

# Physique-chimie 1

## Présentation du sujet

Le sujet traite du stockage d'énergie par pompage thermique (procédé SEPT). Il est constitué de deux parties indépendantes et aborde quasi-exclusivement le programme de thermodynamique à l'exception de quelques questions de chimie.

## Analyse globale des résultats

Le sujet, composé de 44 questions, est de longueur raisonnable compte tenu de la durée de l'épreuve. Il comporte plusieurs questions de cours ou d'application directe, permettant aux candidats rigoureux de valoriser leurs acquis de l'année.

Certaines questions (Q5, Q6, Q12, Q23, Q24, Q26, Q29) étaient au moins partiellement accessibles par lecture directe du sujet. Traiter proprement ces questions de cours et d'application directe permettait de se situer au-dessus de la moyenne !

On peut ainsi noter que sur certaines copies par ailleurs relativement faibles, les questions de cours, plutôt bien traitées, ont conduit à un total de points sensiblement égal à celui de candidats ayant bien mieux compris le sujet dans son ensemble (et traité plus de questions), mais n'ayant pas apporté un soin suffisant à la rédaction.

Le sujet comporte un nombre non négligeable de questions faisant appel à une analyse qualitative du problème physique. Ces questions, bien que largement abordées, ont trop souvent donné lieu à des réponses peu précises, ou encore paraphrasant l'énoncé. Ce type de réponse n'a pas été valorisé.

Tout comme les années précédentes, les applications numériques données avec un nombre de chiffres significatifs non pertinent ou une mauvaise unité n'ont pas été valorisées.

Les études thermodynamiques en système ouvert et en système fermé sont trop souvent confondues. Les champs d'application de ces deux études sont alors incompris et leurs mises en œuvre, de fait, incohérentes. Certains confondent également enthalpie et énergie interne.

Le jury a été cette année plus particulièrement frappé par les confusions ou le manque de justesse du vocabulaire employé. On peut citer par exemple :

- variation au lieu d'écart ou différence ;
- réversible / renversable ;
- isentropique / isotherme ;
- réversible / adiabatique ;
- isentropique / adiabatique ;
- transformation / réaction ;
- travail / travail utile ;
- loi de Fick / loi de Fourier ;
- stockage de puissance...

La présentation de certaines copies est particulièrement peu soignée, ce qui empêche parfois la compréhension des éléments apportés par le candidat. Ces copies ont été pénalisées par un **malus de présentation**. À contrario, certains candidats font preuve d'une grande rigueur de présentation, qui a été valorisée par un **bonus**.

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

### Partie I

**Q1.** Une démonstration était attendue pour cette question de cours. De nombreux candidats n'ont pas défini les grandeurs employées ( $Q_c, W...$ ) ou commis des erreurs de signe (selon qu'on algébrise ou non les transferts d'énergie). Le coefficient de performance (COP) était à exprimer en fonction de  $T_H$  et  $T_B$  et non pas de  $T_c$  et  $T_f$ .

Cette question était notée sur 5 points, répartis de la façon suivante :

- définition du COP, les termes étant explicités ;
- traduction du premier principe de la thermodynamique ;
- traduction du second principe de la thermodynamique ;
- traduction du théorème de Carnot ;
- expression du COP en fonction de  $T_H$  et  $T_B$ .

**Q3.** Une analyse du produit du COP de la pompe à chaleur et de l'efficacité du moteur était attendue.

**Q4.** Le tracé de deux cycles non forcément rectangulaires mais correctement orientés suffisait à obtenir les points.

**Q5.** Les éléments sont généralement correctement positionnés sur le cycle bien que l'ensemble soit rarement justifié. Il était nécessaire, comme demandé dans le sujet, de reproduire le cycle de la figure 3 pour espérer avoir les points.

**Q6.** L'inégalité se déduisait par simple lecture graphique. La justification de l'inégalité a par contre posé problème, les raisonnements étant souvent peu rigoureux.

**Q7, Q8.** De nombreux manques rédactionnels conduisent à des notes moyennes sur ces questions. Le cadre d'application des lois de Laplace n'est par exemple que rarement totalement explicité. Beaucoup de candidats ne font pas la différence entre premier principe et premier principe en écoulement stationnaire, ou encore « aménagent » le premier principe en écoulement stationnaire de façon à faire apparaître les signes « - » de l'expression de  $\eta_{ts}$ .

Pour la question 7, notée sur 5 points, il fallait :

- citer le premier principe en écoulement stationnaire (ou industriel) (« premier principe » ne suffit pas) ;
- préciser que les variations d'énergies potentielle et cinétique sont négligées ;
- préciser que la transformation est adiabatique.

On obtient alors :

- $\Delta h = w$  ;
- les expressions recherchées.

**Q9.** Les réponses ont souvent consisté à tenter de retrouver l'expression fournie, sans la rigueur nécessaire.

**Q10.** Cette question a été généralement bien traitée lorsque les résultats de Q8 étaient corrects.

**Q11.** De nombreuses erreurs sur l'application numérique, en raison notamment d'une expression de  $c_p$  fautive (confusions entre capacité molaire et massique...).

