



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

**Ce document a été mis en ligne par le Réseau Canopé  
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

### PHYSIQUE - CHIMIE

SESSION 2018

#### Épreuve U32 Physique-Chimie

## SUJET

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans le mode examen, est autorisé.

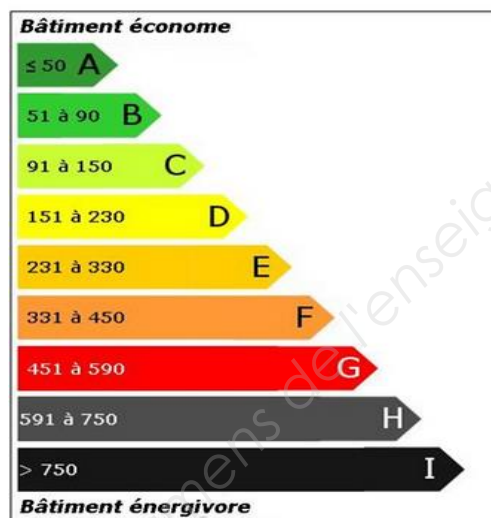
Le sujet comporte 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.  
Dès qu'il vous sera remis, assurez-vous qu'il soit complet

<b>CODE ÉPREUVE :</b> MY3PHYB	<b>EXAMEN :</b> BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		<b>SPÉCIALITÉ :</b> MAINTENANCE DES SYSTEMES
<b>SESSION 2018</b>	<b>SUJET</b>	Épreuve U32 PHYSIQUE-CHIMIE	<u>Calculatrice autorisée : oui</u>
<b>Durée : 2H</b>	<b>Coefficient : 2</b>	<b>SUJET N°06VP17</b>	<i>Page 1 sur 9</i>

## Partie A : amélioration des performances énergétiques d'une maison de retraite

Le diagnostic de performance énergétique (DPE) d'une maison de retraite construite en 1980 a permis d'évaluer sa consommation d'énergie. Cette construction, d'une surface habitable totale de  $1200 \text{ m}^2$ , consomme pour le chauffage  $270 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$ . Les calculs ont été menés en tenant compte des températures moyennes relevées par Météo France depuis 1980 dans la région où se trouve la maison de retraite, ce qui donne, durant la période de chauffe, un **écart de température moyen entre l'air intérieur et l'air extérieur égal à  $10,0 \text{ }^\circ\text{C}$** .

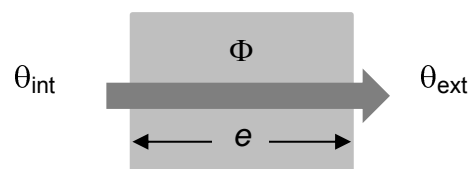
1. En utilisant l'étiquette énergie du DPE, reproduite ci-dessous, indiquer à quelle catégorie de consommation la maison de retraite appartient.  
Les valeurs numériques sont exprimées en  $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$ .



2. Calculer l'énergie  $E_{an}$  utilisée chaque année pour le chauffage de cette habitation. On exprimera  $E_{an}$  en  $\text{kWh}\cdot\text{an}^{-1}$ .
3. Montrer que le flux thermique  $\Phi_{perdu}$  par le bâtiment pendant la période de chauffage vaut  $64,8 \text{ kW}$ , en considérant que la période de chauffage compte en moyenne 250 jours, pendant lesquels le chauffage fonctionne 20 heures sur 24.
4. Le flux thermique  $\Phi$  (en W) à travers une paroi, constituée d'un matériau homogène de surface  $S$  et d'épaisseur  $e$ , est proportionnel à la différence de température  $\Delta\theta$  entre ses faces intérieure et extérieure ( $\Delta\theta = \theta_{int} - \theta_{ext}$ ) ;  $\theta_{int} > \theta_{ext}$ .

La relation de proportionnalité s'écrit :

$$\Phi = \frac{\Delta\theta}{R}$$



La résistance thermique d'une paroi, notée  $R$ , traduit la résistance de la paroi aux transferts thermiques. Elle dépend de la valeur  $S$  de sa surface, de son épaisseur  $e$  et de la conductivité thermique  $\lambda$  du matériau qui constitue la paroi.

