

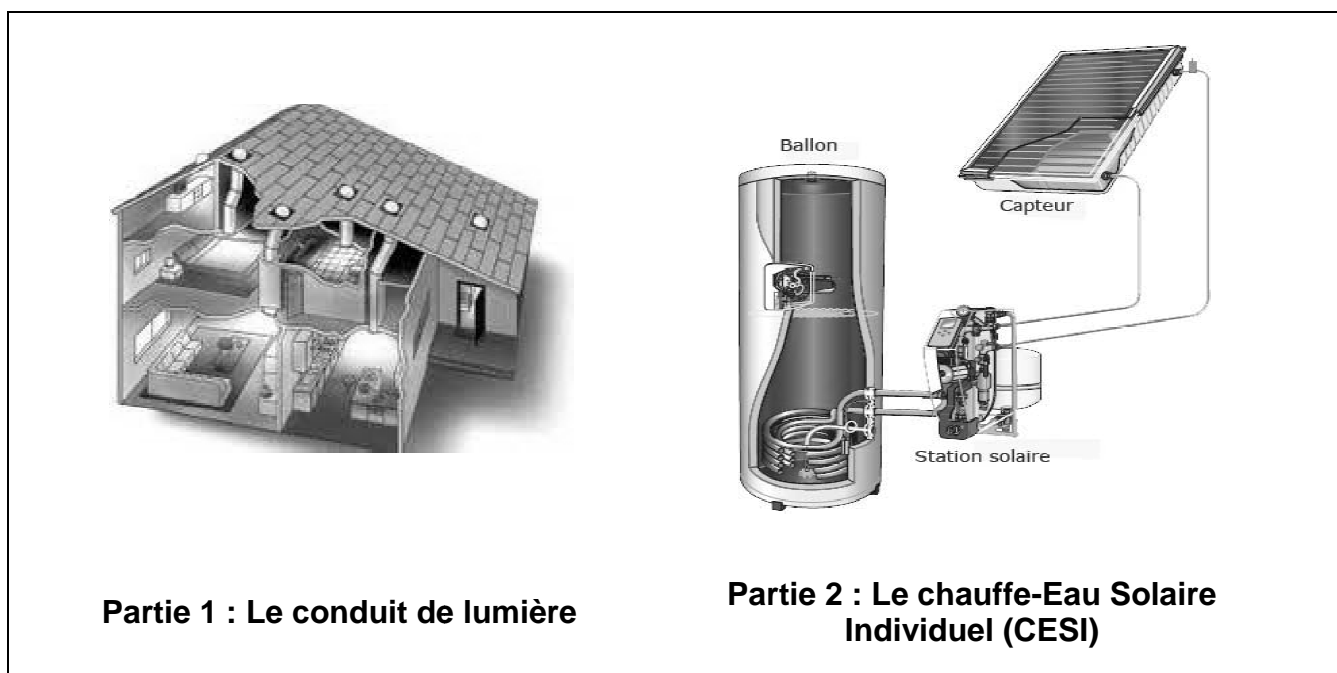
# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

## Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable

### ENSEIGNEMENTS TECHNOLOGIQUES TRANSVERSAUX

Coefficient 8 – Durée 4 heures

Aucun document autorisé  
Calculatrice autorisée



- **Sujet** (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*)
  - **partie 1 (1 heure)** ..... pages 2 à 4
  - **partie 2 (3 heures)** ..... pages 5 à 11
- **Documents Techniques** ..... pages 12 à 22
- **Documents Réponses** ..... pages 23 à 26

**Le sujet comporte deux parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.**

**Les documents réponses DR1 à DR4 (pages 23 à 26) seront à rendre agrafés aux copies.**

## Mise en situation

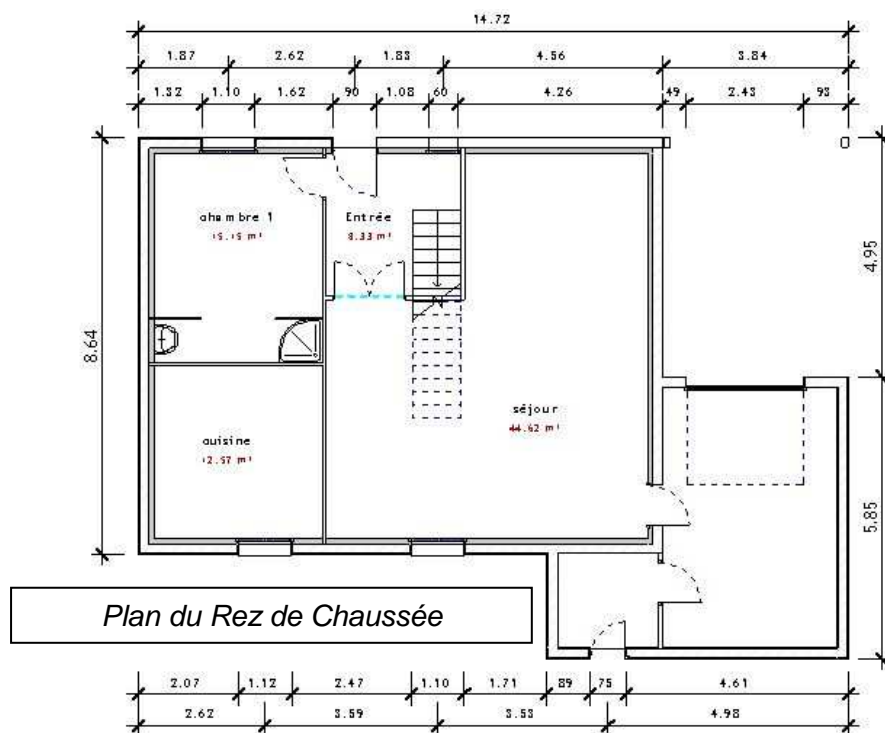
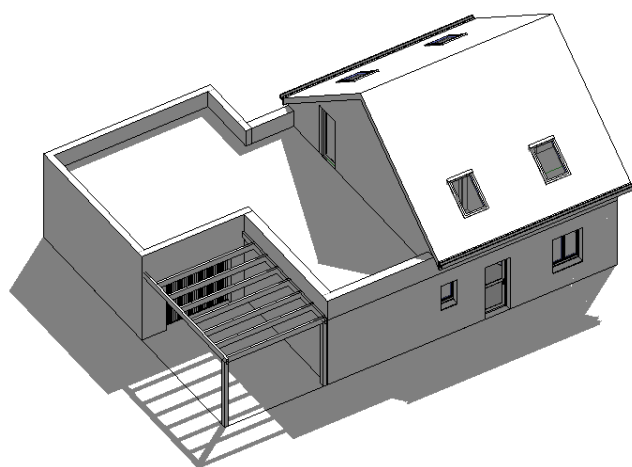
Une famille lyonnaise souhaite investir dans la construction de leur nouvelle habitation principale. Consciente des enjeux liés au développement durable, elle souhaite que leur habitat soit respectueux de l'environnement et le plus économe possible en énergie.

Leur projet d'habitat, situé en bordure d'une route très fréquentée, est organisé sur deux niveaux (rez-de-chaussée et un étage). Les futurs propriétaires ont exprimé à l'architecte leur souhait de ne pas avoir d'ouverture en front de rue dans le séjour. Pour satisfaire à cette demande, l'architecte confit, à un bureau d'étude technique, la conception d'une nouvelle solution d'éclairage naturel du séjour pour maintenir le niveau de confort visuel.

L'agencement intérieur de la maison est organisé de la manière suivante :

- une cuisine, une entrée, une chambre et un séjour au rez-de-chaussée ;
- deux chambres, une salle de bain, un WC et un palier à l'étage.

La couverture de la maison est composée d'une toiture terrasse végétalisée et d'une couverture en ardoise.



## Partie 1 : le conduit de lumière

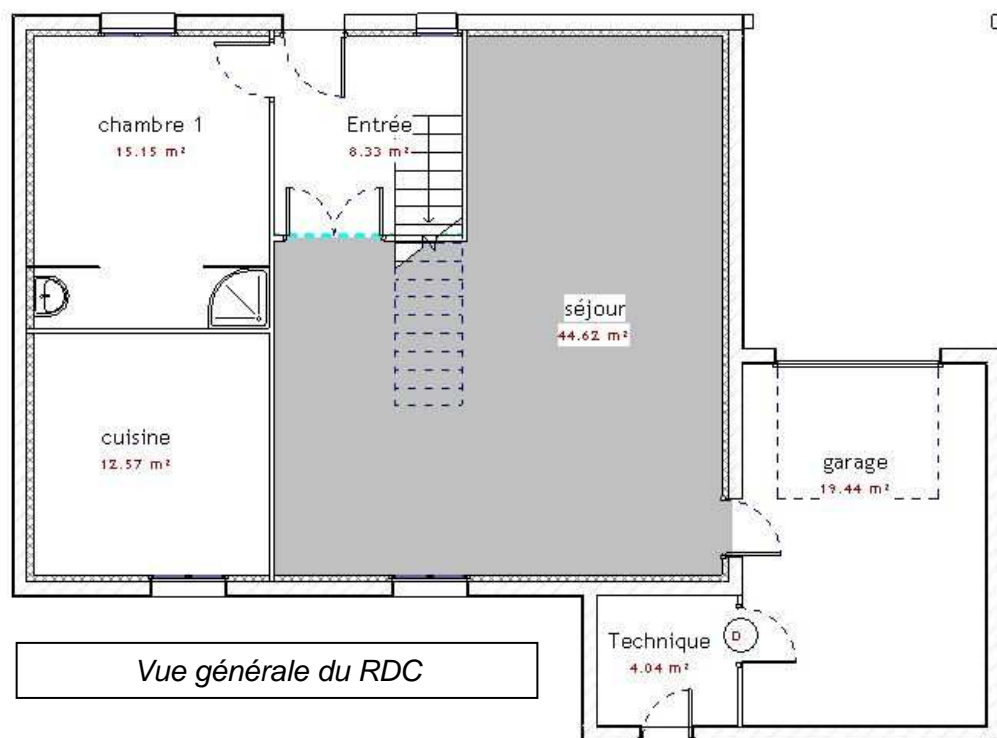
### Choix et problème technique

L'objectif de cette partie est de mettre en évidence la réduction de la consommation électrique en privilégiant, pour maintenir un niveau de confort visuel, l'éclairage naturel au sein de l'habitat.

