

Session 2009

**BREVET TECHNICIEN SUPÉRIEUR
CHIMISTE**

PHYSIQUE

**Durée : 2 heures
Coefficient : 3**

La calculatrice n'est pas autorisée.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 7 pages, numérotées de 1 à 7.

L'annexe 1 (page 6 sur 7) est à rendre avec la copie.

Code sujet : CHPHY – P/09

PREMIER EXERCICE : ÉTUDE D'UN CLIMATISEUR (35 points)

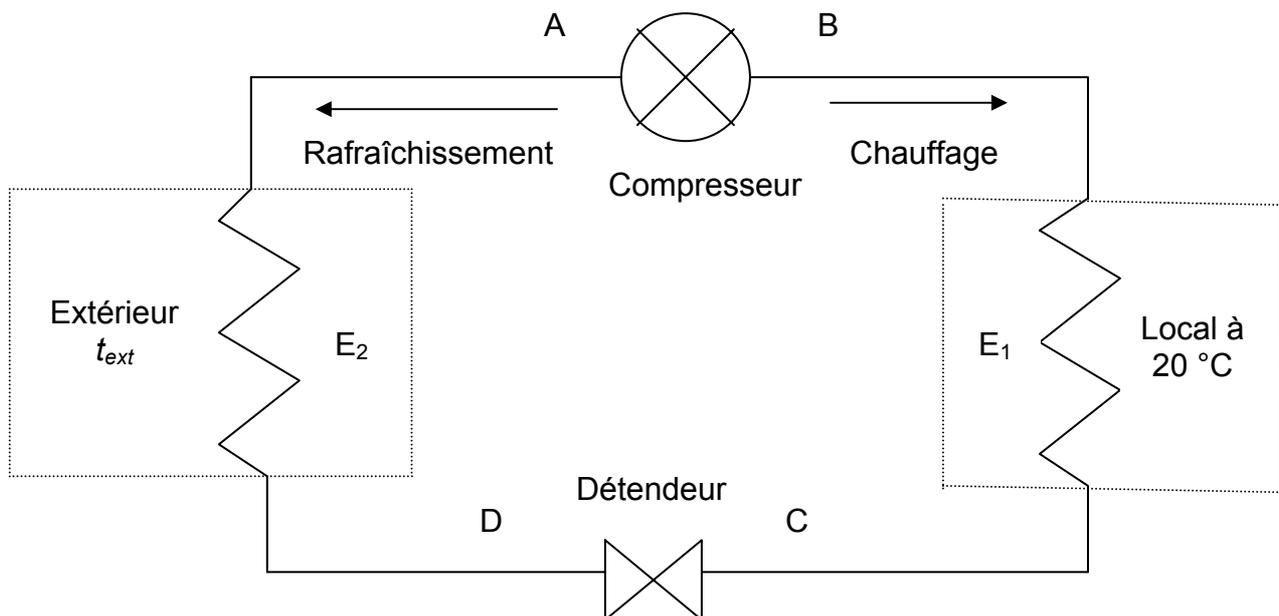
On s'intéresse au fonctionnement d'un appareil de climatisation dont le but est de maintenir une température constante ($t_0 = 20\text{ °C}$) dans un local, été comme hiver.

Le climatiseur fonctionne donc en pompe à chaleur l'hiver et en machine frigorifique l'été.

Les transferts thermiques du climatiseur se font avec deux sources :

- le local (à $t_0 = 20\text{ °C}$)
- l'atmosphère extérieure (on prendra $t_{ext} = 0\text{ °C}$ en hiver et $t_{ext} = 40\text{ °C}$ en été).

Le fluide frigorigène qui effectue des cycles dans l'appareil est le fréon R 22. Le principe de l'appareil est décrit par le schéma suivant, le fluide pouvant circuler dans un sens pour chauffer la pièce (A, B, C, D, A) ; dans l'autre sens pour la rafraîchir (B, A, D, C, B).



