Banque PT, France

Session 2024, filière PT

Physique B, thermodynamique

Durée : 2 heures

Ce que traite le sujet

- Partie A : modèle ditherme
- Partie B : fonctionnement de la pompe à chaleur à fluide R410A
- Partie C : remplacement du fluide R410A par le fluide R32
- Partie D : chauffage de la maison par plancher chauffant

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/2024/physique-b-thermo

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

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.

AVERTISSEMENT

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.

CONSIGNES :

- Composer lisiblement sur les copies avec un stylo à bille à encre foncée : bleue ou noire.
- L'usage de stylo à friction, stylo plume, stylo feutre, liquide de correction et dérouleur de ruban correcteur est interdit.
- Remplir sur chaque copie en MAJUSCULES toutes vos informations d'identification : nom, prénom, numéro inscription, date de naissance, le libellé du concours, le libellé de l'épreuve et la session.
- Une feuille, dont l'entête n'a pas été intégralement renseigné, ne sera pas prise en compte.
- Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.

Attention : annexe à rendre obligatoirement en fin d'épreuve même si cette dernière n'a pas été complétée.

Tournez la page S.V.P

Dans le cadre de la rénovation énergétique des bâtiments afin de lutter contre le réchauffement climatique, il est préconisé l'installation de pompe à chaleur. En effet, ce dispositif permet d'effectuer des économies d'énergie pour le chauffage des habitations et la production d'eau sanitaire.

