

Activité 1 : Etude thermochimique de la combustionA) Entraînement :

Calculer les enthalpies standards de réaction des réactions suivantes à 298 K après avoir attribué les bons coefficients stoechiométriques (on conservera un coefficient stoechiométrique unitaire pour le 1^{er} réactif) :

- 1) $C_2H_{6(g)} + O_{2(g)} = CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$
- 2) $C_2H_{6(g)} + O_{2(g)} = C_2H_6O_{(g)}$
- 3) $C_2H_6O_{(g)} + O_{2(g)} = CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$
- 4) $C_2H_{6(g)} + O_{2(g)} = CO_{(g)} + H_{2(g)}$

Données approchées : $\Delta_f H^0 (kJ.mol^{-1})$ à 298 K

$C_2H_{6(g)}$	$C_2H_6O_{(g)}$	$CO_{2(g)}$	$H_2O_{(g)}$	$CO_{(g)}$
-100	-250	-400	-250	-100

B) Détermination expérimentale d'une enthalpie de réaction

La calorimétrie permet d'obtenir, par mesures de variations de températures, des valeurs de capacités thermiques, de chaleurs latentes de changement d'état et d'enthalpies de réaction.

Matériel :

- Un calorimètre supposé parfaitement calorifugé et dont on connaît la capacité thermique $C = \mu c_{eau}$ où c_{eau} est la capacité thermique de l'eau liquide ($c_{eau} = 4,18 J.g^{-1}.C^{-1}$) et μ l'équivalent en masse d'eau du calorimètre ($\mu = (30 \pm 15)g$)
- Un thermomètre

⚠ Gants, lunettes et blouses obligatoires pendant toute cette expérience !

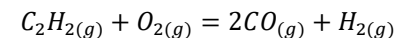
En utilisant un volume $V_a = 100mL$ d'acide chlorhydrique ($H^+ + Cl^-$) à la concentration $C_a = 1mol/L$ et un volume $V_b = 100mL$ de soude ($HO^- + Na^+$) à la concentration $C_b = 1mol/L$ dans le calorimètre, déterminer l'enthalpie de réaction $\Delta_r H^0$ de cette réaction acidobasique. Pour apprécier l'incertitude-type de la valeur de $\Delta_r H^0$ et aussi la principale source d'erreur lors de votre mesure, vous utiliserez la méthode de Monte-Carlo.

Hypothèses admises :

- Les transformations sont donc adiabatiques mais aussi monobares et les phases condensées utilisées sont supposées idéales.
- La capacité thermique et la masse volumique des solutions utilisées seront assimilées à celles de l'eau.
- Les deux principales sources d'incertitude sont l'évaluation de μ et des températures.
- $\Delta_r H^0 \approx -56 kJ/kg$

C) Température de flamme

La flamme d'un chalumeau oxy-acétylénique résulte de la combustion de l'acétylène C_2H_2 par du dioxygène pur. Cette réaction permet d'atteindre des températures très élevées et trouve son application dans les opérations de soudage et d'oxycoupage. L'exothermicité de la réaction est telle que les produits de combustion CO_2 et H_2O sont totalement dissociés en CO et H_2 , la réaction à considérer est alors suivante :



Déterminer la température maximale atteinte (appelée température de flamme), sachant que les réactifs gazeux sont initialement en proportions stoechiométriques à 300K (on considèrera la combustion d'une mole d'acétylène).

Données : $\Delta_f H^0(300K)$: $C_2H_{2(g)}$: 250 et $CO_{(g)}$: -100 (en $kJ.mol^{-1}$)

$C_{pm}(J.K^{-1}.mol^{-1})$: $CO_{(g)}$: 30 $H_{2(g)}$: 30; $C_2H_{2(g)}$: 40; $O_{2(g)}$: 30

Activité 2 : problème de physique

Sachant qu'une bouteille de 4,4kg de propane coûte environ 10 euros quel est le prix du MJ de propane ?

$$\Delta_f H^0(\text{propane}_{(g)}) = -100 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}, \Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O}_{(g)}) = -250 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1},$$

$$\Delta_f H^0(\text{CO}_{2(g)}) = -400 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Activité 3 : Chaleur latente de changement d'état

Dans un calorimètre, introduire une masse d'eau d'environ 300g, tiédie à une température de 40°C et un morceau de glace d'environ 15g Déterminer la chaleur latente l de changement d'état de l'eau. Comparer à la valeur théorique en évaluant l'incertitude avec la méthode de Monte-Carlo : $l_{\text{tabulée}} = 334 \text{ kJ/kg}$.

Activité 4 : Machine frigorigène

Vous avez à disposition une des cinq machines frigorigènes de l'atelier. Ces cinq machines fonctionnent suivant le même principe que l'on va décrire dans un 1^e temps.