1. Fonctionnement hivernal du climatiseur (chauffage)

Le fluide subit les étapes suivantes :

- il entre en A dans le compresseur sous forme de vapeur saturante, à la température $t_{ext} = 0\text{ °C}$. Il y subit une compression isentropique qui l'amène à l'état B sous forme de vapeur sèche ;
- il entre alors dans l'échangeur de chaleur E_1 , où il subit une condensation isobare à la pression de vapeur saturante à 20 °C : $P_{S1}(20\text{ °C})$. Il en ressort en C sous forme de liquide de saturation ;
- Il pénètre dans le détendeur où il subit une détente isenthalpique. Il en ressort en D sous forme de liquide-vapeur ;
- Il entre dans l'évaporateur E_2 où il se vaporise totalement de manière isobare sous la pression de vapeur saturante à $t_{ext} = 0\text{ °C}$: $P_{S2}(0\text{ °C})$.

On fournit en **annexe 1, page 6/7**, le diagramme de Mollier* du fréon R 22 : $P = f(h)$, P étant la pression en bar et h l'enthalpie massique en kJ.kg^{-1} . La courbe de saturation y figure en trait épais. Les isothermes ($^{\circ}\text{C}$) et les isentropes ($\text{kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$) y sont également représentées.

* Fourni gracieusement par la Société Solvay Fluores France.

- 1.1. Par lecture sur le diagramme de Mollier en annexe 1, page 6/7, indiquer les valeurs des pressions de vapeur saturante du fréon aux deux températures d'étude : P_{S1} (20 °C) et P_{S2} (0 °C).
- 1.2. Tracer le cycle du fréon (en l'orientant) sur ce diagramme.
Le cycle est-il moteur ou récepteur ?
- 1.3. Trouver graphiquement sa température t_B à la sortie du compresseur.
- 1.4. Par lecture graphique aussi précise que possible, indiquer les valeurs des enthalpies massiques du fréon dans les états A, B, C, D. Présenter les résultats sous forme de tableau.
- 1.5. On rappelle qu'à la traversée d'une partie active (compresseur, détendeur ou échangeur de chaleur), l'énergie reçue par le fluide circulant en régime permanent vérifie :

$$\Delta h = h_{\text{sortie}} - h_{\text{entrée}} = w + q$$
(h , w et q étant des grandeurs massiques et w étant le travail utile échangé avec l'extérieur, excluant le travail des forces de pression).

En justifiant votre réponse, déterminer, pour 1 kg de fréon :

- 1.5.1. Le travail w échangé entre le compresseur et le fluide.
Commenter son signe.
- 1.5.2. La chaleur q_C échangée par le fréon lors du passage dans l'échangeur E_1 .
- 1.5.3. La chaleur q_F échangée par le fluide lors du passage dans l'échangeur E_2 .
- 1.6. Définir le coefficient de performance (ou efficacité) de cette pompe à chaleur e .
Donner un ordre de grandeur de e (le coefficient de performance est en réalité plus faible).
Quel intérêt présente une telle installation par rapport à un chauffage par chaudière ?

2. Fonctionnement estival du climatiseur (rafraîchissement)

Le fluide circule dans l'autre sens (B, A, D, C, B). Les rôles des deux échangeurs sont alors inversés : E_2 devient un condenseur et E_1 un évaporateur.

On se propose d'évaluer la puissance de l'installation.

Pour maintenir la température du local à $t_0 = 20$ °C, on admet qu'il faut renouveler en totalité l'air de la pièce en une heure.

- 2.1. Soit $m = 360$ kg la masse d'air qui doit pénétrer en une heure dans le local.
On donne la capacité thermique massique de l'air à pression constante :
 $c_p = 1,0 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$.
Calculer le transfert thermique Q échangé par cette masse d'air pour passer de la température $t_{\text{ext}} = 40$ °C à t_0 .
- 2.2. En déduire la puissance thermique correspondante.
- 2.3. Le coefficient de performance réel de cette machine frigorifique étant égal à 4, quelle doit être la puissance du compresseur ?

DEUXIÈME EXERCICE : ANALYSE PAR ACTIVATION NEUTRONIQUE (25 points)

L'analyse par activation neutronique est une technique qui consiste à soumettre l'échantillon à analyser à un flux de neutrons, ce qui conduit à activer un certain nombre d'éléments.

Après l'irradiation, les radio-isotopes ainsi créés peuvent être identifiés avec certitude et quantifiés avec précision ; ce qui permet de connaître la nature des éléments initialement présents dans l'échantillon tout en effectuant leur dosage.

