

DS SCIENCES PHYSIQUES N°2 . Niveau 2

Calculatrice autorisée

La plus grande importance sera apportée au soin de la copie ainsi qu'à la clarté des raisonnements. Toute réponse, même qualitative, se doit d'être justifiée . Les affirmations, même justes, mais non justifiées ne seront pas prises en compte.

Un résultat numérique sans unité ne rapporte aucun point .

Les résultats doivent être encadrés .

Vos copies doivent être numérotées sous la forme 1/4 , 2/4 , 3/4

En cas de non respect de ces consignes, un malus sera attribué à la copie .

Ci dessous les critères et indicateurs permettant de juger le soin apporté à la copie .

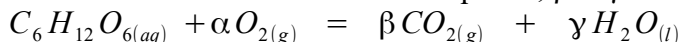
Critère	Indicateur
Lisibilité de l'écriture. Ecrire sur les lignes . Un calcul, une ligne .	L'écriture ne ralentit pas la lecture .
Respect de la langue	La copie comporte peu de fautes d'orthographe et de grammaire .
Clarté de l'expression	Les explications du candidat sont compréhensibles à la première lecture .
Propreté de la copie	Les erreurs, les parties qui ne doivent pas être prises en compte par le correcteur sont clairement et proprement barrées . Les calculs sont aérés .
Identification des questions et pagination	Les différentes parties du sujet, le numéro des questions sont bien identifiées . La pagination est correctement effectuée .
Mise en évidence des résultats	Les résultats littéraux et numériques sont clairement mis en évidence (encadrés ou soulignés à la règle)

CHIMIE (commune aux deux niveaux) :

Le glucose

Lorsqu'on fournit un effort peu intense, le glucose ($C_6H_{12}O_6$) est oxydé en dioxyde de carbone (CO_2) par le dioxygène (O_2) dissous dans le sang, c'est le métabolisme aérobie du glucose.

1- Déterminer les coefficients stoechiométriques α , β et γ de l'équation d'oxydation du glucose ci-dessous



2- Déterminer l'expression, puis calculer l'enthalpie standard de cette réaction, supposée indépendante de la température. La réaction est-elle endothermique ou exothermique ?

3- Quel est l'expression littérale du volume d'air, à 21 % en volume de dioxygène (considéré comme un gaz parfait à la pression $P = 1,0$ bar et la température $T = 293$ K), nécessaire pour produire les $2,5 \cdot 10^3$ kJ consommés pendant une heure de sport ? Quelle est dans ce cas la masse de glucose consommée ?

4- On veut maintenant étudier la combustion totale de n moles de glucose solide dans **la quantité stoechiométrique d'air dans un réacteur isobare et adiabatique**.

La température finale étant supérieure à celle de vaporisation de l'eau, l'eau est à l'état vapeur dans l'état finale.

a- Ecrire la réaction de combustion obtenue en précisant bien l'état physique des composés. Quel est l'avancement dans l'état final ?

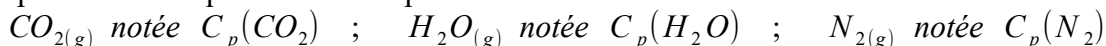
b- La température initiale du réacteur vaut T_0 , on souhaite déterminer l'expression littérale de la température finale obtenue.

On suppose connues :

→ l'enthalpie standard $\Delta_r H^\circ$ de la réaction $C_6H_{12}O_{6(s)} + \alpha O_{2(g)} = \beta CO_{2(g)} + \gamma H_2O_{(l)}$ à la température T_0 où, bien sûr, vous remplacerez les valeurs de α , β et γ par les valeurs trouvées dans la question 1.

→ l'enthalpie standard molaire de vaporisation de l'eau à la température T_0 notée $\Delta_{vap} H^\circ$

→ les capacités thermiques molaires à pression constante de :



Déterminer, en exposant clairement votre démarche, l'expression littérale de la température finale T_f en fonction des données ci-dessus.

Acide lactique dans le sang

Le sang est considéré dans cette sous-partie comme une solution aqueuse dont le pH est imposé par le couple acido-basique H_2CO_3 / HCO_3^- de $pK_{a1} = 6,4$. Dans les conditions habituelles, le pH du sang vaut 7,4 et la concentration totale, définie par $C_t = [H_2CO_3] + [HCO_3^-]$, vaut $C_t = 0,028 \text{ mol.L}^{-1}$. Le pH du sang doit rester en toutes circonstances entre 7,3 et 7,5, sous peine de détruire certaines cellules du sang et, à terme, de causer la mort.

5- Déterminer les concentrations en H_2CO_3 et en HCO_3^- dans le sang dans les conditions habituelles.

