

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

## SESSION 2015

Série STI2D – Toutes spécialités

Série STL – Spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire

<b>PHYSIQUE-CHIMIE</b>
------------------------

**Durée : 3 heures**

**Coefficient : 4**

### ***CALCULATRICE AUTORISÉE***

*L'emploi de toutes les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique est autorisé à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'elles ne soient pas connectables à un réseau.*

**Ce sujet comporte 17 pages numérotées de 1/17 à 17/17.**

Avant de composer, assurez-vous que l'exemplaire qui vous a été remis est bien complet.

**La page 17/17 où figurent les documents réponses est à rendre avec la copie.**

Lors des applications numériques, les résultats seront donnés avec un nombre de chiffres significatifs cohérent avec ceux de l'énoncé et une attention particulière sera portée aux unités utilisées.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Les parties du sujet sont indépendantes et peuvent être traitées séparément dans l'ordre choisi par le candidat.

## Une résidence à énergie positive

Alors qu'actuellement les nouvelles constructions en France doivent répondre à la norme BBC (bâtiment basse consommation), on voit apparaître quelques exemples allant encore plus loin du point de vue énergétique : ce sont les bâtiments à énergie positive.

Cette appellation signifie qu'un tel bâtiment produit plus d'énergie qu'il n'en consomme.

Nous allons nous intéresser à un exemple d'immeuble à énergie positive construit récemment en France : la résidence *l'Avance* située à Montreuil (département de la Seine Saint-Denis), premier complexe de logements à énergie positive construit en Île-de-France.



Le sujet suivant s'intéresse donc à la notion de bâtiment à énergie positive et aux solutions techniques mises en œuvre.

Le sujet est séparé en trois parties indépendantes :

**Partie A : la production et la consommation d'énergie sur le site.**

**Partie B : le chauffage et l'eau chaude sanitaire.**

**Partie C : la technologie dans un appartement de la résidence.**

## **Partie A : la production et la consommation d'énergie sur le site.**

### **A.1 Énergie positive**

À l'aide des **documents ressources n°1, n°2 et n°3 page 11**, répondre aux questions suivantes :

- A.1.1 Expliquer pourquoi le bâtiment étudié répond bien à la réglementation thermique RT2012.
- A.1.2 Expliquer pourquoi le bâtiment étudié est un bâtiment à énergie positive.
- A.1.3 Calculer l'énergie consommée  $E_{\text{consommée}}$  dans ce bâtiment, pour une année, en kilowattheures (kW.h) puis en joules (J).
- A.1.4 Calculer le surplus d'énergie  $\Delta E$  (en kW.h) pour ce bâtiment, pour une année, défini par la différence entre l'énergie produite et l'énergie consommée.

### **A.2 Panneaux solaires photovoltaïques**

- A.2.1 Compléter le schéma du bilan énergétique d'un panneau solaire photovoltaïque sur **document réponse n°1 page 17**, en choisissant parmi les différents types d'énergies suivantes : énergie chimique, énergie électrique, énergie mécanique, énergie nucléaire, énergie rayonnante, énergie thermique.  
*Attention : le même type d'énergie peut apparaître plusieurs fois.*
- A.2.2 Quel principe physique explique qu'une partie de l'énergie soit perdue sous forme d'énergie rayonnante ?
- A.2.3 Le **document ressource n°4 page 11** donne les caractéristiques d'un exemple de panneau photovoltaïque : SUNPOWER-E20-327W.
  - A.2.3.1 Calculer la valeur de la puissance maximale électrique  $P_{\text{ELEC}}$  à l'aide des données du tableau.
  - A.2.3.2 Calculer la puissance reçue  $P_{\text{RECUE}}$  par le panneau permettant d'obtenir cette puissance électrique.
  - A.2.3.3 Connaissant les conditions de test standard, en déduire la surface  $S$  (en  $\text{m}^2$ ) de ce panneau solaire.
- A.2.4 Pour les panneaux solaires installés sur la toiture de la résidence « l'Avance », l'objectif annuel de production d'énergie électrique est :  $E_{\text{produite}} = 63,2 \text{ MW.h}$ . Montrer, à l'aide des données suivantes, que cet objectif est réalisable.

#### **Données :**

Irradiation solaire moyenne annuelle à Montreuil :  $1,20 \text{ MW.h.m}^{-2}$

Surface de panneaux :  $270 \text{ m}^2$

Le type de panneaux installés n'est pas précisé mais on sait que les panneaux solaires de nouvelle génération peuvent atteindre un rendement de l'ordre de 20%.

### A.3 Entretien des panneaux solaires

Un nettoyage régulier de la surface des panneaux solaires est indispensable pour assurer une production d'électricité maximale et éviter leur usure prématurée.

Le produit décrit dans le **document ressource n°5 page 12**, et appelé dans le sujet « **solution n°1** », est un des produits nettoyants existant aujourd'hui pour assurer cet entretien.

A.3.1 Quelle est la nature de la solution contenue dans ce bidon (acide, basique ou neutre) ?

A.3.2 Déterminer les concentrations en ions hydronium (ions  $\text{H}_3\text{O}^+$ ) et en ions hydroxyde (ions  $\text{HO}^-$ ) de la solution n°1 à l'aide des données ci-dessous :

Données :  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$        $[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{HO}^-] = 10^{-14}$  (à 25 °C)

A.3.3 En déduire lesquels des ions hydronium ou des ions hydroxyde sont majoritaires dans la solution n°1 à une température de 25 °C.

A.3.4 Un technicien a l'idée d'ajouter à cette solution n°1 un peu d'une solution acide détartrante, appelée solution n°2, pour augmenter l'efficacité du nettoyage.