A) Généralités

La machine est cyclique ditherme et nous supposons qu'elle impose au fluide frigorigène (ici du R134A) le cycle suivant :

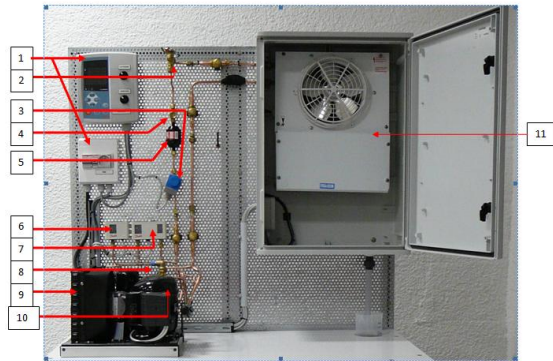
- En A , le fluide est un gaz saturé et entre dans le compresseur : $A\{T_A, P_A\}$
- La transformation $A \rightarrow B$ est une compression supposée adiabatique et mécaniquement réversible, le fluide reste alors toujours à l'état gazeux (surchauffé) : $B\{T_B, P_B\}$
- La transformation $B \rightarrow C$ est un refroidissement isobare jusqu'à la première goutte de liquide (il entre alors dans le condenseur) : $C\{T_C, P_B\}$
- La transformation $C \rightarrow D$ est une liquéfaction à la pression P_B aboutissant à un liquide saturé : $D\{T_C, P_B\}$
- Le liquide est éventuellement refroidi de manière isobare et arrive au détenteur : $E\{T_E, P_B\}$

- Le liquide subit une détente isenthalpique (détente de Joule-Thomson) faisant apparaître un mélange diphasé en $F\{T_F, P_A\}$
 - Vaporisation jusqu'à un gaz saturé en $A\{T_F, P_A\}$ dans l'évaporateur.
- 1) Tracer le cycle précédent sur le diagramme $p(h)$ fourni sachant que D et E sont confondus et avec les valeurs suivantes :

$P_A(\text{bar})$	$P_B(\text{bar})$	$T_E(^{\circ}\text{C})$
$= 1,5 + 1$	$= 9 + 1$	$= 40$

- 2) En déduire, par lecture graphique, les valeurs des grandeurs suivantes :
- Le travail massique w du compresseur
 - Le transfert thermique q_f mis en jeu au niveau de l'évaporateur
 - Le transfert thermique q_c mis en jeu au niveau du condenseur
- 3) Vérifier que vos mesures conduisent à $q_f + q_c + w \approx 0$. Pourquoi ?
- 4) Exprimer puis calculer le coefficient de performance de cette machine réfrigérante.
- 5) Dessiner le cycle précédent dans un diagramme $T(s)$.
- 6) Montrer qu'il est possible de retrouver les valeurs de q_f et q_c sur ce diagramme $T(s)$
- 7) Evaluer, à l'aide du diagramme $T(s)$, la fraction massique en liquide au point F . En déduire la chaleur latente de vaporisation du fluide pour cette basse pression.

Machine frigo 1 : fluide R134A

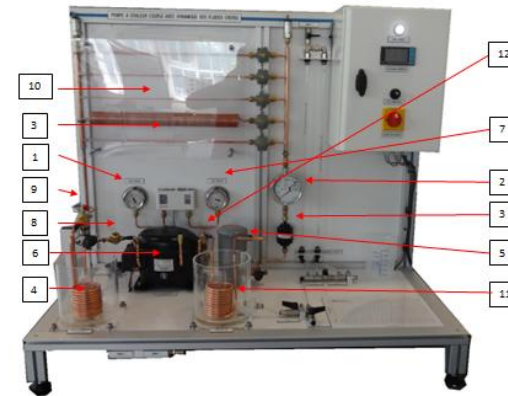


Numéro de repère	Nom	fonction
1	Armoire électrique	Assure l'alimentation et la régulation du système en température et pression
2	Détendeur thermostatique	Assure la détente du gaz et un remplissage optimum de l'évaporateur
3	Vanne électromagnétique	Coupe et actionne le passage du fluide en fonction de la consigne
4	Voyant liquide	Permet de contrôler l'état du liquide (humidité, acidité...)
5	Filtre déshydrateur	Protège le système contre l'humidité, les acides et les particules solides
6	Pressostat BP de régulation	Assure la régulation du système
7	Combinée pressostatique HBP de sécurité	sécurité HP et BP du compresseur, réarmement manuel
8	Soupape de sécurité	Permet de décharger le fluide frigorigène en cas de haute pression
9	Condenseur	Dissipe les calories absorbées à l'évaporateur
10	Compresseur	Véhicule le fluide dans l'installation passe de la BP à la HP
11	Evaporateur	Cet échangeur thermique est placée dans une armoire afin de simuler le refroidissement d'un local

Pour cette machine :

- 1) Mesurer P_A, T_A, P_B, T_B et T_E (dans cette machine le liquide est légèrement sous refroidi de manière isobare $D \neq E$).
- 2) Représenter le diagramme $p(h)$.
- 3) En déduire la valeur du COP
- 4) Tracer la compression adiabatique sur un diagramme entropique.
- 5) La compression $A \rightarrow B$ est-elle bien réversible ? En déduire l'entropie massique créée à l'aide du diagramme $T(s)$.
- 6) Estimer le travail massique de ces forces de frottement.

