Banque PT, France

# Session 2017, filière PT

## Physique B, thermodynamique

Durée : 2 heures

### Ce que traite le sujet

- Documents et description du cycle
- Analyse documentaire et culture générale
- Cycle et diagrammes
- Étude de la compression
- Condenseur, détendeur et évaporateur
- Coefficient de performance
- Fonctionnement de l'installation domestique

**Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.**

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/banque-pt/pt/2017/physique-b-thermo

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

BANQUE PT
PHYSIQUE & TECHNOLOGIE

# Epreuve de Physique B - Thermodynamique

Durée 2 h

**Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, d'une part il le signale au chef de salle, d'autre part il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.**

---

## L'usage de calculatrices est interdit.

## L'usage de tout ouvrage de référence et de tout document est interdit.

### AVERTISSEMENT

**De nombreuses parties sont indépendantes. Il est conseillé aux candidats de prendre connaissance rapidement de la totalité du texte du sujet.**

**Les candidats doivent respecter les notations de l'énoncé et préciser, dans chaque cas, la numérotation de la question posée.**

**ATTENTION : deux feuilles annexes impression recto/verso sont à rendre avec la copie.**

La **présentation**, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la **rédaction, la clarté et la précision** des raisonnements entreront pour une **part importante** dans **l'appréciation des copies**. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte. Les candidats sont invités à encadrer les résultats de leurs calculs.

**Tournez la page S.V.P.**

**Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.**

# CONDITIONNEMENT D'AIR & FLUIDE À GLISSEMENT DE TEMPÉRATURE

L'objet de ce problème est d'étudier un modèle simplifié de pompe à chaleur (PAC), destiné au conditionnement air-air et qui fonctionne avec le nouveau fluide frigorigène « R 407C », mélange de fréons dont les propriétés sont adaptées aux nouvelles exigences environnementales.

**DOCUMENT 1 : la fin des fluides CFC et HCFC**

Les premiers cycles de réfrigération sont réalisés vers 1875 et les substances chimiques comme l'ammoniac, le dioxyde de soufre ou le gaz carbonique sont utilisés comme fluides. Dans la première moitié du XX$^{e}$ siècle, apparaissent de nouveaux fluides : les dérivés chlorofluorés du méthane et de l'éthane (chlorofluorocarbures CFC, comme le fluide R 12 de formule $CC\ell_2F_2$) et les dérivés hydrochlorofluorés (hydrochlorofluorocarbures HCFC, comme le fluide R 22 de formule $H\text{-}CC\ell F_2$). Pour des raisons multiples, tant techniques que thermodynamiques ou de sécurité, ces fluides s'imposent (jusqu'à récemment) pour les cycles de réfrigération à compression de vapeur, à l'exception de l'ammoniac, toujours utilisé dans certaines installations industrielles, notamment agroalimentaires. En particulier, le CFC R 12 et le HCFC R 22 parviennent à représenter, à eux seuls, 75 % du parc de réfrigération français (date de relevé : 1998).

Deux préoccupations environnementales viennent brusquement remettre en cause l'utilisation massive de ces fluides dont une trop forte proportion gagne l'atmosphère, suite à des fuites, des accidents ou des opérations malencontreuses. Il est rapidement démontré que les atomes de chlore, libérés en altitude par les CFC et HCFC, participent fortement à la dégradation de la couche protectrice atmosphérique contre les rayons ultra-violets nuisibles du soleil (rayons UV B).

Il est de plus prouvé que les gaz CFC et HCFC participent activement au réchauffement climatique : la fuite d'un kilogramme de ces produits de synthèse, dans l'atmosphère, produit un réchauffement équivalant à celui engendré par l'émission de $10^3$ à $10^4$ kilogrammes de $CO_2$ !

Très rapidement est prise la décision d'arrêter la production de ces CFC, de prévoir l'arrêt, à court terme, des HCFC (pourtant moins chlorés) et de chercher des composés chimiques de remplacement, notamment dans la famille des HFC (hydrofluorocarbures). L'ensemble de ces mesures provoque, pour les industriels de la réfrigération, une révolution technologique majeure qui commence en 1994 et qui n'est pas terminée. De nombreux problèmes technologiques sont à résoudre...

**DOCUMENT 2 : comment remplacer les fluides HCFC les plus couramment utilisés ?**

Par exemple, le R22, essentiellement utilisé comme agent frigorigène pour les installations frigorifiques et les systèmes de conditionnement d'air, est interdit au sein de l'Union Européenne en ce qui concerne son utilisation dans les appareils neufs depuis le 30 juin 2004. La maintenance, sur les appareils anciens, n'est plus tolérée depuis le 1$^{er}$ janvier 2015. Le remplacement de ce type de fluides s'impose donc.

Les seuls fluides de substitution purs, sans atome de chlore et à potentiel de réchauffement climatique réduit, sont les fluides non halogénés comme l'ammoniac, le propane, l'isobutane (ou 2-méthylpropane), le gaz carbonique et l'eau. Ces fluides ont cependant une utilisation limitée. L'ammoniac, l'isobutane et le propane présentent de très bonnes caractéristiques thermodynamiques et constituent des alternatives très sérieuses : leur usage se développe sensiblement. 30 % du marché européen des réfrigérateurs domestiques utilisent aujourd'hui de l'isobutane, notamment en Europe du Nord. Malgré ses performances relativement faibles et les hautes pressions qu'il demande, le gaz carbonique est étudié comme fluide pour les installations de climatisation automobile, où les risques de fuite sont élevés.

