

**Composition de Physique et Sciences de l'Ingénieur, Filière MP  
(X)**

**Rapport de MM. Cyril CREVOISIER, Yannick DESHAYES et Mathieu MOUNAUD, correcteurs.**

**Présentation du sujet**

Le sujet proposé cette année portait sur l'étude d'une pompe à chaleur. La première partie du sujet, plus physique, portait sur l'étude thermodynamique du système. La seconde et la dernière partie, plus sciences de l'ingénieur, se concentraient sur des technologies de compresseur et sur l'étude de l'asservissement en température du dispositif.

Une pompe à chaleur permet de chauffer un local en puisant l'énergie dans une source naturelle (air, dans le sol, ou dans l'eau des nappes phréatiques). Elle est constituée d'un circuit fermé dans lequel circule un fluide caloporteur à l'état liquide, gazeux ou biphasé selon l'élément qu'il traverse.

**Résultats des candidats**

Le Tableau 1 présente la répartition des notes des candidats. La moyenne de l'épreuve s'établit à 8,96 avec un écart-type de 2,99. La répartition est proche d'une loi gaussienne.

$0 \leq N < 4$	37	4,5 %
$4 \leq N < 8$	273	32,9 %
$8 \leq N < 12$	378	45,6 %
$12 \leq N < 16$	133	16,0 %
$16 \leq N \leq 20$	8	1,0 %
Total	829	100 %
Nombre de copies : 829		
Note moyenne : 8,96		
Écart-type : 2,99		

Tableau 1 : Résultat de l'épreuve P & SI filière MP

La figure 1 donne le taux de réussite des candidats français à chaque question. Une question est considérée comme réussie si le candidat a reçu au moins la moitié des points. Certaines questions ont été réussies par une grande partie des candidats, mais ne sont pas celles qui ont fait la différence sur la notation finale. Cette année, les différentes parties ont été traitées de manière homogène et les dernières questions de chaque partie ont permis de départager les meilleurs candidats. Ce résultat montre clairement une adéquation parfaite entre le sujet posé et la formation des candidats.

Comme chaque année, l'attention des futurs candidats est attirée sur le fait que des erreurs sur des applications numériques fort simples ont fait perdre des points à une bonne

partie des candidats. Il est rappelé que la valeur numérique d'une grandeur physique doit être obligatoirement suivie d'une unité, sans quoi le résultat est considéré comme faux.

Reprenant les termes des rapports des années précédentes, nous souhaitons insister à nouveau sur l'importance de la qualité de la rédaction (précision, concision et présentation) dans l'appréciation d'une copie. Un raisonnement clair, concis et bien exprimé a bénéficié d'une notation plus favorable que la simple énonciation du résultat juste. De plus, il est important de traiter les questions dans l'ordre proposé avec les mêmes notations. En effet, les 47 questions du sujet traitées dans un ordre aléatoire peuvent donner un certain nombre de difficultés aux correcteurs. Les candidats n'ayant pas scrupuleusement suivi cette recommandation ont été sanctionnés et ont perdu des points.

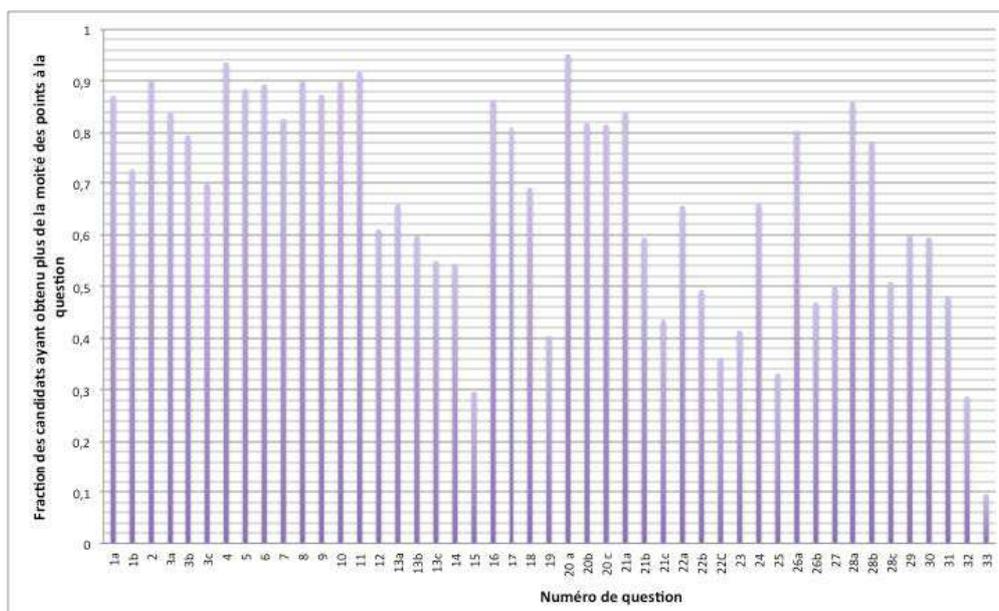


Figure 1 - Taux de réussite des candidats par question.

