

phénomènes de grandeur et/ou de natures différentes. Intérêt annexe (mais non négligeable) : les représentations graphiques ne posent plus de problème d'échelle ce qui facilite en particulier les traitements numériques sur ordinateur.

III-C - Quelques candidats ont été surpris par la technique graphique utilisée pour tracer les portraits de phase, mais la plupart d'entre eux savent distinguer les différents régimes libres des systèmes du deuxième ordre. Par contre la réponse indicielle (un échelon unitaire) est assez rarement qualifiée.

IV - Commande en courant

IV-A - Le cycle formé de deux demi-cycles paraboliques symétriques est rarement identifié et donc la suite de la question rarement abordée. L'analyse énergétique est donc quasi absente, en particulier le fonctionnement de la machine à courant continu en génératrice assistée n'est pas identifié.

IV-B - Le partage du plan par le signe d'un polynôme du premier degré est généralement obtenu mais bien sûr il fallait avoir compris la question précédente pour traiter complètement celle-ci. La "symétrie" des arcs paraboliques successifs n'est pas évoquée.

IV-C - La recherche de la trajectoire optimale est grandement facilitée par la symétrie évoquée ci-dessus.

IV-D,E - Lorsque les étapes précédentes ont été comprises (ce qui est rare), l'introduction d'un seuil est sans difficultés.

IV-F - Les candidats retrouvent ici une situation électronique qui leur est beaucoup plus familière. Cette question est donc souvent abordée et avec réussite. Quelques conseils cependant :

- un intégrateur est généralement amplificateur car la relation $y = A \int x dt$ fait généralement intervenir un "gain" A dimensionné (sauf si $[y] = [x][t]$).
- L'amplificateur opérationnel A_3 fonctionne bien en régime linéaire tant qu'il n'est pas saturé !
- L'intérêt de la boucle IV-F5 n'apparaît bien sûr que lorsque les équations de bases du problème ont été comprises.

V - Classification des systèmes auto-oscillants

Cette partie, indépendante des autres, utilise encore les portraits de phase.

V-A - Il convenait de souligner le caractère non linéaire du comportement de l'amplificateur opérationnel. La valeur zéro pour $\varepsilon = v_+ - v_-$ nécessaire au raisonnement doit être utilisée par référence au basculement de la sortie de l'amplificateur opérationnel.

Les signaux x,y et le portrait de phase sont assez souvent obtenus, montrant que cette question de cours est plutôt bien connue.

V-B1 - La valeur de la discontinuité de i en $v = \pm S$ est rarement indiquée ($\Delta i = 2S/R_0$). Le tracé de la caractéristique du DNL est un très bon moyen de mettre cette discontinuité en évidence.

Les 4 dipôles étant en parallèle, l'une des intensités étant discontinue, une autre au moins l'est. Mais ce n'est pas ainsi que la plupart des candidats comprennent cette question. Ils cherchent quel dipôle s'oppose à cette discontinuité, évoquant le rôle de la bobine pour "lisser" le courant et donc compenser la discontinuité de courant du DNL. Il fallait au contraire indiquer la nécessaire continuité de i dans la bobine et dans R (car le courant dans R est proportionnel à V qui est aussi la tension aux bornes d'un condensateur, donc continu). Seul le courant dans le condensateur peut-être discontinue ce que chaque candidat a constaté lors de l'étude de la réponse indicielle d'un condensateur.

V-B2 - Un portrait de phase elliptique est souhaité : un régime sinusoïdal est donc souhaité !

Après l'avoir affirmé, les deux méthodes classiques de PSI sont à nouveau en concurrence : fonctions de transferts ou équation différentielle. La suite de cet exercice est alors une question de cours certes classique mais de bonne difficulté.

Physique-chimie

Le sujet

Le sujet de Physique-Chimie PSI 2000 abordait les thèmes suivants :

- l'écoulement d'un fluide visqueux autour d'une sphère. L'étude est autant théorique qu'expérimentale et s'applique à l'expérience historique de la mesure de la charge électrique élémentaire par Millikan.
- Le cuivre et quelques unes de ses formes oxydées, en phase sèche et aqueuse.

L'ensemble des questions survolait une grande partie du programme de PSI et demandait de la part des candidats à la fois des connaissances précises sur le cours et de la réflexion.