Les fabricants de fluides frigorigènes considèrent en effet qu'il est maintenant peu probable de trouver des fluides purs qui possèdent des propriétés thermodynamiques leur permettant d'être de parfaits substituts aux anciens fluides. En revanche, en mélangeant des fluides purs dans des proportions bien choisies, il est possible d'obtenir des caractéristiques mieux adaptées. C'est avec le mélange R 407C de HFC (23 % de R 32, 25 % de R 125 et 52 % de R 134A) qu'un bon compromis efficacité – respect de l'environnement semble actuellement trouvé. Mais le R 407C présente un rendement énergétique global plutôt inférieur à celui du R 22.

**DOCUMENT 3 : mélange R 407C, fluide à « glissement de température »**

Pour ce type de fluides, à pression fixée, les différences entre les températures saturantes des constituants introduisent un glissement de température dans la zone d'équilibre liquide-vapeur. Lors de l'ébullition d'un mélange à pression constante, la vapeur est toujours plus riche en constituant(s) le(s) plus volatil(s) : la température de début d'ébullition (température de bulle) est donc inférieure (d'environ 7 °C pour le R 407C) à la température de fin d'ébullition (température de rosée), alors qu'elles sont égales pour les corps purs. De ce fait, la pression et la température ne restent plus constantes, toutes les deux, lors d'une ébullition ou d'une condensation. Dans les diagrammes de Clapeyron $P = f(v)$, des frigoristes $\log P = f(h)$ et entropique $T = f(s)$, les isobares et les isothermes ne sont plus simultanément horizontales dans la zone d'équilibre liquide-vapeur.

Les documents précédents ont été établis à partir des sites Web suivants :

- « Techniques de l'Ingénieur » : http://www.techniques-ingenieur.fr
  Diagrammes thermodynamiques & mélanges utilisés en réfrigération (*par Renaud Gicquel, Professeur à l'École des Mines de Paris).*
- *«* Wikipédia *» :* https://fr.wikipedia.org/wiki/Chlorodifluorom%C3%A9thane

---

Le principe d'une pompe à chaleur (PAC), destinée au chauffage d'une maison d'habitation, est de prélever de l'énergie dans l'atmosphère extérieure et de céder ensuite de l'énergie thermique à l'air intérieur de l'habitation (PAC air-air).

Dans cette machine, le fluide décrit un cycle à compression de vapeur, constitué des étapes décrites ci-dessous. Les valeurs numériques des principaux paramètres associés, notamment enthalpie et entropie massiques, sont précisées sur la figure **f.1**, pour un fonctionnement en saison hivernale. Le système thermodynamique étudié est le fluide de la machine.

*Description du cycle* :

- Dans l'évaporateur **F-A**, le fluide achève, dans un premier temps, sa vaporisation en restant sous la pression de vaporisation (ou pression de vapeur saturante) $P_2$ constante et se retrouve à l'état de vapeur tout juste saturante (état **G**). Dans un second temps, toujours sous la pression $P_2$, le gaz subit une élévation de température $\Delta T$ = +5 K au-dessus de la température de rosée, ce qui l'amène à l'état **A**.

- Le mélange R 407C quitte alors l'évaporateur et rentre dans le compresseur **A-B** où il subit une compression. Le gaz sort du compresseur à la température $T_B$ et sous la pression $P_1$ (état final **B**).

- Dans le condenseur **B-E** le fluide subit un processus entièrement isobare, sous la pression de condensation (pression de vapeur saturante) $P_1$ constante. Le fréon gazeux se refroidit, dans un premier temps, jusqu'à la température de rosée (état **C**) puis, dans un second temps, se liquéfie complètement (état **D**) avant de subir, à l'état liquide, une baisse de température $\Delta T$ = –5 K, ce qui le conduit à l'état **E**.

- Le corps pur, à l'état liquide (état **E**), pénètre dans le détendeur **E-F** où il subit une détente isenthalpique (ou isenthalpe), ce qui lui permet de passer de la pression $P_1$ à la pression $P_2$. Cette détente s'accompagne d'une vaporisation partielle du liquide caractérisée par la fraction massique $x_v$ en vapeur (avec $0 < x_v < 1$).

*Hypothèses de travail* :

- Les variations d'énergie cinétique macroscopique et d'énergie potentielle de pesanteur du fluide sont négligées dans tout le problème.
- L'installation fonctionne en régime permanent et stationnaire.
- La vapeur du fluide R 407C est assimilée à un gaz parfait.

