



**LE RÉSEAU DE CRÉATION
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Canopé de l'académie de Montpellier
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Maintenance des Systèmes

Science Physique-Chimie

SESSION 2016

U32 Physique-Chimie

SUJET

ÉPREUVE : MY3PHYB	EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTEMES	
SESSION 2016	SUJET	Epreuve U32 SCIENCE PHYSIQUE-CHIMIE	<u>Calculatrice autorisée : oui</u>
Durée : 2	Coefficient : 2	SUJET N°04VP16	<i>Page 1 sur 9</i>

Piscine d'un particulier

Un particulier souhaite équiper sa piscine d'une pompe à chaleur pour chauffer l'eau afin de prolonger la période de baignade. La partie A du sujet a pour but de choisir la pompe à chaleur à installer parmi trois proposées.

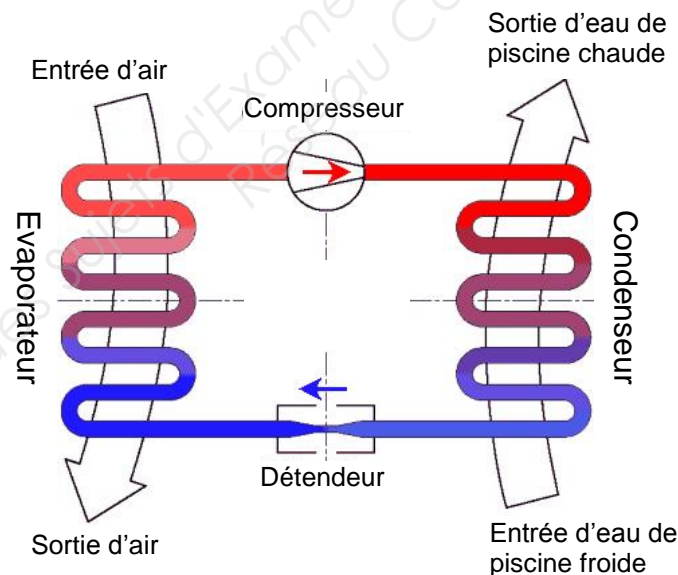
Les parties B et C, indépendantes, traitent respectivement du dispositif de recyclage de l'eau de la piscine et du maintien de sa qualité.



Partie A : choix d'une pompe à chaleur air/eau (10 points)

Une pompe à chaleur air/eau (PAC) est une machine thermique qui échange de la chaleur avec une source froide (air extérieur, Q_f) et une source chaude (eau d'une piscine ici, Q_c) tout en recevant de l'énergie électrique (W_e). Les échanges énergétiques sont assurés par un fluide frigorigène qui subit des cycles de transformations physiques successifs. Au cours d'un cycle, la variation d'énergie interne ΔU du fluide frigorigène contenu dans la PAC est nulle.

Le schéma de principe d'un tel dispositif est donné ci-dessous :

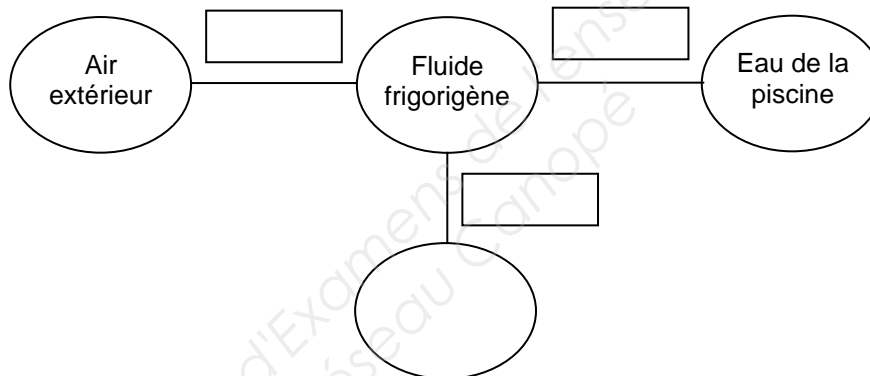


Les caractéristiques de trois pompes à chaleur air/eau sont rassemblées dans le tableau ci-après.