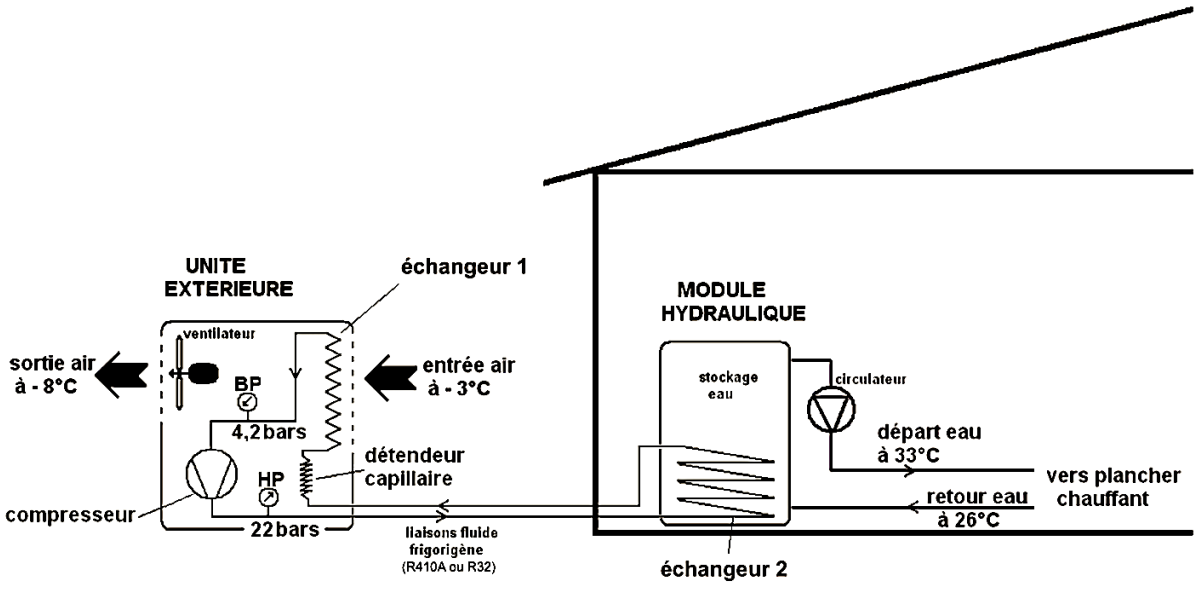
PARTIE A : Modèle ditherme

1. Présenter sous forme de schéma annoté, le principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur ditherme fonctionnant entre une source chaude thermostatée (de température T_C) et une source froide thermostatée (de température T_F).
2. On considère comme système thermodynamique le fluide de la pompe à chaleur. Préciser, en justifiant, les signes de Q_C transfert thermique reçu par le système de la part de la source chaude, de Q_F transfert thermique reçu par le système de la part de la source froide et de W travail mécanique reçu de la part du système mécanique sur un cycle de fonctionnement.
3. Définir l'efficacité (ou COP) de cette pompe à chaleur. L'exprimer en fonction uniquement des transferts thermiques Q_C et Q_F.
4. Déterminer l'expression de l'efficacité (ou COP) de la pompe à chaleur en fonction de T_C et T_F respectivement température de la source chaude et température de la source froide, de l'entropie créée au cours d'un cycle de fonctionnement que l'on notera S_c et de W. Donner son ordre de grandeur pour une machine réelle.
5. Représenter graphiquement l'évolution du COP en fonction de S_c (en considérant W, T_C et T_F constants).
6. Interpréter physiquement le cas $S_c = 0$.

PARTIE B : Fonctionnement de la pompe à chaleur à fluide $R410A$

Le schéma de principe d'une telle installation est présenté dans le document 1.

DOCUMENT 1



7. À l'aide du Document 1, identifier la source chaude et la source froide ainsi que le système mécanique qui échange un travail avec le fluide de la pompe à chaleur.

On étudie dans cette partie le fonctionnement réel de la pompe à chaleur fonctionnant avec le fluide $R410A$. Cette pompe à chaleur est composé des organes thermodynamiques suivants : un compresseur, un condenseur (dans lequel a lieu une liquéfaction), un détendeur et un évaporateur. Le fluide $R410A$ subit alors les transformations décrites dans le document 2.

DOCUMENT 2

En régime permanent d'écoulement le fluide $R410A$ subit les transformations suivantes :
$1 \to 2$: Le fluide à l'état gazeux sous la pression $P_b = 4{,}2$ bars et à la température de $-12\,°C$ subit une compression isentropique jusqu'à la pression $P_h = 22$ bars dans un compresseur ;
$2 \to 3$: le gaz entre dans le condenseur où il y subit dans un premier temps un refroidissement isobare selon une désurchauffe, pour atteindre un état de vapeur juste saturante ;
$3 \to 4$: toujours dans le condenseur, le fluide subit une liquéfaction jusqu'au liquide juste saturé à la pression P_h ;
$4 \to 5$: le liquide subit alors un sous-refroidissement isobare jusqu'à la température de $30\,°C$ et sort du condenseur ;
$5 \to 6$: le liquide entre dans le détendeur (adiabatique et sans partie mobile) pour y subir une détente jusqu'à la pression P_b ;
$6 \to 7$: le fluide entre dans l'évaporateur pour y subir une vaporisation totale à la pression P_b pour se retrouver sous forme de vapeur juste saturante ;
$7 \to 1$: avant de sortir de l'évaporateur, la vapeur juste saturante subit une surchauffe avant de rentrer dans le compresseur.

Pour un fluide en écoulement permanent à travers un organe thermodynamique à une entrée et une sortie on rappelle le premier principe industriel :

$$\Delta_{(e,s)}\left(h + e_c + e_p\right) = w_i + q$$

avec h enthalpie massique du fluide, e_c énergie cinétique massique du fluide, e_p énergie potentielle massique du fluide, w_i travail massique reçu par le fluide et q transfert thermique massique reçu par le fluide.
Dans la suite on négligera les variations d'énergies cinétique et potentielle massiques devant la variation d'enthalpie massique. On négligera les pertes de charges dans les canalisations.
Sur le document 1 figurent les deux échangeurs (échangeur 1 et échangeur 2) de la pompe à chaleur : l'un est le condenseur, l'autre est l'évaporateur.

8. Au contact de quelle source doit être mis le condenseur ? Identifier l'échangeur, présent sur le document 1, concerné en justifiant la réponse.
9. Au contact de quelle source doit être mis l'évaporateur ? Identifier l'échangeur, présent sur le document 1, concerné en justifiant la réponse.
10. En appliquant le premier principe à l'écoulement permanent à travers le détendeur en déduire la nature de la transformation subie par le fluide.
11. La transformation subie par le fluide dans le compresseur est considérée isentropique dans un premier temps. Comment peut-on justifier cette hypothèse ?

On fournit le diagramme enthalpique en annexe (à rendre avec la copie) du fluide $R410A$.