Lors d'un effort intense, il se forme de l'acide lactique $C_3H_6O_3$ (noté ici HLa) dans le muscle, qui est ensuite éliminé dans le sang. L'accumulation d'acide lactique dans le muscle est à l'origine des crampes. La base conjuguée de l'acide lactique est l'ion lactate noté La^- . Le pK_{a2} du couple est $pK_{a2} = 3,9$. En passant dans le sang, l'acide lactique réagit avec les ions HCO_3^- .

6- Faire un diagramme de prédominance dans lequel apparaissent les différentes espèces mises en jeu (H_2CO_3 , HCO_3^- , HLa, La^-).

Écrire l'équation de la réaction de l'acide lactique avec l'ion HCO_3^- . On supposera que c'est la seule réaction qui a lieu. Exprimer et calculer la constante d'équilibre. On considérera que la réaction est totale pour la suite des calculs.

7- Calculer le pH après un effort qui a porté la concentration initiale d'acide lactique dans le sang à $C_0 = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$. Commenter la valeur du pH.

Il existe en fait un mécanisme, lié à la respiration, qui permet de ramener le pH dans la zone viable.

Titrage de l'acide lactique

Nous souhaitons dans cette sous-partie mesurer la concentration de l'acide lactique $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ (noté HLa) dans le sang par un titrage pH-métrique. Après l'effort, un volume de sang est prélevé. L'acide lactique en est extrait par une méthode qu'on n'étudiera pas.

On titre un volume $v_0 = 50 \text{ mL}$ de solution S d'acide lactique de concentration c_0 issue du sang par une solution S_1 de soude ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) de concentration $c_1 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

8- Écrire l'équation de la réaction de titrage. Exprimer et calculer sa constante d'équilibre. Que peut-on en déduire ?

Faire un schéma annoté du montage à réaliser où vous préciserez notamment les électrodes utilisées pour le titrage et leur rôle.

On a tracé l'évolution du pH mesuré en fonction du volume de soude versé pour déterminer le volume à l'équivalence et la concentration d'acide lactique dans le sang. Voir feuille en fin d'énoncé, à rendre avec votre copie.

9- En justifiant votre réponse, déterminer la concentration c_0 d'acide lactique dans la solution S .

Comment pouvez vous, à partir de la courbe de dosage, retrouver la valeur de la constante d'acidité du couple acide lactique / ion lactate ?

La concentration maximale recommandée dans l'organisme est de 200 mg/L ; au-delà, on parle d'acidose lactique. Le patient est-il en acidose lactique ?

10- On suit en parallèle le titrage par colorimétrie. Parmi les indicateurs colorés ci-dessous, le(s)quel(s) peut-on utiliser pour suivre le titrage ? Justifier.

Indicateur coloré	Rouge congo	Rouge de phénol	Thymolphtaléine
Teinte acide	bleu	jaune	incolore
Teinte basique	rouge	rouge	bleu
Zone de virage	3,5 - 4,5	6,8 - 7,8	9,0 - 10,0

pH de différentes solutions

Les questions 11 et 12 sont décorréélées des questions précédentes.

11- Déterminer la valeur du pH d'une solution d'acide lactique HLa de concentration $c = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

12- Déterminer la valeur du pH d'une solution de lactate de sodium ($\text{Na}^+ + \text{La}^-$) de concentration $c = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Données :

Enthalpies standard de formation à 25 °C

Espèce	Glucose C ₆ H ₁₂ O _{6(aq)}	Dioxyde de carbone CO _{2(g)}	Eau H ₂ O _(l)	Acide lactique C ₃ H ₆ O _{3(aq)}
Δ _f H° (kJ.mol ⁻¹)	-1273	-393	-285	-673