La notion de « *facteur lumière du jour* » (FLJ) permet d'estimer la qualité lumineuse. Ce facteur est le rapport de l'éclairement naturel intérieur reçu en un point (généralement le plan de travail ou le niveau du sol) à l'éclairement extérieur simultané sur une surface horizontale, en site parfaitement dégagé, par ciel couvert. Il s'exprime en pourcentage.

Question 1.1 **Analyser** la figure n°1 du document technique DT1 « carte du facteur lumière du jour à l'état initial », **donner** une explication et **justifier** le manque de confort lumineux apporté par l'éclairage naturel ressenti par les occupants.

Voir DT1



Question 1.2

Voir DT2

Pour palier ce manque de luminosité, l'architecte envisage de mettre en place deux conduits de lumière. A l'aide du DT2, **décrire** le principe de fonctionnement du conduit de lumière et **indiquer** quels sont les principaux constituants.

Question 1.3

L'éclairement naturel moyen global horizontal (lumière du jour) est de l'ordre de 35 000 lx en France pendant la durée du jour.

**Calculer** le flux lumineux par m<sup>2</sup> correspondant à un éclairement de 35 000 lux.

Rappel :  $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm} \cdot \text{m}^{-2}$

Pour un éclairage artificiel de type tube fluorescent de 1,20 m de longueur ayant un flux lumineux de 3400 lm, **calculer** le nombre de tubes fluorescents nécessaires pour obtenir l'équivalent de la lumière du jour.

Question 1.4

Voir DT3

Le flux lumineux  $F_t$  (en lm) que l'on peut transmettre à l'intérieur de la maison par un puits de lumière est donné par :

$$F_t = E_{ext} \times S \times T_1 \times T_2 \times \eta$$

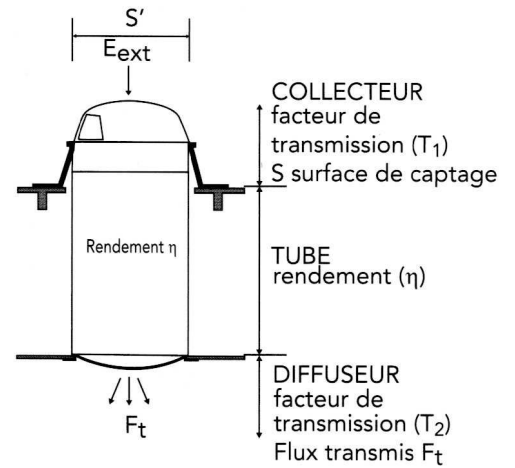
$E_{ext}$  = l'éclairement extérieur horizontal global (lx).

$S$  : la section du puits de lumière ( $m^2$ ).

$T_1$  : le facteur de transmission du collecteur de lumière (%).

$T_2$  : le facteur de transmission du diffuseur de lumière (%).

$\eta$  : le rendement du puits dû aux réflexions multiples, fonction de la longueur (%).



A l'aide du DT3, pour un conduit de lumière de diamètre 375 mm, **calculer** le flux lumineux qui sera transmis à l'intérieur du séjour.

Question 1.5

Voir DT1

La figure n°2 du DT1 représente la nouvelle répartition du facteur de lumière avec la mise en place de deux conduits de lumière. **Justifier** si le choix de deux conduits permet réellement de résoudre le problème.

Question 1.6

Voir DT4 et DT5

A l'aide des DT4 et DT5, **analyser** et **conclure** sur les conséquences de la mise en place des deux conduits de lumière sur toute l'année. Du point de vue énergétique, **déterminer** la quantité d'énergie annuellement économisée.

## Partie 2 : le chauffe-eau solaire individuel (CESI) – ATLANTIC SOLERIO

### PROBLEMATIQUE GENERALE :

Les futurs propriétaires de la maison individuelle, située près de Lyon (69), sont soucieux des problèmes environnementaux et économiques actuels. Ils décident d'équiper leur logement d'un chauffe-eau solaire.

La conception et l'installation d'un CESI doit répondre aux besoins et aux contraintes suivantes :

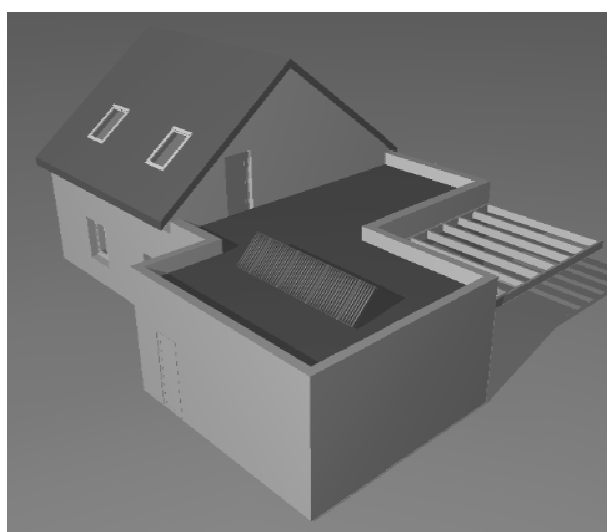
- chauffer l'eau sanitaire en utilisant au maximum l'énergie solaire ;
- garantir un investissement durable (économique et environnemental) ;
- minimiser les pertes thermiques du ballon de stockage ;
- optimiser les échanges énergétiques et la durée de vie du CESI.

### PRESENTATION DU SYSTEME

Le CESI de type électro-solaire à circulation forcée (de référence EC-300-2-CHA) est fabriquée par la société applications thermiques européennes (SATE), filiale du groupe Atlantic implantée à Fontaine (territoire de Belfort).

Il comprend :

- **deux capteurs solaires** « Solar Plan 230 H » avec châssis et système de fixation **incliné à 45 °** ;
- un réservoir de stockage de 300 litres en acier émaillé équipé d'un échangeur solaire et d'un appoint intégré électrique ;
- une pompe de circulation du fluide caloporteur (eau glycolée) constituant avec les capteurs, l'échangeur solaire et les accessoires hydrauliques et de sécurité, le circuit primaire du procédé. Ce circuit permet le transfert du fluide chauffé dans les capteurs solaires vers l'échangeur solaire du réservoir de stockage ;
- un système de régulation gérant les fonctions chauffage de l'eau chaude sanitaire par l'énergie solaire et par l'appoint.



L'objectif de cette étude est de répondre à la problématique suivante :  
« Comment chauffer l'eau sanitaire en utilisant au maximum l'énergie solaire? »

*Analyse de la solution retenue par le constructeur pour assurer le chauffage de l'eau sanitaire avec l'énergie solaire.*

Question 2.1. À partir du schéma d'installation fourni dans le document DT6, **renseigner** les « blocks » du diagramme d'exigences représenté sur le document DR1, avec les noms des composants de l'installation.  
Voir DT6  
DR1

Question 2.2. Après avoir repéré ces différents composants sur le schéma fluide DR2, **colorier** : - le fluide caloporteur (eau glycolée) en vert ;  
- l'eau chaude sanitaire en rouge ;  
- l'eau froide sanitaire en bleu.  
Voir DT6  
DR2

Question 2.3. **Citer** deux composants autres que la résistance électrique assurant un transfert thermique au sein de ce système (*exemple : la résistance électrique d'appoint permet le transfert de l'énergie électrique en énergie calorifique*).

*Vérification de la capacité énergétique et de l'efficacité énergétique de l'installation.*

Question 2.4 L'énergie solaire disponible est donnée par :  $E_s = \frac{1}{2} \times E \times f_i \times f_o \times f_c$

Voir DT6

À l'aide du document DT6, **calculer** l'énergie solaire générée par m<sup>2</sup>.  
**Déduire** l'énergie solaire générée par l'installation composée de deux capteurs.

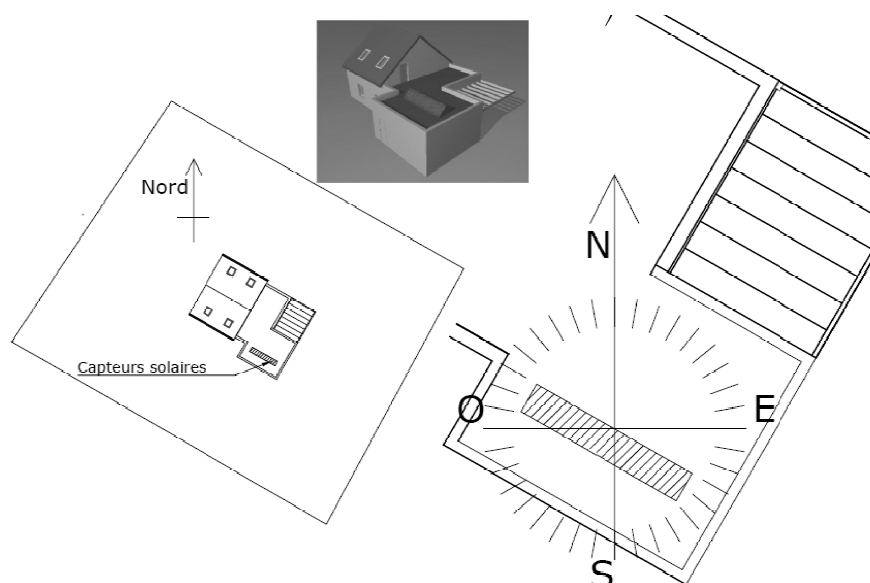
*E : énergie solaire reçue en France en fonction de la localisation de l'installation en une journée par m<sup>2</sup> (en kWh·m<sup>-2</sup>·j).*

*f<sub>c</sub> : facteur de correction du fluide caloporteur f<sub>c</sub> = 0,9.*

*Les coefficients f<sub>i</sub>, f<sub>o</sub> sont à trouver dans le document technique DT6.*

*La figure suivante donne l'orientation des capteurs (rappel : inclinaison = 45°).*

*Les caractéristiques dimensionnelles des capteurs sont fournies DT6.*



Question 2.5 **Commenter** le choix de l'implantation des capteurs solaires du CESI et **proposer** des améliorations afin d'optimiser la puissance de l'installation.