La résistance thermique  $R$  est liée aux autres grandeurs citées par la relation, dans le cas d'une paroi plane :

$$R = \frac{e}{\lambda \cdot S}$$

La conductivité thermique  $\lambda$  d'un matériau est une grandeur physique caractérisant le comportement du matériau lors du transfert thermique par conduction. Un matériau est d'autant plus isolant que sa conductivité thermique est faible. Elle s'exprime en  $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

**4.1** Décrire qualitativement le mode de transfert thermique par conduction.

**4.2** Donner l'unité de la résistance thermique  $R$ . Justifier votre réponse.

**4.3** Pour faire des économies d'énergie, comment doit-on faire varier la résistance thermique de la maison ? Sur quelle(s) grandeur(s) est-il possible d'agir ?

**5. Mais une construction est constituée de murs, d'ouvertures, d'un toit et d'un sol...**

On cherche à prendre en compte tous ces éléments et estimer la déperdition d'énergie totale.

Dans la suite du problème on ne tiendra pas compte des déperditions ni par convection, ni par rayonnement. Seules les pertes par conduction thermique à travers le toit, le sol, les murs et les fenêtres seront considérées.

**5.1** Sachant que les résistances thermiques du toit, du sol et des fenêtres ont pour valeurs respectivement,  $R_T = 4,25 \times 10^{-3} \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$ ,  $R_S = 6,74 \times 10^{-4} \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$  et  $R_F = 0,025 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$ , calculer le flux thermique  $\Phi_M$ , perdu à travers les murs.

**5.2** Le flux thermique  $\Phi_M$  perdu à travers les murs nécessite-t-il une isolation de ces derniers ? Justifier.

**6.** Afin d'améliorer les performances thermiques de cette construction, il est préconisé d'effectuer une isolation thermique des murs par l'extérieur. Celle-ci est constituée d'un isolant et d'un crépi.

Le flux thermique total perdu par le bâtiment, pendant la même période de chauffage, diminuerait ainsi de  $\Phi = 64,8 \text{ kW}$  à  $\Phi' = 22 \text{ kW}$ .

**6.1** Calculer l'énergie  $E'$  en kWh nécessaire au chauffage de cette maison.

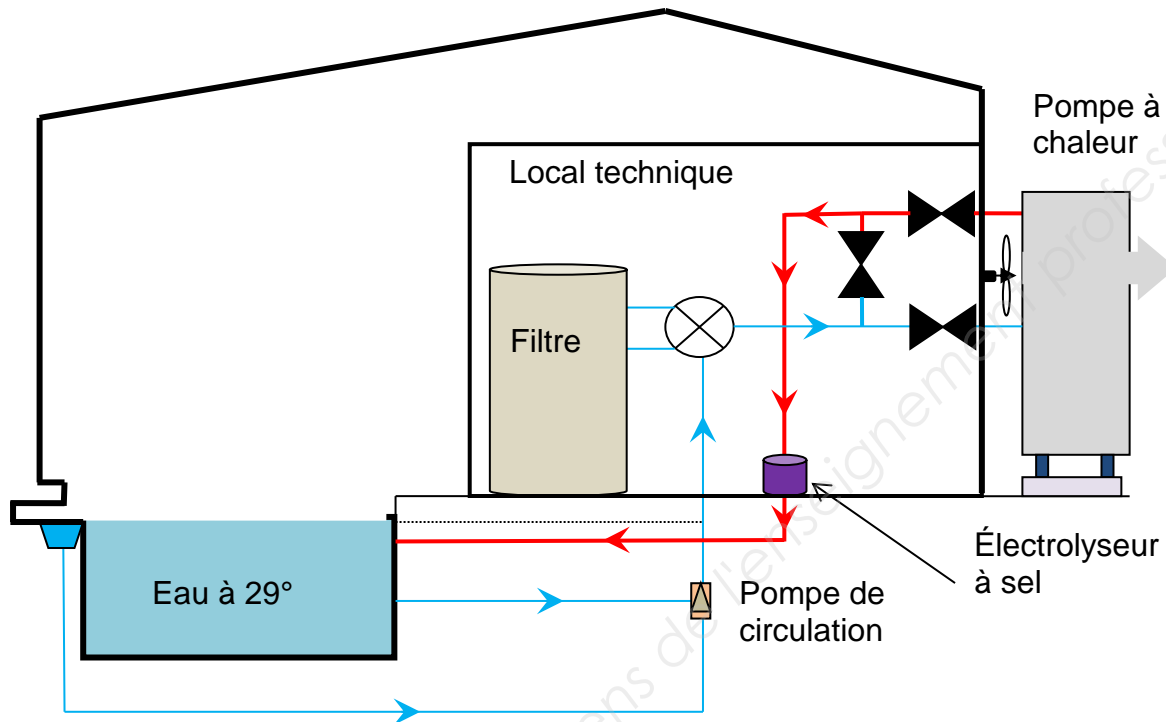
**6.2** En déduire la nouvelle valeur de l'indicateur du diagnostic des performances énergétiques exprimée en  $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$ . Quel sera le nouveau classement de cette construction ? Conclure.