Masses molaires

Atome	H	C	N	O	Na
Masse molaire (g.mol ⁻¹)	1	12	14	16	23

Couples acidobasiques et pK_a à 25 °C

H₂CO₃/HCO₃⁻ pK_{a1} = 6,4

HLa/ La⁻ pK_{a2} = 3,9

Produit ionique de l'eau à 25 °C

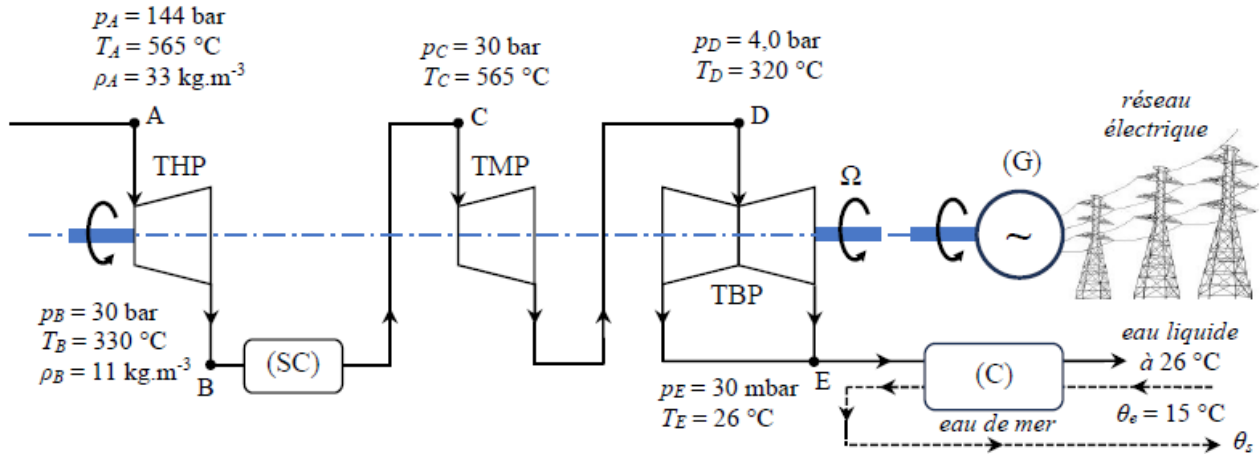
pK_e = 14

log(2) ≈ 0,3

PHYSIQUE : Niveau 2

Problème 1 :

La turbine à vapeur est un élément essentiel du fonctionnement d'une centrale électrique thermique ou nucléaire, convertissant l'énergie de la vapeur sous pression en énergie mécanique. De la vapeur d'eau arrive dans la turbine sous haute pression et haute température et se détend à travers différents étages comportant une succession d'aubes fixes et d'aubes mobiles, provoquant la rotation de l'axe de la turbine à la vitesse angulaire $\Omega = 3000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$, et entraînant par ailleurs le générateur électrique (G)



On cherche à évaluer précisément la puissance mécanique transmise par le fluide à l'arbre de la turbine et à comprendre le rôle des différents étages de détente.

La centrale électrique DK6 de Dunkerque utilise un circuit de vapeur sèche traversant successivement une turbine haute pression (THP), un surchauffeur (SC), une turbine moyenne pression (TMP) et une turbine basse pression (TBP). Les turbines sont supposées parfaitement calorifugées et alignées sur le même axe de rotation. Pour éviter tout phénomène de corrosion, il ne doit jamais exister de liquide dans les turbines. En sortie de la turbine basse pression, le fluide, alors sous forme de vapeur juste saturante, traverse de façon isobare un condenseur (C) à circulation d'eau de mer. Le schéma de la figure ci-dessus présente quelques caractéristiques de la vapeur aux différents points notés A, B, C, D et E du circuit. Le débit massique de vapeur dans le circuit doit être contrôlé et vaut $\dot{m} = 534 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$. Le sujet est accompagné d'un document réponse contenant le graphe de l'enthalpie massique de l'eau en fonction de son entropie massique, appelé diagramme de Mollier, sur lequel figurent également les courbes isobares, isothermes, isotitres et la courbe de saturation du mélange liquide-vapeur.

La centrale est étudiée en régime stationnaire.

1- Placer les points A, B, C, D et E - dont la pression et la température sont données sur la figure ci-dessus - sur le diagramme de Mollier du document réponse et représenter l'évolution de la vapeur dans le circuit depuis l'entrée de la turbine haute pression jusqu'à la sortie de la turbine basse pression.

La vapeur entre dans un premier temps dans la turbine haute pression, dont les caractéristiques géométriques sont précisées sur le document 1, en fin de sujet.

2- Montrer en utilisant le diagramme de Mollier que la détente à travers la turbine haute pression peut être considérée comme isentropique. Déterminer la température que l'on obtiendrait en sortie de la turbine haute pression si la vapeur était un gaz parfait. Discuter la validité de l'hypothèse du gaz parfait dans ces conditions.

3- Déterminer l'expression puis la valeur de la vitesse débitante v_A de la vapeur à l'entrée de la turbine haute pression. En déduire la valeur de la vitesse v_B sortie si la turbine gardait un diamètre constant. Il est nécessaire de conserver une vitesse débitante à peu près constante dans la turbine. Indiquer comment réaliser cette condition en pratique.

4- Évaluer la puissance mécanique transmise à l'axe de rotation par la vapeur d'eau dans la turbine haute pression.

5- Calculer la puissance mécanique maximale transmise à l'axe de rotation si l'on utilisait une unique turbine réalisant une détente isentropique?

Afin d'augmenter la puissance transmise à l'axe, on utilise à la fois un surchauffeur, qui permet de réchauffer la vapeur, et plusieurs turbines.

6- Déterminer la puissance thermique fournie par le surchauffeur, puis calculer la puissance mécanique totale transmise à l'axe de rotation en considérant l'ensemble du circuit de vapeur, constitué des trois turbines ainsi que du surchauffeur. Commenter la valeur numérique obtenue.