12. À l'aide du document 2 représenter les différents points du cycle effectué par le fluide $R410A$ noté de 1 à 7 sur le diagramme fourni en annexe. On précisera le sens d'évolution le long de ce cycle.
13. Sans s'aider des isotitres figurant sur le diagramme fourni, déterminer le titre massique du seul point du cycle dans un état diphasique. Commenter.
14. Déterminer à l'aide du diagramme :

Tournez la page S.V.P

— le travail massique indiqué reçu par le fluide de la part du compresseur ;

— le transfert thermique massique reçu par le fluide à la traversée du condenseur ;

— le transfert thermique massique reçu par le fluide à la traversée de l'évaporateur.

15. Quel est l'intérêt de la surchauffe ?
16. Calculer l'efficacité de la pompe à chaleur fonctionnant avec le fluide $R410A$ (on donnera le résultat avec deux chiffres significatifs). Quel est l'intérêt d'une pompe à chaleur par rapport à un chauffage électrique ?
17. En réalité, la transformation subie par le fluide à la traversée du compresseur n'est pas isentropique. L'efficacité réelle vaut 90% de l'efficacité calculée à la question précédente et le reste du cycle est inchangé. Quelle est alors la température en sortie du compresseur ?

PARTIE C : Remplacement du fluide $R410A$ par le fluide $R32$

DOCUMENT 3

Dans la majorité des modèles de pompes à chaleur air/eau, la production de chaleur était réalisée avec un fluide surnommé R410A, un gaz fluoré qui est progressivement retiré du marché, depuis 2016, au bénéfice d'un autre, considéré comme plus compatible avec la question environnementale : le R32.
La réglementation européenne CE 517/2014, ou réglementation F-Gaz, a été mise en place dans l'ensemble de l'Union afin de cadrer l'usage des fluides fluorés. Entrée en vigueur au 1er janvier 2015, elle a pour objectif final de réduire les émissions de gaz à effet de serre à hauteur de 80%, d'ici 2050.
Répondant aux exigences européennes sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre, le gaz R32 est un atout pour les nouvelles pompes à chaleur arrivant sur le marché. Voici ses différents avantages :

— Un impact 75% moins élevé sur l'environnement par rapport aux autres fluides frigorigènes tels que le $R410A$ grâce à un PRG (Pourvoir de Réchauffement Global) à $675\,\mathrm{kg\,éq\,CO_2}$.

— Le R32 permet d'obtenir un gain de performance thermique de 6 à 7% par rapport aux équipements alimentés en $R410A$.

— Sa performance augmentée permet de réaliser des économies sur votre facture énergétique et de rendre votre habitat moins énergivore.

— La composition du fluide le rend plus manipulable, avec la possibilité de le charger dans votre système de chauffage à l'état liquide comme gazeux, contrairement au $R410A$.

— À composant unique et donc totalement pur, il est plus facilement recyclable et a un impact nul sur la couche d'ozone

source : www.izi-by-edf-renov.fr

On fait l'hypothèse que le cycle subit par le fluide $R32$ est approximativement le même que celui du fluide $R410A$. Le tableau suivant donne les valeurs massiques pour les points 1 à 7 :

Points	1	2	3	4	5	6	7
h en $\mathrm{kJ\,kg^{-1}}$	518	588	512	268	254	254	510

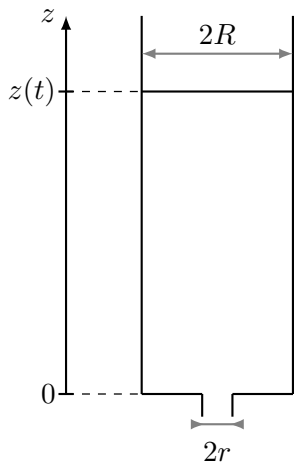
18. Vérifier le gain de performance annoncé dans le Document 3.

PARTIE D : Chauffage de la maison par plancher chauffant

La pompe à chaleur précédemment étudiée sert à chauffer de l'eau (contenue dans le ballon de stockage présent dans le schéma du document 1). Cette eau via un circulateur (une pompe) est envoyée dans un tuyau serpentant dans le plancher de la maison.

19. Rappeler la relation de Bernoulli dans le cadre d'un écoulement parfait stationnaire, homogène et incompressible d'un fluide soumis à la seule force de pesanteur. On travaillera par la suite dans ce cadre.