Analyse des réponses des candidats

Cristallographie :

Les règles régissant la structure électronique sont connues des candidats. Un certain nombre sait que le cuivre est une exception aux règles de Pauli et de Klechkovski (qui ne s'appelait ni Tchekovski ni Mikovski, ni vraiment musicien ni vraiment mathématicien, ce chimiste redoutable !) et le Jury a bien entendu accepté les deux structures électroniques. La structure cubique compacte, citée dans l'énoncé, a été le plus souvent correctement associée au réseau cubique faces centrées et l'expression du nombre d'Avogadro en est bien déduite. En revanche, le site octaédrique au centre du cube a été souvent oublié et l'application numérique est très mal traitée. L'énoncé demandait explicitement de veiller à la précision du résultat et de rares candidats ont vu que seul un chiffre était significatif. Des réponses fantaisistes ont été trouvées, signalant la méconnaissance d'un nombre fondamental du Système International. Au contraire, certaines expressions littérales fausses aboutissaient à la bonne valeur numérique de N_A , sans autre commentaire ! Faut-il rappeler que le Jury n'est pas dupe d'une telle astuce ?

Diagrammes d'Ellingham :

Si le tracé des courbes $\Delta_r G^\circ(T)$ est fait convenablement, leur exploitation n'est abordée que dans une minorité de copies et elle n'est faite correctement que dans de plus rares copies encore. L'équilibre de dismutation entre le cuivre et ses oxydes (I) et (II) est souvent faux.

Le Jury attendait une détermination de la stabilité des oxydes du cuivre à partir du signe de l'affinité des réactions ou le calcul du déplacement de l'équilibre lorsque la pression de dioxygène variait. Le tracé d'une droite en $RT \ln P(O_2)/P_o$ permettait d'en déduire les domaines de stabilité sous la pression de dioxygène ambiante. Le Jury a bien noté les réponses faisant appel à un raisonnement juste et clairement exposé.

Le calcul de la variance semble suivre des règles aléatoires, son interprétation est très mal faite. En particulier, beaucoup de candidats en déduisent, sans explication, l'instabilité de Cu_2O . La réaction de dismutation ne concernant que des phases solides, la pression n'était pas facteur d'équilibre. Dans ce cas, on trouvait une variance nulle et le signe de l'affinité permettait ensuite de justifier la stabilité de l'oxyde.

Électrolyse :

Il s'agit de la partie chimie qui est la moins bien réussie par les candidats, alors qu'elle ne présentait pas de difficultés particulières. Si l'association cathode-réduction et anode-oxydation est bien connue, trop de candidats se contentent de donner la liste de toutes les réactions entre toutes les espèces du formulaire, sans se demander quelles sont les espèces **présentes** dans la solution. Rappelons que ces réactions prélevaient des électrons à la cathode et en fournissaient à l'anode, électrons qui doivent donc apparaître dans les équations de 1/2 réaction. La notion de passivation de l'électrode est mal comprise.

Équation de Navier-Stokes

Les forces de viscosité, l'équation de Navier-Stokes, sont des expressions vectorielles. Trop de candidats pensent que ce n'est qu'un détail. Le nombre de Reynolds, dont l'expression est souvent donnée correctement, n'a une signification qu'en ordre de grandeur et il est illusoire de donner un sens à une précision de plus de deux chiffres. La nature du régime d'écoulement aux grands et petits nombres de Reynolds est connue. En revanche, se contenter de décrire la courbe $C_x(R_e)$ en disant qu'elle décroît sur un domaine, qu'elle est constante sur un autre, est totalement insuffisant. Il fallait interpréter la courbe en invoquant les expressions des forces de traînée (Stokes, $-kv^2$), le décrochement de la couche limite et les conséquences sur le mouvement de la sphère.

Expérience de Millikan

L'énoncé demandait de citer une expérience simple permettant de mesurer le rapport e/m de l'électron. Un nombre significatif de candidats a bien répondu en citant, et certains en détaillant les calculs, la déviation d'un faisceau d'électrons par un champ électrique et/ou magnétique. La réponse : "on utilise un champ E ou B" est évidemment insuffisante. Il fallait donner en quelques mots ou par un schéma clair, le principe de la mesure.

Les questions suivantes avaient pour objet de modéliser l'expérience de Millikan en identifiant tout d'abord les différentes forces auxquelles les gouttelettes étaient soumises. Beaucoup ont oublié la poussée d'Archimède. L'expression vectorielle de l'équation de la résultante dynamique a paru superflue à certains candidats ; de même que l'application numérique des trois grandeurs a été trop souvent bâclée : ordres de grandeurs fantaisistes, unité fausse ou omise. Le Jury a bien noté la discussion de la faisabilité de l'expérience, argumentée par les valeurs obtenues. Nous tenons à faire remarquer à beaucoup de candidats qu'une tension de 1200 V n'est pas difficile à obtenir.