Dans la turbine moyenne pression (et à plus forte raison dans la turbine basse pression), la pression plus faible de la vapeur impose d'avoir des aubes plus grandes, ce qui augmente la surface de contact avec le fluide.

7- Estimer la puissance mécanique transmise à l'arbre de la turbine moyenne pression si l'évolution de la vapeur était adiabatique et réversible avec la même pression de sortie $p_D = 4 \text{ bar}$? En déduire la puissance des pertes introduites par les frottements sur les aubes, que l'on appelle pertes adiabatiques.

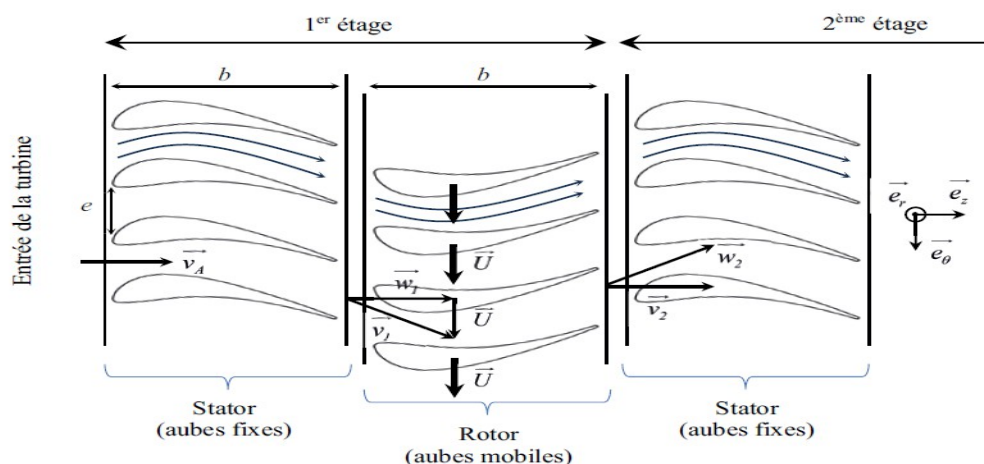
Le condenseur en sortie de la turbine basse pression utilise une circulation d'eau de mer avec un débit volumique constant $Q = 33.10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. L'eau de mer est prélevée à une température moyenne $\theta_e = 15 \text{ }^\circ\text{C}$, puis rejetée en milieu naturel. La réglementation impose de rejeter l'eau de mer avec une température maximale de 30°C pour ne pas perturber les écosystèmes marins. On suppose que toute la vapeur sortant de la turbine se liquéfie de manière isobare dans l'échangeur thermique parfaitement calorifugé.

8- Établir la relation donnant la température θ_s de l'eau de mer rejetée par le condenseur en fonction des données utiles. Calculer θ_s puis commenter la valeur numérique obtenue.

Afin de réduire les contraintes mécaniques exercées sur les aubes en rotation, la vapeur est détendue progressivement à travers une dizaine d'étages successifs dans chaque turbine. Chaque étage comporte un stator avec $N = 80$ aubes fixes, qui agissent comme des tuyères en augmentant la vitesse de la vapeur, et un rotor constitué de 80 aubes en rotation qui convertissent toute ou partie de l'énergie cinétique de la vapeur en travail mécanique.

Les aubes de la turbine haute pression, réparties autour de l'axe de rotation de rayon R_0 , sont très courtes comparées aux aubes des turbines moyenne et basse pression. On suppose donc que, dans toute la turbine haute pression, l'écoulement du fluide, supposé stationnaire, se fait dans une couche de faible épaisseur a autour de l'arbre de rotation et que la vapeur se comporte comme un gaz parfait en évolution isentropique.

On s'intéresse ici à l'étage d'entrée de la turbine haute pression que l'on se propose de modéliser sur le principe d'une turbine à réaction (figure ci-dessous).



Au premier étage de la turbine haute pression, le fluide entre à la vitesse \vec{v}_A , accélère dans le stator jusqu'à la vitesse \vec{v}_1 , transmet un couple moteur au rotor et ressort de l'étage à la vitesse \vec{v}_2 , les vitesses étant définies ici par rapport au stator.

9- Donner un critère qualitatif portant sur des durées caractéristiques permettant de justifier que l'évolution du fluide dans le stator est bien adiabatique. On admettra dans la suite que ce critère est largement vérifié.

Au cours du passage de la vapeur à travers les aubes fixes du stator du premier étage de détente, la pression du fluide varie de $\Delta p_1 = p_1 - p_A = -7,3$ bar.

10- Exprimer, au premier ordre en Δp_1 , la variation de température $\Delta T_1 = T_1 - T_A$ du fluide entre l'entrée et la sortie du stator. En appliquant le premier principe des systèmes ouverts dans le stator, déduire les expressions puis les valeurs numériques de la variation de température ΔT_1 et de la vitesse v_1 de la vapeur à la sortie du stator du premier étage de détente de la turbine haute pression.