Machine frigo 2 : fluide R134A



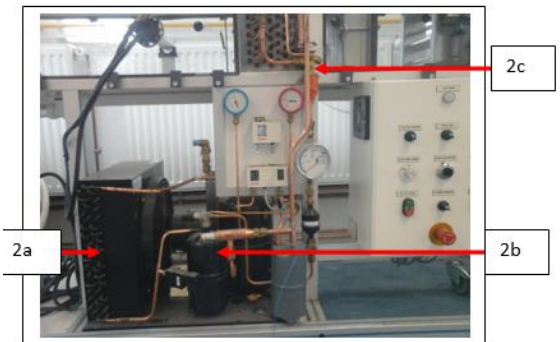
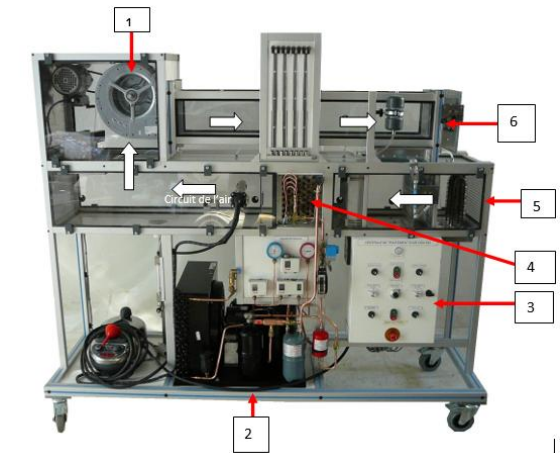
ITEM	DESIGNATION	Fonction
1	Manomètre BP	Permet la mesure de la basse pression
2	Débitmètre fluide frigorigène	Permet la mesure du débit entre les différents organes
3	Déshydrateur	Permet de filtrer les éventuelles traces d'humidité ou d'acidité dans le fluide
4	Evaporateur à eau	Bocal jouant le rôle de thermostat froid
5	Bouteille anti-coup de liquide	Permet d'avoir une réserve de liquide
6	Compresseur hermétique	Permet d'assurer le passage de HP à la BP
7	Manomètre HP	Donne la lecture de la HP
8	Voyant indicateur d'humidité entrée compresseur	Permet de vérifier la présence d'humidité dans le fluide
9	Détendeur	Permet une détente entre la HP et BP
10	Ligne mécanique des fluides	
11	Condenseur à eau	Joue le rôle de thermostat chaud
12	Soupape de sécurité	Sécurité mécanique

Pour cette machine :

- 1) Mesurer :
 - P_A, T_A, P_B, T_B et T_E ,
 - la température T_{chaud} de l'eau chaude au contact du condenseur et la température T_{froid} de l'eau au contact de l'évaporateur
 - le débit massique de l'eau (on proposera un protocole pour cette mesure)

- le débit volumique du fluide frigorigène (on donne la masse volumique du fluide frigorigène $\rho = 1,188 \text{ kg.L}^{-1}$)
 - mesurer la puissance électrique P_e absorbée.
- 2) Représenter le diagramme $p(h)$ sachant que le gaz à l'état A est une vapeur sèche.
 - 3) Déterminer l'efficacité e_{reel} de la machine ainsi que l'efficacité e_{carnot} de la machine de Carnot qui aurait travaillé entre les deux isothermes T_A et T_E . Conclure.
 - 4) Déterminer l'efficacité $e_{global} = \frac{P_{eau}}{P_e}$ où P_{eau} est la puissance échangée avec l'eau