A.3.4.1 Écrire l'équation bilan de la réaction chimique acide – base ayant lieu entre les ions hydroxyde ( $\text{HO}^-$ ) de la solution n°1 et les ions hydronium ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) de la solution n°2 sachant que :

- il s'agit d'une réaction entre un acide et une base
- les couples acide - base mis en jeu sont :  $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$  ;  $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$

A.3.4.2 Sachant qu'il n'est pas souhaitable de modifier le pH de la solution n°1 (produit nettoyant), expliquer pourquoi le technicien ne devrait pas faire ce mélange.

## **Partie B : le chauffage et l'eau chaude sanitaire.**

Pour ce bâtiment, le chauffage et l'eau chaude sanitaire sont produits par une pompe à chaleur et une chaudière à condensation en appoint.

### **B.1 Pompe à chaleur**

On s'intéresse tout d'abord au principe général d'une pompe à chaleur à travers l'exemple d'une pompe à chaleur électrique « air - eau ».

À l'aide du **document ressource n°6 page 13**, répondre aux questions suivantes.

B.1.1 Rappeler dans quel sens se fait spontanément l'échange d'énergie thermique entre un corps « chaud » et un corps « froid ».

B.1.2 En déduire une condition sur la température du fluide caloporteur à son entrée dans l'évaporateur pour que le transfert d'énergie ait lieu dans le sens voulu.

B.1.3 Compléter le **document réponse n°2 page 17** en indiquant les températures du fluide caloporteur aux différents points indiqués, en choisissant parmi les valeurs suivantes : 55 °C ; 47 °C ; 5 °C ; -2 °C.

B.1.4 D'après le schéma des « échanges d'énergie dans la pompe à chaleur », écrire une relation entre  $Q_{\text{produite}}$  (énergie produite),  $Q_{\text{reçue}}$  (énergie reçue) et  $E_{\text{électrique}}$  (énergie électrique consommée).

B.1.5 Le coefficient de performance de la pompe à chaleur étant  $\text{COP} = 4,00$  (voir « définition du COP d'une pompe à chaleur » **page 13**), calculer les valeurs de  $E_{\text{électrique}}$  et de  $Q_{\text{reçue}}$  (en kW.h). sachant que  $Q_{\text{produite}} = 1,00 \text{ kW.h}$ .

Dans le bâtiment étudié, la pompe à chaleur utilisée est d'un modèle différent puisqu'il s'agit d'une pompe à chaleur à gaz à absorption. À l'aide du **document ressource n°7 page 14**, répondre aux questions suivantes.

B.1.6 Indiquer dans quelle partie de la pompe a lieu la réaction dite « d'absorption ».

B.1.7 Parmi les possibilités suivantes, indiquer quel(s) fluide(s) est (sont) présent(s) dans le condenseur, le détendeur et l'évaporateur :

- mélange eau – ammoniac
- eau
- ammoniac

B.1.8 La courbe de pression de vapeur saturante de l'ammoniac étant donnée sur le **document ressource n°8 page 15**, préciser quelle doit être la pression (en bar) de l'ammoniac à sa sortie du compresseur puis à sa sortie du détendeur sachant qu'on veut qu'il se condense à une température de 50 °C (dans le condenseur) et qu'il se vaporise à une température de -15 °C (dans l'évaporateur) ?

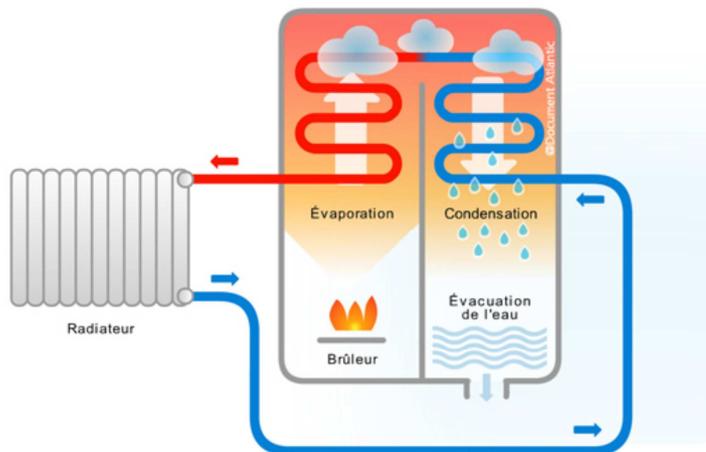
Donnée : relation entre la température en kelvin et la température en degré Celsius  
 $T \text{ (en K)} = 273 + \theta \text{ (en } ^\circ\text{C)}$

## B.2 Chaudière à condensation :

La chaudière utilisée dans la résidence est une chaudière à condensation fonctionnant au gaz naturel (méthane).

### Principe de fonctionnement :

La combustion du méthane produit du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau qui transfèrent de l'énergie à l'eau du circuit de chauffage. Les produits de la combustion, dont la vapeur d'eau, sont ensuite mis en contact avec le serpentin dans lequel circule l'eau froide de retour du circuit de chauffage. À ce contact, la vapeur d'eau se condense en fournissant à nouveau de l'énergie thermique au circuit de chauffage.



source de l'image : <http://ma-maison-eco-confort.atlantic.fr/bien-choisir-mes-produits/comment-choisir-votre-chaudiere-a-condensation/>

### Données sur le méthane :

Formule chimique :  $\text{CH}_4$

Masse molaire :  $M = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Enthalpie de combustion :  $\Delta H_{\text{comb}} = - 890 \text{ kJ.mol}^{-1}$

*Remarque : une enthalpie négative implique une énergie de réaction négative. Cela signifie que cette énergie est libérée (la réaction est exothermique).*

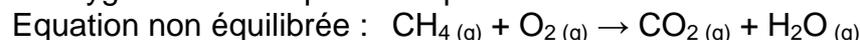
### Données sur l'eau :

Enthalpie de condensation de l'eau :  $\Delta H_{\text{vapeur} \rightarrow \text{liquide}} = - 40,7 \text{ kJ.mol}^{-1}$

B.2.1 Calculer la quantité de matière  $n_{\text{CH}_4}$  (en mol) contenue dans 100 g de méthane.