Le CESI étudié est destiné aux besoins d'une famille de quatre personnes habitant. La consommation estimée est de **140 litres d'eau chaude** sanitaire **par jour**. La consigne de température est fixée à **60 °C**.

Question 2.6 Pour de l'eau initialement à  $T = 15\text{ °C}$ , **calculer** l'énergie thermique  $Q$  à fournir pour atteindre la température désirée.  
**Exprimer** cette valeur en kWh ( $1\text{ Wh} = 3\,600\text{ J}$ ).  
**Déduire** l'énergie à fournir pour un mois de 30 jours en kWh.

*On donne :  $Q = m \times C \times \Delta T$*

*Chaleur massique de l'eau :  $C = 4185\text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .*

*$m$  : masse de l'eau.*

*$\Delta T$  : écart de température.*

*$Q$  : quantité de chaleur en joule (J).*

*Rappel : masse volumique de l'eau :  $\rho_{\text{eau}} = 1000\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .*

Question 2.7 Les calculs précédents nous permettent de remplir le tableau des besoins énergétiques fourni document DR3.

DR3

*Taux de couverture solaire (TCS) : % exprimant la part d'énergie solaire par rapport au besoin énergétique total.*

**Compléter** sur le tableau DR3 les valeurs du taux de couverture solaire et l'énergie d'appoint nécessaire.

**Commenter** les résultats obtenus.

Question 2.8 En vous aidant du document DT7, **tracer** graphiquement sur le document DR3 le retour sur investissement du CESI à appoint électrique sachant que le coût d'investissement du CESI à appoint électrique est de 2 500 €. **Commenter** la rentabilité du CESI étudié.

Voir DT7

DR3

Question 2.9 À l'aide des graphiques présentés dans le document DT8, **spécifier** quelle est la phase de vie la plus impactante selon les critères « émissions de CO2 équivalentes » et « énergie primaire non renouvelable ».

Voir DT8

Question 2.10 Au vue de l'ensemble de cette partie, **dégager** les avantages et inconvénients du CESI étudié d'un point de vue économique et environnemental.

L'objectif de cette partie permettra d'identifier des solutions visant à minimiser les pertes thermiques du ballon.

*Validation des performances de l'isolation thermique du ballon de stockage fixées dans le cahier des charges du constructeur.*

Dans une installation solaire classique, le puisage de l'eau chaude sanitaire (ECS) peut intervenir bien après la charge par l'échangeur solaire. Il convient donc de bien isoler le ballon afin de garder un niveau de température permettant de réduire les pertes thermiques. Le type d'isolation varie selon la nature et l'épaisseur de l'isolant.

La norme définit une *constante de refroidissement* ( $C_r$ ) qui permet de caractériser ces pertes. Elle exprime la perte par jour et par degré de différence de température entre l'emplacement du ballon de stockage et la température de l'eau ( $Wh \cdot l^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$  pour 24 h).

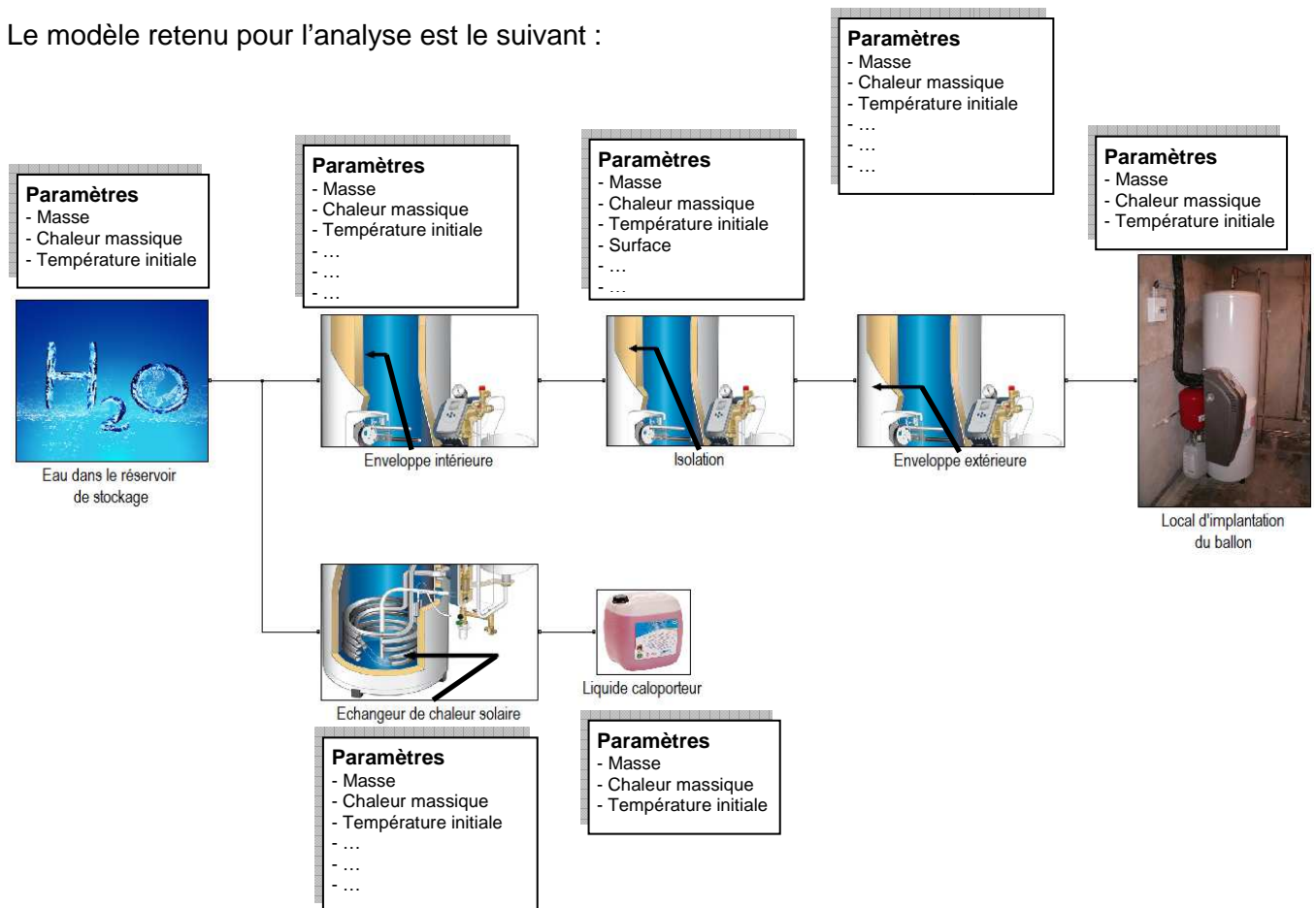
Afin de valider cette caractéristique, une simulation numérique du comportement est réalisée en prenant comme hypothèses :

- qu'il n'y a pas d'apport énergétique (appoint et solaire) ;
- qu'il n'y a pas de puisage d'ECS durant la simulation (le niveau d'eau reste constant) ;
- que la température du local d'implantation du ballon est constante et fixée à 15°C ;
- que la température moyenne de l'eau dans le ballon est constante et fixée à 60°C.



Modèle EC-300-2-CHA

Le modèle retenu pour l'analyse est le suivant :





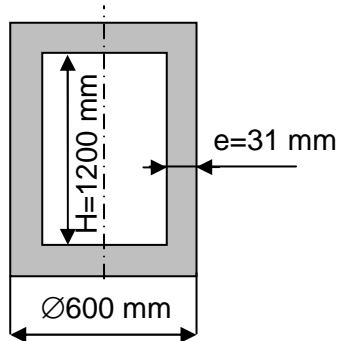
Les données du document DT9 fournissent les résultats des simulations pour le modèle établi.

Question 2.11 A l'aide du DT9 , **nommer** les deux paramètres manquants pour le bloc « isolation » et **donner** la valeur de ces deux paramètres.

Voir DT9

Question 2.12 On assimile la forme des parois isolantes du ballon à un cylindre creux d'épaisseur  $e = 31$  mm fermé aux deux extrémités par des parois isolantes planes de même épaisseur.

Voir DT9



En vous aidant des données géométriques ci-contre et des informations contenues dans le document DT9, **calculer** la masse d'isolant à paramétrer dans le modèle.

Question 2.13 **Relever** sur les courbes de simulation (DT9), les pertes de stockage au bout d'une journée. **Indiquer** comment le constructeur peut modifier le réglage des paramètres d'isolation « épaisseur » et « conductivité thermique » du matériau isolant pour tenter de diminuer ces pertes de stockage et améliorer ainsi la constante de refroidissement  $C_r$  du ballon.

Voir DT9

Pour améliorer les performances énergétiques du ballon, le constructeur envisage un changement d'isolant en prenant en compte les critères environnementaux. Une étude comparative entre plusieurs matériaux est ainsi réalisée (voir l'étude sur le document DT8).

Question 2.14 A l'aide du DT8, **proposer** un autre isolant thermique. **Justifier** ce choix.

Voir DT8

L'objectif de cette partie porte sur l'optimisation des échanges énergétiques et la durée de vie du CESI.

*Mise en évidence du mode de fonctionnement optimisé de la pompe.*

Question 2.15 À l'aide du graphe de fonctionnement lors d'une journée type présenté dans le DT10, **analyser** la variation du régime de rotation de la pompe.

Voir DT10

**Justifier** ce mode de fonctionnement.

Question 2.16 **Représenter** sur le document réponse DR2 (graphe « hauteur de refoulement ») les points de fonctionnement correspondants aux paramètres ci-dessous pour les vitesses maxi et mini de la pompe.