## **Partie B : installation d'une pompe à chaleur pour chauffer la piscine**

La maison de retraite dispose d'une piscine utilisée pour la rééducation des personnes âgées.

L'eau de la piscine doit être maintenue à 29°C. Pour cela les responsables ont décidé d'installer une pompe à chaleur.

Le schéma simplifié de l'installation est le suivant :



Pour apprécier la puissance nécessaire à l'entraînement du compresseur de la pompe à chaleur, et évaluer l'efficacité de l'installation, il convient d'étudier le cycle du fluide frigorigène R410A utilisé.

Le cycle considéré présente les caractéristiques suivantes :

Transformation 1 → 2

État 1 : température  $\theta_1 = -5,0 \text{ °C}$  ; pression  $p_1 = 6,9 \text{ bar}$  ; enthalpie  $h_1 = 250 \text{ kJ.kg}^{-1}$

État 2 : température  $\theta_2 = -5,0 \text{ °C}$  ;  $p_2 = 6,90 \text{ bar}$  ;  $h_2 = 420 \text{ kJ.kg}^{-1}$

Transformation 2 → 3

Surchauffe isobare, quantité de chaleur échangée  $q_{2 \rightarrow 3} = 7 \text{ kJ.kg}^{-1}$

Transformation 3 → 4

Compression adiabatique réversible (isentropique) jusqu'à la pression  $p_4 = 20 \text{ bar}$

