

EPREUVE DE PHYSIQUE - CHIMIE

Durée : 4 heures

PRESENTATION DU SUJET

Le problème était consacré au mouvement d'un et comportait trois parties distinctes :

- étude de l'écoulement d'un glacier ;
- reconnaissance du glissement du glacier par interférométrie radar ;
- chimie de la glace.

COMMENTAIRE GENERAL DE L'EPREUVE

Rappelons la nécessité de rédiger correctement les réponses aux questions : tout calcul doit être introduit par au moins une phrase et les résultats du cours ou les théorèmes utilisés doivent être impérativement mentionnés explicitement. Ces évidences ne sont pas semble-t-il, connues par un très grand nombre de candidats.

Signalons enfin que les candidats qui faisaient preuve de persévérance en essayant d'aborder toutes les questions d'une partie au lieu de disperser leurs efforts en cherchant à identifier les questions faciles et d'y répondre de façon décousue, étaient récompensés par des points de bonification explicitement inclus dans le barème de correction.

Rappelons la nécessité de rédiger correctement les réponses aux questions : tout calcul doit être introduit par au moins une phrase et les résultats du cours ou les théorèmes utilisés doivent être impérativement mentionnés explicitement. Notamment, le tracé des courbes doit être fait avec un minimum de soin, en précisant les noms des grandeurs représentées sur les axes des abscisses et ordonnées. Les natures vectorielle ou scalaire des différentes grandeurs doivent de même être utilisées de manière conforme.

Dans l'élaboration du barème, le jury s'est attaché à valoriser les raisonnements effectués avec rigueur et cohérence, la compréhension qualitative des phénomènes physiques mis en jeu et l'analyse critique des résultats quantitatifs. Il n'hésite pas à sanctionner l'utilisation indistincte de formules non justifiées, les résultats inhomogènes ou faux, les réponses données sans justification ni commentaires et les applications numériques délivrées sans unité.

Signalons enfin que les candidats qui faisaient preuve de persévérance en essayant d'aborder toutes les questions d'une partie au lieu de disperser leurs efforts en cherchant à identifier les questions faciles et d'y répondre de façon décousue, étaient récompensés par des points de bonification explicitement inclus dans le barème de correction.

ANALYSE PAR PARTIE

1^{ère} Partie : Ecoulement d'un glacier

A / Etude préliminaire : écoulement d'une couche de miel sur un plan incliné

Si l'orientation des lignes de courant ne posait aucune difficulté, par contre montrer que la composante du champ de vitesse n'était fonction que de z fut plus compliqué pour un très

grand nombre de candidats : les invariances par translation sont généralement rappelées mais la nature incompressible du fluide est très souvent laissée de côté.

La simplification de l'équation de NAVIER-STOKES (fournie) compte tenu des caractéristiques de l'écoulement a prouvé une fois de plus que les candidats retrouvent toujours le résultat obtenu dans leur cours, mais sans faire preuve de la plus grande honnêteté : nombreux pensent que la dérivée particulaire de la vitesse est nulle du moment que l'écoulement est permanent, bien d'autres ne savent pas quoi faire du terme d'accélération convective.

Heureusement que l'intégration successive de chacune des projections de cette équation était guidée pas à pas car les correcteurs ont bien senti que très peu de candidats ont compris qu'il fallait exprimer $P(z)$, prouver qu'elle ne dépendait pas de la variable x , avant d'intégrer selon z ; l'intégration de l'équation différentielle de la vitesse, très guidée, a permis à tous ou presque d'obtenir un profil parabolique. Sa représentation, par contre, le long du plan incliné a été plus contrastée : beaucoup de profils linéaires, ou paraboliques avec inflexion du profil débouchant sur une vitesse infinie à l'interface miel-air.

Les déterminations du débit, de la vitesse moyenne de l'écoulement et l'évaluation du nombre de Reynolds ont été correctement traités.

B / Dynamique d'un glacier

Il était ensuite proposé aux candidats d'étendre l'étude précédente à une géométrie de dimensionnalité deux, en introduisant une vitesse caractéristique afin d'obtenir une équation différentielle adimensionnée. Le tracé de la solution leur a permis de trouver la vitesse maximale ; ils se sont tous pliés à cet artifice mathématique.

Le texte proposait ensuite de l'appliquer à une carte IGN retraçant l'évolution d'une ligne de 50 balises au cours d'une décennie pour le glacier du Rhône, dans le Valais suisse. Le relevé du déplacement des balises leur a permis de déterminer la vitesse moyenne (sans trop d'erreurs quant à la conversion d'échelle) ainsi que la viscosité de la glace. Ils ont tous trouvé que cette viscosité était plus élevée que celle du miel mais pratiquement aucun n'a attribué une telle viscosité à celle d'un solide, auquel le glacier peut s'apparenter.