Un technicien doit intervenir sur le ballon de stockage d'eau. Pour cela il doit le vidanger complètement. On considère ce ballon comme un cylindre de rayon R et de hauteur H. Il est complètement rempli sur une hauteur H_0 ($H_0 < H$). Un trou en son sommet permet le contact à l'atmosphère. Un tuyau de vidange est placé en son centre sur sa partie basse de rayon r permettant de vidanger à l'atmosphère l'eau du ballon. On négligera le volume occupé par les tuyaux de la pompe à chaleur.
Le technicien ouvre le robinet de vidange à $t = 0$. On cherche à estimer le temps que prendra la vidange totale du ballon.
On a représenté le ballon a un instant t quelconque de la vidange. La surface libre est alors repérée par la coordonnée $z(t)$. À l'instant $t = 0$ de la vidange $z(0) = H_0$.



20. Montrer que l'on peut mettre la vitesse v_0 de l'eau au niveau du robinet de vidange sous la forme :
$$v_0 = -\frac{R^2}{r^2}\frac{dz}{dt}$$
21. En appliquant la relation de Bernoulli, déterminer la vitesse v_0 en fonction de de la hauteur de liquide notée $z(t)$, de l'accélération de la pesanteur notée g et de la vitesse de la surface libre à l'altitude z notée v_z.
22. Le ballon est tel que $R = 0{,}50\,\text{m}$ et $r = 5{,}0\,\text{mm}$. Quelle simplification de la relation précédente peut-on en tirer ?
23. En déduire, dans le cas de cette simplification, l'expression de la fonction $z(t)$ que l'on exprimera en fonction de g , r, R, H_0 et t.
24. Déterminer alors l'expression littérale du temps nécessaire à la vidange complète du ballon.
25. Effectuer l'application numérique. On prendra $g = 10\,\text{m}\,\text{s}^{-2}$ et $H_0 = 2{,}0\,\text{m}$.

Le plancher chauffant est alimenté par l'eau du ballon. On désire connaître la puissance de la pompe (ou circulateur) pour assurer le bon fonctionnement de l'installation.

26. À l'aide du document 4, estimer la puissance du circulateur à utiliser pour compenser les pertes de charges linéiques.

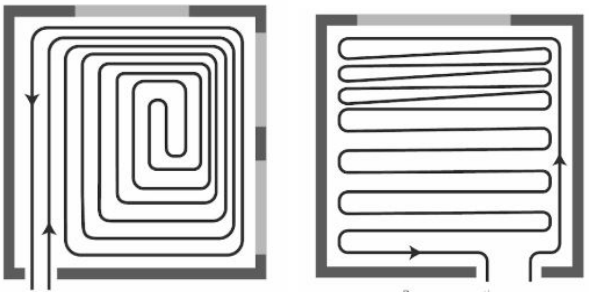
Tournez la page S.V.P

27. On préconise pour cette installation une puissance de 15 W. Comment expliquer la différence avec le résultat de la question précédente ?
28. Quel type de pose préconiseriez-vous pour un confort d'utilisation du plancher chauffant optimal. Justifier.

DOCUMENT 4

Caractéristiques du plancher chauffant :

- tuyaux en polyéthylène réticulé ;
- contraintes mécaniques maximales : pression : 6,0 bar à 50 °C, 10,0 bar à 5 °C ;
- température maximale supportée : 110 °C ;
- masse volumique de l'eau : $1000\,\mathrm{kg\,m^{-3}}$;
- débit volumique de l'eau : $6{,}0\,\mathrm{L\,min^{-1}}$;
- longueur totale pour le plancher chauffant de la maison 120 mètres linéaires ;
- pertes de charges linéiques : 35 mm/m ;
- types de pose (en escargot à gauche et en serpentin à droite) :



Fin de l'épreuve

IMPRIMERIE NATIONALE – 24 1013 – D'après documents fournis

Modèle CMEN-DR v2 ©EXATECH

Nom de famille :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

Numéro Inscription :

Né(e) le : / /

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

(Remplir cette partie à l'aide de la notice)

Concours / Examen : …… **Section/Spécialité/Série :** ……

Epreuve : …… **Matière :** …… **Session :** ……

CONSIGNES

- *Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.*
- *Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.*
- *Numéroter chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.*
- *Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.*
- *N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.*