DR2

Pour la vitesse maxi :  $H_M = 3,6$  m CE (colonne d'eau).

Pour la vitesse mini :  $H_m = 1,3$  m CE.

$H_m$  : hauteur manométrique de fluide ou hauteur de refoulement [m CE] ou [m].

**Représenter** ensuite ces points sur le document réponse DR2 (graphe « puissance absorbée ») et **déterminer** les puissances absorbées pour ces deux vitesses.

**Calculer** ainsi l'économie [%] réalisée entre les vitesses mini et maxi.

$$\text{On donne : } \text{Economie}(\%) = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\max}} \times 100$$

Question 2.17 **Conclure** sur l'économie électrique possible en utilisant ce mode de fonctionnement.

*Vérification du traitement des informations permettant la régulation en mode économique (= sans appoint), gestion des surchauffes*

La « surchauffe » est un phénomène que l'on peut rencontrer sur une installation solaire lors de périodes de fort ensoleillement. L'eau glycolée se dégrade lors de variations importantes de température, ce qui nuit au rendement du système et à sa durée de vie. La régulation solaire doit donc passer dans un mode de fonctionnement capable de gérer ces surchauffes.

« Si le ballon a été chargé jusqu'à sa température de consigne  $C_{\text{bal max}}$ , la pompe de circulation solaire est désactivée. Si la température du capteur  $T_{\text{cap}}$  dépasse la valeur ajustée  $C_{\text{cap max}}$  (réglage usine : 120°C), la pompe de circulation solaire est mise en marche jusqu'à ce que la température du capteur  $T_{\text{cap}}$  baisse de 10°C.

Une partie de l'énergie est cédée comme perte à travers la tuyauterie, tandis que le reste est chargé dans le ballon qui, à son tour, subit une augmentation de température au-delà de la température de consigne maximale ajustée  $C_{\text{bal max}}$ . Pour des raisons de sécurité, la fonction est désactivée, quand la température du ballon  $T_{\text{bal}}$  atteint 85°C. »

Question 2.18 À l'aide du DT10 « fonctionnement de la pompe en situation extrême », **préciser** si le fonctionnement de la pompe est uniquement lié au transfert d'énergie du capteur vers le ballon.  
Voir DT10  
**Justifier.**

Le document DR4 présente le diagramme d'état de la "régulation solaire (mode éco)" et le « macro état » de "gestion des surchauffes".

Le document DT10 présente le fonctionnement de la pompe en fonction des températures des sondes.

Le document DT11 présente les « macros-état » "production d'eau chaude" et "refroidissement", ainsi que la syntaxe utilisée.

Question 2.19 À l'aide des documents DT10 et DT11, **compléter** les transitions du diagramme d'état de la "régulation solaire" sur le DR4, en précisant les valeurs de température à retenir.

Voir DT10

Voir DT11

DR4

Question 2.20 À l'aide du document DR4, **spécifier** l'état ou le macro-état dans lequel se situe le système pour les points de fonctionnement suivants :

Voir DR4

Voir DT10

Voir DT11

- point 1 (  $T_{\text{cap}} = 20^\circ\text{C}$  ;  $T_{\text{bal}} = 32^\circ\text{C}$  ) ;
- point 2 (  $T_{\text{cap}} = 55^\circ\text{C}$  ;  $T_{\text{bal}} = 43^\circ\text{C}$  ) ;

- point 3 (  $T_{cap} = 121^{\circ}\text{C}$  ;  $T_{bal} = 65^{\circ}\text{C}$  ) ;
- point 4 (  $T_{cap} = 67^{\circ}\text{C}$  ;  $T_{bal} = 70^{\circ}\text{C}$  ).

**Décrire** pour chaque point, ce que fait le système, et notamment l'état de la pompe (marche ou arrêt).

Question 2.21 **Justifier** l'importance de l'unité de régulation et des différents modes de fonctionnement.

La conception et l'installation d'un CESI doit répondre aux besoins et aux contraintes suivantes :

- chauffer l'eau sanitaire en utilisant au maximum l'énergie solaire ;
- garantir un investissement durable (*économique et environnemental*) ;
- minimiser les pertes thermiques du ballon de stockage ;
- optimiser les échanges énergétiques et la durée de vie du CESI.

Question 2.22 Au vu de l'ensemble de cette étude, **conclure** sur le choix de ce CESI.

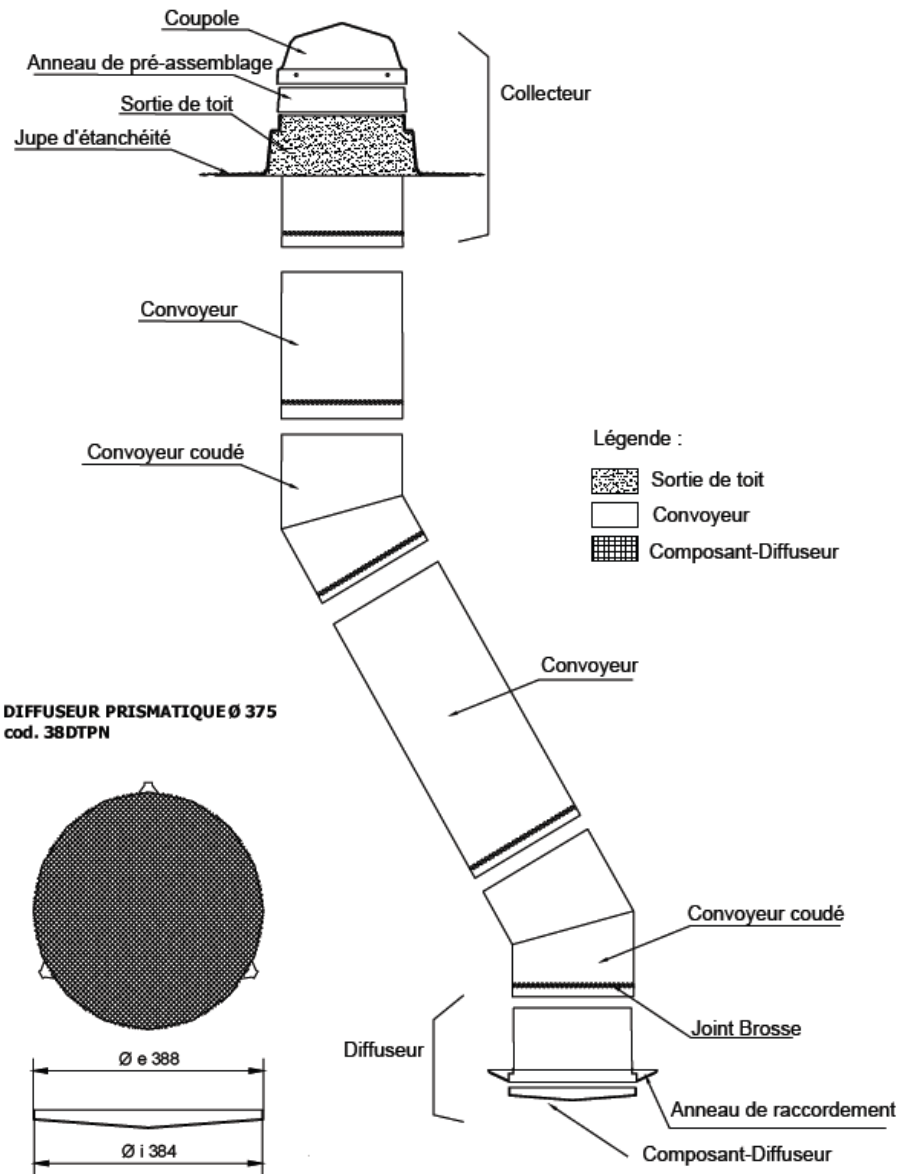
## Document technique DT1

Figure n°1 : Carte du facteur de lumière du jour à l'état l'initial

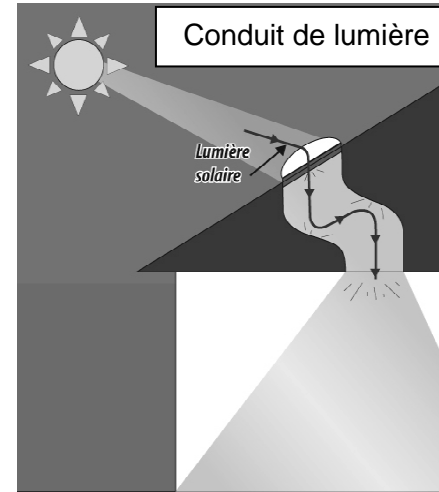


Figure n°2 : Carte du facteur de lumière du jour avec deux conduits de lumière





## Document technique DT2



Le conduit de lumière Solatube® guide la lumière naturelle au coeur de vos pièces sombres



### Description succincte

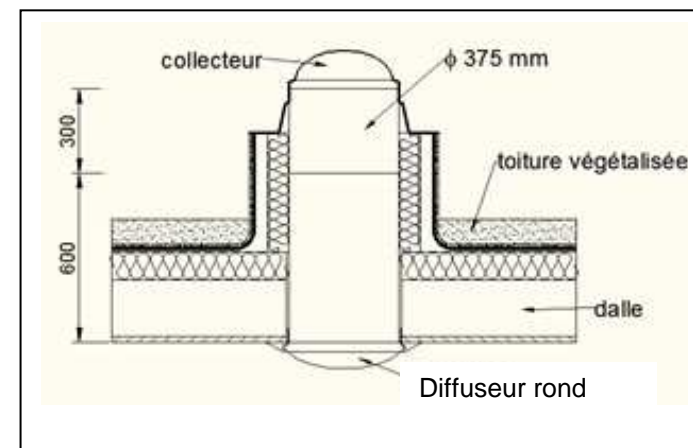
Conduit de lumière naturelle en kit pré-assemblé appelé « SOLARSPOT » de diamètre de 250mm, de 375mm, de 530mm ou de 650mm, posé en toiture de bâtiment pour assurer l'éclairage naturel des locaux pouvant être non immédiatement sous-jacent. Ils ont l'avantage de récupérer la lumière en toiture, là où les obstructions sont les plus faibles et la lumière naturelle la plus abondante.