	MONO 20P	MONO 30P	MONO 35P
Puissance restituée à 24°C	3,5 kW	5,5 kW	6,8 kW
Puissance restituée à 15°C	2,6 kW	4,2 kW	4,8 kW
Puissance absorbée à 24°C	0,8 kW	1,3 kW	1,15 kW
Intensité absorbée	3,6 A	5,9 A	5,2 A
Alimentation	230V/50Hz	230V/50Hz	230V/50Hz
COP à 24°C	4,4	4,2	5,9
Débit d'eau mini	1,5 m ³ /h	2 m ³ /h	2,5 m ³ /h
Compresseur	rotatif	rotatif	Rotatif
Fluide frigorigène	R410A	R410A	R410A
Diamètre raccords	50mm	50mm	50mm

1. Fonctionnement global de la pompe à chaleur

1.1. Recopier en le complétant le schéma des transferts énergétiques rendant compte du fonctionnement de la PAC représenté ci-après. Utiliser les notations Q_f , Q_c et W_e définies ci-dessus en précisant le signe de ces trois grandeurs. Justifier et rajouter sur le schéma une flèche précisant le sens de l'échange énergétique pour chacun d'entre eux ainsi que la partie de la PAC où cet échange a lieu.



1.2. En appliquant le premier principe de la thermodynamique, donner une relation entre Q_f , Q_c et W_e .

1.3. Définir le coefficient de performance de la PAC (COP).

2. Etude du cycle du fluide frigorigène

Le fluide frigorigène est le R410A, considéré comme un gaz parfait.

On admet, pour une étude simplifiée, que le cycle suivi par le R410A est le suivant :

- dans le compresseur (de A à B) : compression adiabatique réversible ;
- dans le condenseur (de B à C) : transformation isobare jusqu'à liquéfaction totale ;
- dans le détendeur (de C à D) : détente isenthalpique ;
- dans l'évaporateur (de D à A) : transformation du liquide restant en vapeur saturée.

Les valeurs de certaines variables d'état du fluide en A, B, C et D sont rassemblées dans le tableau ci-après.

Etat	Pression	Température	Enthalpie massique
A	$p_A = 2,8 \text{ bar}$	$\theta_A = -29 \text{ °C}$	$h_A = 410 \text{ kJ.kg}^{-1}$
B	$p_B = 16,0 \text{ bar}$	$\theta_B = 53 \text{ °C}$	$h_B = 460 \text{ kJ.kg}^{-1}$
C	p_C	$\theta_C = 24 \text{ °C}$	h_C
D	$p_D = 2,8 \text{ bar}$	θ_D	h_D

2.1. Préciser pour chaque variable d'état du tableau précédent son caractère intensif ou extensif. Justifier.

2.2. Exploitation du diagramme enthalpique du fluide R410A

2.2.1. Tracer sur le diagramme enthalpique de l'**annexe 1 à rendre avec la copie** le cycle suivi par le R410A, en précisant les points A, B, C et D ainsi que le sens de parcours. *Un brouillon est également fourni.*

2.2.2. Donner, en justifiant, les valeurs de p_C , θ_D , h_C et h_D .

2.2.3. Préciser, en justifiant, l'état du fluide en chaque point A, B, C et D.

3. Bilan énergétique et choix de la pompe à chaleur

3.1. Calculer le travail W_{AB} fourni à un kilogramme de fluide par le compresseur.

3.2. Calculer l'énergie thermique Q_{BC} reçue par un kilogramme de fluide dans le condenseur.

3.3. Après avoir calculé le coefficient de performance théorique de l'installation, choisir parmi les trois pompes à chaleur proposées en début de sujet.

Partie B : recyclage de l'eau de la piscine (6 points)

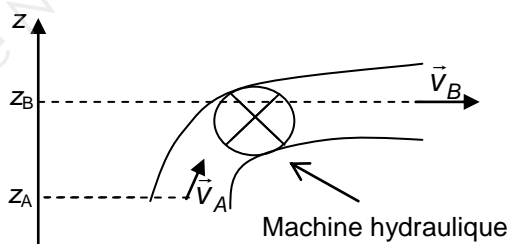
La piscine est un parallélepipède rectangle de longueur 10 m et de largeur 4 m. La hauteur d'eau h est égale à 1,5 m.

La totalité de l'eau de la piscine est recyclée en quatre heures grâce à une pompe électrique qui assure sa circulation.

