

Physique II

Présentation du sujet

Le sujet décrit le principe d'un débitmètre à effet Coriolis, permettant d'accéder à la mesure du débit massique de fluide traversant une canalisation. Il s'agit ici d'une mesure directe du débit massique, par opposition avec les débitmètres effectuant une mesure de débit volumique, pour lesquels le débit massique est accessible si l'on connaît la masse volumique.

La partie préliminaire est un bref retour sur les notions d'accélération et de force due aux effets d'inertie de Coriolis.

La seconde partie est le cœur du sujet. Elle conduit à montrer qu'un écoulement de fluide dans un tube vibrant affecte les vibrations du tube : deux points judicieusement choisis ont des oscillations déphasées, le déphasage étant proportionnel au débit massique de l'écoulement. La troisième partie est une ouverture sur les phénomènes d'induction, en décrivant le principe des capteurs de vitesse qui servent d'interface entre le tube vibrant et le module électronique qui est étudié dans la quatrième partie.

Analyse globale des résultats

La première partie évalue des notions délicates mais très proches du cours de mécanique du point. Elle a été abordée par la quasi totalité des candidats.

La seconde partie évalue à la fois la capacité de mise en équations d'un problème de mécanique, et de compréhension d'un phénomène de propagation. Elle représente plus de la moitié des points obtenus par les candidats, qui ont eu plus de réussite dans l'étude des vibrations que dans la prise en compte des effets mécaniques de l'écoulement.

La troisième partie a été la moins réussie.

La quatrième partie était sans doute la plus facile. Beaucoup de candidats n'en ont pas bénéficié, faute d'y avoir consacré un temps suffisant.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux candidats

Partie I - Étude préliminaire

Des candidats ne répondent pas complètement aux questions posées (expressions des accélérations dans la base précisée par l'énoncé) ; la justification $R_x = 0$ (absence des frottements) n'est que rarement fournie ; les erreurs de signe sont fréquentes.

Partie II - Principe du débitmètre à effet Coriolis

A. Étude générale des vibrations du tube en absence de fluide

La mise en équations de la corde vibrante est généralement maîtrisée et conduit à l'équation de d'Alembert correcte ; toutefois on trouve parfois un manque de rigueur dans la définition des tensions, et même dans quelques copies une confusion entre masse linéique et masse volumique. Certains candidats ont le mérite de vérifier explicitement l'homogénéité dimensionnelle de leur équation d'onde, tandis qu'à l'opposé, d'autres proposent sans commentaire une équation inhomogène.

La plupart des candidats identifie correctement une onde stationnaire, mais on trouve parfois la qualification surprenante d'« onde stationnaire progressive ».

B. Interaction entre le fluide en écoulement et le tube vibrant

1. Il y a couramment confusion entre stationnaire et incompressible, entre D_m et D_v .

Certains candidats énoncent toutes les propriétés de l'écoulement, en laissant le choix aux correcteurs de choisir celle qui est décisive pour l'uniformité de la norme de la vitesse.

Pour beaucoup de candidats, la stationnarité implique ou est équivalente à l'uniformité de la vitesse.

3. La liste des forces est très souvent soit incomplète (oubli des forces pressantes), soit plus rarement redondante (forces pressantes sur la surface de contact avec la paroi comptées deux fois).

4. Dans les expressions des forces dues aux effets d'inertie, il y a fréquemment confusion entre la masse du tronçon et la masse de fluide traversant la section pendant une durée dt .

5. Le système fermé sur lequel porte le bilan n'est que très rarement explicité ; la confusion entre systèmes ouvert et fermé est fréquente. La direction de la variation temporelle de la quantité de mouvement apparaît souvent de façon autoritaire sans justification.

6, 7 et 8. Les réponses sont rarement satisfaisantes.

C. Étude des vibrations du tube en présence d'un écoulement

2. Bien que l'énoncé précisait le système, certains candidats n'en tiennent pas compte (Principe fondamental de la dynamique appliqué au système tuyau + fluide), ajout des forces dues aux effets d'inertie alors que le référentiel d'étude de cette question est galiléen.