Données :

Constante des gaz parfaits : $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$

Rapport des capacités thermiques de la vapeur d'eau : $\gamma = 1,30$

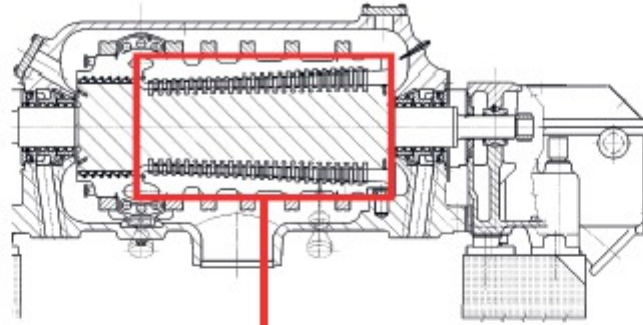
Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$

Masse volumique de l'eau liquide : $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \cdot 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

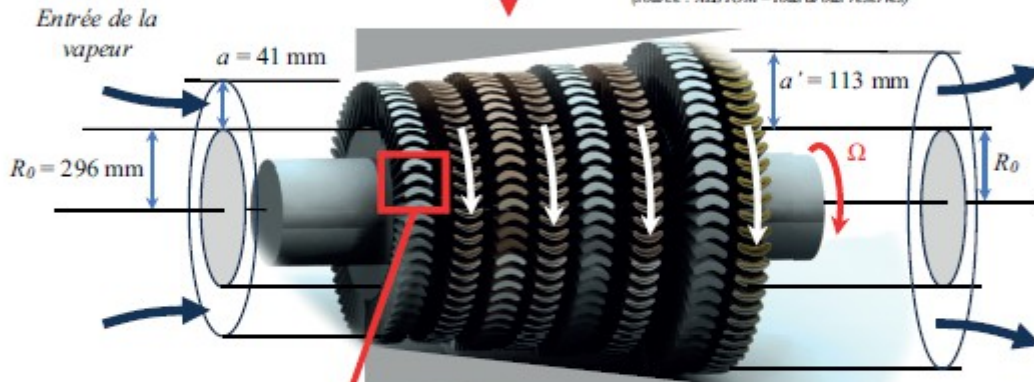
Capacité thermique massique à pression constante de la vapeur d'eau assimilée à un gaz parfait: $c_p = 2,00 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Enthalpie massique de vaporisation de l'eau à 26°C: $l_{\text{vap}} = 2,30 \cdot 10^3 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$

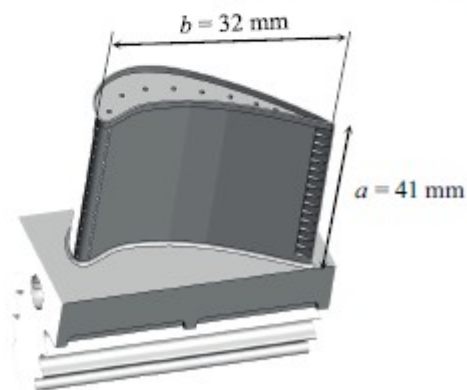
Documents



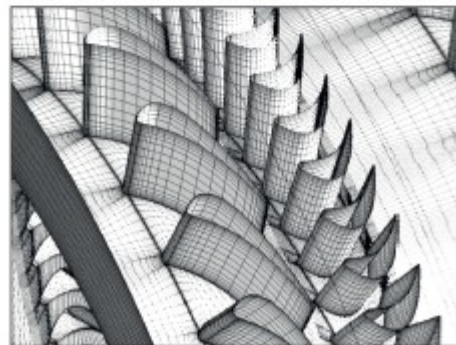
(a) Vue en coupe de la turbine HP de DK6
(source : ALSTOM - tous droits réservés)



(b) Détail de la turbine HP. La vapeur circule entre les aubes des différents étages de détente



(c) Géométrie d'une aube de l'étage d'entrée



(d) Un étage de détente est constitué d'un stator et d'un rotor (simulation numérique)

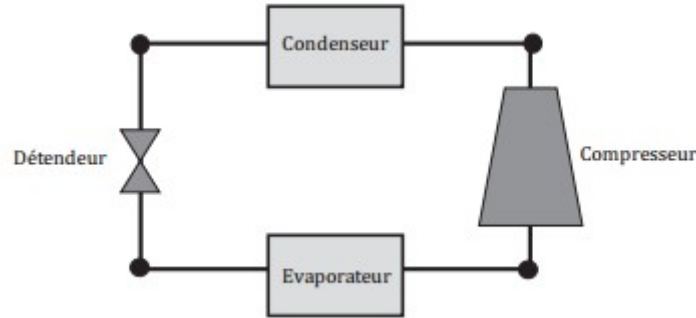
Document 1 : caractéristiques de la turbine haute pression

Problème 2 : réfrigérateur domestique

A- Etude d'un cycle réfrigérant à compression de vapeur

Nous nous proposons d'étudier un cycle à compression de vapeur utilisé dans un réfrigérateur. La source chaude est la cuisine, de température T_c , la source froide est {l'armoire du réfrigérateur et son contenu} de température homogène T_f .