B.2.2 En déduire l'énergie thermique  $Q_{\text{combustion}}$  produite par la combustion de cette même quantité de méthane.

B.2.3 Recopier l'équation bilan de la réaction de combustion complète du méthane dans le dioxygène sur la copie en l'équilibrant.



B.2.4 Calculer la quantité de matière en eau  $n_{\text{H}_2\text{O}}$  (en mol) produite par la combustion de 100 g de méthane.

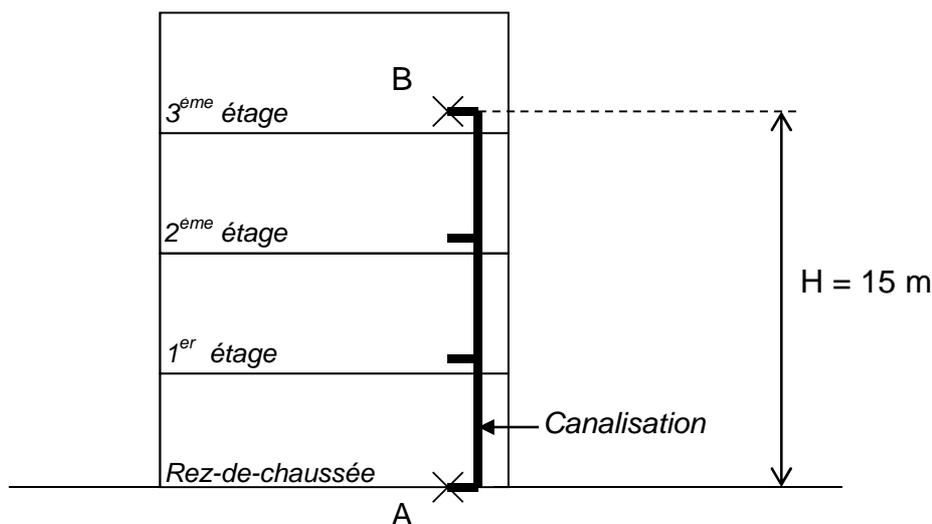
- B.2.5 L'eau, présente tout d'abord à l'état de vapeur, va se condenser. Calculer l'énergie thermique  $Q_{\text{condensation}}$  produite par cette condensation.
- B.2.6 En déduire l'énergie thermique totale  $Q_{\text{totale}}$  produite dans la chaudière pour la combustion de 100 g de méthane.
- B.2.7 Déterminer le pourcentage d'énergie supplémentaire obtenu grâce à la condensation de la vapeur d'eau par rapport à une chaudière classique, dans laquelle la valeur d'eau produite par la combustion n'est pas condensée mais directement évacuée.

### B.3 Pression dans les canalisations

La distribution d'eau chaude sanitaire dans la résidence est collective et, pour un bon fonctionnement, la pression dans les canalisations à l'arrivée de chaque appartement doit être suffisante.

On indique que la pression minimale doit être de 2,50 bar. L'eau chaude est produite au rez-de-chaussée de l'immeuble (point A) et on s'intéresse à la distribution en eau chaude des appartements situés en haut de la résidence, c'est-à-dire au 3<sup>ème</sup> étage.

Le schéma ci-dessous décrit la situation :



- B.3.1 Donner la relation entre les pressions aux points A et B (notées respectivement  $p_A$  et  $p_B$ ) de la canalisation d'eau chaude en appliquant le principe de la statique des fluides.
- B.3.2 Calculer la pression nécessaire au point A pour assurer une pression de 2,50 bars au point B.

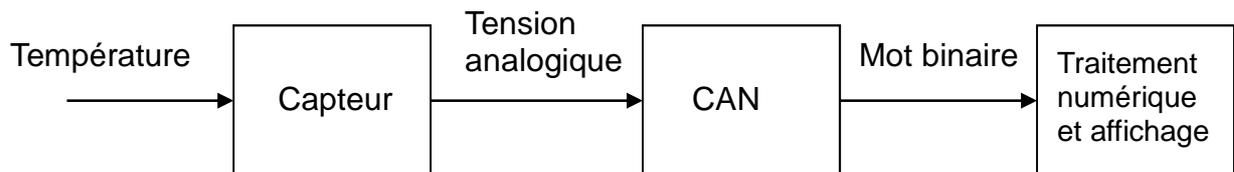
Données : 1 bar =  $1,00 \cdot 10^5$  Pa  
Masse volumique de l'eau :  $\rho = 1,00 \cdot 10^3$  kg.m<sup>-3</sup>  
 $g = 9,81$  N.kg<sup>-1</sup>

## Partie C : la technologie dans un appartement de la résidence.

### C.1 Chaîne de transmission de l'information

C'est l'aube et l'occupant d'un appartement de la résidence se réveille. Une fois levé, il se dirige vers un petit écran fixé sur l'un des murs de son salon. Cet écran lui permet d'avoir accès à sa consommation énergétique afin de mieux la gérer. Il peut notamment y lire la température à l'intérieur des différentes pièces du logement, grâce à plusieurs sondes de température.

Le schéma ci-dessous résume la façon dont est traitée l'information pour afficher la température d'une pièce sur l'écran de contrôle :



*CAN : convertisseur Analogique – Numérique*

Une documentation du capteur de température est donnée sur le **document ressource n°9 page 16**.

C.1.1 Calculer la sensibilité du capteur, notée « s », définie par la relation ci-dessous et préciser son unité :

$$s = \frac{\Delta U}{\Delta \theta}$$

$\theta$  : température en degrés Celsius (°C)

$U$  : tension analogique en volts (V)

C.1.2 On donne la relation entre la tension  $U$  (en V) et la température  $\theta$  (en °C) :

$$U = 1,25 + 0,25 \times \theta$$

Pour une tension  $U = 6,25$  V en sortie du capteur, déterminer la température  $\theta_{\text{mesure}}$  correspondante.