Données :

- Masse volumique de l'eau $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$;
- Intensité de la pesanteur $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$;
- Pression atmosphérique $p_0 = 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ bar}$;
- Théorème de Bernoulli :

Cas de l'écoulement permanent d'un fluide parfait entre deux sections A et B, échangeant de l'énergie avec une machine hydraulique :



- z_A (z_B) : ordonnée du point A (B) en m
- p_A (p_B) : pression en A (B) en Pa
- v_A (v_B) : vitesse du fluide en A (B) en m.s^{-1}
- Dv : débit volumique du fluide en $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$
- P : puissance correspondant à l'énergie échangée avec la machine hydraulique en W
- ρ : masse volumique du fluide en kg.m^{-3}
- g : intensité de la pesanteur en m.s^{-2}

Ces grandeurs sont liées par :
$$\frac{\rho v_B^2}{2} + p_B + \rho g z_B - \frac{\rho v_A^2}{2} - p_A - \rho g z_A = \frac{P}{D_v}$$

1. Montrer que le débit volumique de la pompe, D_v , est égal à $4,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.
Sachant que l'eau aspirée passe au travers d'un tuyau de diamètre 5 cm, en déduire la vitesse d'aspiration de l'eau.
2. En utilisant le théorème de Bernoulli entre un point de la surface de l'eau où la vitesse est supposée négligeable et un point de l'entrée du tuyau de la bonde de fond (départ du tuyau d'aspiration au fond de la piscine), calculer la pression à l'entrée de cette bonde.
3. La présence de divers éléments (système de filtration, coudes de canalisation, etc.) occasionne une perte de charge qui peut être estimée à 0,8 bar.
 - 3.1. En utilisant le théorème de Bernoulli entre un point de l'entrée du tuyau de la bonde de fond et un point de l'arrivée d'eau recyclée dans la piscine (tuyau de diamètre 5 cm), calculer la puissance de la pompe à installer.
 - 3.2. En admettant que le rendement de cette pompe électrique soit de l'ordre de 0,8 et sachant que le recyclage de l'eau de la piscine doit être réalisé trois fois par jour, déterminer le coût journalier de ce recyclage pour un tarif de 0,15 €/kWh.

Partie C : traitement de l'eau de la piscine (4 points)

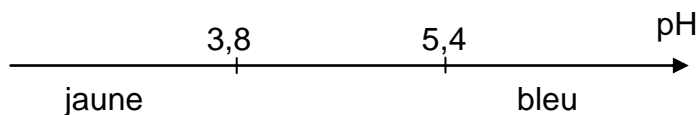
L'objectif de cette partie est la détermination de la valeur du pH dit « d'équilibre » de l'eau de la piscine afin de déterminer s'il est nécessaire d'ajouter un produit de traitement. On utilise pour cela un diagramme, appelé « balance de Taylor » et représenté sur l'**annexe 2 à rendre avec la copie**. Ce diagramme permet de déterminer l'équilibre entre les trois paramètres fondamentaux de l'eau :

- l'alcalinité : mesurée par le titre alcalimétrique complet (T.A.C) ;
- le pH ;
- la dureté de l'eau : mesurée par le titre hydrotimétrique (T.H.).

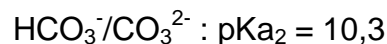
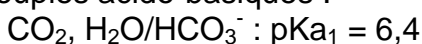
La mesure du T.A.C. et celle du T.H. permettent, par report des points correspondants sur les échelles de la balance de Taylor, de déterminer le pH d'équilibre de l'eau : ce dernier est lu sur le segment de droite liant le T.A.C et le T.H. sur le diagramme. Il convient alors d'ajuster le pH de l'eau de la piscine par ajout d'un produit adapté.

Données :

- zone de virage du bromocrésol-rhodamine (BCR) (indicateur coloré acido-basique) :



- couples acido-basiques :



- masses molaires atomiques en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$: Ca = 40,1 Mg = 24,3

- valeur mesurée du pH de l'eau de la piscine : pH = 7,2.

