

Physique-chimie 1

Présentation du sujet

Le sujet proposé est construit autour de quelques problématiques physico-chimiques contemporaines intervenant dans la conception des *data center*. La première partie, consacrée à la question cruciale de la régulation en température de ces centres, sollicite des concepts et des savoir-faire dans le domaine de la thermodynamique, avec deux objectifs successifs : dimensionner un système de refroidissement de microprocesseur par ailettes, puis évaluer le gain économique induit par la mise en œuvre d'un système de ventilation de type *free cooling* au sein d'une installation située dans le sud de la France. La seconde partie de l'épreuve questionne quant à elle la viabilité de projets visant à placer des centres de données en orbite autour de la Terre ; elle est articulée en trois sous-parties totalement indépendantes, qui permettent de tester tour à tour les candidats dans les domaines de la mécanique du point, des ondes électromagnétiques et de la chimie.

Avec un total de 39 questions, le sujet présente une longueur raisonnable et une bonne progressivité en terme de difficultés ; il comporte de nombreuses questions très proches du cours, réparties régulièrement au fil de l'énoncé. Les 5 questions ouvertement identifiées comme non guidées sont placées pour la plupart en fin de sous-parties. Elles permettent d'évaluer le degré d'appropriation par les candidats des problématiques physico-chimiques posées et leur aptitude à mener des tâches complexes en mettant en lien des concepts vus en cours, des résultats établis précédemment au cours de l'épreuve et des éléments contextuels, notamment graphiques, introduits dans l'énoncé. Les capacités que doivent mobiliser les candidats lors de cette épreuve sont ainsi très variées, laissant à chacun l'opportunité de mettre en évidence ses qualités de réflexion et son niveau de maîtrise des notions abordées dans des thématiques centrales du programme de physique-chimie de la filière MP.

Analyse globale des résultats

Pour la plupart, les candidats ont abordé l'ensemble des sous-parties du sujet, en suivant l'ordre du questionnement proposé. Les meilleurs candidats ont compris l'ensemble des enjeux du problème posé et ont remis des copies de grande qualité.

Dans l'ensemble, le jury a constaté un bon niveau de réussite sur les questions sollicitant des raisonnements classiques du programme de physique : réalisation d'un bilan d'énergie à l'échelle mésoscopique, caractérisation du mouvement d'un satellite en orbite circulaire, obtention de l'équation de propagation des ondes électromagnétiques dans un plasma puis exploitation de la relation de dispersion afférente... Le bilan est plus réservé en ce qui concerne la chimie, mais cela est peut-être imputable au positionnement de cette thématique dans la dernière sous-partie de l'épreuve.

Le traitement réservé aux questions identifiées comme non guidées est assez variable selon leur niveau de difficulté effective et leur positionnement au sein du sujet. Le taux de candidats qui ont abordé ces questions fluctue entre 25 % et 54 %. Les démarches de résolution, lorsqu'elles sont explicitées, sont souvent pertinentes et donc valorisées. Ces questions, qui requièrent une bonne maîtrise des modèles physiques et des qualités d'analyse, ont permis de bien différencier les candidats.

Commentaires sur les réponses apportées et conseils aux futurs candidats

Attentes du jury concernant la rédaction et la présentation

L'amélioration en matière de rédaction, constatée par le jury lors de la précédente session, semble se confirmer. Afin d'encourager les candidats à poursuivre leurs efforts dans ce domaine tout au long de leur

préparation, le jury tient à rappeler ses modestes attentes au travers des conseils déjà prodigués dans les précédents rapports :

- les raisonnements concis et précis sont les plus efficaces. Ils doivent être menés sur des systèmes clairement définis et faire appel à des lois explicitement citées, hypothèses sous-jacentes incluses. Le barème élaboré est toujours suffisamment détaillé pour valoriser les candidats qui se soumettent à ces exigences de rigueur ;
- les réponses aux questions qualitatives doivent évidemment être argumentées et rédigées en respectant les règles grammaticales élémentaires. L'usage irraisonné d'abréviations doit être proscrit ;
- l'attention apportée par le candidat à la lisibilité de ses réponses et la mise en valeur des résultats obtenus, qui témoigne de la considération apportée au travail de correction, est très fortement appréciée et donc vivement encouragée.

Au sujet des questions non guidées

Plutôt que de formuler des remarques spécifiques sur l'ensemble des questions du sujet et les erreurs fréquemment rencontrées dans les copies, le jury propose cette année de concentrer son propos sur les questions non guidées. En effet, ces dernières, au nombre de 5 sur un ensemble de 39 questions, représentaient à elles seules environ 27 % du barème de l'épreuve et se sont avérées déterminantes pour discriminer les candidats présentant des niveaux de maîtrise du cours similaires.