## Document technique DT3

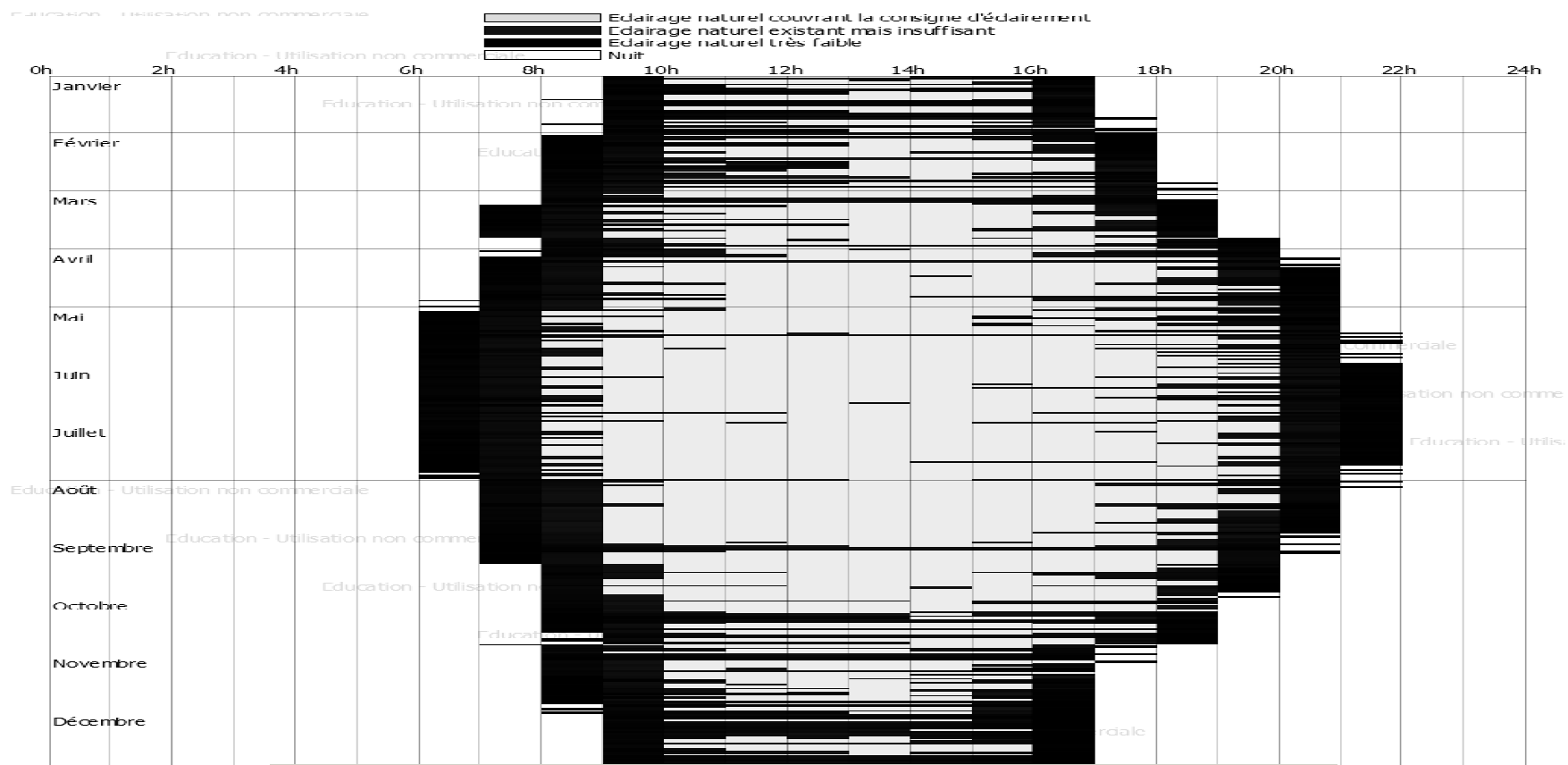
Les facteurs de transmission du conduit de lumière

| Bilan lumineux<br>(en %)               |                    | Système SOLARSPOT |     |     |     |              |
|--|--------------------|-------------------|-----|-----|-----|--------------|
|  |                    | 250               | 375 | 530 | 650 | $\phi$ en mm |
| Collecteur<br>(L=0.4 m)                |                    | 85                | 81  | 84  | 83  | $T_1$        |
| Longueur droite de convoyeur<br>(en m) | 0.60               | 97                | 98  | 98  | 98  | $\eta$       |
|  | 0.90               | 95                | 98  | 97  | 98  |              |
|  | 1.20               | 93                | 98  | 97  | 98  |              |
|  | 2.40               | 88                | 90  | 95  | 94  |              |
|  | 3.60               | 83                | 85  | 92  | 91  |              |
|  | 4.50               | 77                | 80  | 85  | 85  |              |
|  | >4.50 et $\leq 10$ | 70                | 70  | 85  | 85  |              |
| Diffuseur                              | Rond<br>(L=0.3 m)  | 90                | 91  | 92  | -   | $T_2$        |
|  | Carré<br>(L=0.4 m) | 48                | 46  | 66  | 80  |              |

Implantation du conduit de lumière sur la toiture végétalisée.

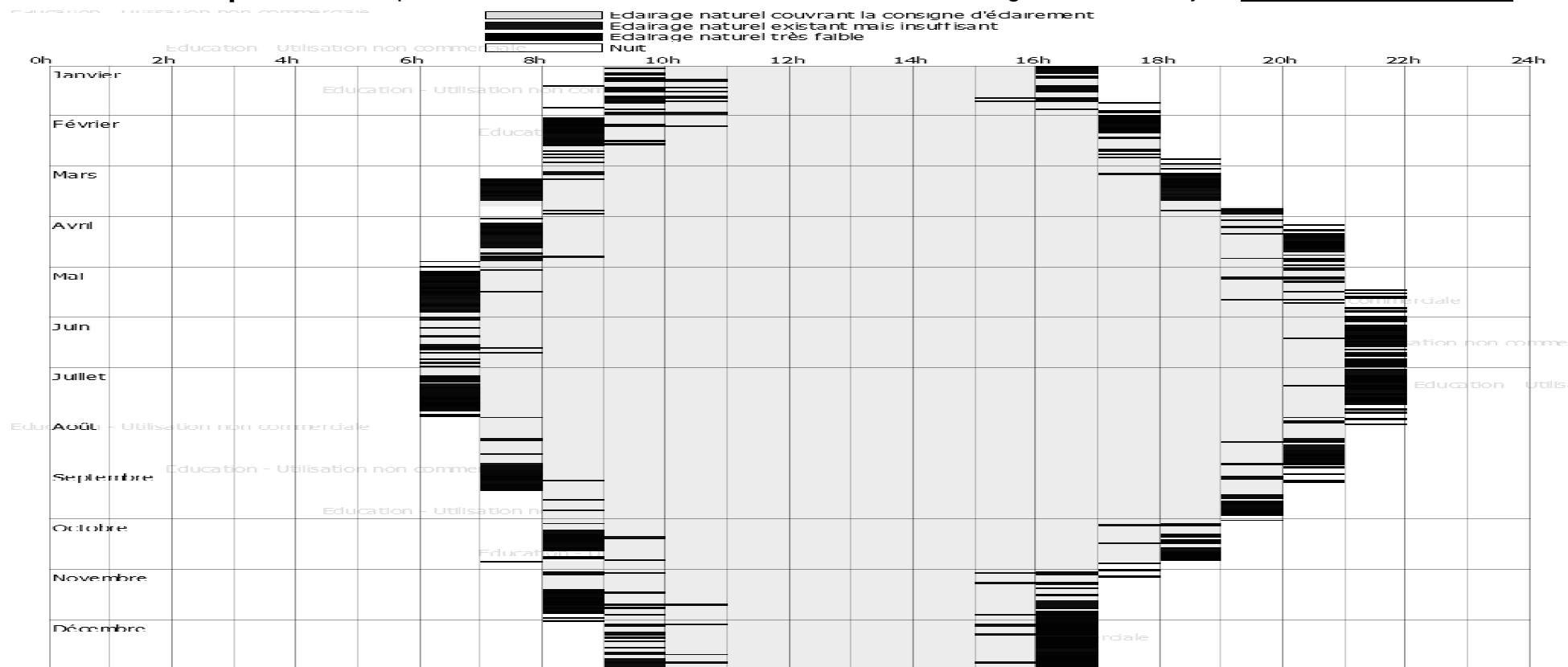


## Document technique DT4 : Répartition horaire et mensuelle de l'autonomie d'éclairage naturel du séjour sans conduit de lumière



|                         | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sep | Oct | Nov | Déc | Annuel |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|--------|
| Durée d'occupation (h)  | 235 | 220 | 245 | 240 | 235 | 240  | 235  | 135  | 250 | 235 | 230 | 195 | 2695   |
| Durée d'éclairage (h)   | 216 | 185 | 187 | 168 | 134 | 119  | 112  | 93   | 162 | 189 | 202 | 182 | 1949   |
| Autonomie lumineuse (%) | 8   | 15  | 23  | 30  | 42  | 50   | 52   | 31   | 35  | 19  | 12  | 6   | 27     |
| Durée de confort (h)    | 24  | 52  | 87  | 120 | 158 | 183  | 183  | 71   | 118 | 64  | 43  | 30  | 1133   |
| Taux de confort (%)     | 10  | 23  | 35  | 50  | 67  | 76   | 77   | 52   | 47  | 27  | 18  | 15  | 41     |
| Consommation (kWh)      | 5   | 4   | 4   | 4   | 3   | 3    | 2    | 2    | 4   | 5   | 5   | 4   | 51     |

