



1/ CONSIGNES GÉNÉRALES :

Le sujet était composé de trois problèmes totalement indépendants. Le premier traitait de la propagation des ondes électromagnétiques dans le vide, puis de leur réflexion sur un conducteur parfait. Le deuxième problème traitait de la déflexion électrostatique d'un faisceau d'électrons dans un oscilloscope cathodique. Le troisième problème abordait le principe de fonctionnement d'une pince ampèremétrique par induction.

L'épreuve portait aussi bien sur le programme de première que de deuxième année.

Le sujet comportait un grand nombre de points d'entrée qui pouvaient permettre aux candidats de traiter certaines questions sans avoir traité les précédentes.

Chaque problème était très progressif et largement guidé. Aucune question ne demandait des développements de calcul particulièrement longs.

La longueur du sujet était raisonnable puisque de nombreux candidats ont pu aborder toutes les questions.

Le sujet était classant et a permis d'obtenir des notes parcourant quasiment la totalité de l'échelle de notation.

Les correcteurs ont rencontré de très bonnes copies montrant une grande qualité de la préparation. Malheureusement, ils ont aussi rencontré un nombre trop important de copies de très mauvaise qualité, sur lesquelles très peu de questions étaient abordées. Certaines copies étaient même quasiment blanches.

Ils sont surpris par le fait que le cours et les théorèmes de base sont trop souvent mal connus : équations de Maxwell, théorème d'Ampère, théorème de l'énergie cinétique ...

A toutes fins utiles, il est rappelé aux candidats quelques règles de présentation élémentaires mais incontournables :

- les résultats doivent être encadrés à la règle : un encadrement rapide et à main levée témoigne souvent d'un manque de soin global dans la rédaction de la copie ;
- on relève dans quelques copies une profonde malhonnêteté, en particulier lorsque les résultats sont donnés dans le sujet : changement de signe entre deux lignes de calcul, termes qui disparaissent par enchantement. Cela nuit bien évidemment au candidat et à l'impression globale du correcteur sur sa prestation. Les correcteurs se permettent d'ajouter que si des résultats honnêtement faux peuvent se voir attribuer des points, ce n'est jamais le cas de résultats malhonnêtement justes.

Au contraire il est largement apprécié que les candidats portent un regard critique sur leurs résultats et indiquent par exemple « j'aurais dû trouver ceci et j'ai donc commis une erreur » puis continuent à traiter le sujet. De plus, lorsque des résultats sont donnés dans l'énoncé, il est évident que le correcteur s'attend à une démonstration propre et détaillée ;

- il est demandé aux candidats d'apporter le plus grand soin à la justification de leurs raisonnements : « c'est trivial », « on sait que... » ne sont pas des justifications ;
- il leur est également demandé d'être rigoureux dans les notations mathématiques utilisées : égalité entre une grandeur scalaire et une grandeur vectorielle, mauvaise utilisation des opérateurs vectoriels et scalaires notamment avec les équations de Maxwell ;
- les copies monochromes sans aucun encadrement présentent un faible attrait pour les correcteurs. A contrario, les copies propres, avec des couleurs (en nombre modéré) et des résultats encadrés sont appréciées.

2/ REMARQUES SPECIFIQUES :

Premier Problème :

Equations de Maxwell : certains candidats confondent la charge surfacique et la charge volumique. D'autres donnent les équations sous forme intégrale et ne peuvent donc pas justifier les équations de propagation. Il faut utiliser les opérateurs vectoriels et en particulier faire figurer les flèches des vecteurs avec rigueur.

Onde plane progressive monochromatique : la justification des caractères de l'OPPM est souvent hasardeuse.

Le sujet demandait d'établir les expressions des composantes du champ magnétique à partir du champ électrique en utilisant les équations de Maxwell. Nombreux sont les candidats qui n'ont pas pris en compte cette demande et ont utilisé en particulier les relations de structure.