**Q12.** Question très souvent bien traitée. Cependant, on retrouve souvent des explications avec des adjectifs non-définis du type « Le procédé SEPT est le plus *performant* » (pour alimenter un téléphone

portable ?) ou bien « Le procédé SEPT est le plus *adapté* » (pour faire quoi ?) ou encore « Le procédé SEPT est le plus *fiable* ».

**Q13.** Des ordres de grandeur souvent aberrants et non critiqués.

**Q14.** L'application numérique fréquente  $m = 14\,400\text{ kg}$  n'a pas été valorisée (5 chiffres significatifs !). De même le volume des deux enceintes était clairement  $V_e$  et non  $2V_e$ .

**Q15.** Beaucoup d'erreurs sur les unités. Le passage du Wh au Joule pose problème.

**Q16.** Beaucoup de réponses allusives. Le résultat étant fourni, une démonstration précise était attendue. Il était ainsi nécessaire d'expliciter les rendements  $\eta_{cd} = \frac{T_{0d\text{ is}} - T_3}{T_{0d} - T_3}$  et  $\eta_{cd} = \frac{T_1 - T_{2d}}{T_1 - T_{2d\text{ is}}}$  en fonction des températures.

**Q17.** Question mal traitée, les démonstrations étant rarement rigoureuses. Par exemple, pour montrer que  $ab \geq 1$ , il ne suffit pas de prouver que  $a \geq 1$  et  $b > 0$  !

**Q18, Q19.** Réponses souvent bien argumentées.

**Q21.** Assez peu de bonnes réponses pour ce calcul. Les formes données sont rarement simplifiées.

**Q24, Q25.** Le graphique est rarement correctement exploité et la notion de compromis rarement vraiment dégagée.

**Q26.** L'effet Joule est souvent mentionné pour désigner toute dissipation d'énergie sous forme thermique quelle qu'en soit l'origine. Certains candidats parlent de « fuite » d'argon pour justifier d'une baisse de rendement.

## Partie II

**Q27.** Le cours de cristallographie est souvent bien connu et les réponses correctement justifiées et rédigées. La structure cubique, qui n'est pas au programme, se déduisait de la figure 8. Porosité et compacité ont cependant été le plus souvent confondues.

**Q28.** Il suffisait ici de faire référence à l'énoncé ce que beaucoup ont bien fait.

**Q29.** Exploitation généralement correcte des courbes de température. La justification nécessitait la loi de Newton, non exigible, qui aurait dû être rappelée dans l'énoncé.

**Q30.** La question était complexe. Très peu de candidats ont fait le lien entre la montée en température du fond de l'enceinte et la condition d'arrêt liée à la température de sortie. De même pour l'augmentation de la capacité de stockage.

**Q32, Q33.** Trop de candidats se sont contentés de décrire l'évolution de  $\Gamma$  en fonction de  $L_e$  ou de  $D_m$  (ce qui ne constitue pas une explication !), sans faire le lien avec la vitesse de l'écoulement.

**Q34.** Cette question a souvent été bien traitée.

**Q35, Q36.** De fréquentes confusions entre expressions série et parallèle, des problèmes de dimension dans les résistances thermiques du solide et du gaz. On ne peut pas sommer les conductivités ou leurs inverses « d'après le cours d'électricité » ! Des cas limites aberrants auraient dû alerter les candidats sur un problème de démarche. Le jury a d'ailleurs valorisé les candidats qui, sans forcément trouver leur erreur, ont noté l'incohérence des valeurs limites trouvées. Ils ont en effet fait preuve de sens physique.

**Q38.** Le système étudié n'est pas toujours défini ! Beaucoup d'erreurs conduisent à des expressions non homogènes. Trop peu de candidats sont capables de mettre en œuvre un bilan de façon rigoureuse. Par exemple, le calcul de transfert thermique est souvent mal mené en oubliant la dépendance en  $r$  de la surface du cylindre. Le bilan est souvent mené avec l'énergie interne, le travail des forces de pression n'étant alors la plupart du temps pas explicité.

**Q39 – Q44.** Questions souvent bien traitées par les candidats qui les ont abordées.

## Conclusion

Il est recommandé aux futurs candidats :

- de ne pas aller trop vite sur les questions proches du cours. **Il est beaucoup plus pertinent de traiter un peu moins de questions en prenant le temps de justifier les raisonnements.** Le jury, en détaillant dans ce rapport le barème de certaines questions, souhaite une réelle prise de conscience de ces manques rédactionnels.
- **d'exprimer les valeurs numériques avec un nombre approprié de chiffres significatifs** et de ne pas hésiter à commenter ces valeurs.

Cette année, en raison de la pandémie, le concours s'est déroulé dans des conditions très particulières. Le jury tient particulièrement à féliciter l'ensemble des candidats pour la résilience et la motivation dont ils ont fait preuve.