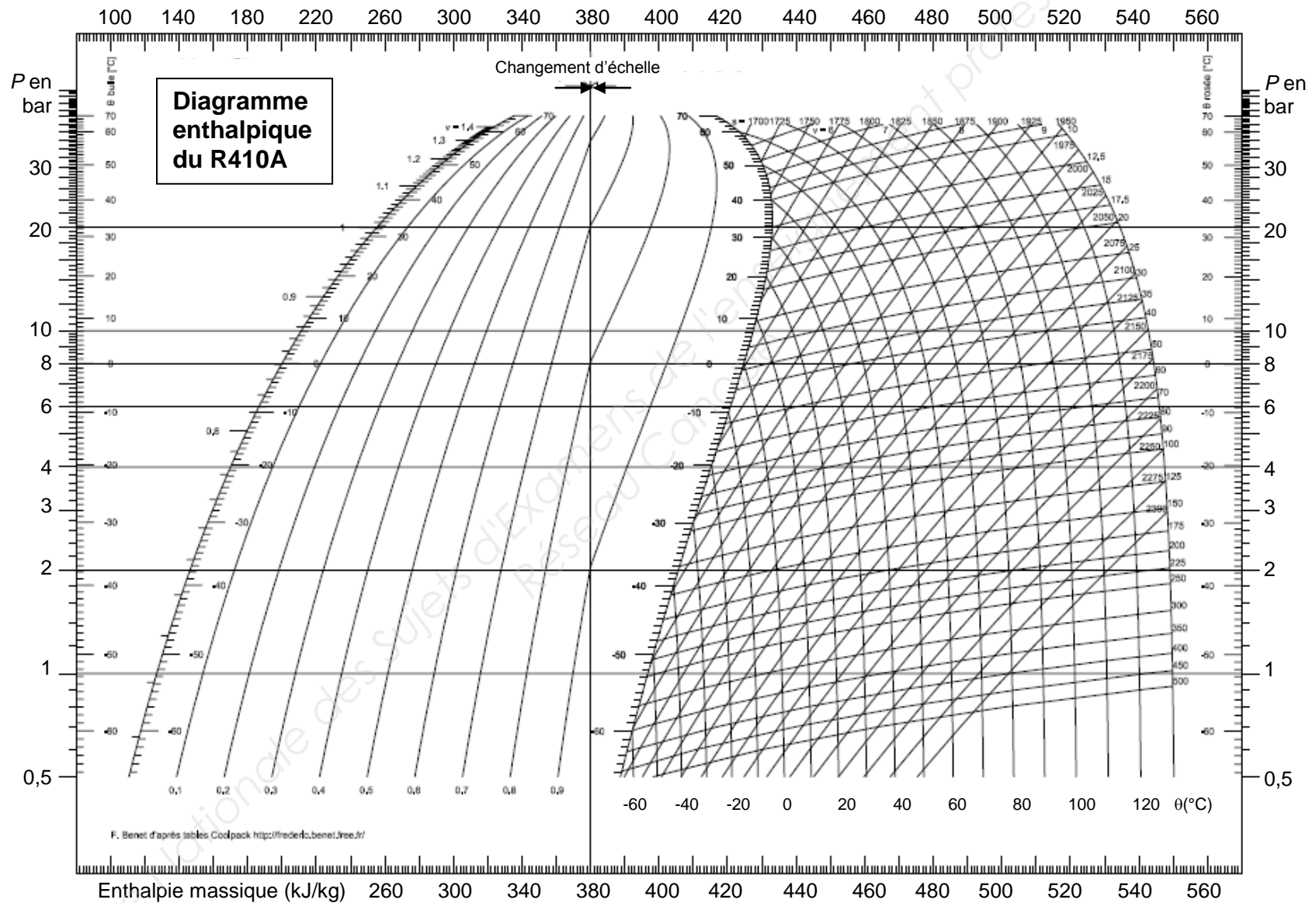
1. Après avoir tracé le diagramme de prédominance du dioxyde de carbone, de l'ion hydrogénocarbonate (HCO_3^-) et de l'ion carbonate (CO_3^{2-}), déterminer l'espèce prédominante dans l'eau de la piscine. Justifier.

2. Détermination de l'alcalinité de l'eau de la piscine
Le T.A.C, exprimé en degré français ($^\circ\text{F}$), est égal au volume en mL de solution d'acide chlorhydrique à $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$ nécessaire pour doser 100 mL d'eau en présence d'un indicateur coloré, le bromocrésol-rhodamine (BCR).
On prélève un échantillon de 50 mL de l'eau de la piscine que l'on dose par une solution d'acide chlorhydrique à $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$ en présence de BCR. Le volume obtenu à l'équivalence est de 8,7 mL.
 - 2.1. Quelle est la couleur de l'indicateur coloré au début et la fin du dosage ? Justifier.
 - 2.2. Déterminer le T.A.C de l'eau de la piscine.