C'est une méthode d'excellence dans la recherche de traces et d'ultra-traces. Elle s'applique à de très nombreux matériaux (métaux, semi-conducteurs, échantillons archéologiques, biologiques, géologiques...) et également dans l'environnement (dosage des poussières atmosphériques...) et en criminologie (détection de l'arsenic...).

C'est une technique analytique souvent non destructive, très sensible (limite de détection inférieure à 10^{-12} g) et qui permet le dosage simultané multi élémentaire.

1. Source de neutrons

La principale source de neutrons est constituée par des réacteurs nucléaires.

Cependant, les sources isotopiques sont un moyen d'irradiation autonome et relativement moins coûteux, qui se prête bien à l'utilisation industrielle pour les dosages rapides et en série de certains éléments.

Les neutrons sont alors générés par une source « américium-béryllium ».

1.1. L'américium ${}_{95}^{241}\text{Am}$ est un émetteur α .

Écrire l'équation de la réaction de désintégration sachant qu'il donne naissance au neptunium Np.

1.2. L'américium est intimement mélangé au béryllium 9. Les particules α émises vont réagir sur le béryllium 9 suivant la réaction :



Recopier l'équation de la réaction en la complétant. Identifier l'élément X formé.

2. Nature de l'échantillon

L'échantillon est un tensioactif qui contient des impuretés (comme le chlore et le brome).

Les films de tensioactifs sont utilisés pour construire des matériaux nano-structurés qui connaissent aujourd'hui un essor considérable en raison de leurs propriétés particulières, propriétés qui dépendent de la composition élémentaire des nano-objets. Il est donc nécessaire de contrôler leur pureté par l'analyse élémentaire.

Ce film tensioactif agit sur la tension superficielle de l'eau, comme le font les savons ou les détergents. Il comprend deux parties aux propriétés antagonistes : une partie polaire et une partie comprenant une ou plusieurs chaînes hydrocarbonées.

2.1. Comment sont représentées schématiquement ces deux parties ?

2.2. Quelles sont les propriétés antagonistes de ces deux parties ?

3. Irradiation de l'échantillon

On s'intéresse ici plus particulièrement à la présence de chlore dans l'échantillon, que l'on soumet à un flux de neutrons issus d'un réacteur nucléaire.

- 3.1. Ecrire l'équation de la réaction nucléaire subie par un noyau de chlore ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ absorbant un neutron.
- 3.2. L'isotope instable du chlore formé dans la réaction précédente est radioactif β^- , de temps de demi-vie (ou période radioactive) $T_{1/2} = 37$ min.
Ecrire l'équation de cette désintégration sachant que le noyau formé est de l'argon (Ar).

4. Analyse qualitative et quantitative

L'énergie totale libérée lors de cette réaction de désintégration β^- vaut $E = 4,91$ MeV.

