

Physique-chimie 2

Présentation du sujet

Le sujet s'intéresse à différents aspects d'un aquarium d'eau de mer, au travers de trois parties indépendantes couvrant des domaines distincts du programme.

Une première partie, basée sur la mécanique des fluides, est consacrée à l'étude de la vidange et de l'approvisionnement en eau de mer de l'aquarium. La durée de vidange de l'aquarium est tout d'abord estimée, puis on s'intéresse au calcul de la puissance d'une pompe permettant de réaliser l'approvisionnement en eau, en tenant compte des différentes pertes de charge.

Une deuxième partie, qui met en jeu la chimie des solutions aqueuses, porte sur le contrôle de la qualité de l'eau de mer. L'étude consiste à réaliser un dosage du dioxygène dissous dans l'eau par la méthode de Winkler. Des diagrammes potentiel-pH sont tout d'abord introduits, puis les différentes étapes du dosage, basées sur des réactions d'oxydo-réduction, sont analysées.

Dans la troisième partie, faisant appel à la conduction thermique, les pertes thermiques à travers les parois de l'aquarium sont étudiées, en tenant compte du phénomène de rayonnement.

Analyse globale des résultats

Les trois parties ont été en moyenne réussies de manière équivalente par les candidats.

Dans la 1^{re} partie, c'est l'application de la relation de Bernoulli avec pertes de charge qui a posé le plus de problèmes. La 1^{re} question portant sur la durée de vidange, relativement classique, était présentée sous forme de question non guidée. Très peu de candidats ont présenté correctement et de manière complète la méthode à suivre pour répondre à cette question.

Dans la 2^e partie, le placement des espèces chimiques dans un diagramme potentiel-pH est plutôt bien compris. L'exploitation de ce diagramme pour déterminer la stabilité de différentes espèces l'est en revanche beaucoup moins. Le dosage en lui-même, relativement complexe, a dérouté la majeure partie des candidats, qui n'ont pas réussi à suivre les différentes étapes dans le diagramme potentiel-pH.

Dans la 3^e partie, les questions de départ, proches du cours, ont permis aux candidats d'engranger des points. Les difficultés ont commencé à apparaître lorsqu'il a fallu identifier les associations de résistances thermiques à utiliser.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

I - Vidange et approvisionnement en eau de mer de l'aquarium

I.A – Vidange d'un aquarium

Q1. Dans les questions « peu ou pas guidées », il est bien indiqué qu'il est souhaitable d'illustrer la démarche par un schéma. Le simple fait de réaliser un schéma descriptif apportait donc déjà une bonification. Un certain nombre de candidats retrouvent correctement la formule de Torricelli donnant la vitesse de sortie de l'eau. Peu en revanche posent bien l'équation différentielle que satisfait la hauteur d'eau dans le récipient, en tant que fonction du temps. Beaucoup de résultats numériques aberrants pour la durée de vidange sont obtenus au final.

I.B – Pompage de l'eau de mer

Dans cette partie, il fallait bien comprendre qu'on s'intéressait au début au calcul des pertes de charge, à la fois singulières et régulières, dans les conduites en amont et en aval de la pompe. Lorsqu'il s'agissait d'écrire la relation de Bernoulli, il devait donc être évident que ces pertes allaient être prises en compte. Cela n'a pas semblé l'évidence pour beaucoup de candidats.

Q2. Un nombre minime de candidats pensent à mentionner le problème de la cavitation, ou à minima l'impossibilité d'aspirer de l'eau sur une hauteur supérieure à un certain seuil.

Q3. Cette question aisée a conduit certains candidats à réaliser deux calculs de vitesse, l'un pour le circuit d'aspiration, l'autre pour le circuit de refoulement, alors que les vitesses étaient évidemment les mêmes du fait de l'égalité des diamètres des tuyaux. Quelques confusions sont également à noter pour le calcul de la section d'un tuyau.

Q4. Question hors-programme qui a donc été « neutralisée » : aucun point n'a été attribué dans le barème à cette question, même en cas de réponse correcte par le candidat.

Q5. En lien avec la question précédente hors-programme, les candidats qui ont expliqué le principe de lecture graphique sur le diagramme de Moody ont bénéficié des points, indépendamment de la valeur du nombre de Reynolds utilisé.

Q6. Beaucoup de confusions entre mise en évidence des pertes de charge singulières et régulières. Un schéma accompagné d'explications était attendu.

Q7. En lien avec la question hors-programme, seul l'exposé du principe de calcul littéral a été valorisé, indépendamment de toute application numérique.

Q8. Question plutôt bien traitée mais avec parfois des résultats numériques aberrants. Rappelons que la conversion en bar d'une pression, ou ici d'une perte de charge, apporte un éclairage sur sa valeur.

Q9. à Q11. Entre les points proposés pour appliquer la relation de Bernoulli, des pertes de charge existaient. Il était dès lors indispensable d'en tenir compte dans l'écriture de la relation de Bernoulli généralisée. Beaucoup de candidats ne l'ont pas fait, et ceux qui y pensent le font souvent avec des erreurs d'homogénéité parfois manifestes.

Q12. Question finale très peu réalisée correctement. Des résultats numériques aberrants qu'il ne faut alors pas manquer de mettre en doute.

II - Contrôle de la qualité de l'eau de l'aquarium

II.A – Étude préliminaire de diagrammes E-pH superposés

Q13. Le couple autre que O_2/H_2O , donné dans l'énoncé, a la plupart du temps été bien identifié, soit de mémoire, soit en se basant sur le diagramme E-pH.

Q14. Le détail du calcul du nombre d'oxydation était attendu, avec notamment la mention explicite des nombres d'oxydation des éléments hydrogène et oxygène.