Transformation 4 → 5

Isobare

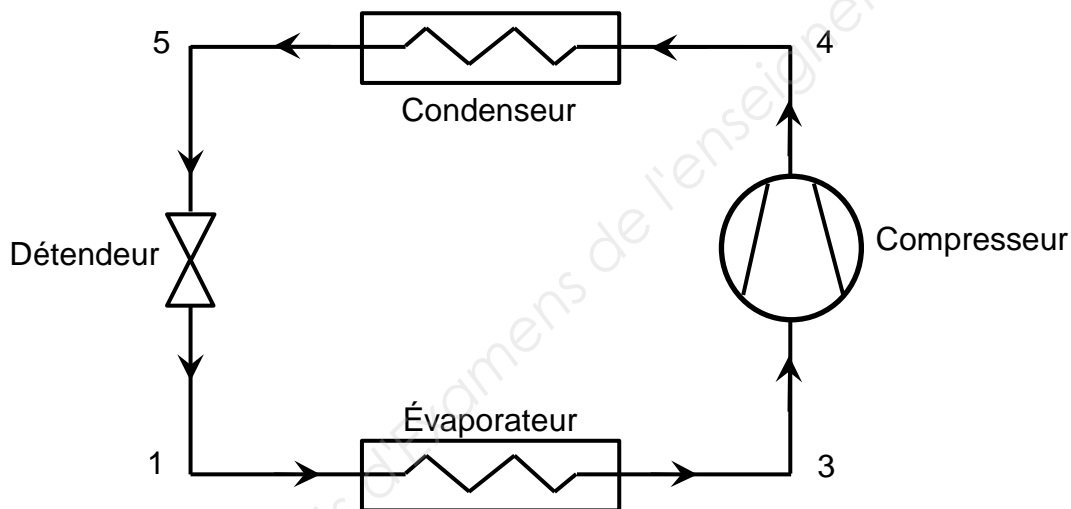
Transformation 5 → 1

Détente isenthalpique

## Cycle thermodynamique et puissance du compresseur

1. Placer sur le diagramme enthalpique (ou diagramme de Mollier) fourni en annexe du fluide frigorigène R410A (à rendre avec la copie), les points (1, 2, 3, 4, 5). Un second diagramme enthalpique est disponible pour servir de brouillon.
2. Relever l'enthalpie massique  $h_4$  au point 4. En déduire la variation d'enthalpie massique  $\Delta h_{3 \rightarrow 4}$  du fluide lors de la compression du point 3 jusqu'au point 4.
3. Sachant que le débit du fluide est  $D_m = 120 \times 10^{-3} \text{ kg.s}^{-1}$ , calculer la puissance  $P$  que doit fournir le compresseur au cycle.
4. En déduire la puissance électrique  $P_e$  nécessaire pour entraîner le compresseur.  
Données : rendement global du compresseur évalué à :  $\eta_m = 77,3 \%$ .

## Schéma simplifié d'une pompe à chaleur



## Efficacité de l'installation

5. Calculer la variation d'enthalpie massique  $\Delta h_{4 \rightarrow 5}$  du fluide dans le condenseur.
6. Exprimer l'efficacité thermique  $e$  en fonction des variations d'enthalpies mises en jeu. Calculer numériquement la valeur de l'efficacité thermique  $e$ .
7. Quelle est la puissance de chauffage  $P_{ch}$  de cette pompe à chaleur ?
8. Le bassin est rempli d'eau froide à  $14^\circ\text{C}$ . Afin de réchauffer l'eau de ce bassin pour accueillir les personnes âgées, sa température doit être de  $29^\circ\text{C}$ .
  - 8.1. Sachant que la masse volumique de l'eau est  $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$  et sa capacité thermique massique de  $C_{eau} = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ , quelle est l'énergie nécessaire au chauffage de l'eau du bassin sachant que le volume d'eau est de  $50 \text{ m}^3$  ?
  - 8.2. Convertir ce résultat en kWh.

Session : 2018	BTS Maintenance des systèmes	Page 5 sur 9
Sujet n°06VP17	U32 PHYSIQUE-CHIMIE	

8.3. Quelle puissance thermique  $P_{th}$  faudra-t-il apporter à ce bassin afin de le chauffer en 36h ?

9. La pompe à chaleur est-elle adaptée au chauffage de la piscine ? Justifier.

### Partie C : entretien de l'eau de la piscine

Pour assurer l'entretien de la piscine, les responsables de la maison de retraite ont opté pour un système qui repose sur le phénomène d'électrolyse, phénomène découvert par le scientifique anglais Faraday au 19<sup>ème</sup> siècle.