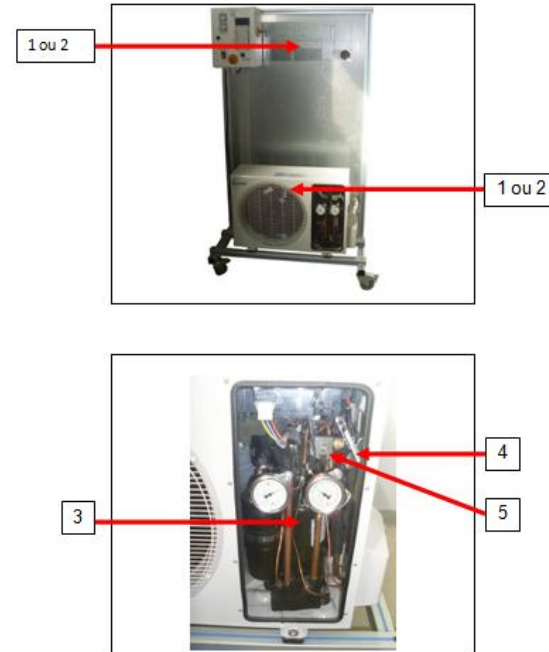
Machine de refroidissement de l'air 3 : fluide R134A



Item	Nom	Fonction
1	Pompe à air	Sa mise en rotation permet d'aspirer l'air extérieur
2	Machine frigorigène	Permet des échanges thermiques entre l'air et le fluide frigorigène
2a	Condenseur	Le fluide frigorigène y perd des calories
2b	Compresseur	Comprime le fluide de BP à la HP
2c	Détendeur	Détend de la HP à la BP
3	Boîtier électrique	Permet la commande de la pompe et de la machine frigo
4	Echangeur thermique avec l'air traité de la machine frigo	Prélève des calories à l'air
5	Entrée d'air	Entrée de l'air extérieur « chaud »
6	Sortie d'air	Sortie de l'air traitée et refroidi

- 1) Mesurer P_A, P_B . Tracer le cycle $p(h)$ de la machine en conservant nos modèles de transformations présentés au début de l'exercice (les points D et E sont ici confondus).
- 2) En déduire la puissance thermique P_{theo} théoriquement cédée par le fluide frigorigène à l'air.
- 3) En utilisant l'anémomètre, proposer et réaliser les mesures permettant d'évaluer la puissance thermique P_{reelle} effectivement échangée avec l'air. On donne la masse volumique de l'air $\rho_{air} \approx 1 \text{ kg.m}^{-3}$ et la capacité thermique massique à pression constante de l'air $c_{p,air} = 1 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$.
- 4) Calculer le rendement $r = \frac{P_{reelle}}{P_{theo}}$ lié à l'échange thermique avec le gaz.

Machine climatiseur 4 : fluide R410 A



Numéro de repère	Nom	
1 ou 2	Évaporateur ou Condenseur	Absorbe les calories contenues dans l'air ou Dissipe les calories absorbées à l'évaporateur
3	Compresseur	Véhicule le fluide dans l'installation et passe de la basse pression à la haute pression
4	Détendeur	Assure un remplissage optimum de l'évaporateur et passe de la HP à la BP
5	Vanne 4 voies	Assure l'inversion de cycle

Pour cette machine :

