

# Physique-chimie 2

## Présentation du sujet

Le sujet est décomposé en trois parties totalement indépendantes. Une première partie détaille l'électronique analogique d'un accordeur de guitare, une deuxième a pour objet d'évaluer la puissance de chauffage d'une voiture de TGV et une troisième aborde l'effet Hall dans un métal puis un semi-conducteur dopé. Aucune de ces parties ne contient de chimie contrairement aux sujets physique-chimie 2 des années précédentes.

La partie I permet aux candidats de mettre en pratique leurs connaissances sur les filtres analogiques (passifs/actifs) et comparateur à base d'ALI dans une situation pratique d'extraction du fondamental d'un signal avant comparaison.

La partie II offre également un contexte concret : estimation de la puissance de chauffage nécessaire à une voiture de TGV dans des conditions spécifiées. Après une phase de rappel des résultats essentiels du cours de thermique de TSI (équation de diffusion, résistances thermiques), les candidats doivent faire preuve d'initiative dans la modélisation de la résistance thermique totale du wagon et l'estimation des pertes calorifiques.

La partie III traite de l'effet Hall à priori inconnu des étudiants, mais présenté de façon très progressive et détaillée.

## Analyse globale des résultats

Le niveau moyen des copies s'est révélé plutôt meilleur que les années précédentes sur ce sujet.

L'électronique analogique (partie I) était très présente puisqu'elle pesait 52 % du barème (en accord avec le nombre de questions qui lui étaient attribuées). La thermique représentait 30 % (partie II) et l'électromagnétisme 18 % (partie III).

Les candidats ont été nettement plus inspirés par la partie I que par les deux suivantes. Le nombre de questions abordées et l'efficacité (37 %) le démontrent alors que les parties II et III récoltent respectivement 20 % et 14 %.

Les défauts récurrents des copies dans la partie d'électronique analogique sont : le manque de précision dans les définitions (fréquence de coupure à  $-3$  dB, filtre passe-bande...), la confusion dans le vocabulaire des décompositions spectrales (la composante continue très fréquemment confondue avec la composante fondamentale !), la méconnaissance de relations de base (comme  $q = Cu$ ) et enfin les rédactions vagues censées prouver l'identification des spectres proposés (on applique ces filtres à un signal connu donc on ne parle plus de basses, moyennes et/ou hautes fréquences mais bien du continu du signal, de son fondamental autour de 320 Hz et de telles ou telles harmoniques multiples de 320 Hz).

Concernant la partie II, l'écriture correcte des transferts thermiques et le bilan faisant apparaître l'énergie interne d'une tranche ne sont toujours pas maîtrisés par la majorité alors qu'il s'agit de démonstrations de cours. Cela traduit sans doute la fâcheuse tendance à apprendre par cœur des « formules » (comme l'équation de la diffusion thermique) sans chercher à en comprendre les origines. Quant à l'obtention numérique de la résistance thermique équivalente au wagon et des pertes thermiques, les prétendants à la résolution ont été un peu plus nombreux que d'ordinaire sur ces questions de type « résolution de problème » dans la mesure où la stratégie était assez prévisible et linéaire. C'est un signe positif. Pourtant cet effort ne peut être récompensé lorsque le candidat n'est pas capable de déterminer convenablement les aires traversées ou lorsqu'il additionne les résistances thermiques des vitres et des parois.

Enfin, dans la partie III, le jury a surtout été déçu de voir rarement bien exploité le mouvement rectiligne des particules en régime permanent pour déduire le champ de Hall de l'expression de la force de Lorentz. Il ne faut pas s'imaginer que le parachutage d'une « formule » aléatoire permet de s'affranchir de l'analyse d'une situation physique.

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

### I Accordeur de guitare

**Q4.** Dès cette question d'analyse spectrale, un nombre inquiétant de copies confond le fondamental et la composante continue (valeur moyenne du signal). Le vocabulaire scientifique doit être maîtrisé.