☞ *Les calculs numériques seront menés en respectant le nombre de chiffres significatifs de l'énoncé.*

*Paramètres du cycle* :

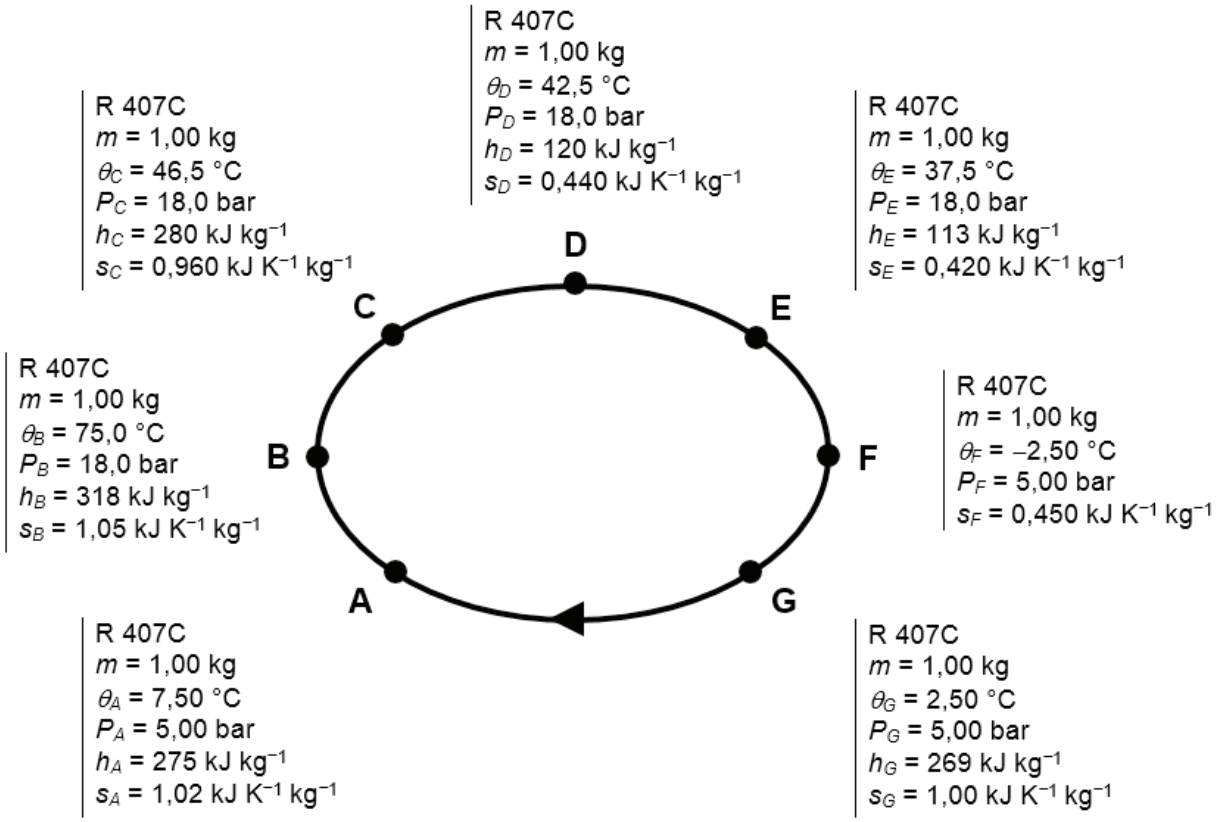



Figure **f.1** : vue d'ensemble des paramètres d'un cycle du fluide R 407C (fonctionnement hivernal)

*Notations **des constantes*** :

- $M$ (unité : kg mol$^{-1}$) : masse molaire moyenne du mélange R 407C ;
- $\gamma = \dfrac{C_{p,m}}{C_{v,m}}$ : caractéristique énergétique du fluide gazeux, avec $C_{p,m}$ et $C_{v,m}$ (unité : J mol$^{-1}$ K$^{-1}$), coefficients thermiques molaires (ou chaleurs molaires), respectivement à $P$ et $V$ constants ;
- $c_{p,vap}$ (unité : J kg$^{-1}$ K$^{-1}$) : coefficient (ou capacité) thermique massique, à pression constante, du fluide gazeux ;
- $R$ (unité : J mol$^{-1}$ K$^{-1}$) : constante du gaz parfait, avec $r = \dfrac{R}{M}$.

☞ *De nombreuses questions peuvent être traitées de manière indépendante.*

**Analyse documentaire et culture générale (≈ 5 % des points)**

**1.** Les fluides frigorigènes ont une nomenclature spécifique approuvée par l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée (IUPAC). Le code se compose de la lettre « R » suivie de 2 à 5 chiffres qui découlent de sa structure moléculaire (exemple : R 32). Que signifie la lettre « R » ?

**2.** Comment se nomme le « bouclier », certes relativement mince, mais d'une remarquable efficacité dans la filtration des UV énergétiques solaires, qui se trouve détruit par la présence des atomes de chlore libérés, en altitude, par les CFC et HCFC (réponse en deux lignes maximum) ?

**3.** Même si les atomes de chlore sont absents de leur formule chimique, certains fluides frigorigènes sont écartés car ils sont facteurs du changement climatique. La planète reçoit de l'énergie solaire et réémet, par rayonnement vers l'espace, de l'énergie. Simultanément, l'atmosphère absorbe et réfléchit vers la planète une partie de ces rayonnements. Mais le bilan thermique ainsi obtenu se trouve modifié si l'atmosphère s'enrichit en gaz capables d'absorber et de réémettre une partie des infrarouges, ce qui amplifie le phénomène d'élévation de la température de la surface terrestre. Comment se nomme cet effet qui contribue au réchauffement global (réponse en deux lignes maximum) ?