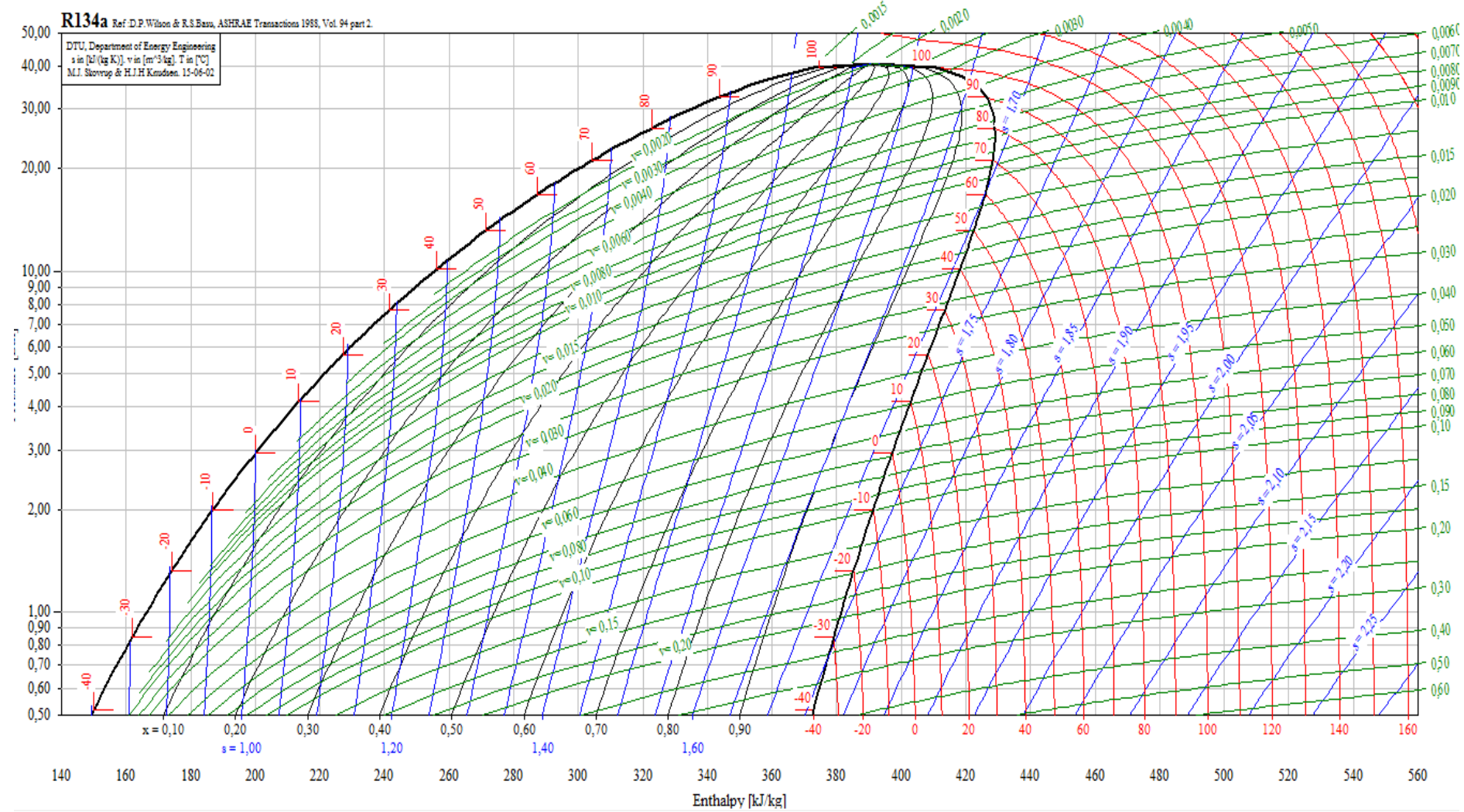
- 1) Mesurer P_A, P_B .
- 2) Tracer les cycles $p(h)$ et $T(s)$ de la machine en conservant nos modèles de transformations présentés au début de l'exercice (les points D et E sont confondus)
- 3) En déduire la valeur du COP
- 4) Comparer cette valeur à celle d'une machine de Carnot fonctionnant entre deux isothermes et deux adiabatiques. On tracera le cycle de Carnot le plus proche de la machine dans le diagramme entropique $T(s)$. Interpréter.



Pour cette machine :

- 1) Mesurer P_A, P_B . Tracer le cycle $p(h)$ de la machine en conservant nos modèles de transformations présentés au début de l'exercice (les points D et E sont confondus).
- 2) En déduire la valeur du COP
- 3) Comparer cette valeur à celle d'une machine de Carnot fonctionnant entre deux isothermes et deux adiabatiques. On tracera le cycle de Carnot le plus proche de la machine dans le diagramme entropique $T(s)$.

Numéro de repère	Nom
1	Armoire électrique : affichage de la température chaude de consigne, de la température extérieure simulée, des températures en entrée et sortie de compresseur et entrée détenteur.
2	Circuit primaire en eau : source froide
3	Résistance chauffante permettant de thermostatier la température de l'eau du circuit primaire
4	Pompe à chaleur sur laquelle on peut lire la HP et la BP ainsi que la température de l'eau des circuits primaire et secondaire en eau
5	Circuit secondaire en eau



