

# Physique-chimie 1

## Présentation du sujet

Le sujet porte sur l'étude d'un dispositif de sustentation magnétique pour les trains tels que le Transrapid ou le SCMaglev. Il est constitué de quatre parties indépendantes et aborde les thèmes suivants :

- le magnétisme et le ferromagnétisme, ainsi que la conversion électro-magnéto-mécanique (dans les parties I et II) ;
- l'étude de circuits électriques (partie III) ;
- la thermodynamique (partie I) ;
- la mécanique et mécanique des fluides (partie IV).

## Analyse globale des résultats

Le sujet, composé de 41 questions, dont un nombre non négligeable de questions de cours, est de longueur très raisonnable compte tenu de la durée de l'épreuve. De nombreux candidats parcourent l'intégralité du sujet et traitent une grande partie des questions.

Pour de nombreux candidats, la maîtrise du cours n'est pas suffisante. Des relations aussi fondamentales que les relations de Maxwell sont très rarement citées correctement. Par ailleurs, beaucoup de candidats connaissent des formules ou des lois sans avoir compris en profondeur le cadre de leur application (hypothèses, etc.), ni leur signification.

Les applications numériques, pourtant réalisées avec la calculatrice, conduisent trop souvent à des résultats faux, voire aberrants, sans que cela n'amène un commentaire éclairé de la part du candidat. Beaucoup de candidats donnent un nombre de chiffres significatifs peu pertinent, ce qui conduit à ne pas valoriser le calcul.

Certains candidats proposent directement des applications numériques sans présenter de formule littérale. Une application numérique fautive ne permet alors pas de valoriser une expression littérale par ailleurs correcte.

## Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

### Partie I

**Q1.** Cette question non guidée a été très diversement réussie. Certains candidats ont proposé une démarche complète et pertinente. Pour ce type de question, le jury apprécie fortement que le candidat précise les étapes de son raisonnement avant de se lancer dans les calculs.

Il convenait dans un premier temps de déterminer, connaissant la valeur du champ magnétique, le courant  $i$  circulant dans le solénoïde ainsi que la puissance dissipée par effet Joule. Il convenait d'explicitier la légitimité de l'hypothèse d'un solénoïde infini. L'expression  $\vec{B} = \mu_0 n i \vec{u}_z$  n'est pas toujours bien maîtrisée (confusion entre  $n$  et  $N$ ). L'expression de la résistance électrique  $R = \rho \ell / S$  a souvent posé problème. Il y a eu de nombreuses confusions entre  $\ell$  et  $L$ .

Dans un deuxième temps, un bilan d'énergie appliqué au fil électrique permettait d'obtenir la température du fil et de montrer que celui-ci allait fondre. Plusieurs approches (régime stationnaire, régime transitoire) ont été valorisées. Dans chaque cas, il convenait d'expliquer les hypothèses simplificatrices envisagées.

**Q3.** L'application du premier principe industriel se fait trop souvent sans justification des hypothèses de travail et se résume à l'application d'une formule. Le choix du système n'est que rarement spécifié.

**Q4.** L'argument repris le plus souvent concerne le débit d'eau et non la surface d'échange. Certains candidats répondent à cette question alors que les questions 2 et 3 n'ont pas été traitées.

**Q5.** Beaucoup de candidats parlent de résistance électrique faible dans l'état supra-conducteur, très rarement de résistance nulle.

## Partie II

**Q6.** Des confusion récurrentes sur  $\mu$ ,  $\mu_r$  et  $\mu_0$ .

**Q7.** Cette question, notée en tout ou rien, n'a été que trop rarement bien traitée. En particulier, l'hypothèse d'ARQS n'implique pas  $\overline{\text{rot}} \vec{E} = 0$ . L'équation de Maxwell-Ampère était attendue avec le vecteur excitation magnétique  $\vec{H}$ , introduit à la question précédente.

**Q8.** La propriété de flux conservatif est bien vue mais pas toujours correctement énoncée (flux continu par exemple).

**Q11.** L'allure du cycle hystérésis doux /dur est globalement connue. Beaucoup de candidats passent cependant directement à l'approximation du modèle linéaire sans préciser les hypothèses (cycle étroit, hors saturation).