**4.** Dans la zone d'équilibre liquide-vapeur du fluide R 407C à glissement de température, sous la courbe de saturation du diagramme de Clapeyron $P = f(v)$ (avec $v$ volume massique), les isobares forcément horizontales (c'est-à-dire parallèles à l'axe des abscisses) croisent les isothermes non horizontales. Quel est le signe de la pente de ces isothermes, considérées, en première approximation, comme des segments de droite dans ce domaine diphasé (☞ Remarque : la réponse peut être présentée sous la forme d'un schéma) ?

**<u>Cycle et diagrammes</u> (≈ 30 % des points)**

**5.** Compléter la figure **f.2** de la feuille annexe en :
- identifiant clairement les principaux organes (numérotés de **1** à **4**) de la machine thermique : détendeur, compresseur, évaporateur et condenseur ;
- situant, sur le parcours du fluide et aux sommets du rectangle, quatre des sept points représentatifs des états **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F** et **G**.

(☞ *Feuilles annexes à rendre avec la copie*)

**6.** Pourquoi ce cycle est-il qualifié de cycle récepteur ?

**7.** Quel est le rôle du condenseur ? Se trouve-t-il à l'intérieur ou à l'extérieur de l'habitation ?

**8.** À partir de l'identité thermodynamique sur l'enthalpie massique ($dh = T\,ds + v\,dP$), démontrer que dans la partie correspondant à l'état gazeux (parfait) du diagramme entropique ($s$ en abscisse, $T$ en ordonnée), une isobare est représentée par une exponentielle.

**9.** Représenter le cycle complet du fluide R 407C sur les trois figures **f.3**, **f.4** et **f.5** des feuilles réponses annexes, en repérant, à chaque fois, les sept points représentatifs **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F** et **G**. Les diagrammes à compléter sont les suivants :
**a)** diagramme de Clapeyron $P = f(v)$ (avec $v$ volume massique du mélange) (figure **f.3**) ;
**b)** diagramme des frigoristes $\log P = f(h)$ (figure **f.4**) ;
**c)** diagramme entropique $\theta = f(s)$, avec $\theta$ température en °C (figure **f.5**).
(☞ *Feuilles annexes à rendre avec la copie*)

**10.** Les échanges thermiques du fluide avec les sources sont-ils réversibles ou irréversibles ?
- Justifier la réponse (trois lignes maximum).
- Si ces transferts thermiques sont jugés irréversibles, proposer un type d'échangeur susceptible de diminuer l'entropie créée par irréversibilité.

**<u>Étude de la compression</u> (≈ 10 % des points)**

La compression est supposée adiabatique.

**11.** Exprimer le coefficient (ou capacité) thermique massique à pression constante $c_{p,vap}$ du fluide vapeur, en fonction de $r$ (défini dans l'énoncé) et $\gamma$.

**12.** Les température $T_A$ et pressions $P_A$ et $P_B$ des états **A** et **B** étant connues, établir, dans l'hypothèse d'une compression adiabatique et réversible (compresseur dit isentrope), l'expression <u>littérale</u> de la température de sortie $T_B$ du compresseur.

**13.** Montrer que les données (numériques et/ou graphiques) ne plaident pas en faveur d'une transformation **A-B** réversible.

**14.** Pour cette question, les données de l'énoncé sont : $P_A$, $P_B$, $T_A$, $T_B$, $r$ et $\gamma$. Établir, à l'aide de tout ou partie de ces grandeurs, l'expression <u>littérale</u> des variations d'enthalpie massique $\Delta h_{AB}$ et d'entropie massique $\Delta s_{AB}$ du fluide.

**15.** Comment déterminer le travail massique indiqué $w_i = w_{AB}$ reçu par le fluide, au cours de la compression ?

**16.** *Application numérique* : à partir des données numériques de l'énoncé, calculer :
- **a)** le travail indiqué massique $w_i = w_{AB}$ du mélange R 407C ;
- **b)** la variation d'entropie massique $\Delta s_{AB}$ correspondante ;

**<u>Passage dans le condenseur</u> (≈ 5 % des points)**

Le condenseur ne comporte aucune partie mobile.

**17.** Comment se nomme l'étape **B-C** ?

**18.** Même question pour l'étape **D-E** ?

**19.** *Application numérique* : à partir des données numériques de l'énoncé, calculer :
- **a)** l'enthalpie massique de vaporisation $\Delta h(P_1)$ du R 407C sous la pression $P_1$ fixée (mais à température non constante) ;
- **b)** la chaleur massique $q_{cond}$ échangée par le fluide dans le condenseur.

**<u>Passage dans le détendeur (laminage)</u> (≈ 10 % des points)**

Le détendeur est un tube capillaire de cuivre, de 2 à 3 m de long, indéformable et qui n'échange pas de chaleur, chargé de créer une grande perte de charge entre le condenseur et l'évaporateur.