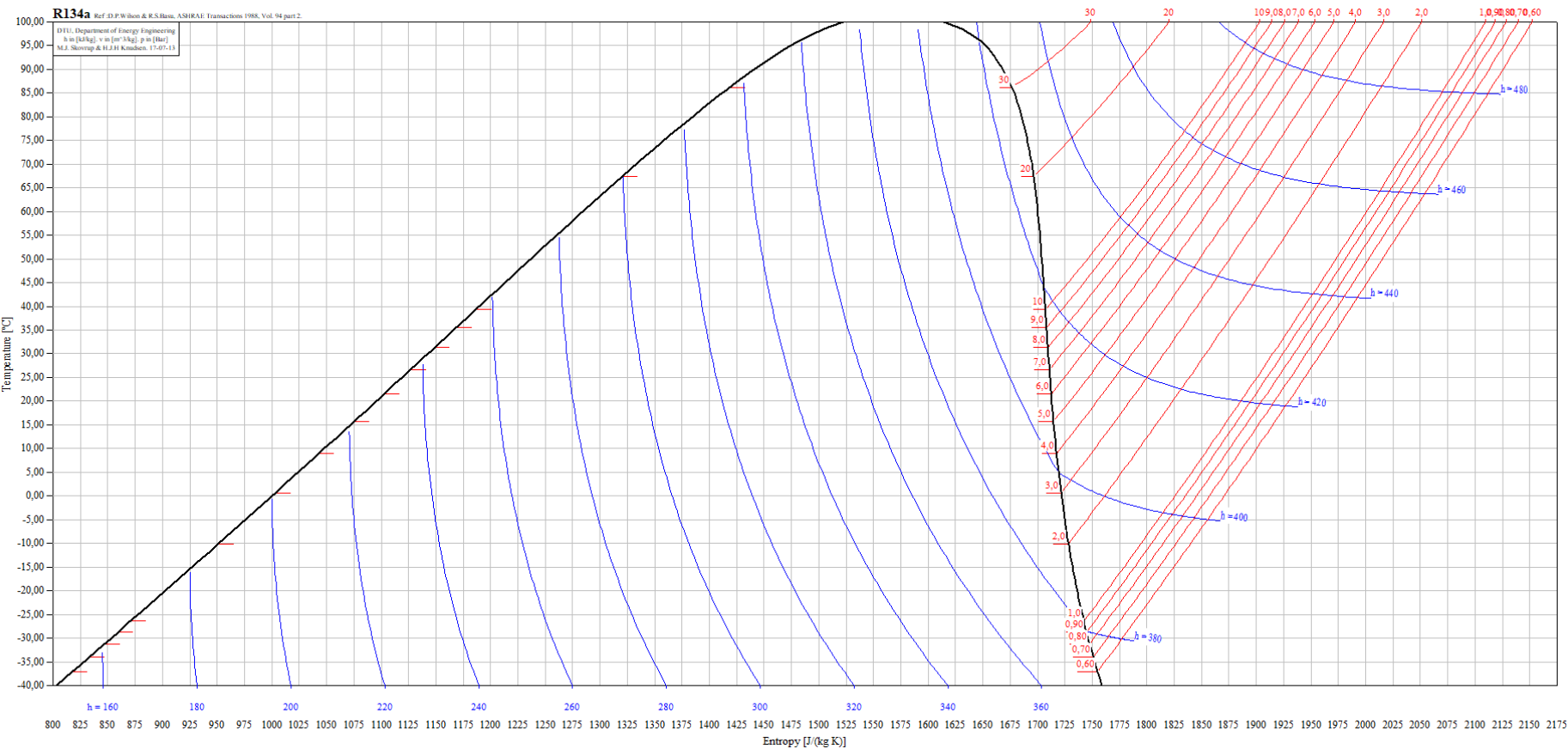


Diagramme pour les machines 1, 2, 3

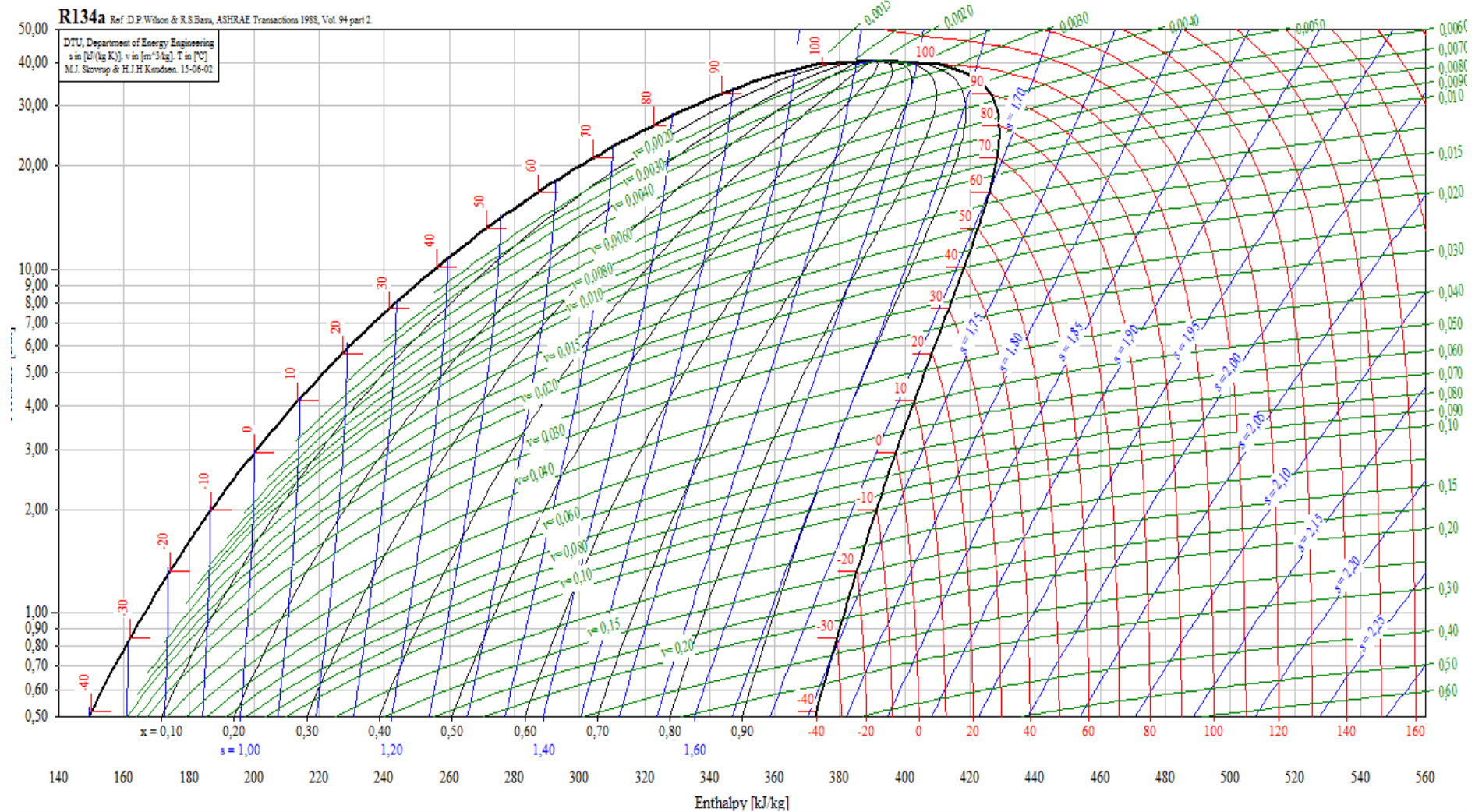