Pour montrer que deux vecteurs sont perpendiculaires, il faut montrer que leur produit scalaire est nul.

Beaucoup d'erreurs sur l'expression du vecteur de Poynting. L'unité de ce vecteur n'est pas suffisamment connue. Répondre que le vecteur de Poynting s'exprime en unité S.I. n'est évidemment pas la réponse attendue.

Direction de polarisation du champ électrique : beaucoup de candidats confondent polarisation et direction de propagation.

Relations de continuité : elles sont généralement mal connues et quand elles le sont, elles sont le plus souvent mal appliquées.

Champs électrique et magnétique résultants de la réflexion sur le miroir plan : les résultats étant fournis par le sujet, les correcteurs ont assisté à une débauche de mauvaise foi avec des développements faux, partant de relations fausses et arrivant miraculeusement à des résultats justes.

Caractère stationnaire des ondes : certaines réponses sont surprenantes : ondes cycloïdes, ondes « évanessantes », ondes tourbillonnaires, interférences...

Existence d'un courant surfacique : la justification doit se faire, comme demandé, à partir des relations de continuité. Ne pas oublier de mentionner le vecteur unitaire. Il est à noter que l'on ne peut utiliser le théorème d'Ampère pour déterminer un courant surfacique. Les correcteurs ont remarqué que la plupart des candidats ne tiennent pas compte du fait que $x = 0$ à la surface du conducteur. Ils obtiennent alors des expressions contenant k et x alors que l'énoncé ne mentionnait pas ces grandeurs.

Pression de radiation : il est gênant de trouver une pression négative. De plus, la pression est un scalaire. L'écrire sous forme vectorielle constitue donc une erreur.

Une onde stationnaire ne transporte pas d'énergie.

Deuxième problème :

Le champ électrique créé entre 2 armatures de potentiels différents est très rarement orienté dans le bon sens. De plus, il ne faut pas confondre direction et sens.

L'orientation du champ électrique, souvent erronée, a donné lieu à des justifications des plus fantaisistes (« les ondes électromagnétiques sont attirées par les charges négatives, le champ E est donc orienté dans le sens des z croissants »).

La détermination des caractéristiques du champ électrique servant à accélérer les électrons ne nécessite pas une étude des symétries de la distribution de charges sur les plaques. Il suffisait d'étudier le sens de la force servant à accélérer les électrons.

Le poids des électrons peut-il être négligé devant la force électrostatique ? Il fallait apporter une réponse quantitative. Ne pas confondre poids et masse. Ne pas oublier l'unité des grandeurs numériques calculées quand elles en ont. Certains ont conclu que le poids n'est pas négligeable et sont très embêtés pour la suite. D'autres concluent que le poids n'est pas négligeable mais n'en tiennent pas compte en appliquant le principe fondamental de la dynamique. On ne peut pas comparer deux vecteurs ou bien calculer des normes négatives.

La définition d'un référentiel et d'un système d'étude n'apparaît que dans de rares copies. Les candidats savent pourtant qu'un problème de mécanique ne peut être rigoureusement abordé que s'il est correctement posé.

De même, les schémas sont quasiment systématiquement absents. Ils permettent pourtant de comprendre le système et de corriger de nombreuses erreurs de signe (champ électrique, force, accélération...) qui se répercutent dans tout le problème.

Equation de la trajectoire des électrons : beaucoup de difficultés pour les intégrations successives. Très peu de candidats sont arrivés au bout de la question et les constantes d'intégration ne sont pas toujours déterminées.

Théorème de l'énergie cinétique : ce théorème est très peu connu et très rarement correctement appliqué. Il y a souvent confusion entre le théorème de l'énergie cinétique et le théorème de la

puissance cinétique. L'expression même de l'énergie cinétique est souvent fautive. De plus, il est indispensable, lorsque l'on fait référence à ce type de relation, de rappeler les conditions de validité.