**Q8.** Beaucoup de temps perdu lors du calcul de la fréquence de coupure à  $-3$  dB pour les candidats semblant ignorer que cela correspond à un gain linéaire divisé par la racine positive de 2. Ensuite, il faut analyser le rôle de ce filtre dans le contexte du signal qu'on lui soumet : élimination ici de sa composante continue et non atténuation des « basses fréquences ».

**Q11.** Trop d'impédances équivalentes égales à des inverses d'impédances sur cette association parallèle.

**Q15.** Des chiffres non significatifs très excessifs sur les calculs de  $f_2$  et  $G_0$ . Sans compter les gains linéaires exprimés en dB.

**Q16 et Q17.** Des définitions précises du filtre passe-bande et de sa bande passante sont exigibles : ni « pic » ni « composantes bloquées ».

**Q19.** Justifier signifie justifier. Non, on ne « voit » pas « bien que le spectre correspond puisqu'on retrouve les fréquences voulues ».

**Q26 et Q27.** Mauvaise utilisation du symbole de l'inégalité : une tension seuil égale une certaine valeur à priori, elle n'est pas supérieure ou inférieure à elle-même.

**Q30** Comment imaginer que la réponse à la question 30 consistait à écrire qu'elle peut casser si elle est désaccordée ? Lorsque la pertinence d'une question échappe au candidat, nous lui conseillons de s'abstenir de répondre.

### II Dimensionnement du chauffage d'une voiture de TGV

**Q40.** Beaucoup trop de copies affichent toujours des « grad » scalaires lors de la projection de la loi de Fourier. Les égalités entre grandeurs scalaires et vectorielles sont également très fréquentes.

**Q44.** Les résistances thermiques sont positives par définition puisque l'écart positif des températures est à associer à un flux thermique orienté en conséquence. L'algèbrisation pose toujours problème à certains.

**Q47.** Seule une extrême minorité de candidats sait qu'un coefficient conducto-convectif de Newton dépend — comme son nom l'indique — de la convection.

**Q48.** Nous profitons de cette question « Justifier l'expression de l'équation » de la puissance réchauffant l'air neuf pour rappeler à tous qu'une validation de l'homogénéité des unités n'a jamais justifié une expression. Elle ne l'invalide pas.

**Q50.** Les résistances thermiques s'expriment en  $K \cdot W^{-1}$  et certainement pas en ohm. Un résultat numérique proposé avec une unité erronée ne sera jamais rétribué.

### III Transferts de charges par effet Hall

**Q54 et Q55.** Un vecteur n'est ni positif ni négatif (cf cours de mathématiques).

**Q59.** La relation de structure liant la composante magnétique à la composante électrique d'un champ électromagnétique par l'intermédiaire du vecteur d'onde (ou de la célérité  $c$  de l'onde) ne concerne que les ondes. Fouiller sa mémoire ou sa calculatrice pour en sortir une expression sans le moindre rapport avec la situation physique modélisée est définitivement vain.

**Q62 et Q63.** Dans la même veine, le candidat qui n'a rien démontré et qui propose d'emblée une tension de Hall avec la constante de Hall prouve qu'il sait lire une expression littérale dans sa calculatrice. Hélas, nous n'attribuons aucun point à cette compétence.

## Conclusion

Nous invitons donc les candidats des prochaines sessions à suivre les conseils suivants :

- travailler la précision et la rigueur des démonstrations fondamentales exigibles au programme officiel de la classe (bilans thermiques, cycle d'hystérésis d'un comparateur à ALI...);
- connaître les définitions de base (filtre passe-bande, fréquence de coupure, capacité électrique, résistance thermique, vecteur densité de courant électrique);
- ne pas hésiter à consacrer un bon moment d'analyse, de réflexion et de soin lors d'une tentative de résolution de question non guidée. Elle sera largement rétribuée et pourra faire la différence.

Nous sommes convaincus que ces commentaires (détaillés et spécifiques à l'épreuve, mais souvent généralisables) de rapport d'épreuve avantageront ceux qui feront cet effort de lecture attentive.