4. c) Beaucoup de candidats effectuent des calculs en supposant A réel alors que ce coefficient est complexe. Les dates accompagnant les allures du tuyau sont souvent erronées.

7.c) Les unités sont rarement précisées dans l'application numérique.

D. Autre géométrie de débitmètre à effet Coriolis : le tube en U

Sous-partie peu abordée ou mal traitée.

Partie III - Étude d'un capteur de vitesse

A. Principe de fonctionnement du capteur

1. Beaucoup de mauvaises réponses, invoquant en particulier des arguments de symétrie hors de propos.
2. Trop de candidats pensent qu'une fem induite est nécessairement associée à un courant induit non nul. Alors que B est stationnaire dans l'énoncé, il devient variable dans les copies de certains candidats.
3. a) certains élèvent pensent que les champs électriques dans l'ARQS se calculent comme en électrostatique alors que c'est faux (induction) ; seuls les champs magnétiques se calculent comme en magnétostatique.
3. b) Les conventions d'orientation mal définies pour les grandeurs algébriques, par exemple pour l'expression de la fem \mathcal{E}_{AB} (circulation).
4. La majorité des candidats ne tient pas compte du fait que $i = 0$ d'où des mauvaises justifications (résistance de la bobine grande ou faible, auto-induction négligée).

B. Étude du champ magnétique de l'aimant en un point de son axe

1. L'énoncé attendait une argumentation numérique pour comparer les champs magnétiques créés par une bobine et un aimant.
2. Confusion entre M et nI dans l'expression de $B(z)$.
3. Justification cohérente rarement fournie.

C. Étude de la tension aux bornes de la bobine

1. Ne pas oublier le nombre N de spires dans l'expression du flux.

Les questions suivantes de cette sous-partie ont été peu abordées.

Partie IV - Filtrage du signal et mesure du déphasage

A. Filtrage

1. Les explications correctes ont été rarement fournies. Les fréquences parasites inférieures à 80Hz ne proviennent pas forcément des ondes électromagnétiques émises par un portable...
2. Correctement traité.
3. Trop peu de candidats ont répondu à la question posée en raisonnant sur les comportements asymptotiques (BF et HF) à partir du montage. On ne demandait aucun calcul.
4. La mise en forme de la fonction de transfert a représenté une difficulté insurmontable pour la grande majorité des candidats. Confusion entre pulsations de coupure et de résonance.
5. Assez bien traité en général.
- 6 et 7. Questions peu abordées.

B. Mesure du déphasage à l'oscilloscope

1. Les affirmations sans justification sont sans valeur ; certaines justifications font apparaître que la différence entre les couplages AC et DC n'est pas toujours comprise.
2. Rappelons qu'un déphasage peut s'exprimer en radians ou degrés, mais pas en secondes ou en carreaux. Certains candidats ont prétendu qu'il était impossible de répondre à cette question en l'absence d'échelle de temps en abscisse.
3. Correctement traité.

C. Phasemètre à bascule

1. a) Des candidats ont tracé une caractéristique de transfert statique avec un gain fini de l'AO.
1. c) Les instants de basculement ne sont pas toujours bien définis.

La suite a été peu abordée mais quelque fois bien traitée.

Conclusion

L'évaluation est plus bienveillante lorsque le correcteur n'est pas agacé par un laisser-aller dans l'orthographe, en particulier des noms propres (« Coriolis » « Faraday »,...) et des noms de théorèmes (« principe fondamentale de la dynamique »...).

Malgré la longueur du sujet, rappelons aux candidats qu'il est illusoire de gagner du temps :

- par une lecture incomplète de l'énoncé ;
- par une rédaction insuffisamment explicite (choix du système, du référentiel, du théorème de dynamique choisis) ;
- en négligeant ou en omettant les schémas qui s'imposent ;
- en omettant les contrôles d'homogénéité dimensionnelle ;
- en réduisant les applications numériques à un simple calcul numérique : il faut également se soucier de l'unité (le tesla pour le champ magnétique) et se limiter à un nombre raisonnable de chiffres significatifs.