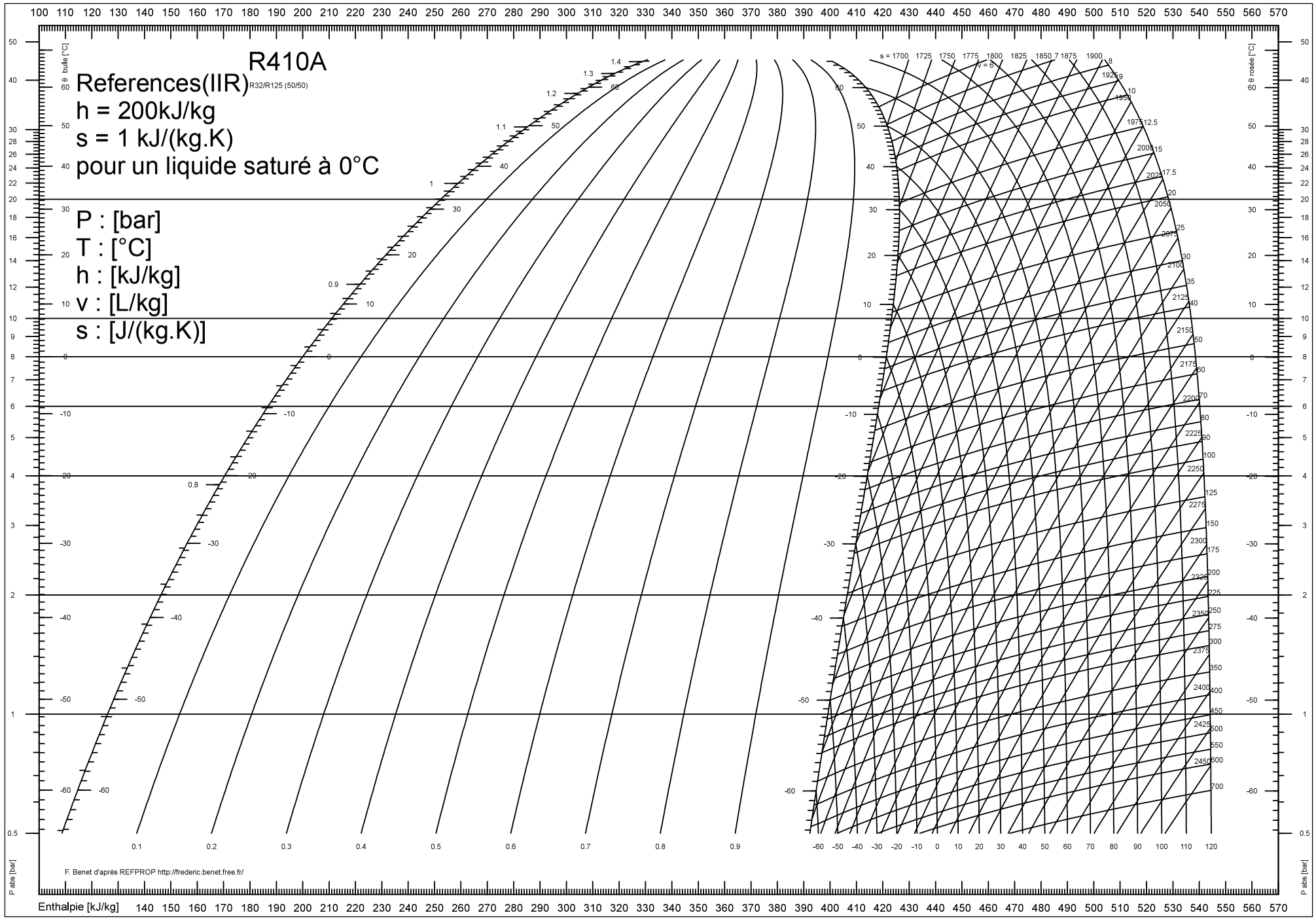
013

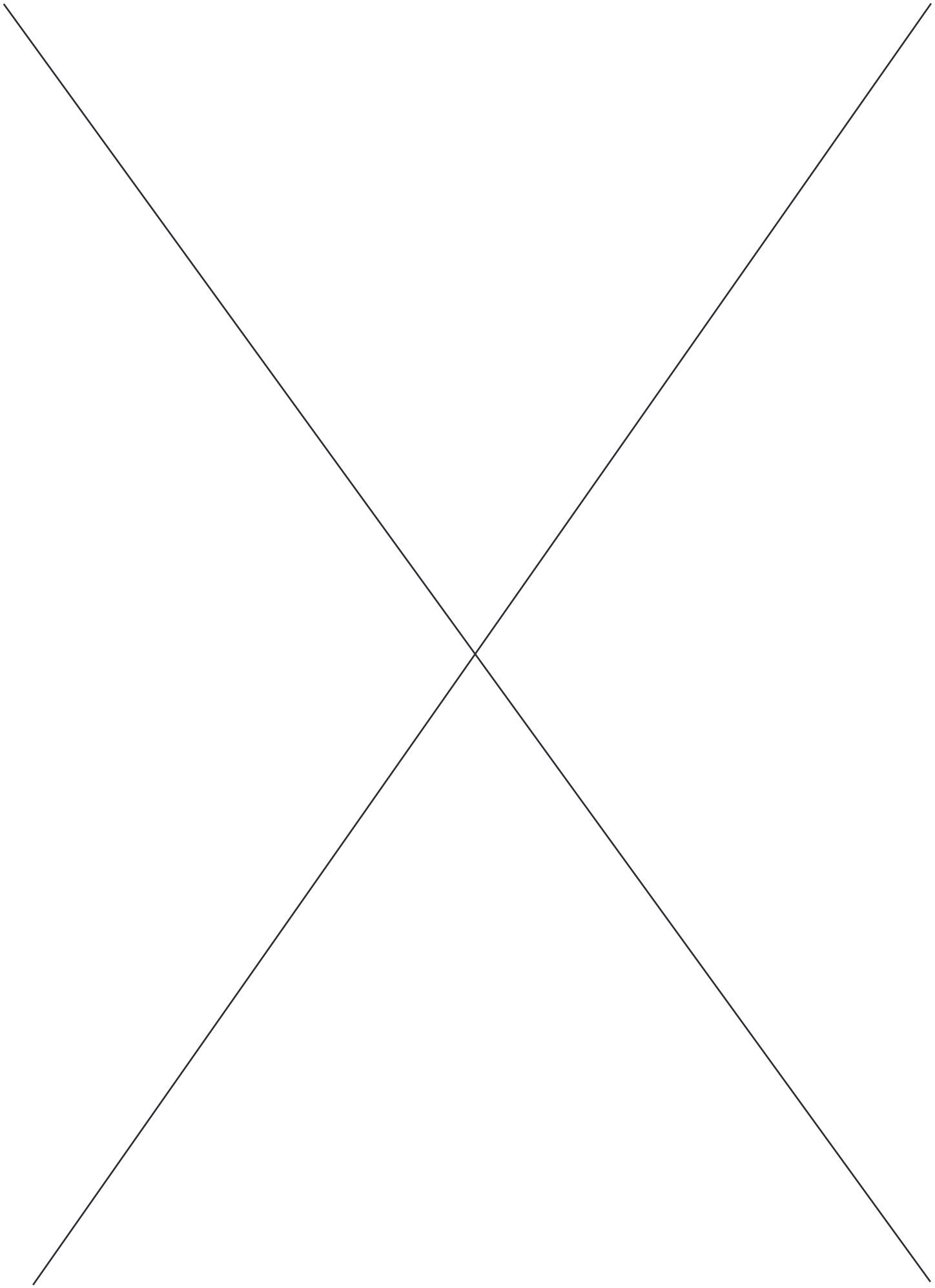
ANNEXE À RENDRE EN FIN D'ÉPREUVE

Renseigner la cartouche d'identification : une feuille, dont l'entête n'a pas été intégralement renseigné, ne sera pas prise en compte.

B

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE


R410A
References(IIR)R32/R125 (50/50)
h = 200kJ/kg
s = 1 kJ/(kg.K)
pour un liquide saturé à 0°C
P : [bar]
T : [°C]
h : [kJ/kg]
v : [L/kg]
s : [J/(kg.K)]
θ bulle [°C]
θ rosée [°C]
P abs [bar]
Enthalpie [kJ/kg]
F. Benet d'après REFPROP http://frederic.benet.free.fr/



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.

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