

réponse indicienne est en générale bien menée. Mais il n'en va pas de même de l'étude de la réponse fréquentielle. Dans ce problème, il s'agissait d'un passe-bande. Le calcul des fréquences de coupure conduit une fois sur deux, pour les meilleurs, après un calcul laborieux, à des résultats faux, même si la relation bande passante- facteur de qualité est en générale connue.

#### 5 - Quelques précisions diverses

a - Pourquoi une onde s'atténue-t-elle au cours de sa propagation ?

- D'abord à cause de la non directivité du faisceau (l'énergie se répartit sur une surface plus grande).
- Accessoirement parce que le milieu est absorbant.

b - Pourquoi un système dissipe-t-il de l'énergie ?

- D'abord parce qu'il en fournit à d'autres (ex : rayonnement du quartz piézo-électrique, d'un haut-parleur etc...)
- Accessoirement à cause de frottement.

Toute dissipation d'énergie n'est donc pas nécessairement une dégradation de celle-ci. La viscosité de l'air ne peut pas être évoquée à la place du rayonnement. Un terme du type  $-hdv/dt$  peut modéliser une force de frottement visqueux, mais il peut aussi modéliser une «force» de rayonnement.

#### 6 - Errata

Signalons aux futurs utilisateurs de ce problème une erreur typographique dans la dernière application numérique :  $T_3 = 25\mu s$  et non  $25ms$ . Cette erreur, par ailleurs évidente dans le contexte, n'a eu que près peu de conséquences pour les candidats : ils ont été très peu nombreux à aborder les applications numériques de cette partie du problème. Certains ont remarqué cette erreur !

#### 7 - Conseils généraux

Pour terminer, nous rappellerons aux candidats, avec insistance, de ne pas se pénaliser par des erreurs de présentation sur la forme et sur le fond de leur prestation écrite.

Sur la forme, on évitera ainsi de :

- remplacer par une succession de formules mathématiques excessives la démonstration physique littérale attendue,
- remplacer systématiquement des phrases justificatives par des expressions du type : or, car, pour, soit, et, donc, ainsi, d'après, comme, etc.,
- présenter une écriture illisible, la réponse risquant d'être mal interprétée,
- ne pas numéroter les pages de la copie
- ne pas préciser clairement la partie abordée, désignée dans l'énoncé (exemple IV, B, 1, c, iv),
- ne pas mettre en évidence (par exemple en soulignant) les réponses aux questions posées dans l'énoncé.

Sur le fond :

- Vous trouvez un résultat numérique aberrant (par exemple une température ambiante égale à  $5K$  ou à  $10^6K$ ) : il ne suffit pas de le constater. Songez alors aux causes usuelles d'erreurs : erreurs d'homogénéité ou d'unité. C'est seulement en corrigeant les erreurs que l'on gagne des points !
- L'analyse dimensionnelle est importante (cf. remarque ci-dessus) mais cependant à elle seule, elle ne peut suffire à démontrer complètement une relation. Il manquera toujours la valeur d'un coefficient non dimensionné.
- Linéariser une modélisation, c'est d'abord préciser les termes considérés comme étant du premier ordre (par exemple en acoustique : suppression, variation de masse volumique, vitesse d'écoulement et leurs dérivées).
- Les erreurs d'énoncé reste une exception rarissime. Lorsque vous trouvez un résultat différent de celui promis par l'énoncé, faites d'abord l'hypothèse de votre propre erreur avant de penser à celle du concepteur du sujet !

## Physique-Chimie

### Le sujet :

Le sujet de Physique-Chimie PSI 2001 abordait les thèmes suivants :

- L'étude des propriétés magnétiques de deux matériaux ferromagnétiques (ferrite et alliage ferreux ) ainsi que la propagation d'ondes électromagnétiques dans la ferrite.
- L'alimentation d'un moteur (hacheur).
- Les propriétés comparées d'hydroxydes ferreux en solution aqueuse et la structure cristalline d'oxydes de fer.

## Analyse des réponses des candidats

### Partie I : hydroxydes de fer en solution

La détermination des pH d'apparition des hydroxydes est en général correcte mais certains candidats se trompent dans le choix du domaine d'existence de ces oxydes ( $\text{pH} > \text{pH}_{\text{apparition}}$ ). Si cette indication manque dans la copie, la réponse est bien sûr comptée fausse.