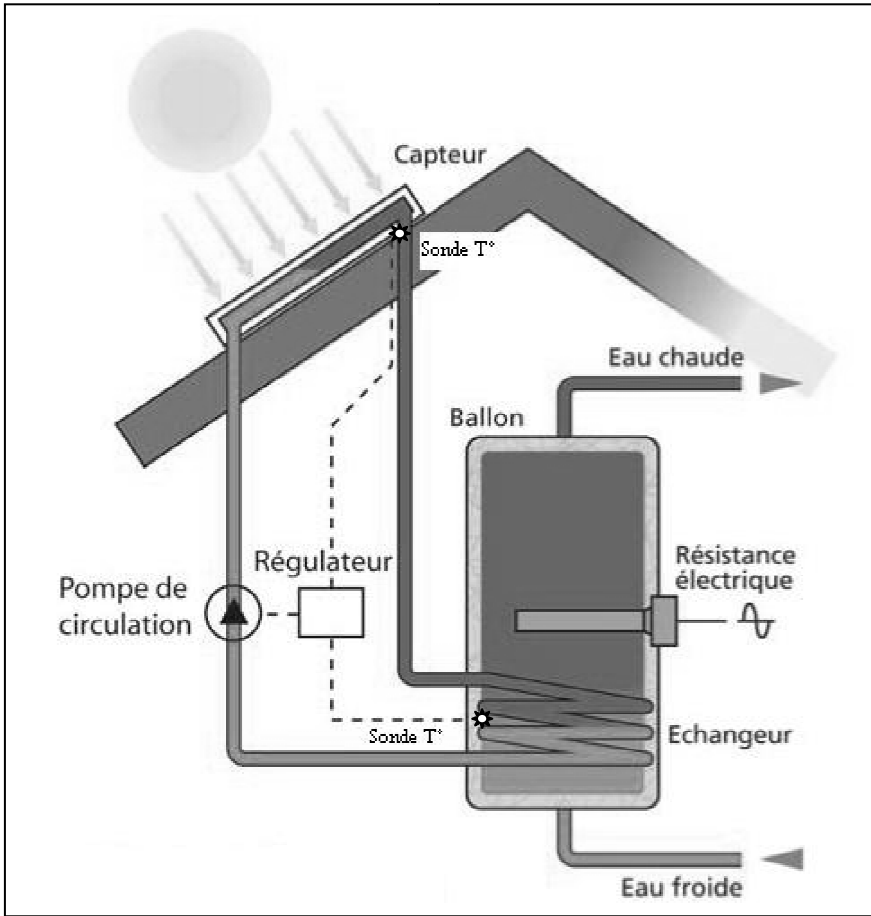
## Document technique DT5 : Répartition horaire et mensuelle de l'autonomie d'éclairage naturel du séjour avec conduit de lumière



|                         | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sep | Oct | Nov | Déc | Annuel |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|--------|
| Durée d'occupation (h)  | 235 | 220 | 245 | 240 | 235 | 240  | 235  | 135  | 250 | 235 | 230 | 195 | 2695   |
| Durée d'éclairage (h)   | 185 | 147 | 131 | 86  | 45  | 29   | 29   | 44   | 108 | 152 | 164 | 142 | 1262   |
| Autonomie lumineuse (%) | 21  | 33  | 46  | 64  | 80  | 87   | 87   | 67   | 56  | 35  | 28  | 27  | 53     |
| Durée de confort (h)    | 57  | 82  | 130 | 172 | 199 | 224  | 215  | 103  | 153 | 90  | 76  | 55  | 1556   |
| Taux de confort (%)     | 24  | 37  | 53  | 71  | 84  | 93   | 91   | 76   | 61  | 38  | 33  | 28  | 57     |
| Consommation (kWh)      | 4   | 3   | 3   | 2   | 1   | 0    | 0    | 1    | 2   | 4   | 4   | 3   | 34     |



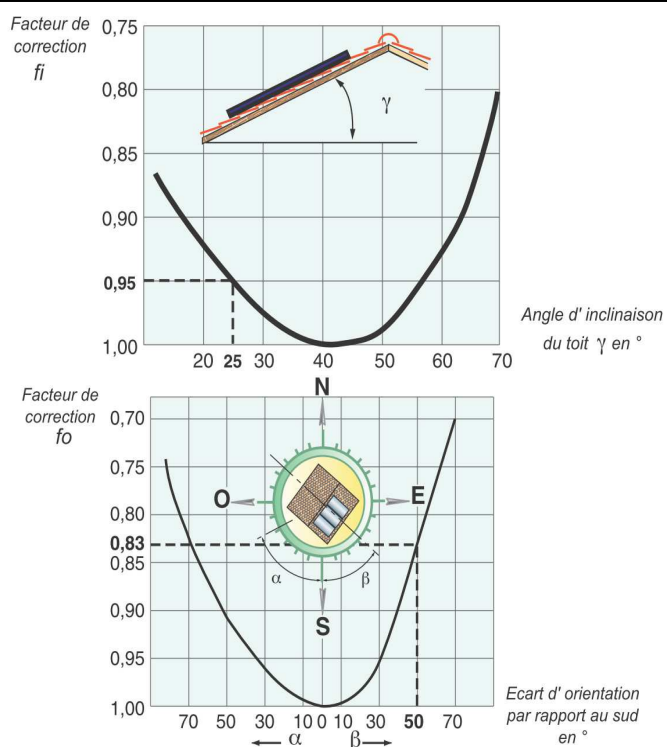
# Document technique DT6



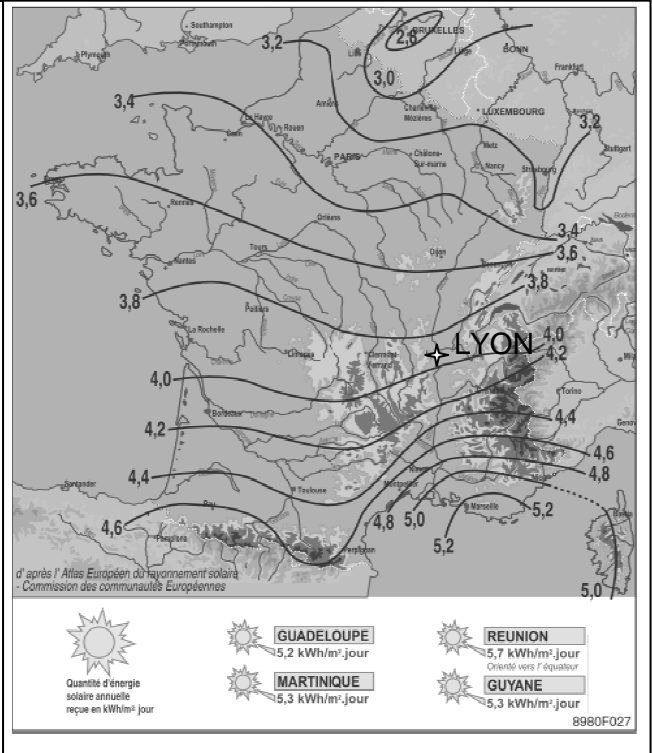
| Schéma de l'installation                 |                   |
|--|-------------------|
| Type capteur                             | Solar Plan 230    |
| Superficie hors tout (m <sup>2</sup> )   | 2,30              |
| Superficie d'absorbeur (m <sup>2</sup> ) | 2,00              |
| Superficie d'entrée (m <sup>2</sup> )    | 2,00              |
| Pression de service maximale (bars)      | 10                |
| Masses à vide (hors support) (kg)        | 40                |
| Contenance en eau de l'absorbeur (l)     | 1,7               |
| Dimensions hors tout l x h x ép (mm)     | 2099 x 1099 x 110 |

Caractéristiques capteur solaire

Facteurs de correction  $f_i, f_o$



Energie solaire en France (en kWh·m<sup>-2</sup>·j)

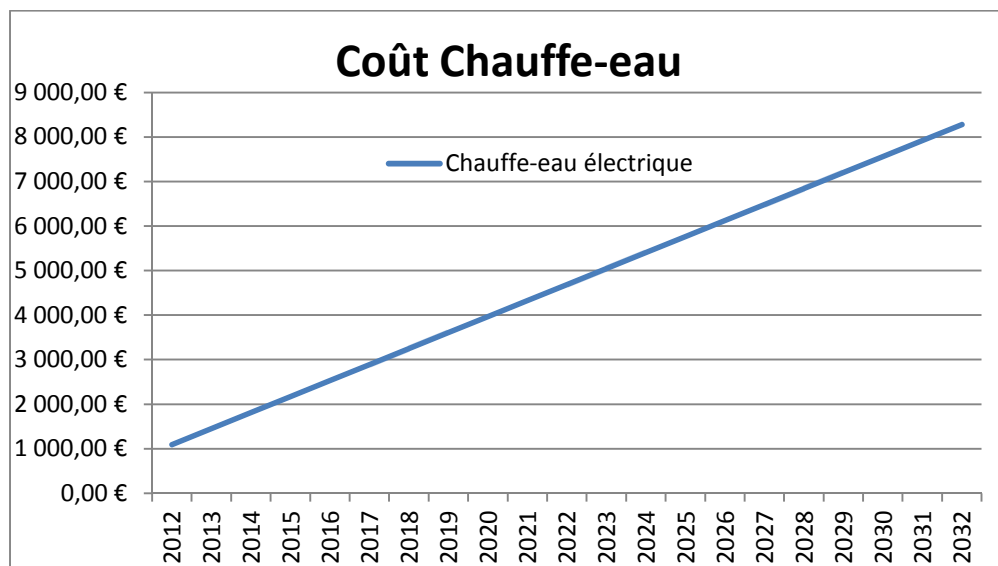


## Document Technique DT7

### Coût énergétique annuel des différents chauffe-eau

| Coût énergie            | Jan     | Fév     | Mars    | Avr     | Mai     | Juin    | Juill   | Août    | Sept    | Oct     | Nov     | Déc     | TOTAL    |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Chauffe-eau électrique  | 34,71 € | 31,07 € | 33,02 € | 30,94 € | 30,68 € | 28,47 € | 28,99 € | 14,43 € | 29,12 € | 31,46 € | 32,11 € | 34,32 € | 359,32 € |
| Chauffe-eau gaz         | 18,69 € | 16,73 € | 17,78 € | 16,66 € | 16,52 € | 15,33 € | 15,61 € | 7,77 €  | 15,68 € | 16,94 € | 17,29 € | 18,48 € | 193,48 € |
| CESI appoint électrique | 24,96 € | 15,08 € | 7,28 €  | 0,00 €  | 0,00 €  | 0,00 €  | 0,00 €  | 0,00 €  | 0,00 €  | 10,01 € | 21,71 € | 28,08 € | 107,12 € |
| CESI appoint gaz        | 13,44 € | 8,12 €  | 3,92 €  | 0,00 €  | 0,00 €  | 0,00 €  | 0,00 €  | 0,00 €  | 0,00 €  | 5,39 €  | 11,69 € | 15,12 € | 57,68 €  |