Diagramme pour les machines 1, 2, 3

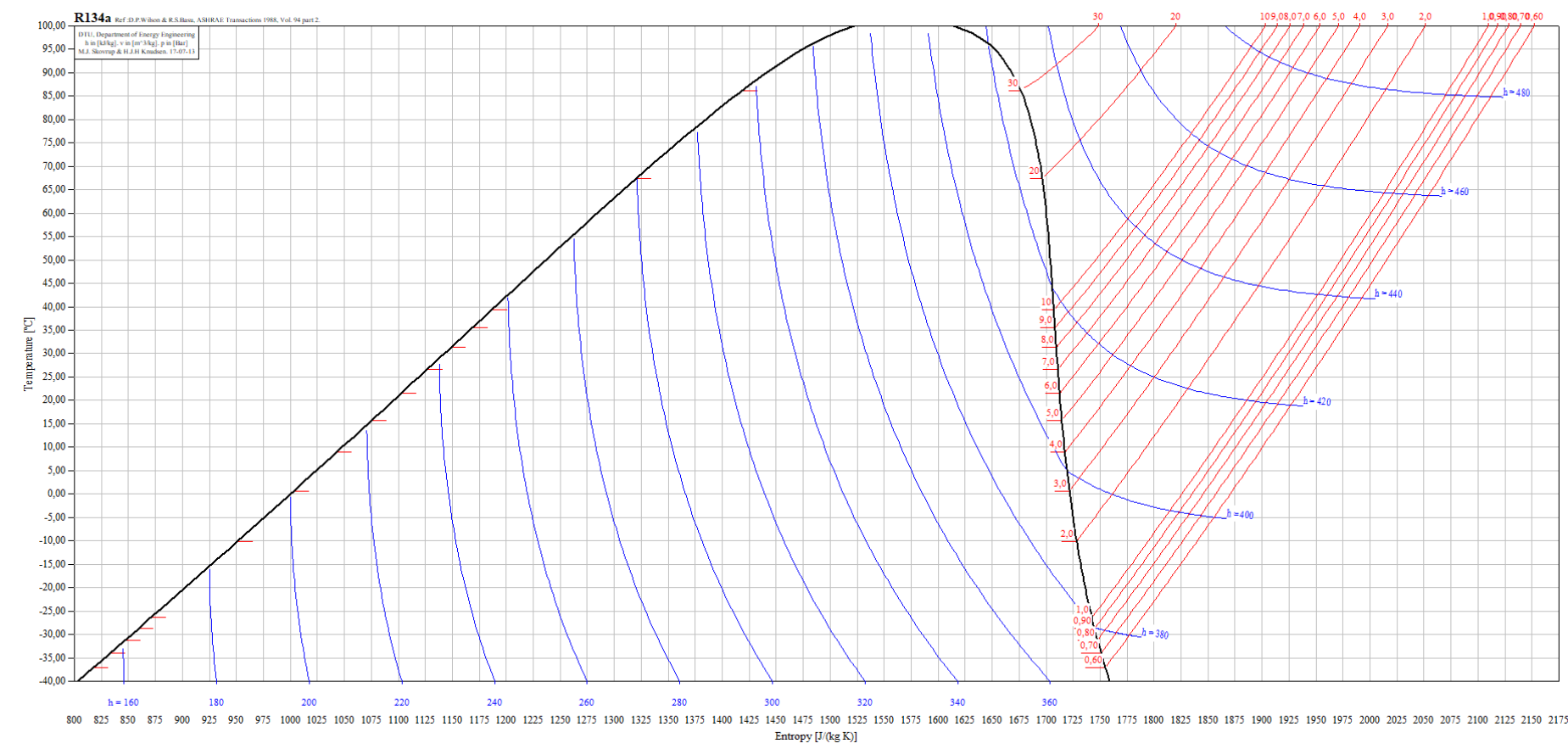