La solubilité des deux hydroxydes a donné lieu à de nombreuses erreurs. En effet, si l'on oublie l'autoprotolyse de l'eau, prépondérante dans le cas de l'hydroxyde de fer (II), on obtient un pH acide ! Il est très important dans ce cas de discuter le résultat aberrant obtenu et de le corriger, le calcul devenant ensuite très simple. Nous avons rencontré de nombreuses copies où le caractère acide de  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  était non seulement gardé dans le résultat final mais encore affirmé avec force ! Le Jury a été sévère pour ces cas mais a bien noté ceux qui ont raisonné de façon logique, en essayant de comprendre ce qui se passait dans la solution. Notons en passant qu'un pH ne doit pas faire apparaître plus de deux chiffres (2,000145 est aberrant).

### Partie II : Propriétés magnétiques :

La comparaison entre courant de conduction et courant de déplacement, la détermination du domaine de fréquence recherché, l'établissement de l'équation de diffusion du champ magnétique sont bien faits. L'irréversibilité de cette dernière a été souvent bien démontrée par les candidats. En revanche, l'effet Joule, source de l'irréversibilité, n'a été cité que rarement. Une équation proche de la précédente mais réversible était demandée : si beaucoup de réponses sont correctes (équation de propagation ou de d'Alembert), une équation statique (Poisson) était insuffisante.

L'analyse dimensionnelle de l'épaisseur de peau n'a pas posé trop de difficulté mais son application numérique, parfois fantaisiste, pêchait le plus souvent par la surabondance de chiffres. Le Jury n'accorde de points qu'aux réponses qui tiennent compte des chiffres significatifs et qui indiquent l'unité (écrire SI ne suffit pas, faut-il le rappeler ?).

Des ordres de grandeurs des champs rémanents et coercitifs sont peu connus, même si le cycle d'hystérésis est bien tracé. Curieusement, il y a plus d'hésitations pour le tracé du diagramme d'un matériau linéaire ! Le circuit de mesure des champs, les relations entre les champs et les tensions mesurées demandent des réponses précises et complètes : le circuit doit être fermé, les expressions littérales doivent tenir compte des composants utilisés. Leur valeur numérique, certainement déjà utilisée en travaux pratiques, est donnée beaucoup trop rarement.

L'analyse des symétries des champs a été bâclée. Les réponses du genre « les symétries montrent que... » sont vagues : il était nécessaire de citer les éléments de symétries (plans, axes de rotation. Une curieuse symétrie de translation (pour un tore !) a été trouvée à plusieurs reprises.

L'application du théorème d'Ampère a constitué une chausse-trappe pour l'immense majorité des candidats. Ceux-ci ont simplement appliqué le calcul vu en cours sans tenir compte du contexte : présence de courants de Foucault (qui sont des courants libres) et par conséquent inhomogénéité des modules des champs. Le flux du champ magnétique s'exprime en weber (Wb) mais  $\text{Tm}^2$  était bien entendu accepté.

### Partie III : cristallographie

La structure cubique face centrée est bien connue, ainsi que le décompte des atomes de la maille (4). En revanche, un calcul géométrique de la taille des sites a découragé un bon nombre de candidats. Le Jury n'a pas hésité à bien noter les bonnes réponses à ces questions.

### Partie IV : moteur et propagation

Les questions posées sur l'alimentation du moteur sont proches du cours (hacheur) et ont été correctement traitées. Néanmoins, quelques erreurs sont revenues assez fréquemment : puissance en joule, ouverture du circuit contenant la bobine ou court-circuit du générateur de tension.

Curieusement, l'établissement (très simple ici) des équations statiques des champs a provoqué plus d'erreurs que celui des équations générales ! Rappelons que les premières questions d'un problème sont souvent directes et nécessitent rarement de longs développements.

Le Jury a été très déçu par le tracé qualitatif des lignes des champs magnétiques et électriques. Moins d'un candidat sur cent a répondu correctement, quand la question a été abordée ! Il suffisait pourtant de relier les deux armatures par les lignes de champ électrique, de respecter l'orthogonalité avec les conducteurs et de fermer les lignes de champ magnétique autour d'une armature. L'étude antérieure des symétries de ces champs contenait toutes les informations nécessaires.

L'étude d'une ligne à constantes réparties a souvent permis de recueillir des points. En revanche, il subsiste beaucoup de confusion entre « dispersion » et « absorption », peut-être à cause du mot « dissipation », souvent employé. Il conviendrait que de futurs scientifiques puissent utiliser avec précision ces différents termes.