C.1.3 En tenant compte de la précision du capteur, déterminer un encadrement de la température réelle  $\theta_{\text{réelle}}$  dans la pièce à l'aide des indications ci-dessous :

$$\theta_{\text{réelle}} = \theta_{\text{mesure}} \pm \Delta \theta$$
$$\Delta \theta = 0,5\% \text{ de la plage de mesure}$$

(La plage de mesure est la différence entre la température maximale et la température minimale pouvant être mesurée par le capteur)

On suppose que la tension de sortie du capteur est numérisée à l'aide d'un convertisseur analogique – numérique 4 bits.

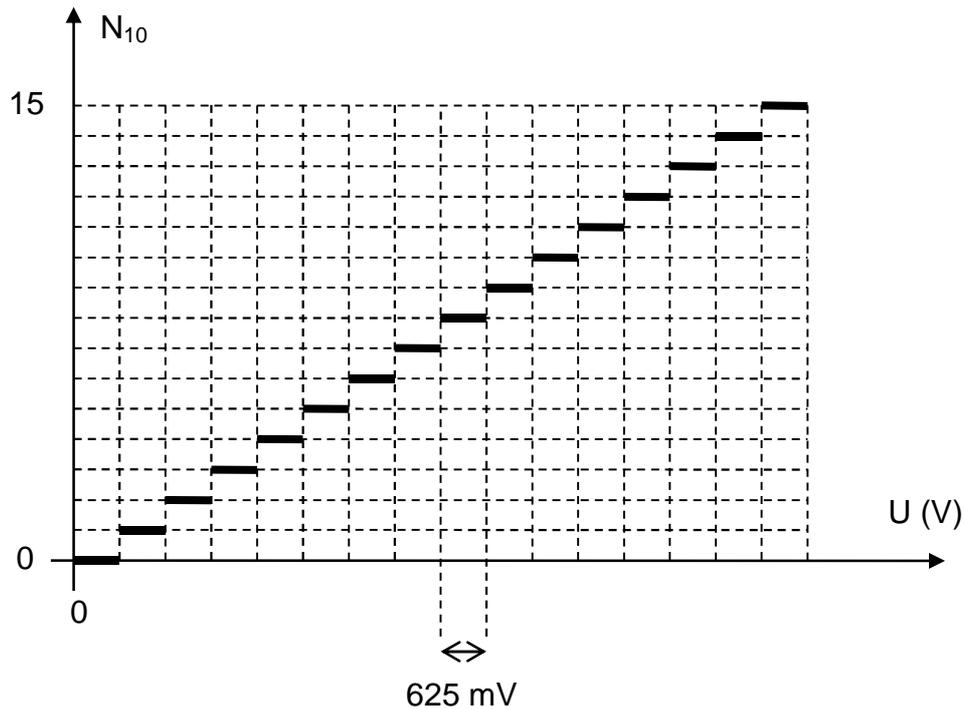
On appelle N le mot binaire de sortie du convertisseur et  $N_{10}$  sa valeur décimale.

Rappels sur les grandeurs numériques pour 4 bits :

Expression générale :  $N = a_3 a_2 a_1 a_0$        $N_{10} = a_3 \cdot 2^3 + a_2 \cdot 2^2 + a_1 \cdot 2^1 + a_0 \cdot 2^0$

Exemple :  $N = 0 1 0 1$        $N_{10} = 0 + 2^2 + 0 + 2^0 = 5$

La caractéristique de transfert du convertisseur est donnée ci-dessous :



C.1.4 Quel est le nombre de valeurs possibles du mot numérique N en sortie du convertisseur ?

C.1.5 Donner la valeur  $N_{10}$  et écrire le mot binaire N correspondant si la tension d'entrée du convertisseur est  $U = 4 \text{ V}$ .

C.1.6 Le pas de quantification de ce convertisseur, comme indiqué sur la caractéristique, est de 625 mV. Cela signifie que la valeur affichée à l'écran ne sera modifiée que pour une variation de tension au moins égale à  $\Delta U = 625 \text{ mV}$ .

Déterminer la variation de température correspondante  $\Delta\theta$ , et commenter l'influence de cette valeur sur la précision de l'affichage.

C.1.7 Avec un convertisseur analogique – numérique fonctionnant sur 8 bits, le nombre de valeurs possibles du mot numérique N est  $2^8 = 256$ . En déduire  $\Delta\theta$ , et justifier que la précision est améliorée.

## C.2 Étude mécanique d'un moteur de volet roulant

Depuis son écran de contrôle, l'occupant de l'appartement envoie la commande « ouverture des volets ».

On s'intéresse ici au volet roulant d'une baie vitrée de l'appartement et au moteur chargé de remonter ce volet. La situation est modélisée de la façon suivante :