Diagramme pour les machines 4 et 5 :

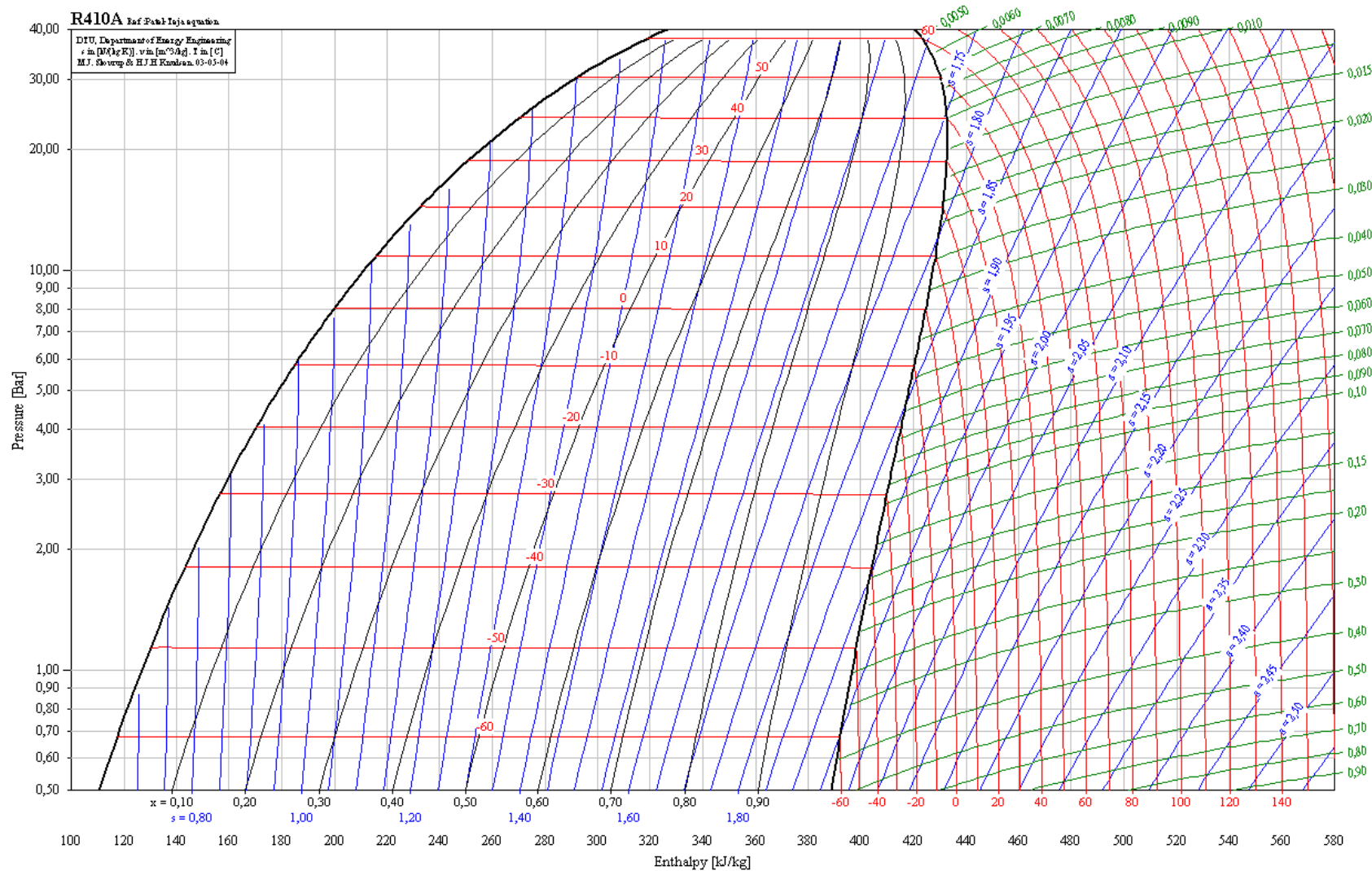


Diagramme pour les machines 4 et 5