Éléments statistiques et remarques générales

Comme mentionné précédemment, la proportion de candidats qui ont abordé les questions non guidées fluctue entre 25 % et 54 % ([figure 6.1](#)). Plus que la difficulté intrinsèque de la question, c'est sa position dans le sujet (et notamment le nombre de questions qui la précèdent dans sa sous-partie de rattachement) qui semble gouverner le taux de traitement. Ainsi, la question 30, pourtant la plus proche d'une question « classique » aux yeux du jury, a été la moins abordée des cinq questions non guidées. Toutefois, la [figure 6.2](#) montre que la question 30 est celle qui a été la mieux réussie par les candidats l'ayant traitée. À l'inverse, la question 11, qui présentait un haut niveau de complexité, est celle sur laquelle les candidats ont rencontré le plus de difficultés.

	I.A Q8	I.B Q11	II.A Q15	II.B Q30	II.C Q34
Thématique	Thermodynamique	Thermodynamique	Mécanique du point	Physique des ondes	Chimie
Proportion de candidats ayant abordé la question	53,6 %	37,5 %	53,7 %	25,3 %	33,7 %

Figure 6.1 Taux de traitement des questions non guidées

Les résultats présentés en [figure 6.2](#) révèlent également que la plupart des candidats qui ont abordé une question non guidée ont vu leurs efforts récompensés par l'attribution d'au moins un point sur l'ensemble des points alloués. Le jury incite donc vivement les candidats à consacrer un temps de réflexion suffisant à ces questions. À l'issue de leur réflexion, les candidats doivent consigner sur leur copie leurs pistes de réflexion, accompagnées des éléments d'explication utiles, et ce même si le raisonnement n'est pas totalement abouti. Le barème réserve en effet de nombreux points à la mise en place de la démarche scientifique : identification des lois physiques mises en jeu, proposition d'une stratégie de résolution cohérente, réalisation d'un schéma-modèle, formulation d'hypothèses...

Enfin, pour espérer obtenir l'intégralité des points prévus dans le barème, il importe de commenter la pertinence des résultats obtenus, en particulier des valeurs numériques. En effet, la capacité des candidats

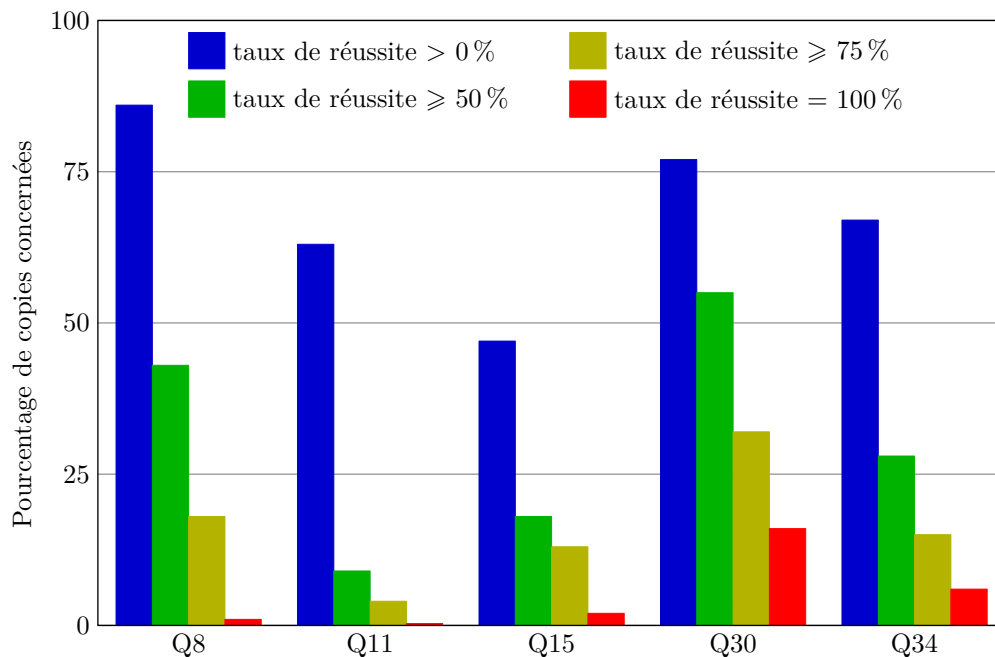


Figure 6.2 Proportions de candidats ayant atteint un taux de réussite donné, évaluées par rapport au nombre de candidats ayant abordé la question considérée

à prendre du recul et à porter un regard critique sur les modèles adoptés et les résultats auxquels ils conduisent constitue un critère important lors de l'évaluation des questions non guidées.