Un fluide frigorigène décrit le cycle schématisé ci-dessous.



Il y subit les transformations suivantes :

De l'état 4 à l'état 1 :	évaporation à $T_{evap} = 0^\circ\text{C}$ puis surchauffe isobare jusqu'à 10°C .
De l'état 1 à l'état 2 :	compression adiabatique dans le compresseur.
De l'état 2 à l'état 3 :	refroidissement isobare, liquéfaction isobare à $T_{cond} = 40^\circ\text{C}$ puis sous-refroidissement du liquide jusqu'à 30°C .
De l'état 3 à l'état 4 :	détente isenthalpique du fluide.

On note h_i , s_i et v_i respectivement l'enthalpie, l'entropie et le volume massiques du fluide dans l'état i .

On note P_i et T_i respectivement la pression et la température du fluide dans l'état i .

Entre les états i et j , on note :

$\Delta_{ij}h$ la variation d'enthalpie massique du fluide (les notations utilisées pour d'autres variations de grandeurs d'état s'en déduisent)

q_{ij} le transfert thermique massique reçu par le fluide

w_{ij} le travail massique utile (ou indiqué) reçu par le fluide.

1- Annoter la **figure 1** du document annexe à rendre en plaçant les différents points correspondant aux états 1 à 4.

Positionner la source chaude et la source froide.

Indiquer par une flèche le sens du transfert thermique entre les sources et le fluide dans l'évaporateur et dans le condenseur.

Cycle avec compression réversible

Dans un premier temps, on suppose que **la compression est adiabatique et réversible**. Elle conduit alors le fluide de l'état 1 à un état noté 2s.

2- Placer les points correspondant aux états 1, 2s, 3 et 4 dans le diagramme $P(h)$ du fluide R134a en annexe (**figure 2a**).

(Remarque : le point 2' déjà placé sur le diagramme sert à la partie C, ne pas s'en préoccuper ici)

3-Remplir les colonnes représentant les états 1, 2s, 3 et 4 du **tableau 3** du document annexe à rendre.

4-Justifier que l'on ait choisi $T_{evap} \leq T_f$ et $T_{cond} \geq T_c$.

5-Quelle hypothèse concernant le fluide sous-tend la modélisation des transformations $4 \rightarrow 1$ et $2s \rightarrow 3$

comme des isobares ?

6-En analysant les abaques de la **figure 2a** , indiquer si la vapeur sèche de R134a peut être assimilée à un gaz parfait entre les états 1 et 2s. Justifier.

Cycle avec compression non réversible

La compression n'est en réalité pas réversible. Le compresseur est caractérisé par son rendement isentropique défini par :

$$\eta = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1}$$

Le rendement isentropique du compresseur est de 75 %.

Le cycle étudié est désormais $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$.

7- Déduire des valeurs de h_1 et h_{2s} celle de $h_2 - h_1$ et placer le point correspondant à l'état 2 sur la **figure 2a**. Tracer le cycle sur la **figure 2a** en utilisant un stylo de couleur.

8- Compléter la colonne 2 du **tableau 3** du document annexe.

9- Justifier physiquement que $s_2 > s_{2s}$.

Détermination de l'efficacité de la machine

10- Donner l'expression du premier principe de la thermodynamique lorsqu'il est appliqué à un système ouvert en régime stationnaire.

11- Justifier que l'on puisse négliger les variations d'énergie potentielle de pesanteur devant les variations d'enthalpie dans un réfrigérateur domestique. (Un calcul d'ordre de grandeur est attendu).

On cherche à évaluer l'ordre de grandeur de l'énergie cinétique massique maximale au cours du cycle.

12- En supposant que le champ de vitesse est uniforme sur une section droite S d'une canalisation dans laquelle le fluide circule, exprimer le débit massique du fluide D en fonction de S , de la vitesse V et du volume massique v du fluide.

13- En quel point du cycle le volume massique est-il maximal ? Justifier. On notera v^{max} sa valeur et on prendra $v^{max} \approx 7.10^{-2} \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}$.

14- En supposant que S garde la même valeur approximativement égale à 1 cm^2 sur toute l'installation, déterminer la vitesse maximale du fluide au cours de l'écoulement. On prendra $D = 1.10^{-2} \text{ kg.s}^{-1}$.

15-Justifier alors qu'on puisse négliger les variations d'énergie cinétique massique du fluide au cours du cycle devant ses variations d'enthalpie massique.