Dessin en vue de 3/4

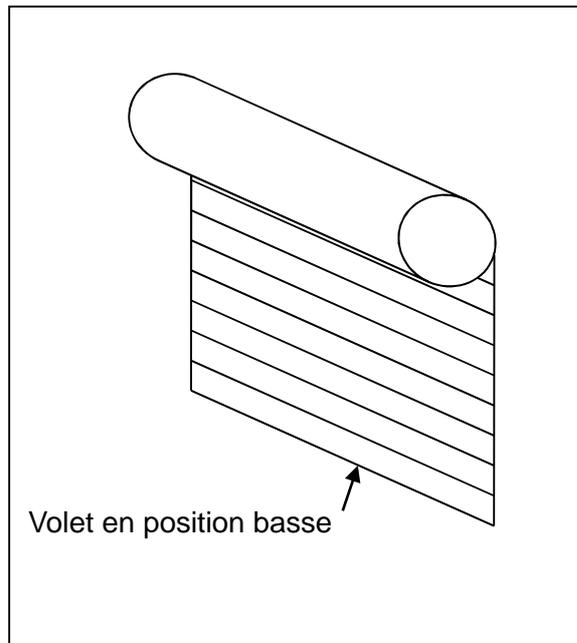
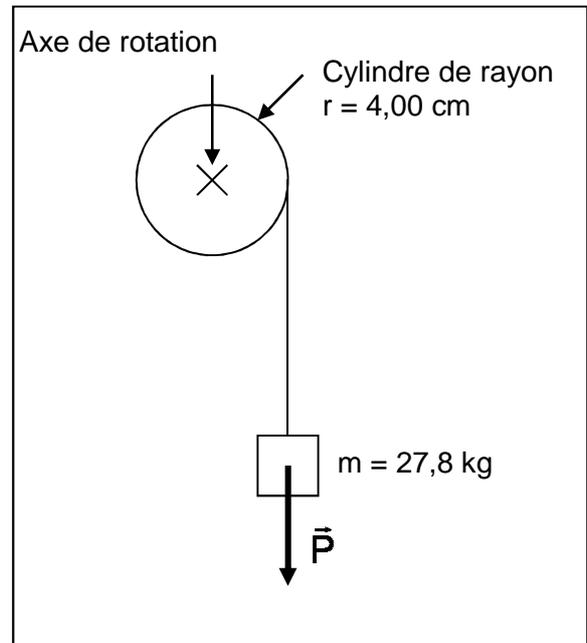


Schéma en vue de profil



On considère le volet équivalent à une masse  $m = 27,8 \text{ kg}$  suspendue à un fil enroulé autour d'un cylindre de rayon  $r = 4 \text{ cm}$ .

Donnée :  $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$

C.2.1 Calculer le poids  $P$  de la masse  $m$  modélisant le volet dans le schéma ci-dessus.

C.2.2 Montrer que le moment  $M_P$  du poids  $P$  par rapport à l'axe de rotation est  $M_P = 10,9 \text{ N.m}$ .

Durant la phase de remontée du volet, le moteur doit exercer un couple compensant le moment du poids du volet.

On note  $C_{\text{moteur}}$  le moment de ce couple moteur.

À l'aide du **document ressource n°10 page 16**, répondre aux questions suivantes :

C.2.3 Le moteur choisi est-il capable de remonter le volet ?

C.2.4 Calculer la puissance mécanique  $P_{\text{moteur}}$  développée par le moteur durant cette phase de remontée du volet, à vitesse constante.

On donne la relation :

$$P_{\text{moteur}} = C_{\text{moteur}} \times \omega$$

$P_{\text{moteur}}$  : puissance (en W)

$C_{\text{moteur}}$  : moment du couple (en N.m)

$\omega$  : vitesse angulaire (en  $\text{rad.s}^{-1}$ )

### **Document ressource n°1 : bâtiment à énergie positive**

Pour qu'une habitation soit qualifiée de « bâtiment à énergie positive » elle doit produire plus d'énergie qu'elle n'en consomme. Il faut pour cela minimiser la consommation énergétique du bâtiment par son isolation et des choix judicieux en matière de production de chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire) et/ou de froid (climatisation).

D'autre part, le bâtiment doit obligatoirement produire de l'énergie et cela à partir d'une source d'énergie renouvelable locale.

### **Document ressource n°2 : consommation énergétique d'un logement et réglementation thermique RT2012**

La consommation énergétique d'un logement est calculée pour une année en prenant en compte ses besoins pour le chauffage, le refroidissement (climatisation), la production d'eau chaude sanitaire, la ventilation et l'éclairage.

Cette consommation d'énergie est ramenée au mètre carré de surface habitable du logement : ainsi on obtient une consommation en kilowattheures par mètre carré ( $\text{kW.h.m}^{-2}$ ).

D'après la réglementation thermique RT2012, la consommation énergétique d'un logement ne doit pas dépasser  $50 \text{ kW.h.m}^{-2}$ .

Source : <http://www.developpement-durable.gouv.fr>

### **Document ressource n°3 : données sur le bâtiment étudié**

Résidence « l'Avance »

Lieu : Montreuil (département 93)

Nombre de logements : 33

Surface totale habitable des logements :  $1660 \text{ m}^2$

Consommation annuelle énergétique :  $36,1 \text{ kW.h.m}^{-2}$

Production d'énergie électrique à l'aide de panneaux solaires photovoltaïques pour une production annuelle de :  $38,1 \text{ kW.h.m}^{-2}$

Sources :

<http://www.bouygues-immobilier.com/bouygues-immobilier-et-vous/lavance>

<http://www.cardonnel.fr/l-avance-rue-de-l-ermitage>

### **Document ressource n°4 : panneau solaire « SUNPOWER-E20-327W »**

Valeurs données pour des conditions de test standard :

Ensoleillement  $1000 \text{ W.m}^{-2}$  et température de cellule  $25 \text{ }^\circ\text{C}$

Puissance maximale	$P_{\text{ELEC}}$	327 W
Rendement	$\eta$	20,1 %
Tension à puissance maximale	$U_{\text{MAX P}}$	54,7 V
Courant à puissance maximale	$I_{\text{MAX P}}$	5,98 A
Tension en circuit ouvert	$U_{\text{CO}}$	64,9 V
Courant de court-circuit	$I_{\text{CC}}$	6,46 A

Source : <http://www.energreen.be/files/downloads/Sunpower-E20-Series-327-333-FR.pdf>