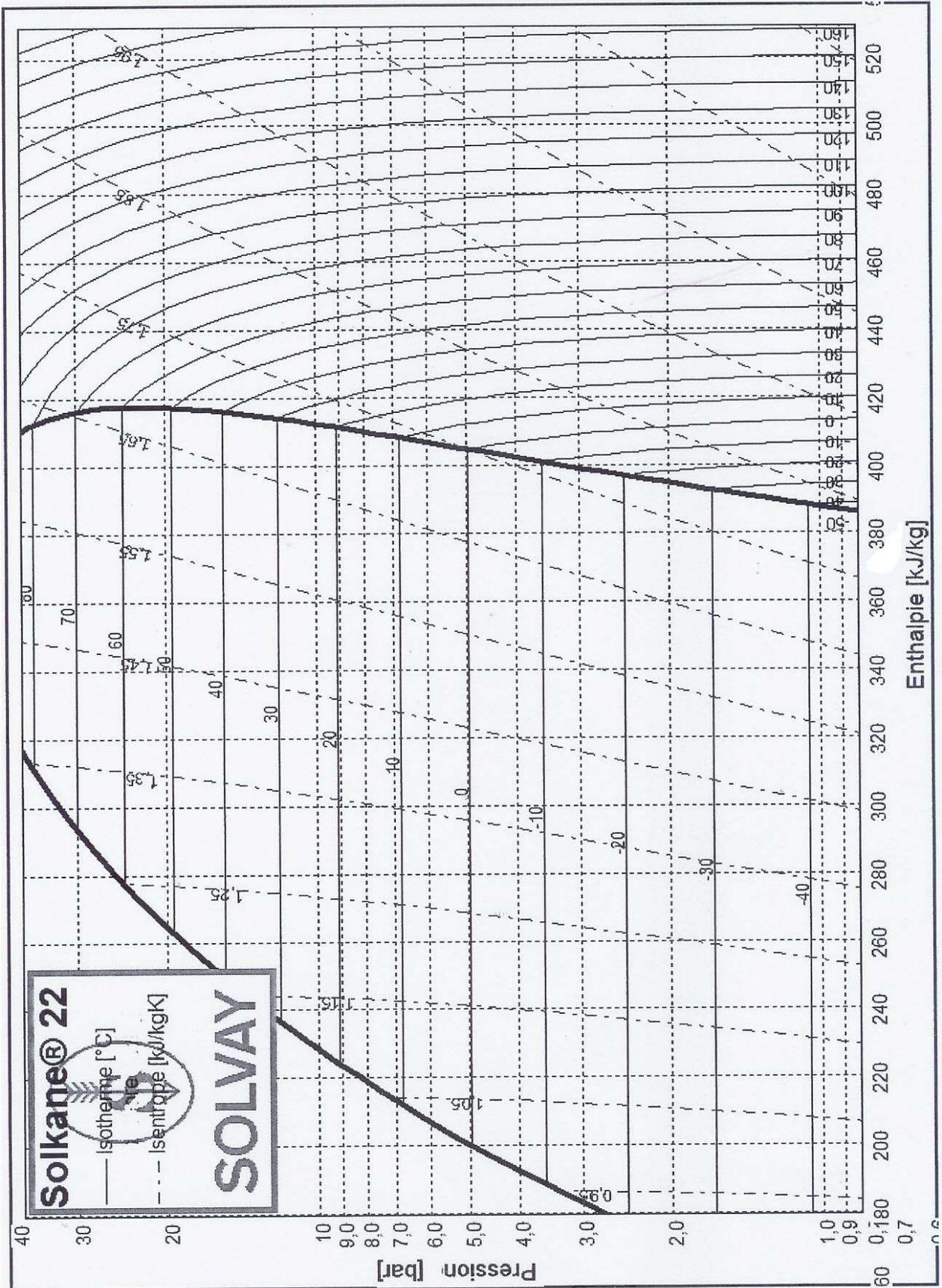
A l'aide d'un détecteur semi-conducteur au germanium associé à un amplificateur et un analyseur multicanaux, on obtient le spectre de rayons γ accompagnant cette désintégration.

On observe l'émission de photons γ d'énergie $E_1 = 1,64$ MeV et $E_2 = 2,17$ MeV.
Le bruit de fond étant très bas, on atteint une excellente limite de détection.

On fournit en **annexe 2 page 7/7**, le schéma de désintégration β^- de l'isotope du chlore 37.

- 4.1. Expliquer quelle est l'origine du rayonnement γ .
- 4.2. Les deux énergies des photons γ sont-elles compatibles avec le schéma de désintégration ? Justifier.
- 4.3. Quand le noyau d'argon est produit dans l'état excité d'énergie $E_3 = 3,81$ MeV, quelle est l'énergie maximale E_{max} des rayons β^- ?
- 4.4. L'activité de l'échantillon, contenant l'isotope Cl instable, au moment du comptage est $A = 2,5 \times 10^4$ Bq. Sachant que cette activité a été mesurée 37 min après la fin de l'irradiation, quel était l'ordre de grandeur de l'activité à la fin de l'irradiation (c'est-à-dire juste après avoir obtenu le chlore radioactif) ?
- 4.5. Quel est alors l'ordre de grandeur de la masse de chlore 37 contenu dans l'échantillon ?
On donne : la constante d'Avogadro $N_A = 6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
 $A = \lambda \cdot N$;
 $\ln 2 \approx 0,7$

ANNEXE 1 : A RENDRE AVEC LA COPIE



ANNEXE 2

