

# Physique-chimie 2

## Présentation du sujet

Le thème du sujet proposé cette année est le tatouage. Une première partie est consacrée à un modèle de machine à tatouer électrique, le dermographe. Cette partie met en jeu l'électromagnétisme avec l'étude du champ magnétique créé par une bobine assimilée à un solénoïde infini, puis la mécanique du solide en rotation avec l'étude du mouvement d'oscillation de l'aiguille sous l'action de la force de LAPLACE.

Une deuxième partie s'intéresse à l'étude chimique de l'un des composants des pigments noirs, l'oxyde de fer. Une étude cristallographique du solide est réalisée, suivie de l'étude thermodynamique d'une réaction mettant en jeu l'oxyde de fer dans le but de produire un autre pigment.

Dans la troisième partie, le procédé de détatouage par laser est étudié. Une première sous-partie, s'appuyant sur la propagation d'une onde électromagnétique, détaille l'interaction entre l'onde issue du laser et les composants de la peau et les pigments. Une seconde sous-partie est consacrée à l'étude de la diffusion thermique de la chaleur cédée par le laser au pigment.

Les trois parties du sujet sont indépendantes.

## Analyse globale des résultats

Les questions de cours (énoncé de lois, démonstrations classiques) ont en général été plutôt bien traitées. Le sujet, relativement court, était l'occasion pour les candidats de passer du temps de travail et de réflexion sur les questions peu ou pas guidées. Le résultat n'a pas été à la hauteur des attentes puisque ces questions ont posé de sérieux problèmes à bon nombre de candidats. Nous ne pouvons que recommander aux étudiants de ne pas se contenter d'un apprentissage sommaire du cours mais de chercher à approfondir et à maîtriser les connaissances tout au long de l'année, afin de pouvoir faire face à ce genre de questions particulièrement rentables en terme de points.

Des trois parties, c'est la deuxième en chimie qui a nettement été la mieux traitée. Les première et troisième parties l'ont été beaucoup moins bien, notamment en raison de difficultés de calcul ou de raisonnement. La lecture et l'exploitation des graphes ont également posé de réelles difficultés à la majeure partie des candidats.

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

### Partie I – Le dermographe, machine à tatouer

#### I.A – Champ magnétique créé par une bobine

La question de cours sur la détermination du champ magnétique créé par un solénoïde infini, basée sur l'application du théorème d'AMPÈRE, a été dans l'ensemble bien traitée, même si bon nombre de candidats ont du mal à réaliser un schéma correct et à placer d'emblée la base cylindrique adaptée. Le tracé des lignes de champ magnétique pour un solénoïde, infini ou fini, a donné lieu à des tracés plus que farfelus. Rappelons à ce propos la nécessité d'orienter par des flèches les lignes de champ, quelles qu'elles soient.

**Q1.** Rigueur et précision sont attendues dans les arguments de symétrie et d'invariance. Un certain nombre de candidats ayant mal compris la question ont reporté ces analyses à la question suivante et donc perdu des points.

**Q3.** Le lien entre l'évasement ou le resserrement des lignes de champ et la variation de l'intensité du champ magnétique est très rarement expliqué.

#### I.B – Fonctionnement du dermatographe simplifié

L'expression générale de la force de LAPLACE (à distinguer de la force de LORENTZ) est connue d'une majorité de candidats, qui ont naturellement ensuite le bon réflexe d'utiliser un théorème du moment cinétique pour étudier le mouvement de rotation d'une partie mobile sur laquelle elle s'applique. Cependant, l'application pratique de ce théorème est rarement réalisée avec la rigueur nécessaire : mélange entre grandeurs vectorielles et scalaires ou confusion entre force et moment ont ponctué bon nombre de copies. Beaucoup de candidats parlent d'ailleurs à tort de cet énoncé comme étant un principe fondamental de la dynamique. Rappelons que les lois et théorèmes ont un nom qu'il convient de connaître. Dans la question sur le bilan des actions mécaniques, les correcteurs ont été surpris de voir parfois apparaître le champ magnétique, voire le moment d'inertie, ce qui dénote une méconnaissance grave des notions élémentaires de physique. Une question d'analyse dimensionnelle est là pour permettre aux candidats de vérifier leur expression littérale. Un certain nombre de candidats « forcent » l'analyse à correspondre au résultat attendu, ce qui évidemment ne leurre pas les correcteurs en plus de faire mauvais effet.

**Q9.** Cette question de résolution classique d'une équation différentielle a trop souvent posé des problèmes.

**Q10.** La condition de rupture de contact est souvent mal posée. Question très mal traitée dans l'ensemble.

**Q12.** Question calculatoire qui a été très mal traitée. Même si cela n'est pas un objectif prioritaire, les candidats doivent être en mesure de mener des calculs relativement complexes.

**Q13.** Le terme « amplitude » ne désignait naturellement pas une amplitude angulaire.

**Q14.** Justification souvent défailante, l'argument « solutions sinusoidales » ne suffisant pas.

#### Partie II – Les pigments du tatouage

Cette courte partie de chimie, plutôt facile car proche du cours, a dans l'ensemble été correctement traitée même si de très nombreux candidats, sans doute induits en erreur par la donnée de l'un des ions  $O^{2-}$  constituant le solide ionique, écrivent une formule brute chargée pour ce solide. Rappelons qu'un solide cristallin ne saurait être chargé. L'utilisation de la loi de HESS et de la relation de VAN'T HOFF n'a pas posé de problème pour la majeure partie des candidats.