16-Montrer que l'on peut exprimer l'efficacité du réfrigérateur en fonction des enthalpies massiques de différents points du cycle $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$.

17- Déterminer, à l'aide de données évaluées sur le graphique, l'efficacité du cycle réfrigérateur décrit par le fluide.

18-Déterminer la puissance thermique P_{th}^f extraite de la source froide et la puissance P du compresseur.

19- Pour quelle raison la vapeur est-elle surchauffée après son évaporation ?

20-Quel est l'intérêt de sous refroidir le liquide après la liquéfaction ? Pourquoi ce sous-refroidissement n'est-il pas réalisé jusqu'à une température plus basse (20 °C par exemple) ?

B- Association réfrigérateur-congélateur

La plupart des réfrigérateurs domestiques sont associés à un congélateur. Pour réaliser ce dispositif, on peut modifier le cycle à compression précédent (décrit dans la partie B) en faisant passer le fluide dans deux évaporateurs successifs.

Le cycle modifié est décrit ci-dessous. L'état 4 est celui décrit dans la partie B.

De l'état 4 à l'état 4' :	vaporisation isobare partielle dans le premier évaporateur (étape 4 → 4') au contact de l'intérieur du réfrigérateur
De l'état 4' à l'état 4'' :	détente isenthalpique jusqu'à -20 °C
De l'état 4'' à l'état 1' :	évaporation à -20 °C dans le second évaporateur puis surchauffe isobare jusqu'à 0 °C. Ces étapes se font au contact de l'intérieur du congélateur.
De l'état 1' à l'état 2' :	compression adiabatique
De l'état 2' à l'état 3 :	refroidissement, liquéfaction et sous-refroidissement isobares.
De l'état 3 à l'état 4 :	détente isenthalpique

On souhaite que la puissance thermique extraite au cours de l'étape 4 → 4' soit la même que celle extraite au cours de l'étape 4'' → 1'.

21- Sur le diagramme $P(h)$ du fluide R134a (*figure 2a*), placer le point correspondant à l'état 1' puis les points correspondant aux états 4' et 4'' en justifiant le positionnement de ces deux derniers.

22- Le point caractéristique de l'état 2' est déjà placé sur le diagramme. Représenter le cycle 3 → 4 → 4' → 4'' → 1' → 2' → 3 (avec une couleur différente de celles utilisées pour les cycles précédemment tracés).

23- Comment évolue la proportion de vapeur dans le fluide au cours de l'étape 4' → 4'' ? Préciser en justifiant.

24 -Que vaut l'efficacité globale de l'ensemble réfrigérateur-congélateur ?

C- Utilisation d'un réfrigérateur

On s'intéresse dans cette partie à l'évolution de la température à l'intérieur d'un réfrigérateur. Cette température est supposée uniforme à l'intérieur du réfrigérateur. Elle est susceptible de varier dans le temps et sera notée T .

La source chaude est la cuisine dans laquelle est installé le réfrigérateur. Sa température T_c est constante.

La capacité thermique de l'intérieur du réfrigérateur est $C = 3 \cdot 10^5 \text{ J.K}^{-1}$.

Le rapport K entre l'efficacité réelle du réfrigérateur et son efficacité maximale sera supposé constant au cours du temps et pris égal à 0,25.

En revanche, l'efficacité maximale dépend du temps : son expression est celle obtenue à la question A.2 en remplaçant T_f par $T(t)$.

Evaluation des fuites thermiques

Pour évaluer les fuites thermiques du réfrigérateur, on le débranche à l'instant $t = 0$ alors que l'intérieur du réfrigérateur est à une température initiale T_f .

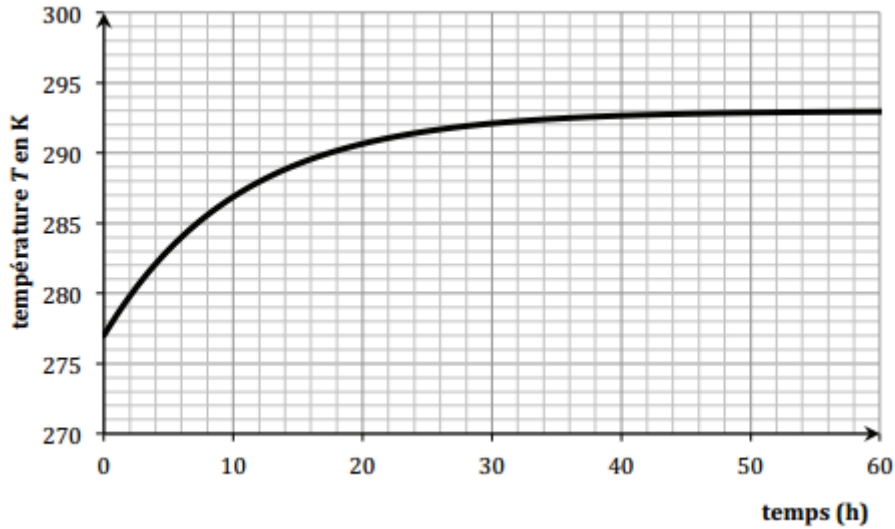
La puissance thermique reçue par l'intérieur du réfrigérateur à travers les parois du réfrigérateur est modélisée par : $P_{th} = \lambda (T_c - T)$ où λ est une constante.