**20.** Démontrer que la transformation (ou laminage) dans le détendeur est isenthalpique.

**21.** *Application numérique* : à partir des données numériques de l'énoncé, calculer la variation d'entropie massique $\Delta s$, ainsi que les entropies massiques échangée $s_e$ et créée $s_c$ correspondantes. Le signe de la variation d'entropie $\Delta s$ est-il prévisible sans calcul ?

**22.** *Application numérique* : après exploitation d'un des graphes (figures **f.4** ou **f.5**), calculer la fraction massique moyenne $x_v$ en vapeur (égale à la masse de la phase vapeur, tous constituants confondus, rapportée à la masse totale des phases liquide et vapeur) à la sortie du détendeur, sachant que les volumes massiques des phases vapeur et liquide valent respectivement, en ce point :
$v_v = 5{,}00 \times 10^{-2}$ m$^3$ kg$^{-1}$ et $v_\ell = 8{,}30 \times 10^{-4}$ m$^3$ kg$^{-1}$.

**<u>Passage dans l'évaporateur</u> (≈ 5 % des points)**

L'évaporateur ne comporte aucune partie mobile.

**23.** Comment se nomme l'étape **G-A** ?

**24.** Pourquoi le fluide ne doit-il pas pénétrer dans le compresseur dès l'état **G** ?

**25.** *Application numérique* : à partir des données numériques de l'énoncé, calculer la chaleur massique $q_{évap}$ échangée par le fluide dans l'évaporateur.

**<u>Coefficient de performance (*COP*)</u> (≈ 15 % des points)**

**26.** Le compresseur est entraîné par un moteur électrique de rendement électro-mécanique $\rho_{él}$ = 0,800. Le rendement mécanique $\rho_m$ du compresseur est supposé ici, pour simplifier, égal à 1. Comment définir, ici, le coefficient de performance (*COP*) de cette machine thermique ?

**27.** Bien que le coefficient de performance dépende du type d'installations, des conditions climatiques et de nombreux paramètres, proposer un ordre de grandeur habituellement admis pour le *COP* des pompes à chaleur destinées au chauffage des maisons individuelles.

**28.** *Application numérique* : à partir des données numériques de l'énoncé (fonctionnement hivernal), calculer le $COP_{hiver}$ de la machine.

**29.** Quel(s) avantage(s) présente ce chauffage par rapport au chauffage électrique ? Quels peuvent être aussi les inconvénients d'une PAC air-air ?

**30.** Sur le diagramme *P = f(v)* de la figure **f.3**, au cycle déjà représenté dans le cadre de la question **9.a**, superposer en pointillés le cycle du fluide imaginé sans les étapes **G-A** et **D-E**.
(☞ *Feuilles annexes à rendre avec la copie*)

**31.** D'un point de vue énergétique, montrer, sans calcul, que les étapes **G-A** et **D-E** favorisent le *COP*.

**Fonctionnement de l'installation domestique (≈ 20 % des points)**

Cette pompe à chaleur sert à compenser l'énergie cédée, par une maison d'habitation, à l'atmosphère extérieure en saison hivernale, du fait d'une isolation non idéale. La PAC permet donc de maintenir l'air intérieur à la température $T_h$ constante, alors que la température extérieure, plus basse, vaut $T_e$. Dans le but d'évaluer la puissance mise en jeu, le chauffage est interrompu : la température de l'air intérieur (supposée uniforme) passe alors, au bout d'une durée $\tau$, de la température $T_h$ à la température $T_\tau = \dfrac{T_h + T_e}{2}$.

**32.** Au cours du refroidissement, la puissance thermique reçue algébriquement par l'air de la maison s'écrit : $P_{th,pertes} = -k\,C\,[T(t) - T_e]$, puissance comptée négativement. Dans cette expression, *C* désigne la capacité thermique de l'air intérieur, *T(t)* la température intérieure (supposée uniforme) à l'instant *t* et *k* une constante positive dépendant de l'isolation.
- **a)** Vérifier la cohérence de la loi définissant la puissance $P_{th,pertes}$ (en particulier, justifier la présence du signe « – » placé devant la constante *k*).
- **b)** Établir l'équation différentielle vérifiée par la température *T(t)* de l'air intérieur de l'habitation.
- **c)** En déduire, en fonction de $\tau$, l'expression de la constante *k*.

**33.** En régime permanent, une puissance électrique moyenne $P_{él}$ est nécessaire pour faire « tourner » la PAC et maintenir la température de l'atmosphère intérieure à la valeur constante $T_h$. Soit $D_{m,fl}$, le débit massique moyen du fluide dans la machine.
- **a)** Relier la puissance électrique moyenne $P_{él}$ reçue à la différence de températures $(T_h - T_e)$.
- **b)** Même question pour le débit massique moyen $D_{m,fl}$ du R 407C dans la machine.

**34.** L'air du logement, qui traverse l'échangeur intérieur, subit une variation de température $\Delta T_a$. La capacité thermique massique constante de l'air vaut $c_{p,a}$. Relier le débit massique moyen $D_{m,a}$ de l'air à travers l'échangeur (composé, en réalité, de plusieurs échangeurs) au débit moyen $D_{m,fl}$ du R 407C.