## Document ressource n°5 : documentation du produit nettoyant (solution n°1)



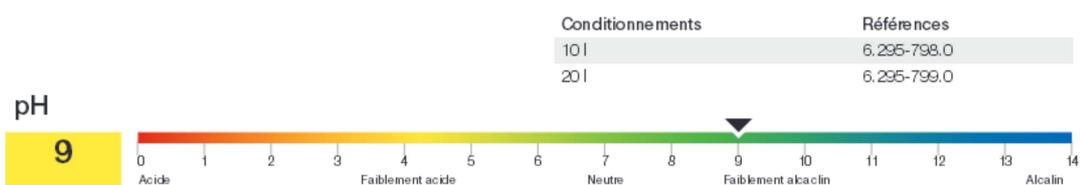
### Détergent spécifique pour nettoyage des panneaux solaires. RM 99

#### Usage et secteur d'application:

Agriculture:	Installation solaires et photovoltaïques
Entreprise de propreté:	Installation solaires et photovoltaïques
Industrie:	Installation solaires et photovoltaïques

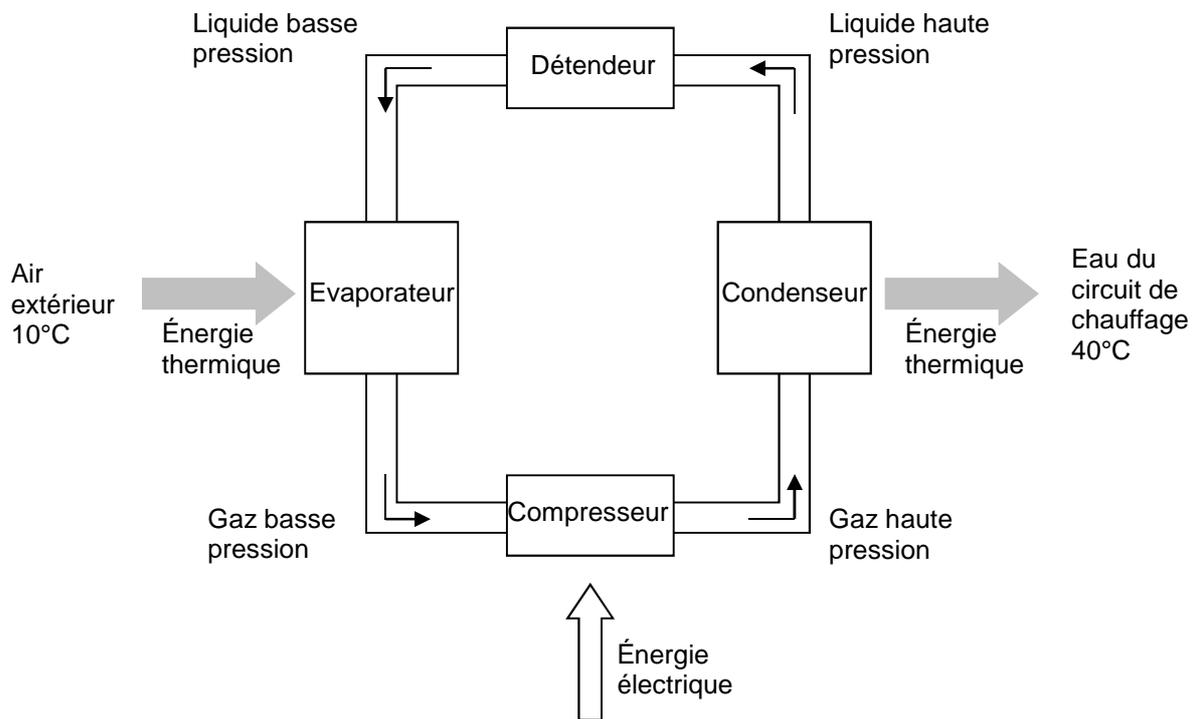
#### Application

- Nettoyeurs haute pression



Source : [https://www.karcher.fr/document/rm/RM-Produktdatenblatt/fr\\_FR/0.011-290.0\\_PI\\_fr\\_FR.pdf](https://www.karcher.fr/document/rm/RM-Produktdatenblatt/fr_FR/0.011-290.0_PI_fr_FR.pdf)

## Document ressource n°6 : la pompe à chaleur « air – eau »



### Principe de fonctionnement :

Le fonctionnement est basé sur la circulation d'un fluide caloporteur à travers un compresseur, un condenseur, un détendeur, et un évaporateur.

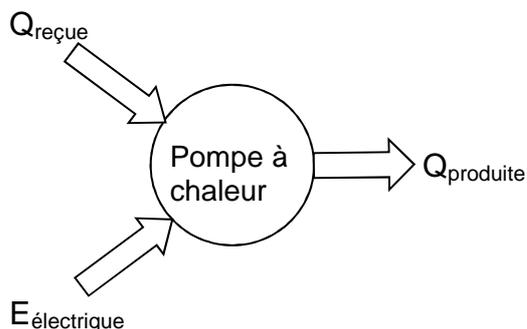
Le compresseur alimenté par énergie électrique augmente la pression du fluide et sa température.

Dans le condenseur, le fluide passe de l'état gazeux à l'état liquide.

Le détendeur permet de diminuer brutalement la pression du fluide et sa température.

Dans l'évaporateur, le fluide passe de l'état liquide à l'état gazeux.