2^{ème} Partie : Reconnaissance de l'écoulement par interférométrie radar

C / Interférences lumineuses dans le visible

Afin de les préparer à traiter l'interférométrie radar, une étude préliminaire très classique sur les interférences à partir du dispositif d'Young leur était proposée. La détermination du déphasage a été très laborieuse (calculs sans fin, pages de développements limités pour arriver à des expressions sans aucun sens ni aucune cohérence dimensionnelle) ; les correcteurs ont même dû se résigner à admettre les expressions simplifiées de la différence de marche, comme à l'époque où les développements limités étaient moins usités ... ! La traduction en termes de figure d'interférences et d'interfranges, même si l'éclairage (appelé éclairage par certains ...) était correct, a donné lieu à toutes sortes de résultats : pas de souci de préciser l'orientation des franges, confusion entre figures de diffraction et d'interférences, interfranges non homogènes à une longueur.

Leurs difficultés furent loin d'être terminées dès lors que le plan d'observation des interférences était incliné d'un angle constant puis d'un angle variable, pour leur faire comprendre ce qui les attendait en partie suivante. Dans l'ensemble, ils n'ont pas su, même avec une différence de marche correcte précédemment, la faire évoluer compte de cette nouvelle orientation et dans la majeure partie, ils ont abandonné.

D / Interférométrie radar

Le fonctionnement du système d'interférométrie radar (émission puis réception d'ondes EM après rétrodiffusion en un point du sol) en associant deux satellites (maître et esclave) était expliqué de façon simple aux candidats ; il leur suffisait de se laisser guider au fil des questions. De plus tous les aspects mathématiques rébarbatifs avaient été mis de côté et les résultats importants fournis, le concepteur attendant des élèves qu'ils analysent les quelques calculs qu'ils étaient amenés à réaliser.

Les candidats ont réagi de deux façons devant ce système, non traité en cours : les trois-quarts ont abandonné au bout de deux questions, avec souvent l'erreur de ne pas penser que l'onde émise par le satellite devait retourner vers ce dernier ... ; les autres se sont pris au jeu et ont mené leur étude pratiquement jusqu'au bout, distinguant les deux types de granges observées, traduisant soit un sol plat soit un terrain vallonné, avec une interprétation satisfaisante des clichés proposés.

Le jury a toutefois vivement déploré que les élèves, pour justifier l'emploi de cette technique radar, n'aient jamais pensé que des mesures optiques (dans le visible) sont rarement réalisables de nuit, par trop forte réflectivité sur le glacier et sont entravées par les nuages et le brouillard ... !

3^{ème} Partie : Chimie de la glace

E / Structure de l'eau liquide

Les notions de chimie de première année sont manifestement bien loin dans la mémoire de bien des candidats : configuration électronique d'un atome, le schéma de Lewis associé, l'utilisation de la théorie V.S.E.P.R. pour déterminer la géométrie du polyèdre de coordination, l'écart angulaire entre les deux liaisons O-H, des notions pourtant élémentaires. L'utilisation des moments dipolaires globaux et de la simple liaison O-H, en composant vectoriellement deux vecteurs identiques mais non colinéaires en a intrigué plus d'un !

Leurs connaissances sur la notion de liaison chimique demeurent très floues (fait déjà signalé dans de précédents rapports du même concours) : ils mélangent sans vergogne liaison ionique, covalente, hydrogène et même Van der Waals.

F / Solidification de l'eau

A la question de savoir les paramètres influant lors du phénomène de solidification de l'eau, il est noté beaucoup d'hésitation (vive les effaceurs !) ; la pression est décrite comme grandeur déterminante mais un nombre limité cite et dessine le diagramme P-T de l'eau. Le tracé demandé des enthalpies libres massiques est correct dans l'ensemble, même si les correcteurs n'ont pas pénalisé ceux (la quasi-totalité) qui ont dessiné deux droites, alors qu'ils attendaient deux demi-droites, de part et d'autre de la température de solidification.

L'évaluation des enthalpies et entropie massiques de solidification a vu énormément d'erreurs, la plupart ne distinguant pas la solidification de la fusion.

L'étude de l'influence de l'ajout de chlorure de sodium sur la température de solidification a été commencé par tous les candidats : pas de souci jusqu'à l'écriture des potentiels, le passage aux enthalpies molaires standard (car tout était guidé) ; par contre la phase d'intégration amenant la nouvelle température de solidification n'a inspiré personne ou presque. Pour clore cette rubrique, seuls deux candidats sur mille ont su calculer la fraction molaire en eau lorsque 50 g de NaCl sont dissous dans un litre d'eau.

