

# EPREUVE DE PHYSIQUE - CHIMIE

Durée : 4 heures

## PRESENTATION DU SUJET

Le problème illustre le fonctionnement d'un moteur de maquette d'avion et comportait plusieurs parties totalement indépendantes :

*Première partie : moteur de maquette d'avion*

- le moteur électrique à courant continu,
- la commande du moteur par un hacheur,
- la réalisation des signaux de commande du hacheur,
- le capteur de vitesse.

*Deuxième partie : métallurgie du cobalt*

- grillage sulfatant du sulfure de cobalt,
- électrolyse du sulfate de cobalt.

## COMMENTAIRE GENERAL DE L'EPREUVE

Le problème abordait de manière simplifiée des questions relatives à la technologie d'un moteur de maquette d'avion. Il évaluait en ce sens la curiosité du candidat et l'acuité de son raisonnement face à une problématique bien adaptée au programme de PSI. Le sujet situé aux interfaces de la Physique, de la Chimie et des Sciences de l'Ingénieur montrait les liens étroits existant entre ces trois branches complémentaires des sciences, le futur ingénieur se doit de les maîtriser.

L'épreuve couvrait un grand nombre de domaines traités durant les deux années de classes préparatoires, tant en physique qu'en chimie et comportait de nombreuses entrées indépendantes, le candidat pouvant ainsi aborder le sujet sous divers angles en fonction de ses connaissances ou de sa sensibilité. Pour leur grande majorité, les questions étaient très proches du cours, des relations (à redémontrer) étaient glissées dans l'énoncé comme autant de bouées tendues aux candidats pour ne pas perdre le fil du raisonnement. Les textes explicatifs donnaient des informations précieuses pour la bonne compréhension du sujet, il était important de les lire attentivement ... les réponses à certaines questions s'y cachaient !

Le niveau de difficulté très variable des questions et le caractère indépendant de certains paragraphes a ouvert pour bon nombre de candidats une "chasse aux points" alors qu'ils n'ont ni appréhendé, ni compris le fonctionnement global du dispositif proposé. Tous les correcteurs sont unanimes à dire qu'il serait plus profitable pour eux, en termes de points accumulés, à rédiger certaines parties dans leur globalité plutôt que de papillonner d'une question à une autre.

L'épreuve était longue mais elle présentait l'avantage d'offrir aux candidats la possibilité d'approfondir tel ou tel dispositif de fonctionnement du moteur en s'appuyant sur diverses parties du cours sans pour autant les défavoriser d'un point de vue notation, le barème ayant été aménagé en conséquence. Dans la mesure de ses aptitudes, le candidat était ainsi susceptible de s'exprimer largement dans le temps qui lui était imparti.

Dans l'élaboration du barème, le jury s'est attaché à valoriser :

- les raisonnements effectués avec rigueur et cohérence,
- les réponses claires, soigneusement justifiées et rédigées,
- la compréhension qualitative des phénomènes physiques mis en jeu
- l'analyse critique des résultats quantitatifs.

Il a en revanche sanctionné :

- l'utilisation indistincte de formules non justifiées,
- les questions de cours non assimilées,
- les résultats inhomogènes ou faux donnés sans commentaire,
- les applications numériques approximatives, délivrées sans unité ou avec un nombre abusif de chiffres significatifs,
- l'écriture illisible et l'absence de rédaction.

## **ANALYSE PAR PARTIE**

### *1<sup>ère</sup> Partie : Moteur de maquette d'avion*

#### A/ Le moteur électrique à courant continu

Cette première partie proche du cours a été plutôt bien traitée par les candidats et la mieux réussie. Les expressions de la force électromotrice du moteur et du couple des forces électromotrices étaient données de façon à ne pas pénaliser d'entrée tout candidat qui n'aurait pas su les retrouver. Certains ont fait preuve d'une certaine malhonnêteté intellectuelle pour les retrouver coûte que coûte. Les équations électrique et mécanique ont été bien établies. Le temps de réponse de  $5\tau$  pour atteindre un régime permanent à 1 % est aussi mal connu. Il y eu beaucoup d'inhomogénéité dans les résultats, elles étaient pourtant faciles à contrôler a posteriori.