**35.** *Application numérique* :

$\tau = 6{,}93 \times 10^2$ s ; $C = 1{,}00 \times 10^6$ J K$^{-1}$ ; $(T_h - T_e) = 10{,}0$ K ; $\Delta T_a = 10{,}0$ K ; $c_{p,a} = 1{,}00$ kJ kg$^{-1}$ K$^{-1}$ ;
- la chaleur massique libérée dans les échangeurs intérieurs vaut $|q| = 2{,}00 \times 10^5$ J kg$^{-1}$ ;
- le coefficient de performance est estimé à la valeur $COP_{hiver} = 4{,}00$ ;
- aide au calcul : ln 2 ≈ 0,693.

Calculer, en n'utilisant que les données numériques proposées dans cette question **35** et en respectant le nombre de chiffres significatifs, les quatre grandeurs *k*, $P_{él}$, $D_{m,fl}$ et $D_{m,a}$.

**Fin de l'énoncé**

DANS CE CADRE

Académie : Session : Modèle EN.

Examen ou Concours : Série* :

Spécialité/option : Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve :

NOM :

*(en majuscules, suivi, s'il y a lieu, du nom d'épouse)*

Prénoms :

Né(e) le

N° du candidat

*(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)*

NE RIEN ÉCRIRE



**ANNEXE Page 1/2 (☞ *à rendre avec la copie*)**

**Principe de l'installation**

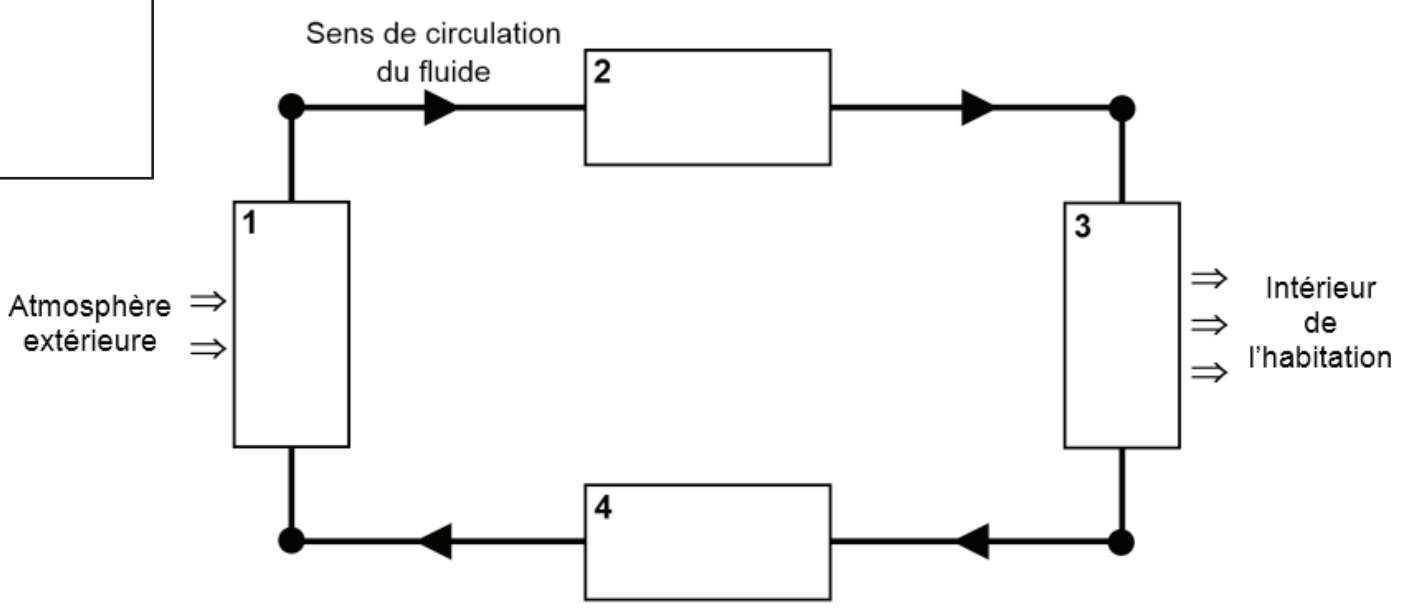



Figure **f.2**

---

**Diagramme *P* = *f(v)* du R 407C**

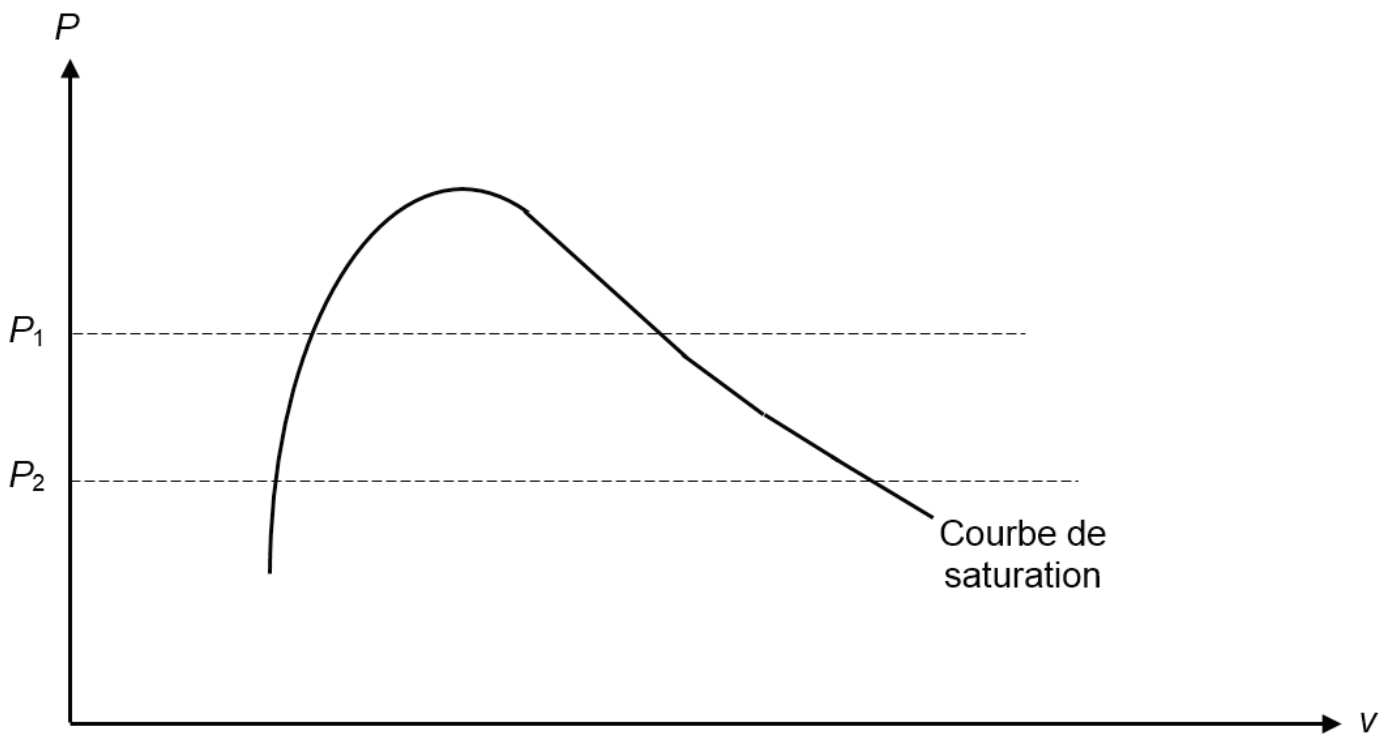



Figure **f.3**



B

Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance

**Tournez la page S.V.P.**

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