**Conclusion, à l'usage des futurs candidats :**

- Comme d'habitude, le Jury accorde une grande importance aux résultats numériques. Il est important de respecter le nombre de chiffres significatifs dans les applications numériques. Rappelons que le résultat final comporte **au plus le plus petit nombre de chiffres significatifs des données numériques** ! Très peu de candidats en ont tenu compte.
- Une application numérique doit toujours faire réfléchir. Si elle paraît absurde ( $B = 10^6 \text{ T}$ ,  $\text{pH} > 38$ ), il faut en rechercher la cause, qui est le plus souvent une erreur de calcul (ce n'est jamais du temps perdu). Cette valeur est en général accompagnée d'une unité, qu'il faut choisir simple (moment en Nm au lieu de VA s rad<sup>-1</sup>).
- Le Jury attend des réponses précises (nom des effets physiques, éléments de symétries...) et non des bavardages qui souvent tournent en rond ou de simples incantations (ah ! symétrie !) jetés pêle-mêle. De même, lorsqu'une équation est demandée, son expression et sa nature (propagation, diffusion...) sont attendues.
- Une copie est un travail destiné à être lu par autrui. Cette évidence échappe pourtant à quelques candidats qui ignorent toute rédaction et tout effort de lisibilité. Ces copies perdent des points, simplement parce que le correcteur est incapable d'en déchiffrer certaines parties.

Terminons par une expression du second principe à la Pergaud, trouvée dans une copie : « Si c'est froid et que ça touche du chaud, ça sera pas encore plus froid ».

## Sciences industrielles

L'objectif de cette épreuve est d'évaluer les compétences disciplinaires des candidats et plus particulièrement, celles qui sont spécifiques à la formation de Sciences Industrielles : leur capacité à s'approprier une réalisation industrielle, à s'inscrire dans une stratégie d'analyse de solutions, à mobiliser les outils pertinents, à valider les résultats obtenus et à proposer des solutions.

**Support de l'étude :**

Le support, cette année, est le système de déploiement des antennes paraboliques implanté sur les satellites de télécommunications Télécom 2.

Il a été retenu car, d'une part, les solutions techniques appartiennent au champ culturel attendu des élèves de PSI et d'autre part, la sévérité des cahiers des charges de l'industrie spatiale génère, sur cette réalisation, une complexité qui permet de proposer un champ d'investigation suffisamment large pour balayer une grande partie du programme.

Le déroulement du sujet suit la chronologie de l'utilisation du système. Il propose au candidat de valider plusieurs critères des fonctions de service attendues au cours des principales phases du cycle de vie que sont le montage sur le satellite, la fixation, le lancement, la libération après la mise en orbite et enfin le déploiement.

**Analyse des réponses proposées :**

La première partie a pour objet l'appropriation de la problématique. L'évaluation porte sur les outils de l'analyse fonctionnelle. Manifestement les prestations des candidats dans ce champ disciplinaire progressent chaque année. Il est important de maintenir le cap.

La seconde partie consiste à analyser la structure « tri- tripodique » dont la particularité réside d'une part dans la mise en position isostatique du réflecteur afin de ne pas déformer la parabole et, d'autre part, dans l'immobilisation fortement hyperstatique après serrage pour rigidifier l'ensemble et protéger la parabole des sollicitations du décollage.

La plupart des candidats ont répondu à ces premières questions. Le résultat est généralement satisfaisant pour ceux qui ont pris le temps de lire et d'assimiler le texte. Le jury regrette la dégradation de la qualité des schémas et s'étonne des grosses fautes dans la détermination de la liaison équivalente. Le nombre élevé du degré d'hyperstaticité a certes surpris voir déstabilisé des candidats. Il ne saurait justifier un calcul conduit avec une méthode approximative.

La question 11 a mis en évidence la difficulté de nombreux candidats à conduire une démarche scientifique et à en préciser le domaine de validité. L'écriture de l'équation différentielle du mouvement du réflecteur est une étape désastreuse par refus d'isoler et absence de bilan des actions mécaniques.

Les questions 15 à 19 proposent d'analyser les efforts dus aux vibrations. Elles ont généré des réponses satisfaisantes. Les principales fautes sont dues aux erreurs de calculs, d'unités ou de confusion entre « pulsation propre » et « pulsation de résonance ». Les tentatives de choix des capteurs a mis en évidence de grosses lacunes culturelles et la question 19 n'a suscité que très peu de réponses.

L'étude de la résonance spécifique de la fonction de transfert mécanique du réflecteur a été très « maltraitée » par manque de maîtrise dans le calcul de  $\xi$  avec la surtension et / ou dans la résolution d'un problème de dynamique dans le plan en raison de la méconnaissance de l'expression des torseurs d'efforts transmissibles par les liaisons planes.