### Echanges d'énergies dans la pompe à chaleur :



$Q_{\text{produite}}$ : énergie produite par la pompe
$Q_{\text{reçue}}$ : énergie reçue de l'air extérieur
$E_{\text{électrique}}$ : énergie électrique consommée

### Définition du COP (COefficient de Performance) d'une pompe à chaleur :

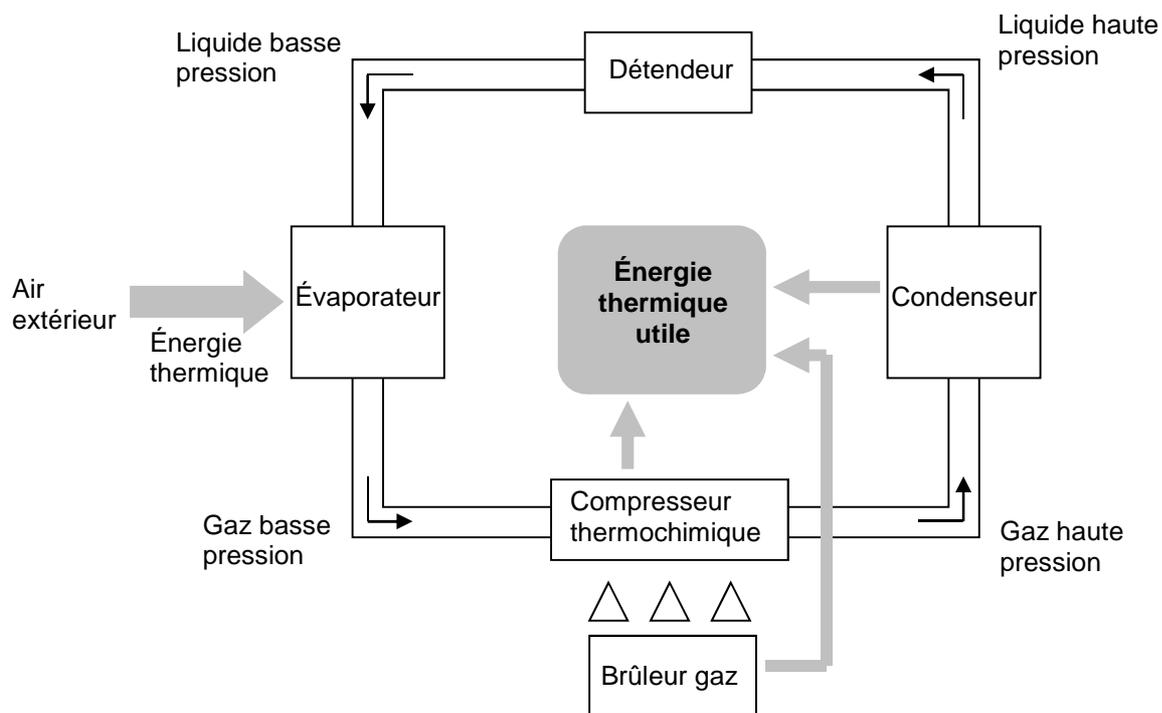
Le coefficient de performance est défini par la relation : 
$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{produite}}}{E_{\text{électrique}}}$$

## Document ressource n°7 : la pompe à chaleur à gaz à absorption

Dans une pompe à chaleur à gaz à absorption, le compresseur « classique » est remplacé par une compression thermochimique d'un mélange eau - ammoniac.

Cette technique permet de valoriser trois sources d'énergie :

- la condensation de l'ammoniac ;
- la réaction exothermique d'absorption de l'ammoniac par l'eau ;
- la récupération sur les produits de combustion.

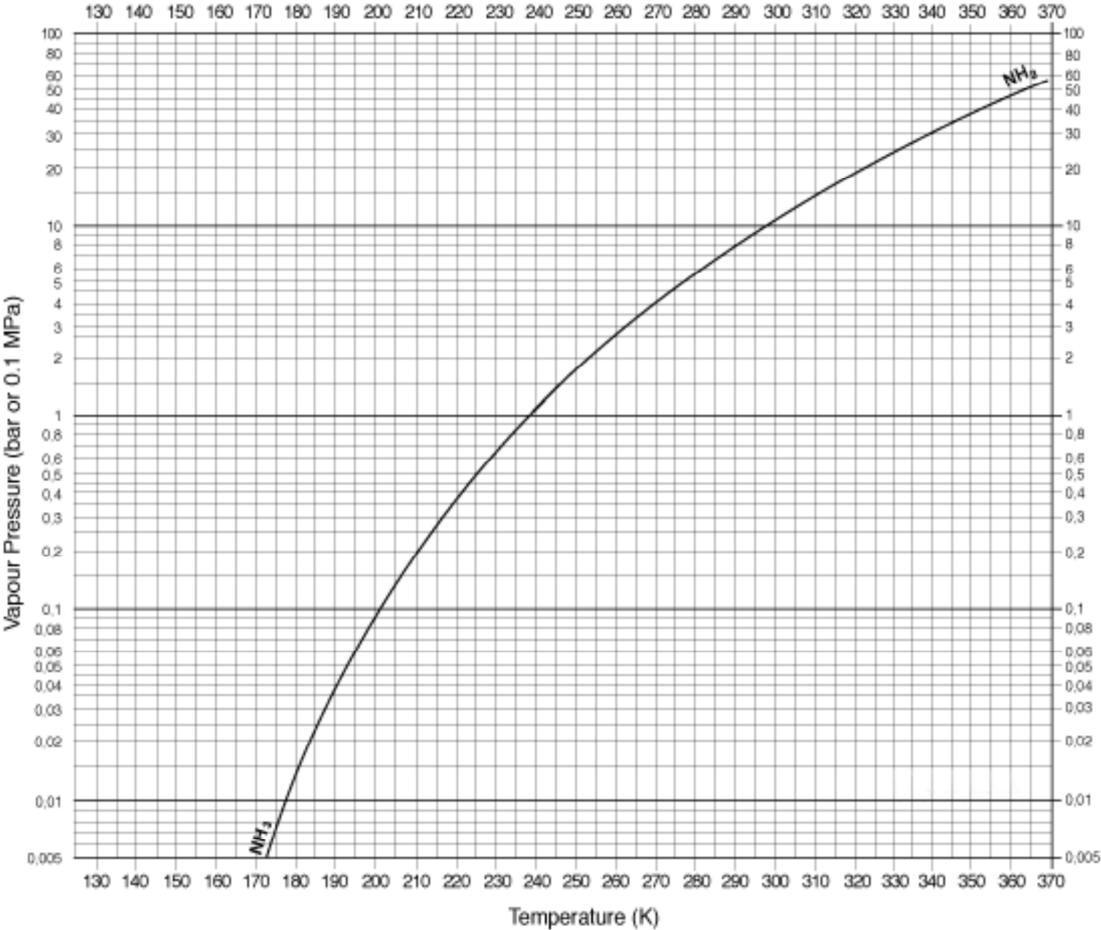


Le principe est le suivant :