On observait les gouttelettes avec une lunette et l'énoncé demandait d'appliquer une formule de conjugaison simple. Les erreurs, nombreuses, provenaient le plus souvent d'erreurs de signe dues à la confusion entre valeurs algébriques et absolues.

La dernière partie présentait des données expérimentales, qu'il fallait interpréter pour en déduire une estimation de la charge élémentaire. Seule une poignée de candidats a vu qu'il fallait tracer cinq droites de pente positive. C'est la partie du sujet la moins abordée.

Formule de Stokes

Les conséquences de l'incompressibilité du fluide sur le champ de vitesse sont bien comprises. Il fallait ensuite annuler les deux composantes de la vitesse sur la paroi solide, le fluide étant visqueux ! L'énoncé demandait de qualifier l'écoulement : un nombre élevé de copies associait écoulement potentiel **et** rotationnel, sans se rendre compte de la contradiction. Manifestement, beaucoup de candidats ont confondu "divergence nulle" et "potentiel". Le Jury a sanctionné un calcul du champ de pression qui aboutissait à une pression négative sur une moitié de la sphère. Le sens physique clair de la réponse aurait dû faire remarquer aux candidats qu'ils avaient oublié la constante d'intégration.

Conclusion, à l'usage des futurs candidats :

Le Jury tient particulièrement aux points suivants :

- Respecter la nature vectorielle ou algébrique des termes d'une équation. Prendre le temps de vérifier les signes et les sens des vecteurs.
- Argumenter, même sommairement, le choix des réponses : bilan des forces, réactions qui ont effectivement lieu...
- Prendre le temps d'interpréter les résultats, les applications numériques. Le Jury a attaché de l'importance (et donc des points) aux réponses qui montraient une réelle compréhension de la part du candidat.

Sciences Industrielles

ANALYSE DU SUJET :

Sujet intéressant avec un vrai fil conducteur qui consiste à analyser plusieurs solutions.

Le sujet n'est pas trop difficile et de bonne longueur : environ un candidat sur trois a le temps d'aborder la dernière question.

L'étalement des moyennes des trois parties (48 % du barème pour la 1ère partie, 42 % et 22 %) montre la bonne progressivité du sujet.

Le sujet correspond bien à l'esprit de la filière, avec notamment des questions de "culture technologique".

Le sujet présente une **suite d'analyses cohérentes et progressives** d'un même problème (la raideur d'un palier de broche d'usinage).

ANALYSE DES RÉACTIONS DES CANDIDATS :

La qualité générale des copies est bonne, le point faible étant toujours la justification claire des choix ou des résultats obtenus :

- dans les copies faibles où les calculs sont absents, les justifications sont soit inexistantes soit trop longues et souvent "tortueuses",
- certaines copies présentes des calculs justes sans aucun commentaire et justifications physiques associées, ceci est inacceptable : exemple Q17, après des calculs de dynamique assez longs, trop de candidats négligent de répondre à la question finale de conclusion,
- quelques copies allient judicieusement les calculs et les justifications succinctes et crédibles. Dans ce cas, les calculs servent à appuyer les justifications à partir d'ordre de grandeur réalistes.

Les questions numérotées contenaient parfois beaucoup de sous-questions (exemple Q4 avec 6 sous questions). Les candidats ont alors tendance à répondre partiellement en oubliant ou en négligeant certaines parties de la question.

Le comportement d'un nombre important de candidats est de rechercher systématiquement les calculs, en ignorant le fil conducteur du sujet. Exemple : beaucoup passent de la Q12 - 13 (calculs d'automatique) à la Q 17 (calculs de dynamique) sans se soucier des questions intermédiaires.

Erreurs fréquentes :

- beaucoup d'erreurs d'unité qui montrent que les candidats ne possèdent pas l'esprit critique nécessaire. Par exemple des vitesses de rotation de la broche exorbitantes en millions de tours par minutes ou des raideurs infimes de 10^{-8} N/m ou encore puissance exprimée en $J.\text{min}^{-1}$.

A noter que la question d'automatique n°12 qui pouvait sembler difficile a été bien traitée par les candidats.

- Certains candidats ne font pas la différence entre schéma cinématique et graphe de structure (Q4)