Q15. Question plutôt bien traitée avec une justification correcte du positionnement relatif des différentes espèces, sauf parfois pour le positionnement à nombre d'oxydation égal qui pose davantage de difficulté.

Q16. Le fait d'expliquer le principe de détermination de la stabilité d'une espèce, en utilisant des diagrammes E-pH superposés, a été valorisé. Beaucoup de candidats se sont contentés de décrire la stabilité dans l'eau, en omettant l'importance de la stabilité conjointe avec le dioxygène, cruciale pour le dosage qui suivait.

II.B – Dosage du dioxygène dissous dans l'eau par la méthode de Winkler

Q17. Le fait que l'espèce C, stable dans l'eau en présence de dioxygène dissous, devienne par passage en milieu basique l'espèce D, instable et réagissant avec le dioxygène, a d'emblée posé de gros problèmes à la majeure partie des candidats.

Q18. Dès lors, l'identification du précipité brun n'a pas été concluante pour la plus grande partie des candidats. La nécessité d'attendre est certes liée au fait qu'une réaction est lente, mais la mention explicite de la problématique de la cinétique était attendue.

Q19. Question pour laquelle beaucoup de candidats étaient déjà perdus dans la compréhension de la succession des étapes du dosage.

Q20. Question très mal interprétée en général.

Q21. Le facteur 4 au dénominateur dans l'expression de la concentration en O_2 se devait évidemment d'être soigneusement justifié, ce qu'ont fait correctement les meilleurs candidats. L'écriture en terme de quantités de matière du passage à l'équivalence doit être énoncée de manière plus correcte.

Q22. et **Q23.** Questions indépendantes de ce qui précédait, qui ont permis aux candidats qui ont lu l'énoncé jusqu'au bout de bénéficier de points faciles, à condition de bien respecter l'unité imposée.

III - Déperditions thermiques à travers les parois de l'aquarium

III.A – Renouvellement de l'eau

Q24. Une argumentation rigoureuse était évidemment attendue. Dans ce genre de question, notons que la concision est en général gage de qualité.

Q25. et **Q26.** Questions proches du cours et bien traitées, sauf en ce qui concerne la dénomination du coefficient proposé. Certains candidats ont hésité pour identifier la distance caractéristique de diffusion entre l'épaisseur de la vitre et la longueur de l'arête.

III.B – Régime stationnaire

Q27. et **Q28.** Questions bien traitées. Attention à bien indiquer toutes les grandeurs pertinentes lorsque le tracé d'un graphe est demandé.

III.C – Pertes de puissance thermique

Q29. L'analogie entre conduction électrique et conduction thermique doit être présentée de manière plus rigoureuse. L'expression de la résistance thermique doit être mieux connue.

Q30. Abusés par l'analogie électrique, un certain nombre de candidats réalise les applications numériques de résistances thermiques avec pour unité l'ohm. D'autres, par manque d'attention, inversent dans l'unité le watt et le kelvin.

Q31. L'exploitation de l'analogie entre résistance thermique et résistance électrique permettait d'identifier sans difficulté les expressions des résistances de convection et de rayonnement. Le calcul de la résistance de rayonnement a souvent donné lieu à une erreur à cause de l'oubli de la conversion de la température en kelvin, rendue obligatoire par l'unité de la constante de Stefan-Boltzmann qui était donnée.

Q32. Question-clé de cette partie qui a été moyennement bien traitée, avec des schémas de résistances toutes en série trop souvent.

Q33. Cette question nécessitait de mettre à profit un schéma électrique équivalent afin de raisonner par exemple avec les outils d'électrocinétique, ce qu'ont fait les meilleurs candidats.

Q34. Il s'agissait de reprendre les raisonnements effectués précédemment de manière plus autonome, ce que n'ont pas manqué de faire les candidats qui avaient au préalable traité les questions correctement.

Q35. À nouveau abusés par l'analogie électrique, de nombreux candidats proposent un calcul de puissance thermique basé sur la formule $R_{\text{th}}\Phi^2$ qui n'a aucun sens. Le positionnement en parallèle des différentes résistances thermiques est trop rarement perçu. De nombreuses solutions pratiques correctes ont été proposées pour limiter les pertes thermiques.

Conclusion

Comme indiqué dans l'introduction du sujet, « toutes les réponses doivent être dûment justifiées ». On attend que les candidats explicitent leur démarche intellectuelle et détaillent les raisonnements suivis. Une succession de formules sans aucun texte explicatif n'est pas satisfaisante.

Parmi les différentes consignes à respecter, insistons sur celles-ci :

- nécessité de numéroter les questions ; en cas de réponse correcte mais avec un intitulé de numéro de question absent ou incorrect, aucun point n'est attribué ;
- mise en valeur des résultats requise ; il est attendu d'encadrer, ou au minimum de souligner, les résultats pour chacune des questions ;
- importance du soin et de la propreté de la copie ; le travail est destiné à être lu donc un effort est là aussi attendu, dans la lisibilité de l'écriture notamment ;

***N.B.* Les correcteurs n'hésitent pas à appliquer des malus aux copies mal présentées**

- tous les résultats numériques doivent être suivis de l'unité adaptée, faute de quoi aucun point n'est attribué au calcul, même si la valeur numérique est correcte.

Sur ce dernier point, rappelons l'importance de bien lire l'intitulé des questions : « calculer » ne signifie pas uniquement obtenir une expression littérale mais bien réaliser une application numérique. Quelques candidats, alors qu'ils ont la bonne expression littérale, omettent de faire le calcul. Notons enfin que lorsque l'ordre de grandeur d'une application numérique semble aberrant, le correcteur apprécie que le candidat en fasse mention.