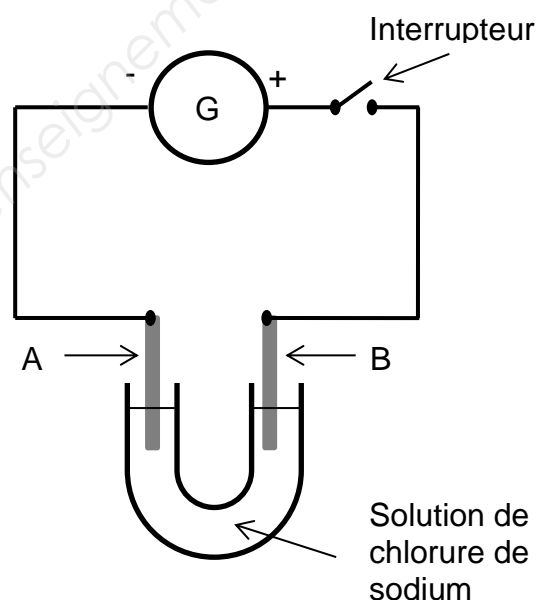
Ce procédé nécessite de saler l'eau de la piscine. On ajoute pour cela, du chlorure de sodium solide  $\text{NaCl}_{(s)}$ , afin d'atteindre une concentration massique de l'ordre de  $5 \text{ g.L}^{-1}$ . L'électrolyse se produit dans un électrolyseur à sel placé dans le circuit (cf. schéma de l'installation).

Pour illustrer ce qui se produit dans l'électrolyseur à sel de l'installation, il est possible de réaliser au laboratoire une telle électrolyse grâce à l'expérience suivante (cf. schéma ci-contre).

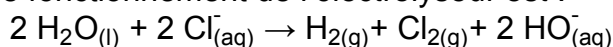
On immerge deux électrodes A et B dans les branches d'un tube en U, simulant l'électrolyseur, et contenant une solution de chlorure de sodium ( $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$ ). On relie les deux électrodes aux bornes d'un générateur de tension continue G.

Après fermeture de l'interrupteur et plusieurs minutes de fonctionnement, on effectue des tests pour identifier les produits qui se forment à chacune des électrodes.

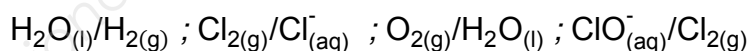
- À une électrode, il se forme un dégagement de dichlore  $\text{Cl}_2$ .
- À l'autre, il se forme un dégagement de dihydrogène  $\text{H}_2$  et il apparaît des ions hydroxyde  $\text{HO}^-$ .



L'équation modélisant le fonctionnement de l'électrolyseur est :

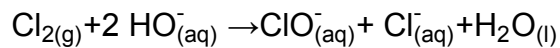


Données: couples oxydant/réducteur



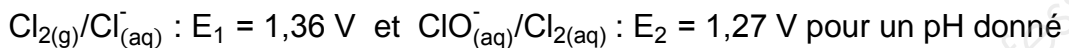
1. À partir des informations de l'énoncé, quels sont les deux couples oxydant/réducteur mis en jeu dans l'équation modélisant l'électrolyse ? Écrire les deux demi-équations correspondantes.
2. Quelle est l'espèce chimique oxydée. Justifier.
3. Identifier l'électrode (A ou B) où se produit l'oxydation.

4. Dans le tube en U, les ions hydroxyde  $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$  et le dichlore  $\text{Cl}_{2(\text{g})}$  formé sont consommés lors d'une nouvelle transformation spontanée, dont l'équation est :



L'ion  $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$  obtenue est l'ion hypochlorite, responsable des vertus désinfectantes de l'eau de Javel.

- 4.1. Justifier la transformation donnée ci-dessus en vous aidant des potentiels redox des deux couples suivants :



- 4.2. Quelle précaution particulière doit prendre le responsable de l'entretien de la piscine pour que ce système fondé sur l'électrolyse du sel soit opérant ? On pourra s'aider d'un diagramme de prédominance.

On donne le  $\text{pK}_a$  du couple acide-base  $\text{HClO}_{(\text{aq})}/\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$  auquel appartient l'ion hypochlorite :  $\text{pK}_a = 7,5$