G / Structure de la glace

Le concepteur proposait tout d'abord de se pencher sur l'assemblage tétraédrique de molécules d'eau, tel que rencontré dans toutes les variétés de glace, quelque soit leur structure particulière. Malgré toute l'étude structurale précédente, la signification des deux types de liaisons apparaissant sur le dessin ne fit pas l'unanimité, pas plus que le décompte de liaisons hydrogène développées par chaque molécule, encore moins dès lors que quelques distances doivent être déterminées d'un point de vue géométrique.

Toujours dans cet esprit de découverte, un document pré-tracé soumettait aux élèves différentes configurations – en liaison avec l'entropie associé à cet arrangement – des molécules d'eau dans le dit arrangement tétraédrique : beaucoup de grilles vierges à l'arrivée, des tracés exacts pour ceux qui se sont donnés la peine de l'étudier.

Pour terminer, une étude classique de la glace Ic (seule structure officiellement au programme même si elle ne se rencontre pas ailleurs que dans les étoiles ou nébuleuses ...) leur demandait de représenter la maille élémentaire (présentation de leur choix), de dénombrer les atomes présents et d'évaluer la longueur de la liaison hydrogène ainsi que la compacité : résultats divers et variés, dessins confus, calculs géométriques poussifs et compacité souvent délirante.

ANALYSE DES RESULTATS

La longueur du sujet avait été réduite de façon notable par rapport aux précédentes années et le type de questions posées avait évolué pour ne plus paraître aussi théorique qu'auparavant. Cette épreuve a été globalement mieux réussie que celle des trois dernières sessions et sa structure a permis à la majorité des candidats d'aborder de nombreuses questions. Si le jury se réjouit de nouveau d'avoir pu corriger d'excellentes copies, il tient également à signaler un nombre trop important de réponses aberrantes qui semblent témoigner d'un manque de réflexion regrettable chez de trop nombreux candidats.

Pour 18 % des copies, les candidats shuntent systématiquement la partie de Chimie, perdant ainsi de nombreux points car elle représentait près d'un tiers du barème. A l'opposé, de nombreux candidats (sans doute des anciens PCSI) ont débuté par la Chimie, en la traitant presque complètement pour certains, mais se sont contentés de grappiller quelques points ici et là, dans les deux parties de Physique.

Les candidats attachent toujours autant d'importance à la forme mathématique d'un résultat et ne se soucient guère du sens physique ou chimique associé, à l'encontre même d'un esprit ingénieur. Comment réagiraient-ils dans l'avenir si, leurs moyens de calcul diminuant, ils n'avaient qu'à analyser des situations proposées et formuler des réponses qualitatives ?

Après le traitement informatique d'usage, la moyenne s'élève à 9,91 sur 20, avec un écart-type de 4,02.

CONSEILS AUX FUTURS CANDIDATS

Même si les candidats lisent rarement les rapports d'épreuves des concours, rappelons-leur que la préparation du concours est fondée sur un apprentissage régulier et approfondi du cours, cet apprentissage s'effectuant par une approche équilibrée entre la théorie et l'expérience : la démarche expérimentale effectuée dans le cadre des travaux pratiques est incontournable et riche d'informations pour la compréhension des phénomènes physiques. Il apparaît inadmissible que les questions proches du cours sur lesquelles s'appuie le raisonnement ne soient pas ou mal traitées par les candidats.

La résolution du problème nécessite un minimum de technicité calculatoire que le candidat se doit de maîtriser même si son utilisation reste réduite dans le cadre du concours. Pour autant, le candidat ne doit pas se contenter de répondre mathématiquement aux questions posées, il doit argumenter, rédiger sa réponse de manière précise, dégager le sens physique de ses résultats et effectuer l'analyse critique du phénomène étudié. Le caractère pertinent des solutions se doit d'être souligné. Le choix des sujets abordés évalue la curiosité, le sens de l'observation, le réalisme du candidat et son adaptabilité face au monde naturel et technique en perpétuelle évolution.

Ne pas négliger les applications numériques et prendre en compte la précision attendue. Ces informations sont importantes pour évaluer les performances d'un système et influent de façon notable sur la note acquise par le candidat.

L'ultime recommandation et sans doute la première au jour de l'épreuve est une lecture préalable attentive, sans précipitation, de l'énoncé : les réponses à bon nombre de questions ou les orientations relatives à la bonne marche à suivre pour la résolution du problème sont souvent glissées par le concepteur dans des phrases introducives ou de liaison entre les paragraphes successifs. Le candidat trouvera dans la formulation des questions et bien souvent dans les données numériques les clés de son raisonnement.