer. Exemple : « On bouge le réticule en vue de le voir net ».

**II.7.** Beaucoup d'erreurs de signe sur cette question.

**II.8.** La décomposition de  $\overline{O_2O_1}$  est correcte mais l'application numérique conduit trop souvent à des résultats différents de 200 mm.

**II.9.** L'aspect validation n'est pas compris par les candidats. Que ce soit par le positionnement de l'objet via la question II.7, la taille de l'image (grandissement de -2), la distance entre  $O_2$  et  $O_1$  (question II.8) ou encore le placement de la lentille  $L_1$  (question II.6), les candidats tracent correctement les 3 rayons pour obtenir l'image  $A'B'$  sans commentaire.

**II.10.** Là encore, on attend des candidats une réponse un peu plus précise que « c'est comme pour un télescope ».

### Troisième Partie : description du dispositif expérimental

**II.11.a.** La lecture du schéma n'est pas comprise par certains candidats et peu de réponses montrent un rayon émergent par l'oculaire.

**II.11.b.** La notion de système afocal est assez vague. « L'image d'un objet à l'infini est à l'infini ». Ainsi rares sont les candidats qui ont analysé correctement le système afin d'établir la relation donnant  $\overline{M_1O_3}$ . L'application numérique est souvent fautive à cause de l'algébrisation de  $\overline{M_1L_1}$  et les correcteurs en ont tenu compte.

**II.11.c.** Le sens de propagation de la lumière et la notion de système afocal ont perturbé grand nombre de candidats qui sont alors restés bloqués. Beaucoup d'entre eux s'orientent vers la relation de Descartes avec origine au centre alors que celle avec origine au foyer était à privilégier.

**II.11.d.-e.** Ces questions ont très peu été abordées.

**II.12.a-b-c-d.** N'ayant pas compris le système, les candidats n'ont pas traité ces questions.

### Quatrième Partie : application à la caractéristique de la lame

**II.13.a-b-c-d-e.** Seules les questions 13a et 13c sont traitées avec succès par les candidats qui ont compris le rôle de la lame.

**II.14.** Non traité.

### Cinquième Partie : Approche interférentielle

Cette partie du programme de seconde année a permis aux candidats de se raccrocher au problème.

**II.15.a.** Les tracés de rayon et la mise en évidence de la différence de marche sont en général corrects.

**II.15.b.** Le résultat de la différence de marche est connu mais on attendait ici une démonstration trop rarement présente sur les copies.

**II.15.c.** L'analyse est trop souvent succincte. Il n'était pas attendu de remplacer juste  $n$  par 1 dans l'équation (3) mais de commenter ce résultat par rapport à la lame d'air et le résultat de la question 15.b. Mais également d'analyser le terme  $\lambda/2$  afin de l'attribuer à la réflexion.

**II.15.d.** Cette question de connaissance de cours a encore été abordée avec trop de légèreté par la majorité des candidats. La formule est donnée mais le cadre de son application n'est pas précisé. Il était judicieux de préciser les critères de cohérence et de discuter sur l'amplitude.

La condition d'interférences constructives est connue mais elle est souvent donnée avec la phase alors que l'énoncé travaille avec la différence de marche.

**II.16.a.** Les réponses à cette question sont très disparates. Entre ceux qui regardent la figure du document réponse, ceux qui sont affirmatifs mais sans justification, les réponses oscillent entre franges rectilignes et cercles. Il était demandé de justifier la réponse !

**II.16.b.** Cette question d'ordre mathématique demandait des connaissances sur les développements limités et / ou le calcul différentiel. Peu de candidats se sont lancés dans les calculs. Souvent les expressions ne sont pas réduites pour l'obtention du résultat pourtant donné mais les correcteurs ont récompensé les initiatives.

**II.16.c.** Une définition de cours sur l'interfrange qui est passée inaperçue par les candidats.

**II.16.d.** Cette question relative à l'observation des interférences et au rôle de la lentille n'est pas traitée.

**II.16.e.** Entre erreur de définition, erreur d'unité sur l'échelle et mesure de  $\Delta x$  sur un seul interfrange, il est très rare de voir un résultat proche de 3,5 mm. Le document réponse n'est pas correctement exploité.

**II.17.a.** Peu de candidats se sont confrontés à cette question relative à la cohérence temporelle.

**II.17.b.** Comme pour la question II.16.e, les correcteurs attendaient une utilisation réfléchie de la relation donnée au II.17.a. Trop peu de candidats se donnent la peine de comprendre le résultat donné et n'exploitent pas le document réponse.

**II.18.** Ce cadeau où il fallait simplement dire de résoudre un système de 2 équations (II.17.a et II.16.c) à deux inconnues  $n$  et  $e$  a rarement été pris par les candidats.

## CONCLUSION

Malgré une partie d'optique géométrique qui n'a pas été comprise par les candidats, en raison de la complexité du système, l'ensemble a permis d'effectuer un classement représentatif de leurs niveaux respectifs et de vérifier que les compétences nécessaires pour intégrer une école d'ingénieur étaient acquises.

Les correcteurs désirent faire les remarques suivantes :

- il est essentiel de lire l'ensemble des questions, de faire des schémas propres avec des tracés précis, clairs et complets, de connaître certaines définitions mais également certaines démonstrations vues en cours ou travaux dirigés ;
- les travaux pratiques sont également très importants que ce soit pour la connaissance du matériel et son utilisation mais aussi l'exploitation des mesures que l'on peut effectuer avec la plus grande précision possible.