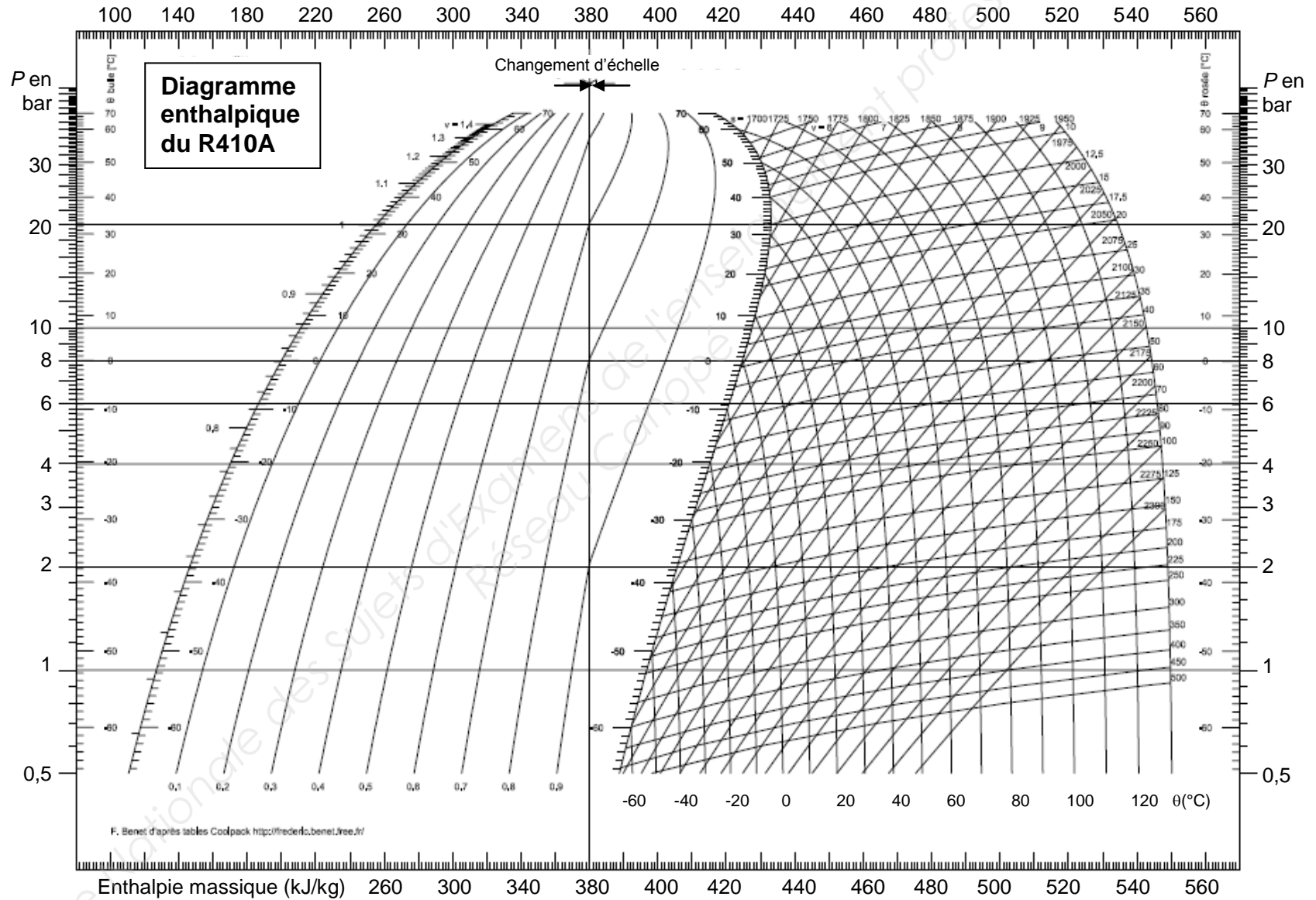
3. Détermination du titre hydrotimétrique de l'eau de la piscine
La dureté d'une eau, exprimée en $^\circ\text{TH}$, est donnée par : $D = 10([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}])$, les concentrations en ions étant exprimée en mmol.L^{-1} .
Déterminer la dureté de l'eau de la piscine sachant que les concentrations massiques en ions calcium et en ions magnésium sont respectivement égales à 45 mg.L^{-1} et 16 mg.L^{-1} .

4. Réaliser le tracé nécessaire sur la balance de Taylor de l'**annexe 2 à rendre avec la copie** pour déterminer le pH dit « d'équilibre » de l'eau de la piscine.
Est-il nécessaire de rajouter à l'eau de la piscine un produit acide ? Un produit basique ? Justifier.

BROUILLON



ANNEXE 1 A RENDRE AVEC LA COPIE



Balance de Taylor