- Dans un premier temps, le brûleur gaz chauffe le mélange eau - ammoniac, ce qui permet de séparer l'eau et l'ammoniac. En effet, l'ammoniac se vaporise alors que l'eau reste dans le compresseur thermochimique à l'état liquide.
- L'ammoniac subit ensuite un cycle « condensation – détente – vaporisation ».
- Puis, l'ammoniac retourne dans le compresseur thermochimique où il est absorbé (dissous) par l'eau liquide.

Source : <http://www.cegibat.grdf.fr/solutions/pac-aerothermique-absorption-gaz-0>

**Document ressource n°8 : pression de vapeur saturante de l'ammoniac**

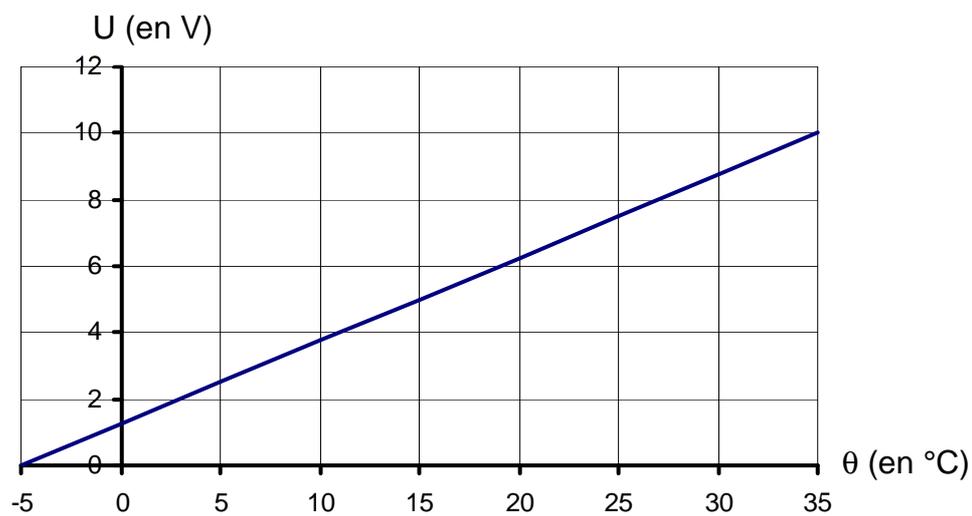


Source : <http://encyclopedia.airliquide.com>

## Document ressource n°9 : documentation du capteur de température

Élément sensible	Pt 100
Plage de mesure	-5,0 °C ; +35 °C
Tension de sortie	0 V ; 10 V

Caractéristique  $U = f(\theta)$  :



## Document ressource n°10 : documentation du moteur de volet

Moteur tubulaire pour volets roulants et stores

Alimentation : 230 V / 50 Hz

Couple nominal : 15 N.m

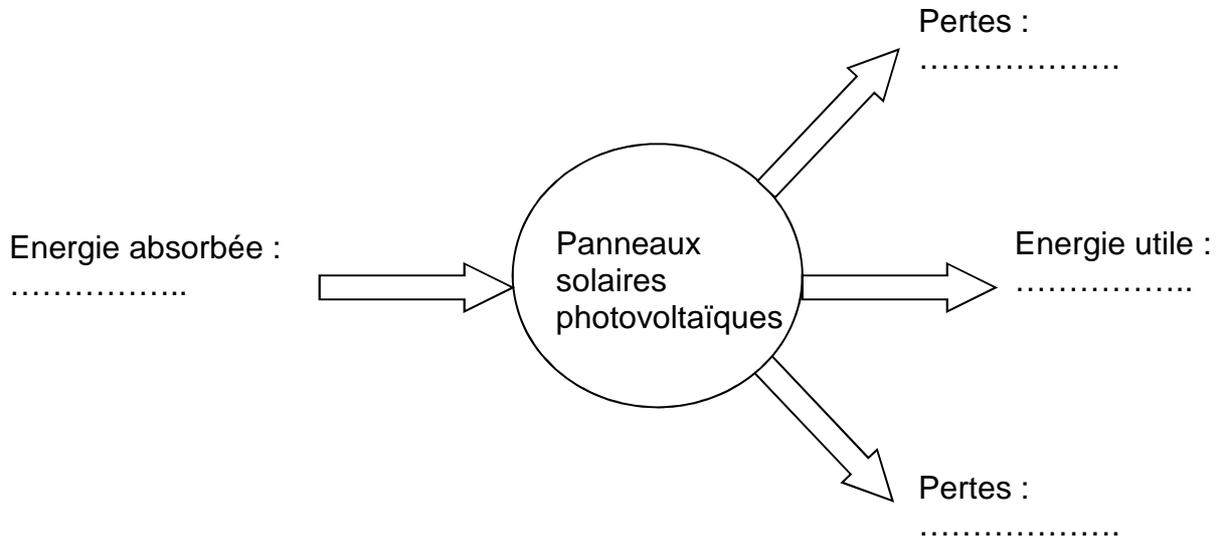
Vitesse : 16 tr.min<sup>-1</sup>

Source : <http://www.euromatik.fr>



## Annexe à rendre avec la copie

### Document réponse n°1 :



### Document réponse n°2 :