Les connaissances techniques sur le fonctionnement en régime nominal du moteur à courant continu sont trop souvent inconnues des candidats. Pourtant, ces aspects expérimentaux en liaison avec les TP-cours sont une partie intégrante du programme de PSI. Une attention soutenue dans le cadre de ces TP permet de développer un savoir-faire et une culture expérimentale susceptibles de revaloriser l'écrit. Elle permet en outre une ouverture sur des aspects plus qualitatifs et sur les éventuelles applications électrotechniques.

Il ne faut pas négliger les applications numériques, elles permettent d'obtenir aisément des points précieux dont l'accumulation peut être très bénéfique au décompte final. Rappelons que tout résultat numérique sans unité ne peut être comptabilisé. L'unité du flux fut souvent farfelue.

## B/ Commande du M.C.C. par un hacheur

Le texte introductif de ce paragraphe était très important pour une bonne compréhension du dispositif, il fallait prendre le temps de le lire attentivement. Cette partie du sujet a bien été appréhendée par les candidats et, pour beaucoup, avec succès. Les élèves de PSI ont fait preuve là d'une réelle aisance dans l'analyse expérimentale.

Le rôle de la bobine de lissage est connu, par contre l'intérêt du courant moyen dans le réglage du couple mécanique et de la tension moyenne dans le réglage de la vitesse a été mal perçu. Les questions qualitatives sont pourtant des questions de bon sens et souvent une simple analyse des résultats obtenus. Si les candidats ont une réelle aisance à mener les calculs, ils omettent, ou ont souvent le plus grand mal, à en dégager le sens physique. L'analyse critique d'un résultat constitue une plus-value essentielle prise en compte dans la notation. Il est aussi essentiel de vérifier le réalisme d'un résultat.

## C/ Réalisation des signaux de commande du hacheur

Les bases de l'électrocinétique et l'analyse des dispositifs électroniques qui comportent des hacheurs et des amplificateurs opérationnels sont aujourd'hui mal maîtrisés.

Cette partie du problème, spécifique à la PSI, ne nécessitait que peu de connaissances et les résolutions mathématiques étaient simples. Les candidats ne reconnaissent pas assez immédiatement les montages de base à amplificateurs opérationnels : le suiveur, le soustracteur, le comparateur ... Il est essentiel de décomposer les dispositifs électroniques en schémas-blocs pour en faciliter le principe de fonctionnement. La rampe de tension périodique a été souvent observée sur les copies, sa comparaison à la tension de consigne correctement abordée, mais l'influence de la tension de consigne sur le contrôle de la vitesse de rotation du moteur a été trop peu commentée. La rédaction ne doit pas se restreindre à une suite de raisonnements mathématiques, les candidats y sont assez à l'aise, il faut aussi conclure par une phrase simple sur la signification physique du résultat obtenu.

## D/ Le capteur de vitesse

Cette partie était délicate et comportait diverses difficultés. Il fallait considérer un dispositif électronique en le décomposant en schémas-blocs simples pour « suivre » le signal électrique et compléter le tableau. Cet exercice de logique pure, sans connaissances ni difficultés mathématiques particulières, a fort peu réussi aux candidats. Si l'établissement des équations différentielles a posé peu de problème, en revanche, la détermination des conditions initiales a été largement vouée à l'échec. En conséquence, il fut pratiquement impossible pour la plupart des candidats de compléter les chronogrammes joints au texte de l'épreuve. Le terme « monostable » fut mal interprété car son principe de fonctionnement n'a pas été compris.

Le caractère intégrateur de l'AO8 à haute fréquence a été peu observé et les candidats ont curieusement eu les pires difficultés à analyser le fonctionnement d'un filtre passe-bas du premier ordre. L'analyse de son comportement en phase fut catastrophique.

## 2<sup>ème</sup> Partie : Métallurgie du cobalt

Les correcteurs ont noté avec satisfaction que la chimie a été largement abordée par les candidats.

## A/ Grillage sulfatant du sulfure de cobalt

Cette partie a été plutôt bien traitée par les candidats. Elle a souffert néanmoins d'applications numériques sans unités où associées à des unités mal adaptées : il est rappelé encore une fois que, dans ce cas, le résultat ne permet pas l'attribution de points. Le caractère exothermique de la réaction de grillage du sulfure n'a pas toujours été évident pour les candidats par confusion entre  $\Delta H$  et  $\Delta G$ . Si la représentation de la droite A dans un diagramme où  $\log p(\text{SO}_2)$  est porté en ordonnées et  $\log p(\text{O}_2)$  en abscisses a été correcte, en revanche les domaines d'existence de chacun des solides furent souvent erronés.