## Partie I : Thermodynamique de la pompe à chaleur

**I.1 Diagramme de Mollier :** Cette première partie a été bien traitée par près de 80% des candidats. Les questions permettaient de bien comprendre le diagramme de Mollier et de construire le cycle de la pompe à chaleur (Partie I.2). Quelques candidats n'ont pas abordé ces questions mais cela reste dans un taux très faible. On rappellera tout de même qu'à pression constante, l'enthalpie est reliée à la température par :  $dh = C_p dT$ . Sachant que la chaleur spécifique à pression constante est strictement positive, on trouve que  $T$  est une fonction strictement croissante de  $h$ .

**I.2 Cycle de la pompe à chaleur :** La seconde partie de l'étude thermodynamique a été moins bien traitée. La première sous-partie a été relativement bien traitée malgré quelques erreurs sur le diagramme de Mollier de la question 9. La seconde moitié de cette sous-partie a été, bien souvent, mal traitée et de nombreuses erreurs ont été observées. Le

document réponse a été souvent non complété avec un tableau des résultats incomplet. Les candidats se sont souvent confrontés au calcul sans calculatrice relativement compliqué pour cette épreuve. Les correcteurs ont donc été indulgents sur les réponses apportées par les candidats. On retiendra l'ordre de grandeur des valeurs données ainsi que les unités associées aux différents résultats. Le rendement réel est d'environ 10 alors que le rendement de Carnot est de 56. Le débit est d'environ  $180 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$ .

**I.3 Cycle compresseur :** La dernière partie de l'étude thermodynamique a été relativement bien traitée pour les questions 16 et 17. Par contre les questions 18 et 19 ont, bien souvent, été mal terminées. Le travail est donné par  $w = \frac{\gamma}{\gamma - 1}(p_2v_2 - p_1v_1)$  et  $T_2 = 43^\circ\text{C}$ . La grande difficulté était de faire le calcul numérique. Cependant, certains candidats n'ont pas terminé les questions théoriques. Les connaissances en thermodynamique restent encore trop superficielles et doivent être approfondies.

## Partie II : Différentes technologies de compresseur

**II.1 Dispositif bielle manivelle classique :** Cette partie était, de très loin, l'une des parties les plus simples du sujet. On remarque que un grand nombre de candidats a buté sur cette partie. Même si la question 20 a été bien traitée sur un grand nombre de copies, les questions 21, 22 et 23 ont été, dans beaucoup trop de cas, mal abordées par les candidats. On a vu des réponses aussi farfelues que « la surface d'un disque égale à  $\pi D$  ». Ce genre d'erreur est tout de même inadmissible deux années après le bac.

On rappellera également qu'une courbe, même si c'est une esquisse, doit être repérée par ses axes. Un grand nombre de candidats a été sanctionné pour ce type d'erreur, même si les calculs et l'allure de la courbe étaient bons.

**II.2 Dispositif à piston oscillant :** Cette question n'était pas plus difficile que les précédentes et pourtant beaucoup d'erreurs ont été observées dans cette question.

**II.3 Comparaison des deux dispositifs :** Les commentaires ont souvent été imprécis.

## Partie III : Contrôle en température

**III.1 Première modélisation :** Les questions 26 et 27 sont des questions élémentaires sur des systèmes asservis. Les réponses sont trop souvent incomplètes et/ou imprécises. Un bon nombre de candidats a perdu des points sur ces questions. Cela montre que peu de candidats prennent le temps de lire l'énoncé dans son intégralité afin d'organiser leurs réponses de manière à optimiser le résultat final.

**III.2 Deuxième modélisation** : les questions 28, 29, 30 et 31 étaient relativement abordables et ont été réussies par la moitié des candidats. Ces questions ont participé au classement des candidats des meilleurs aux moins bons. Les questions 32 et 33 étaient relativement longues et présentaient des calculs assez longs. Certains candidats n'ont pas abouti à un résultat convenable. Le taux de candidats ayant obtenu plus de la moitié des points est relativement faible.