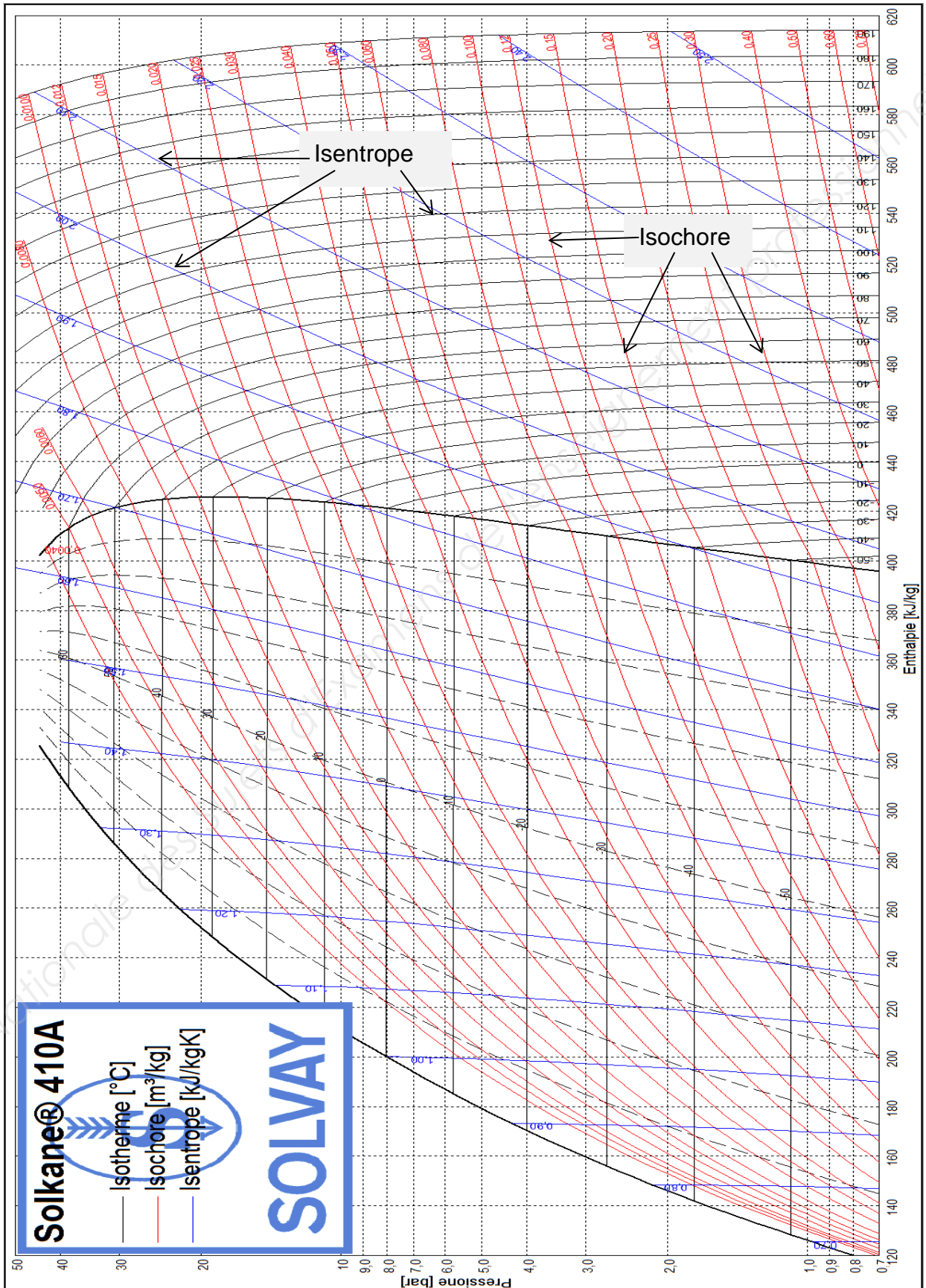
5. La piscine a les dimensions suivantes :

Profondeur :  $h = 1,25 \text{ m}$  ; Longueur :  $L = 8 \text{ m}$  ; Largeur :  $L = 5 \text{ m}$

Quelle est la masse de chlorure de sodium solide  $\text{NaCl}_{(\text{s})}$  qu'il faut dissoudre dans l'eau de la piscine, avant de mettre en fonctionnement l'électrolyseur à sel ? Justifier.



**Document réponse 2 : diagramme enthalpique (diagramme de Mollier)**



**Document réponse 3 : diagramme enthalpique (diagramme de Mollier)**