Rappelons aussi que, lors de la résolution d'un problème de physique, une suite de calculs ne dispense pas de faire des phrases pour expliciter un raisonnement.

Chimie

Présentation générale du sujet

Le sujet de cette année comporte deux parties indépendantes. La première consiste en une analyse de la structure de l'ion cyanure puis une mise en évidence de quelques-unes de ses propriétés (base, ligand nucléophile) pour enfin étudier deux applications concrètes : le principe d'extraction métallurgique de l'argent par cyanuration et le rôle de précurseur des ions cyanure dans la chimie mécanistique. Cette première partie fait notamment appel à de nombreux thèmes abordés en première année des classes préparatoires (structure électronique des molécules, équilibres chimiques en solution aqueuse, cinétique). La seconde partie à dominante organique traite de la synthèse du cholestérol et faisait davantage appel aux connaissances acquises en seconde année.

Les compétences évaluées sont :

- les études qualitative et quantitative de divers résultats expérimentaux (les résultats de Lapworth en cinétique, le tracé de la courbe de solubilité du cyanure d'argent...) ;
- la proposition de modèles théoriques et leur analyse critique (le mécanisme de formation de cyanhydrine) ;
- l'examen d'un procédé d'élaboration industrielle (l'argent) à partir de la détermination de diverses grandeurs (pH, potentiel, solubilité) et du tracé et de l'exploitation d'un diagramme bidimensionnel (tracés et superposition de diagrammes E-pCN) ;
- la maîtrise du vocabulaire scientifique adapté (lixiviation, cémentation, régiosélectivité, contrôle frontalier...) ;
- l'analyse de la logique d'une synthèse organique dans le but d'atteindre une molécule-cible (le cholestérol) et la justification des choix effectués (ordre et nature des transformations) ;
- la mise au point d'un protocole opératoire (pour extraire et purifier un produit) et l'analyse critique de procédés expérimentaux dans le choix des réactifs et des conditions requises (chimiosélectivité d'un hydruure, température de travail, proportions utilisées...).

Analyse globale des résultats

Les deux parties du sujet ont été traitées de manière équivalente, tant sur le plan quantitatif que sur la qualité des copies. Sur l'ensemble des copies, au moins une bonne réponse a été apportée à chaque question.

Mais cette analyse globale est trompeuse car la partie consacrée aux solutions aqueuses (Partie I.B du procédé hydrométallurgique) est de très loin la plus mal traitée : elle est heureusement compensée par une bonne prestation en cinétique (I.C) et de manière plus hétérogène dans l'étude structurale (I.A).

Les candidats possèdent des connaissances solides : les diagrammes d'orbitales des molécules diatomiques homonucléaires sont bien tracés, les conditions opératoires des transformations organiques usuelles sont correctement précisées, les mécanismes sont justement formalisés, l'approche orbitale des réactions est maîtrisée.

En revanche, l'analyse critique des résultats obtenus est rare (nombre de candidats indiquent une valeur de pH inférieure à 7 après avoir justifié dans la question qui précède les propriétés basiques du composé mis en jeu).

De même les candidats ont des connaissances qu'ils ne savent pas justifier (dans la corrélation d'un diagramme d'orbitales moléculaires par exemple) ou adapter au problème précis qu'il leur est posé (une addition 1,4 d'un organocuprate plutôt qu'une réaction acido-basique). L'analyse globale de la logique de synthèse est très délicate même pour les candidats qui expliquent avec intelligence la succession des transformations.

Enfin, le vocabulaire scientifique n'est pas suffisamment maîtrisé (la « cémentation », la nomenclature systématique en chimie organique) et la rigueur fait parfois défaut (le dénombrement des centres stéréogènes d'une structure indiquée dans l'énoncé, la