## ANNEXE Page 2/2 (☞ *à rendre avec la copie*)

**Diagramme log *P* = *f(h)***

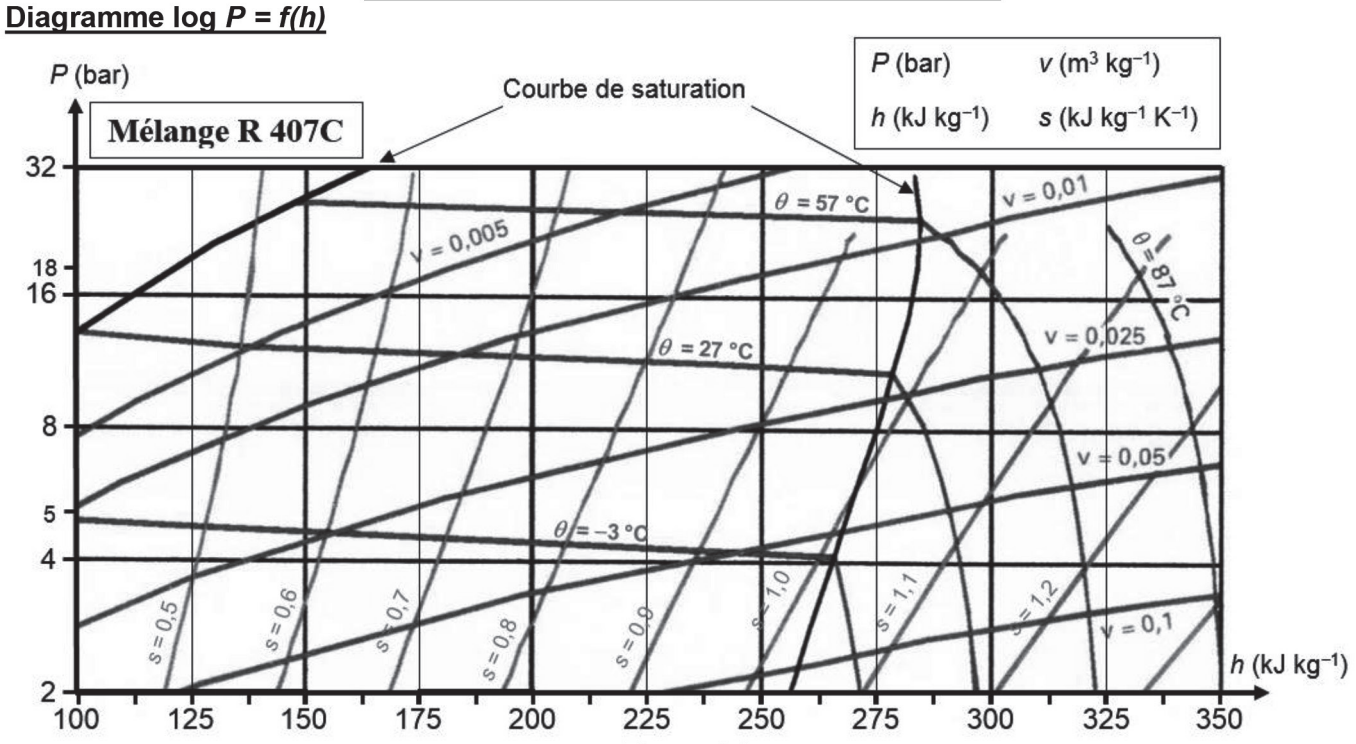



Figure **f.4**

**Diagramme *θ* = *f(s)***

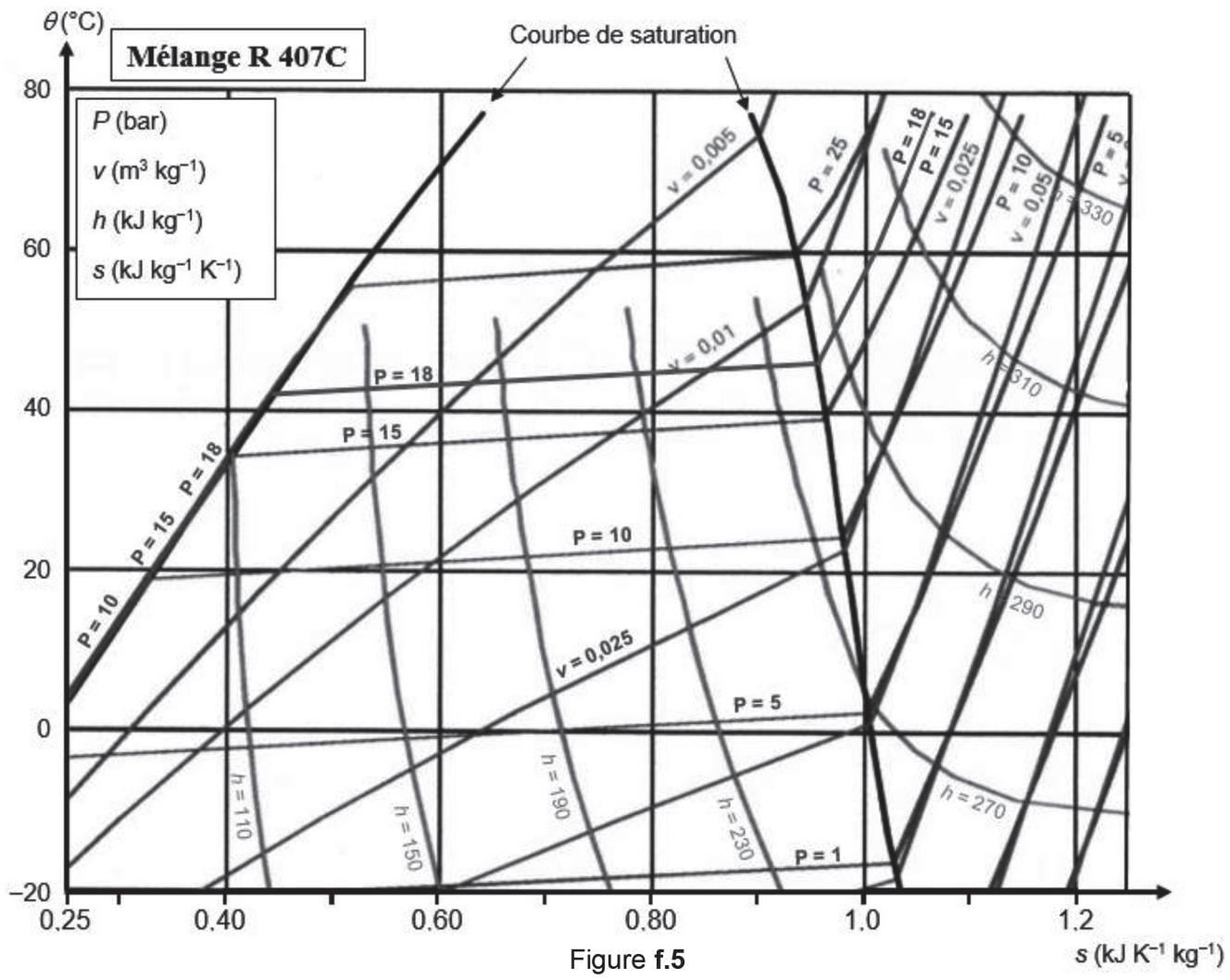



Figure **f.5**

# Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de PT chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

## Chapitres liés à ce sujet

- Équations différentielles linéaires du premier ordre

## Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

**prepahelp.com/#essai**

Une question sur le concours ou sur ta filière : **écrire sur WhatsApp**

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/banque-pt/pt