Le coût énergétique du chauffe-eau au cours du temps peut être donné par une droite d'équation du type «  $y = a.x + b$  »



y représente le coût, x le nombre d'années

a : coefficient directeur de la droite (qui représente le coût énergétique annuel)

b : investissement de départ

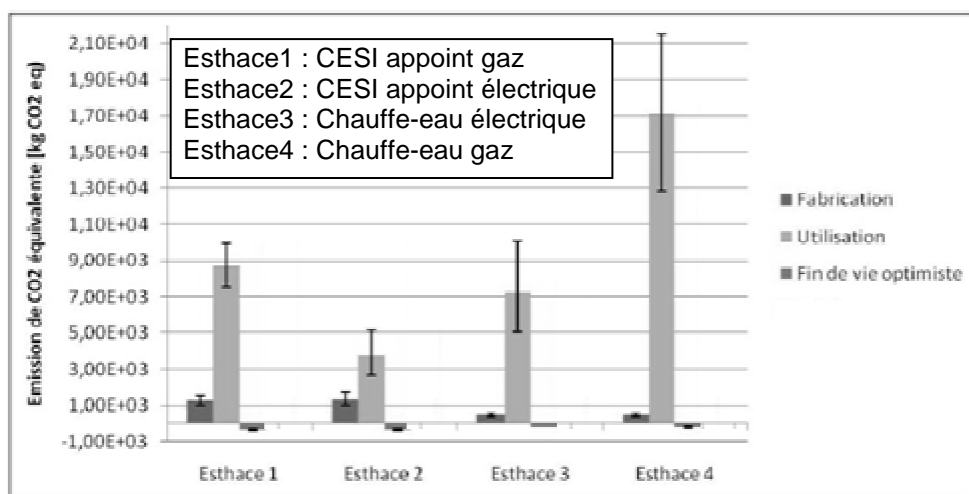
pour le chauffe-eau électrique, on a :  $y = 359,32.x + 950$

*kWh électrique = 0,13 €.*

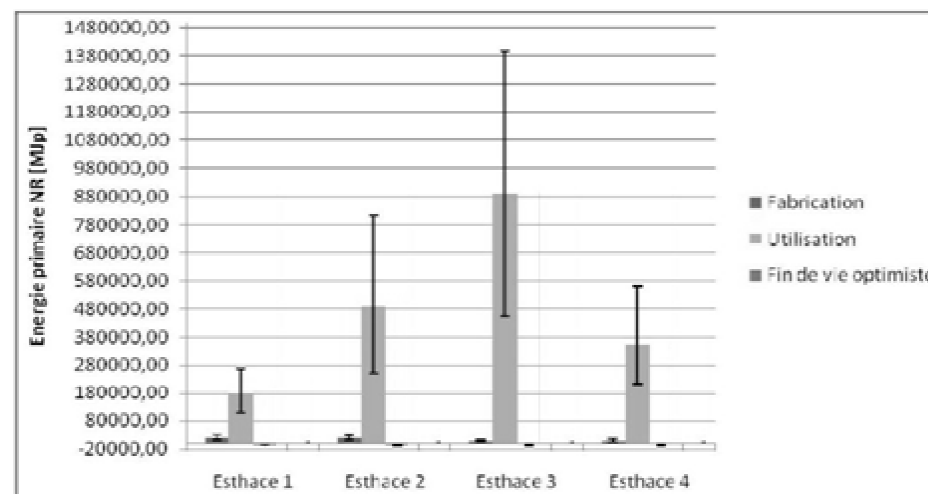
*kWh gaz naturel = 0,07 €.*

*L'inflation du prix du kWh (électrique et gaz) ne sera pas prise en compte.*

## Document Technique DT8



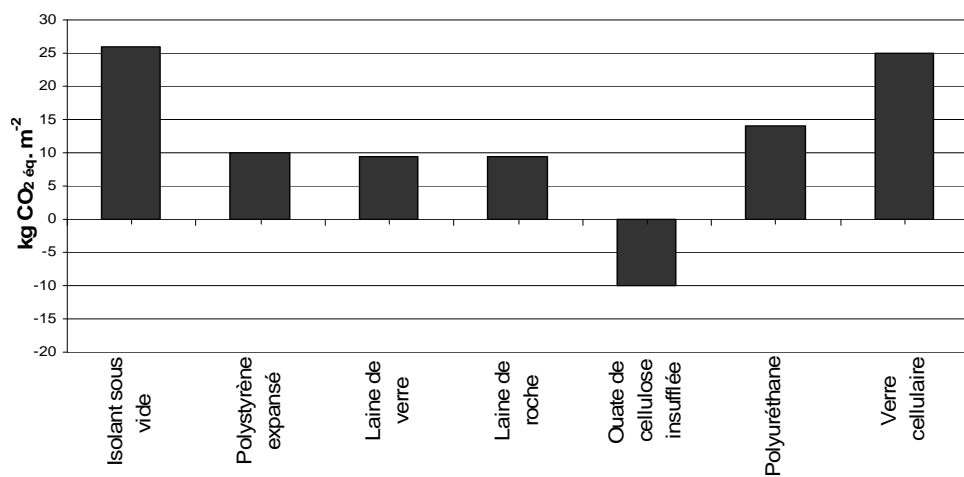
Emissions de CO<sub>2</sub> équivalentes sur l'ensemble du cycle de vie (20 ans)



Energie primaire non renouvelable sur l'ensemble du cycle de vie (20 ans)

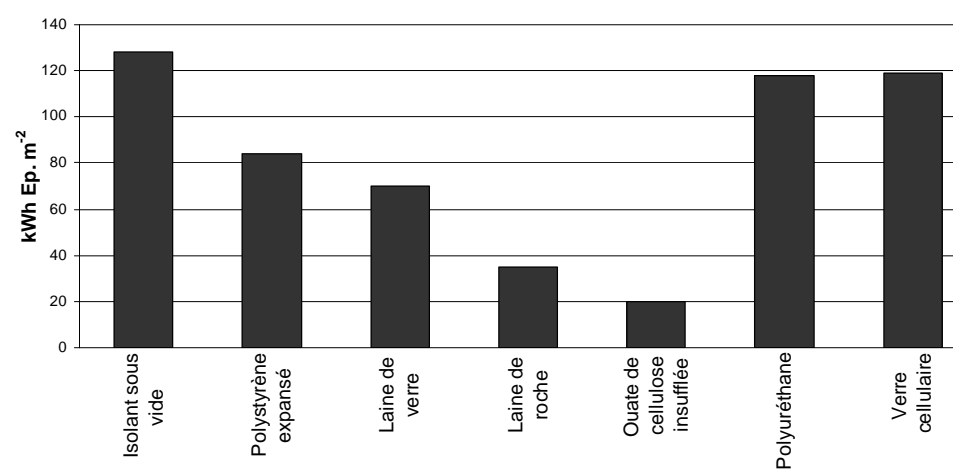
### Contribution des matériaux d'isolation à l'effet de serre

Unité fonctionnelle : 1 m<sup>2</sup> d'isolant à R = 5 m<sup>2</sup>.K. W<sup>-1</sup>



### Contenu "énergie primaire" (non renouvelable) des matériaux d'isolation

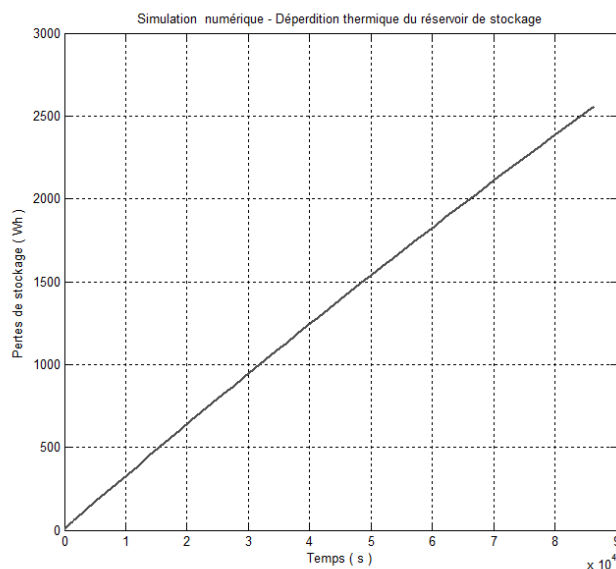
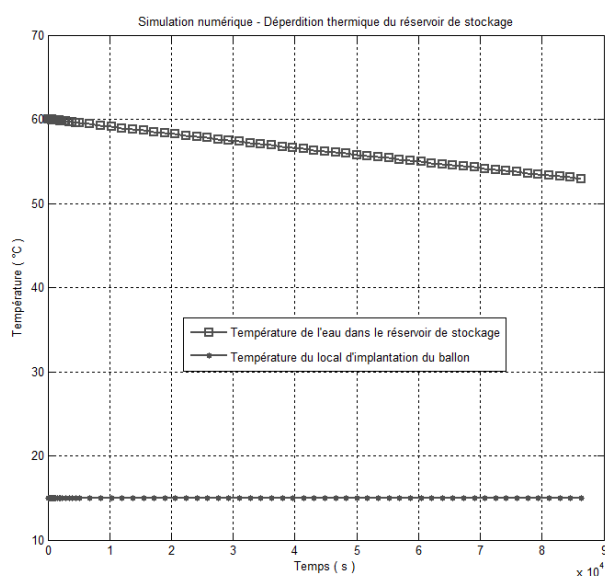
Unité fonctionnelle : 1 m<sup>2</sup> d'isolant à R = 5 m<sup>2</sup>.K. W<sup>-1</sup>