Comme nous le rappelons dans tous les rapports d'épreuve depuis des années, la notion d'affinité chimique est souvent confondue avec celle « d'affinité chimique standard ». Les constantes d'équilibres ont parfaitement été obtenues et leurs valeurs calculées par les candidats.

Les correcteurs ont souvent observés sur les copies le diagramme de prédominance du cobalt. De nombreux candidats l'ont bien analysé et ne furent pas déstabilisé par cette question.

## B/ Electrolyse du sulfate de cobalt

L'électrochimie, peut être victime de sa place dans le sujet, a été la partie la moins souvent abordée (seulement par 40 % des candidats) et la moins bien réussie par ceux qui l'ont cherchée. Le jury a dès lors particulièrement apprécié les quelques bonnes études de cette électrolyse.

Trouver les réactions aux électrodes semble être souvent une gageure : couples faux, notamment car la composition de la solution fluctue d'une copie à l'autre ... , confusion entre anode et cathode, entre réduction et oxydation, entre E et  $E^\circ$ .

Les courbes intensité-potential ont été peu souvent correctement abordées.

## ANALYSE DES RESULTATS

Le niveau général des connaissances a été jugé en progrès par les correcteurs, en référence aux épreuves des deux ou trois dernières années. Mais les réponses fournies restent encore approximatives et très souvent non justifiées, elles dénotent de connaissances trop superficielles.

L'épreuve a inspiré les candidats et toutes les questions, prises individuellement, ont été correctement résolues par un certain nombre. Les meilleurs d'entre eux sont parvenus à résoudre 80 % du problème et beaucoup de candidats ont traité à égalité les parties physique et chimie de l'épreuve.

Le barème était bien adapté à la diversité et au grand nombre de questions, il favorisait les questions simples de démarrage de chaque partie ainsi que les questions proches du cours. Une bonne partie de l'épreuve ne nécessitait que peu de connaissances, elle testait la logique des candidats. Mais il leur est encore très difficile de prendre du recul avec les calculs pour en dégager une analyse simple.

Traiter un problème de physique-chimie, c'est exposer la solution de façon claire et concise. Encore plus aujourd'hui qu'hier, il reste trop difficile pour beaucoup de candidats de rédiger leurs réponses de façon synthétique et compréhensible. La rédaction se réduit trop souvent à une succession d'équations sans explication ni articulation.

Après le traitement informatique d'usage, la moyenne s'élève à 9,03 sur 20, avec un écart-type de 3,69. Les correcteurs, dans leur globalité, constatent que de nombreux candidats voient leur note finale constituée d'un grappillage de points sans vraiment avoir compris une partie de l'épreuve, et surtout ayant écrit des énormités en Physique comme en Chimie, note qui risque de les rendre admissibles ...

## **CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS**

L'épreuve de tout concours se prépare en apprenant régulièrement son cours (sans négliger les travaux pratiques, riches d'informations pour comprendre les phénomènes). Tous les problèmes, pour ce type de concours comporte des questions proches du cours qui sont incontournables.

La préparation à la formation d'ingénieur ne consiste pas à apprendre une collection de formules, ni à les récrire avec l'aide précieuse de la calculatrice, sans justification, mais surtout à savoir analyser les résultats des expériences et leur modélisation. Les candidats ne devront pas se contenter de répondre mathématiquement aux questions posées, mais plutôt s'attacher à donner un sens (chimique ou physique) à leurs réponses et leurs analyses. Il serait également souhaitable pour eux qu'ils se présentent aux épreuves de concours en possédant le minimum de mathématiques utiles pour les sciences physiques.

L'ultime recommandation (la première, le jour de l'épreuve) serait de bien lire l'énoncé avant de se lancer dans la rédaction : les réponses à de nombreuses questions ou des informations relatives à la bonne démarche à suivre sont souvent glissées par le concepteur dans les phrases introductives ou de liaison entre les diverses parties, dans la formulation proprement dite des questions et même souvent dans les données numériques.