**Q13.** L'ordre de grandeur de  $\mu_r$  est souvent sous-estimé. Rappelons également que  $\mu_r$  est une grandeur adimensionnée.

**Q14.** Trop de candidats ont écrit le théorème d'Ampère avec  $\vec{B}$  au lieu de  $\vec{H}$ . Cela implique des calculs faux pour les questions suivantes et une « bidouille » pour retrouver la bonne expression de  $L(z)$  à la question 17.

**Q15.** Les conventions d'orientations devaient être explicitées dans le raisonnement.

**Q16.** Les candidats doivent veiller à comparer des grandeurs de même dimension dans l'analyse en ordre de grandeur.

**Q20.** Beaucoup d'erreurs (puissances de 10) lors de l'application numérique. L'erreur de conversion kilogrammes / tonnes n'est malheureusement pas si rare.

**Q21.** Certains candidats trouvent un nombre d'électroaimants de l'ordre du milliard sans en être troublés.

**Q22.** Diverses méthodes étaient possibles. Attention à ne pas oublier l'énergie potentielle de pesanteur pour un raisonnement énergétique. Cette question n'a généralement pas été bien traitée.

## Partie III

**Q23.** De nombreux candidats ont repris tous les calculs ce qui n'était bien sûr pas nécessaire.

**Q24.** Question souvent bien traitée. Le développement limité mène parfois à des résultats étranges.

**Q25.** L'utilisation d'un pont diviseur de tension donnait un résultat immédiat et évitait des calculs parfois fastidieux.

**Q26.** Question souvent bien traitée. Des confusions entre ALI idéal et régime linéaire en termes d'implication.

**Q27.** Question souvent bien traitée.

**Q28.** Le cours est connu mais pas adapté au sujet où  $|T_0| < 1$ . Un diagramme de Bode demande un diagramme en gain et en phase. L'étude asymptotique est souvent manquante ou bâclée. Le signe de  $\Delta z$  n'est pas évoqué.

**Q30.** Sur cette question simple, peu de candidats relie la pulsation de coupure à une atténuation de 3 dB. Beaucoup parlent de pulsation propre ou de pulsation de cassure !

**Q31.** La réponse attendue était  $\omega \gg \omega_0$  et non  $\omega > \omega_0$ .

**Q32.** L'application numérique donne  $\omega \approx 4\omega_0$  et ne permet pas de conclure que  $\omega \gg \omega_0$ . Une justification quantitative est donc attendue ce qui a rarement été le cas. De nombreux candidats n'ont pas saisi l'origine de  $\varphi$ .

**Q33.** De même, la réponse n'était pas  $\varphi = 0$ .

**Q34.** Question généralement bien traitée. Des confusions cependant quant à la pulsation parfois identifiée au terme  $2\omega t + \varphi$ .

**Q35.** et **Q36.** Question généralement bien traitées.

**Q37.** Trop de candidats ont confondu écart et écart relatif.

#### Partie IV

**Q38.** De nombreux candidats calculent la puissance de contact du Transrapid, ce qui dénote une compréhension assez superficielle du dispositif étudié. Le terme  $\mu$  ou  $\rho$  dans l'expression de la force de trainée est trop souvent mal interprété. De nombreux candidats ont utilisé la formule de la trainée en considérant que la masse volumique qui intervient est celle du véhicule et non celle de l'air. Au vu de la différence importante du nombre de passagers transportés par les deux dispositifs, un bilan par passager était attendu ce qui a rarement été le cas.

**Q39.** Peu de candidats ont bien compris/lu que la puissance de freinage était constante. Trop souvent c'est la force de freinage qui a été considérée comme constante. Cette démarche n'a pas été valorisée.

**Q40.** et **Q41.** Ces questions ont été relativement peu traitées.

#### Conclusion

Il est recommandé aux futurs candidats :

- de ne pas aller trop vite sur les questions proches du cours ;
- de bien justifier les hypothèses faites pour les questions non guidées ;
- de ne pas négliger les applications numériques et d'exprimer les valeurs avec un nombre approprié de chiffres significatifs et de ne pas hésiter à commenter ces valeurs.

Tout comme l'année précédente, le jury tient à souligner le niveau tout à fait remarquable de certaines copies et encourage tous les candidats à persévérer dans leurs efforts.