**Q15.** La détermination des populations en ions a été bien réalisée mais beaucoup de formules brutes qui en découlent sont erronées.

**Q19.** Beaucoup d'erreurs d'application numérique. Des candidats concluent ensuite à tort à partir du signe de  $K^\circ$  sur le caractère thermodynamiquement favorisé ou non.

#### Partie III – Le détatouage par laser

##### III.A – Absorption de l'énergie du laser par les pigments

Les questions de cours sur l'établissement de l'équation de propagation du champ électrique dans le vide et de la relation de dispersion pour une OPPH ont valorisé les nombreux candidats sérieux qui connaissent le cours. L'introduction d'un vecteur d'onde complexe en a en revanche déstabilisé un certain nombre, pour qui le retour à des grandeurs réelles par prise de la partie réelle a posé problème. L'exploitation de la figure 5 représentant les spectres d'absorption des différents constituants de la peau a posé des difficultés à de très nombreux candidats qui n'ont pas saisi le lien entre  $k''$  et l'absorption. Le bilan énergétique final aboutissant à l'expression de la puissance volumique cédée par le laser au pigment n'a été réalisé que par les meilleurs candidats.

**Q20.** Des manques de rigueur dans le placement des flèches vectorielles. Des permutations dans les noms associés aux équations.

**Q22.** Les candidats ont majoritairement bien pensé à injecter la forme de la solution proposée dans l'équation de propagation.

**Q24.** Trop peu de candidats pensent à faire apparaître une exponentielle réelle décroissante. Cependant, l'atténuation de l'amplitude et la diminution de l'énergie sont souvent bien énoncées.

**Q25.** De très nombreux candidats concluent à tort que le milieu se comporte comme le vide.

**Q27.** Question très mal traitée, la notion de couleur complémentaire est très rarement mise à profit.

**Q30.** L'expression du vecteur de POYNTING proposée a souvent inclus des grandeurs complexes, alors qu'il était rappelé que la notation réelle était requise. Calcul de la valeur moyenne très souvent faux.

**Q31.** De nombreux candidats s'appuient sur le résultat et présentent un calcul non justifié d'un point de vue physique.

**Q32.** Erreur de raisonnement très fréquente qui a consisté à comparer la longueur du pigment à la longueur d'onde.

### III.B – Destruction du pigment noir

Si la loi de FOURIER est bien connue des candidats, le nom précis du vecteur  $\vec{j}_Q$  l'est moins. Les grandeurs en physique ont un sens, dont le nom rend compte, et ne sauraient se limiter à de simples symboles. L'établissement de l'équation de diffusion thermique unidimensionnelle est assez bien maîtrisée par la plupart des candidats, même si l'apparition du terme source dû à l'énergie cédée par le laser est trop souvent « parachutée » sans justification, pour arriver coûte que coûte à l'équation finale demandée. Les candidats doivent être conscients que les correcteurs ne sont pas dupes de tels procédés. La question finale sur la détermination de la température maximale atteinte par le pigment sous l'effet de l'impulsion laser, demandant de l'initiative de la part du candidat, a été très peu traitée, et très mal pour ceux qui s'y sont essayés. En particulier, la donnée de la fluence du laser n'a malheureusement pas été reliée au vecteur de POYNTING.

**Q35.** Question classique assez mal traitée. La justification par analyse dimensionnelle est très rare.

**Q36.** De très nombreux candidats concluent à tort, sans doute par habitude, que le régime est quasi-stationnaire. Le calcul de la durée caractéristique de diffusion est très rarement fait.

**Q38.** Question très peu abordée et aucune bonne réponse. L'exploitation de la donnée de la fluence a constitué une difficulté infranchissable pour la quasi-totalité des candidats.

## Conclusion

Comme tous les ans, le sujet proposé mettait en jeu des compétences issues du cours : énoncé de lois et démonstrations classiques. Les candidats veilleront donc à avoir une connaissance la plus complète possible du cours, ce qui leur garantira un apport minimum de points. Bien évidemment, seule une compréhension approfondie des notions leur permettra de réussir pleinement l'épreuve de physique, notamment dans les questions peu ou pas guidées pour lesquelles un véritable effort de réflexion est requis.

Nous rappelons un détail pratique qui a son importance : les réponses apportées doivent impérativement correspondre à la numérotation de la question reportée sur la copie. Par exemple, cette année, les candidats qui ont réalisé l'analyse des symétries et des invariances pour caractériser le champ magnétique à la question **Q2.**, alors qu'il était nécessaire de le faire à la question **Q1.**, ont perdu les points sur ces réponses, même correctes. D'autres candidats répondent à une question en oubliant de noter son numéro,

ce qui se traduit de même par une absence de points. Nous recommandons aux candidats d'être vigilants et de vérifier soigneusement le bon agencement de leur copie.

De l'avis général des correcteurs, la qualité de présentation des copies a cette année subi une dégradation marquée. Là où un effort de soin est attendu dans la présentation, l'écriture, la rédaction, la mise en évidence des résultats, particulièrement pour une épreuve de concours, de nombreuses copies semblent au contraire ne pas du tout se soucier de la forme. Rappelons que, outre le fait que le travail de correction s'en trouve rendu plus fastidieux, la conséquence concrète pour le candidat est la perte de points due aux malus que les correcteurs n'hésitent pas à appliquer : cette année, environ  $1/3$  des copies ont ainsi été pénalisées par des malus. Nous incitons donc tous les candidats à faire un effort général de soin. Certaines copies sont a contrario extrêmement bien présentées et agréables à lire : cela devrait être la norme.