Remarques spécifiques au sujet de la question 8

La première partie de cette question vise à justifier le choix d'ailettes en aluminium de longueur $b = 2$ cm pour assurer le refroidissement d'un microprocesseur. Le jury a accepté que les candidats justifient le choix de l'aluminium à partir d'une comparaison minimaliste des conductivités thermiques. Néanmoins, une argumentation reposant sur la détermination et la comparaison des résistances thermiques au moyen de la figure 3 de l'énoncé était beaucoup plus pertinente. La valeur adoptée pour la longueur, qui semble résulter d'un compromis entre encombrement stérique et résistance thermique, est trop peu souvent discutée par les candidats.

La deuxième partie de cette question consistait à déterminer le nombre d'ailettes nécessaires au maintien du microprocesseur à une température inférieure à 60°C en régime stationnaire. À cette occasion, le jury a pu constater que la manipulation des résistances thermiques et de leurs règles d'association est bien maîtrisée par la plupart des candidats. En revanche, le jury déplore que seule une moitié des candidats qui aboutissent à une valeur numérique pour le nombre d'ailettes prenne la peine de formuler un commentaire, même naïf, sur la valeur obtenue.

Remarques spécifiques au sujet de la question 11

Pour répondre de manière totalement satisfaisante à cette question, il fallait successivement :

- élaborer un modèle thermodynamique permettant de déterminer la valeur maximale $T_{e,\max}$ de la température extérieure jusqu'à laquelle le système de *free cooling* est opérationnel ;
- s'approprier le graphique de la figure 4 de l'énoncé afin d'identifier les mois de l'année au cours desquels le système de *free cooling* est susceptible de remplacer le système de conditionnement d'air ;

- calculer le cout de fonctionnement du système de *free cooling* pendant sa durée de fonctionnement, puis estimer l'économie réalisée en comparant ce cout à celui du système de conditionnement classique sur la même durée.

Lors de la réalisation de cette tâche complexe, nombre de candidats se sont heurtés à des difficultés de modélisation dès la première étape du raisonnement décrit ci-dessus, et n'ont pas pris le temps d'expliquer quelle aurait été la suite de leur démarche de résolution. Pourtant, dans une optique d'évaluation des différentes compétences testées, le jury avait prévu d'octroyer une partie des points aux candidats qui auraient proposé une valeur raisonnable de la température $T_{e,\max}$ pour mener les deux dernières étapes du raisonnement à leur terme.

De façon plus anecdotique, le jury a parfois été confronté à des valeurs fantasmées pour l'économie réalisable à l'aide du système de *free cooling*, du fait de difficultés de conversion des joules en kilowatt-heure de la part de certains candidats.

Remarques spécifiques au sujet de la question 15

La réalisation d'un schéma-modèle s'avérerait indispensable pour conduire un raisonnement approprié, essentiellement géométrique.

À l'issue du raisonnement, une proportion importante des candidats s'étonne de trouver une valeur numérique très éloignée de celle annoncée dans l'extrait d'article proposé. Le jury déplore qu'un des réflexes de ces candidats soit alors de remettre quasi-systématiquement en cause la justesse des calculs réalisés, pourtant simples, plutôt que de questionner les hypothèses sur lesquelles ces calculs reposent.

Remarques spécifiques au sujet de la question 30

Les candidats qui ont abordé cette question ont pour la plupart bien compris la problématique et exploité correctement les courbes de la figure 6.

Remarques spécifiques au sujet de la question 34

Le traitement de cette question requerrait de mettre en lien l'expression du produit de solubilité d'un solide ionique et la relation de Van't Hoff, laquelle est écrite correctement par une majorité des candidats ayant abordé cette question. A contrario, l'expression de la constante d'équilibre de la réaction de dissolution en fonction de la solubilité massique du solide est souvent erronée.

Conclusion

Comme lors des sessions précédentes, il ressort que :

- le jury attend des candidats qu'ils expliquent clairement et concisément les idées physiques sur lesquelles reposent leurs raisonnements et les calculs afférents ;
- la parfaite maîtrise du cours est une condition absolument nécessaire à la réussite de cette épreuve. Il importe en particulier d'avoir les idées claires quant aux dimensions des grandeurs physiques manipulées ;
- la précision de l'argumentation conditionne souvent l'attribution des points. Il est ainsi inutile de se précipiter lors des réponses aux questions proches du cours, au risque d'oublier certains éléments-clés dans les démonstrations ;

- le jury encourage toujours les candidats à prendre le temps de commenter les valeurs numériques obtenues. Il valorise également ceux qui font preuve d'honnêteté intellectuelle et de sens critique lorsqu'ils obtiennent une valeur aberrante eu égard au cadre de l'étude ;
- le jury incite vivement les candidats à s'entraîner à la résolution de questions non guidées au cours de leur préparation, de sorte à ne pas laisser ce type de questions de côté lors de l'épreuve.

Pour terminer, le jury tient à féliciter chaleureusement, et ce indépendamment des résultats obtenus à cette épreuve, l'ensemble des candidats pour les efforts engagés au cours des deux années de classes préparatoires qui ont précédé leur participation au concours Centrale-Supélec.