25- Quel est le signe de λ ? Justifier.

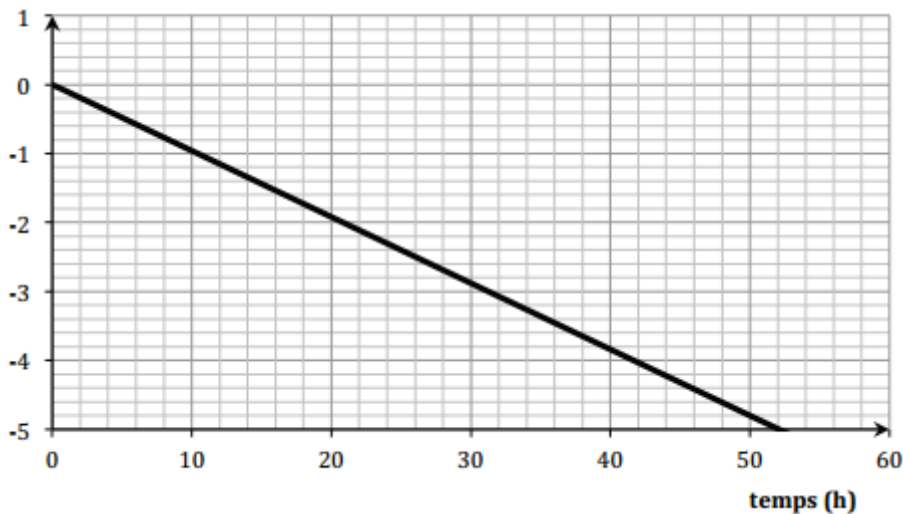
26 - Etablir l'équation différentielle vérifiée par la température T .

27 - En déduire l'expression de T en fonction du temps.

28 - Ci-dessous le graphe représentatif de T en fonction du temps. En déduire les valeurs numériques de T_f et T_c en expliquant la démarche.



29- Ci-dessous figure le graphe représentatif de la grandeur $\ln\left(\frac{T - T_c}{T_f - T_c}\right)$ en fonction du temps t . Exploiter le graphique pour déterminer numériquement λ . Préciser l'unité retenue pour λ .



Fonctionnement en régime stationnaire

Lorsque le réfrigérateur est branché depuis longtemps, la température à l'intérieur du réfrigérateur est régulée à T_f .

30- Calculer l'efficacité du réfrigérateur.

31- Calculer la puissance P_{th} des fuites.

32- Calculer la puissance P_c nécessaire du compresseur pour compenser les fuites.

ANNEXES pb 2 à RENDRE avec la COPIE

Figure 1 :

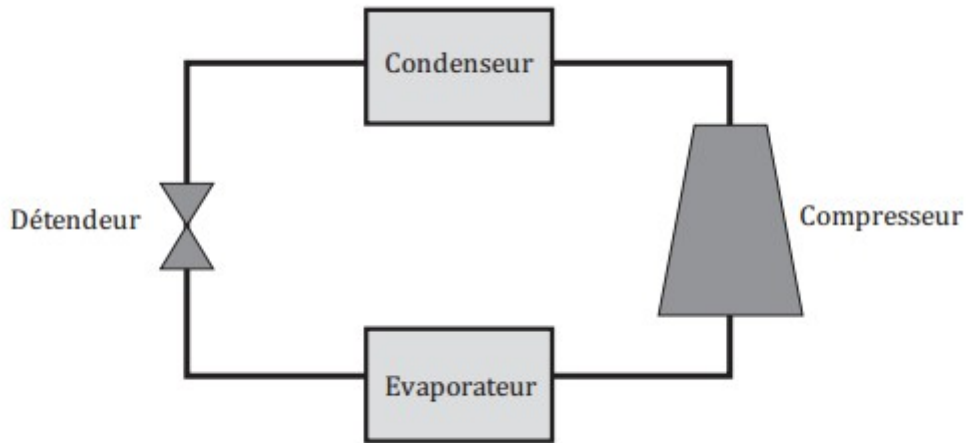


Tableau 3 :

point	1	2s	2	3	4	1'	2'
P (bar)							10
T (°C)							80
Etat du fluide							Vapeur sèche
h (kJ.kg ⁻¹)							465