Vitesse des électrons : des expressions littérales inhomogènes, des unités fantaisistes et surtout des ordres de grandeur complètement aberrants. Il n'a pas été rare de rencontrer des électrons dont la vitesse (10^{15} m/s parfois) dépassait largement la célérité de la lumière sans que cela pose un quelconque problème aux candidats.

Une vitesse s'exprime en m/s et pas avec des unités exotiques mélangeant les Volts, les Coulombs et les kilogrammes.

Expression du vecteur accélération : pour appliquer le principe fondamental de la dynamique, il est indispensable de rappeler le contenu de cette relation ainsi que les conditions de validité.

Il est rappelé que l'accélération est la dérivée seconde temporelle de la position : dans certaines copies, la seule intégration de l'équation différentielle en y est faite par rapport à z.

La pente de la tangente à une courbe est égale à la valeur de la dérivée $y'(z)$ en ce point.

Trajectoire de l'électron à la sortie du système de déflexion : il est très rare que les candidats aient justifié le fait que la trajectoire est rectiligne en faisant référence au principe d'inertie.

Proportionnalité entre la tension de déviation et la déviation du faisceau : c'est le principe même de l'oscilloscope cathodique.

Troisième problème :

Existence d'un courant induit : rares sont les candidats qui évoquent l'induction pour justifier leur réponse.

Symétrie et invariance : la question est généralement mal traitée. Une bonne partie des candidats énonce les bonnes symétries et invariances mais ne précise pas de quoi... D'autres trouvent des symétries et antisymétries (parfois fausses) sur la distribution de courant mais ne justifient pas du tout la forme du champ magnétique avancée par l'énoncé.

Existence d'un courant induit : la justification du courant induit ne fait mention que très rarement d'un champ magnétique variable. La seule existence de B ne suffit pas à justifier le courant induit.

Le théorème d'Ampère est souvent très mal utilisé. Peu de candidats définissent correctement le contour d'Ampère et celui-ci est trop rarement orienté. D'autres, après avoir défini le contour d'Ampère calculent le flux du champ magnétique.

Application du théorème d'Ampère : il faut prendre en compte le fait que le tore comporte N spires.

Définitions des coefficients d'auto-inductance et de mutuelle inductance : ces définitions sont trop souvent fausses avec des relations mêlant étrangement en même temps le flux, L et M.

Calcul de la fonction de transfert de la pince ampèremétrique : ces questions sont assez bien traitées par les candidats qui ont pris le temps de le faire. Il y a cependant souvent des erreurs de signe sur les relations obtenues.

Comportement de la pince ampèremétrique à basse fréquence et à haute fréquence : l'étude asymptotique est parfois menée sans rigueur.

Intérêt de la pince ampèremétrique par rapport à un ampèremètre classique : des candidats inventent des intérêts parfaitement farfelus. Un ampèremètre classique permet de mesurer des intensités en mode continu et en mode alternatif.

Pour finir, quelques perles...

- « c'est la célérité de l'espace » ;
- « La pente est nulle donc c'est une droite » ;
- « La lumière est un flux d'électrons qui se propage toujours en ligne droite, donc c'est une droite » ;
- « La bobine de la pince doit forcément avoir un courant i pour faire fonctionner la pince en dehors du courant recherché et pour avoir une valeur de référence ».

Les correcteurs rappellent que cette épreuve correspond à un concours d'entrée en école d'ingénieurs. En particulier, il est difficilement acceptable de rencontrer des copies quasi-blanches et montrant une absence totale de combattivité. De plus, il est indispensable de porter un sens critique sur le sens physique des résultats obtenus, aussi bien qualitativement que quantitativement.

Il est essentiel de comprendre les notions de base, les relations de base de la physique, de maîtriser le vocabulaire scientifique et les notations mathématiques de base.

Les correcteurs encouragent les candidats à fournir un travail de préparation régulier tout au long des deux années et à traiter l'ensemble du programme.

La réussite est à ce prix !