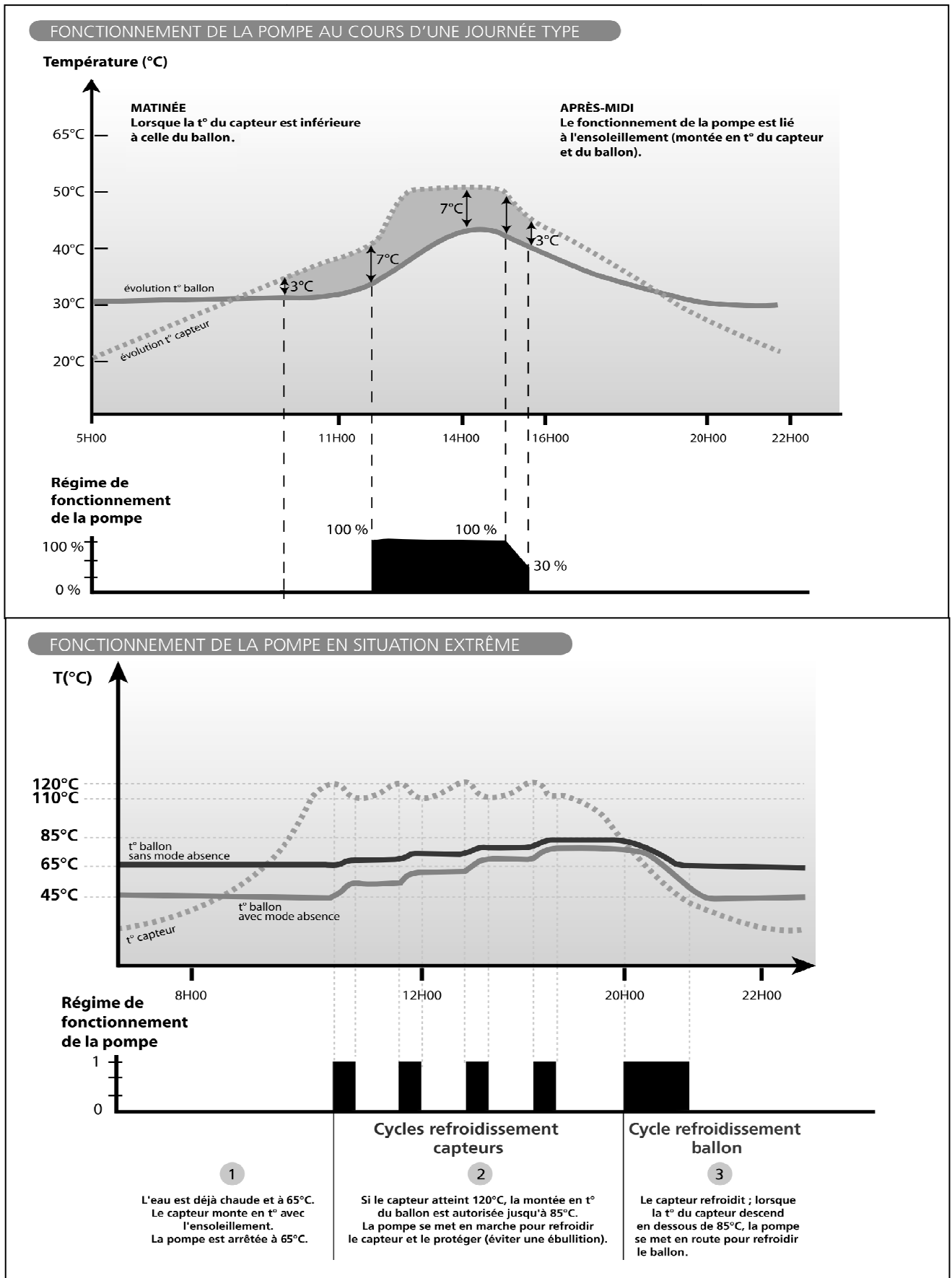
# Document technique DT9

| Réservoir de stockage   |           |                              |                              |       |        |      |       |        |       |       |        |       |       |        |       |  |        |     |           |   |     |     |  |      |   |                            |    |    |                           |    |    |  |   |   |
|---|-----------|------------------------------|------------------------------|-------|--------|------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|--|--------|-----|-----------|---|-----|-----|--|------|---|----------------------------|----|----|---------------------------|----|----|--|---|---|
| <p><b>Isolation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nature physico-chimique de l'isolant : polyuréthane.</li> <li>Masse volumique de l'isolant (kg/m<sup>3</sup>) : 40 kg/m<sup>3</sup>.</li> <li>Conductivité thermique de l'isolant : 0,03 W.m<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup>.</li> <li>Épaisseur : 31 mm sur 200 l et 300 l et 35 mm sur 400 l.</li> <li>Mode de réalisation : injection d'un mélange d'isocyanate de diphénylméthane et de polyol en haute pression.</li> </ul> <p><b>Enveloppe extérieure</b></p> <p>Nature et épaisseur de l'enveloppe :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Manteau en acier d'épaisseur 0,6 mm.</li> <li>Fonds inférieur et supérieur en plastique.</li> </ul> <p>Mode d'assemblage et maintien de la cuve dans l'enveloppe : enveloppe centrée, maintenue et collée par de la mousse isolante.</p> <p>Propriété anticorrosion : peinture.</p> <p><b>Appoint électrique des ballons EC et EP</b></p> <p><b>Description de l'appoint électrique</b></p> <p>L'appoint électrique est assuré par une résistance électrique type stéatite installée et câblée en usine sur le ballon.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Marque : Atlantic.</li> </ul> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ballon</th> <th>Puissance</th> <th>Volume chauffé par l'appoint</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EC200</td> <td>1800 W</td> <td>90 l</td> </tr> <tr> <td>EC300</td> <td>2400 W</td> <td>184 l</td> </tr> <tr> <td>EP300</td> <td>2400 W</td> <td>130 l</td> </tr> <tr> <td>EC400</td> <td>2400 W</td> <td>225 l</td> </tr> </tbody> </table> | Ballon    | Puissance                    | Volume chauffé par l'appoint | EC200 | 1800 W | 90 l | EC300 | 2400 W | 184 l | EP300 | 2400 W | 130 l | EC400 | 2400 W | 225 l | <p><b>Cuve</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nature de la cuve : acier.</li> <li>Nature du revêtement : émail.</li> <li>Nature de la surface en contact avec l'eau sanitaire : émail.</li> <li>Caractéristiques pondérales et dimensionnelles</li> <li>Surface d'échange : 2,8 m<sup>2</sup>. EC300</li> </ul> <p><b>Echangeur de chaleur solaire</b></p> <p>Serpentin monospire intégré dans le réservoir de stockage.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Matériau constitutif : acier.</li> <li>Matériau en contact avec l'eau sanitaire : émail.</li> <li>Diamètre de l'échangeur : 400 mm.</li> </ul> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ballon</th> <th>200</th> <th>300 - 400</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Volume intérieur de l'échangeur solaire (l)</td> <td>5,8</td> <td>6,3</td> </tr> <tr> <td>Surface d'échange de l'échangeur solaire (m<sup>2</sup>)</td> <td>0,83</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Puissance nominale*** (kW)</td> <td>28</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>Perte de charges** (mbar)</td> <td>27</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>Pression de service circuit solaire (bars)</td> <td>6</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table> <p>** à débit 1 m<sup>3</sup>/h, T° primaire 80°C/60°C, T° ECS 45°C<br/>           *** à débit 2 m<sup>3</sup>/h, T° primaire 80°C/60°C, T° ECS 45°C</p> | Ballon | 200 | 300 - 400 | Volume intérieur de l'échangeur solaire (l) | 5,8 | 6,3 | Surface d'échange de l'échangeur solaire (m <sup>2</sup> ) | 0,83 | 1 | Puissance nominale*** (kW) | 28 | 34 | Perte de charges** (mbar) | 27 | 31 | Pression de service circuit solaire (bars) | 6 | 6 |
| Ballon  | Puissance | Volume chauffé par l'appoint |                              |       |        |      |       |        |       |       |        |       |       |        |       |  |        |     |           |   |     |     |  |      |   |                            |    |    |                           |    |    |  |   |   |
| EC200   | 1800 W    | 90 l                         |                              |       |        |      |       |        |       |       |        |       |       |        |       |  |        |     |           |   |     |     |  |      |   |                            |    |    |                           |    |    |  |   |   |
| EC300   | 2400 W    | 184 l                        |                              |       |        |      |       |        |       |       |        |       |       |        |       |  |        |     |           |   |     |     |  |      |   |                            |    |    |                           |    |    |  |   |   |
| EP300   | 2400 W    | 130 l                        |                              |       |        |      |       |        |       |       |        |       |       |        |       |  |        |     |           |   |     |     |  |      |   |                            |    |    |                           |    |    |  |   |   |
| EC400   | 2400 W    | 225 l                        |                              |       |        |      |       |        |       |       |        |       |       |        |       |  |        |     |           |   |     |     |  |      |   |                            |    |    |                           |    |    |  |   |   |
| Ballon  | 200       | 300 - 400                    |                              |       |        |      |       |        |       |       |        |       |       |        |       |  |        |     |           |   |     |     |  |      |   |                            |    |    |                           |    |    |  |   |   |
| Volume intérieur de l'échangeur solaire (l)   | 5,8       | 6,3                          |                              |       |        |      |       |        |       |       |        |       |       |        |       |  |        |     |           |   |     |     |  |      |   |                            |    |    |                           |    |    |  |   |   |
| Surface d'échange de l'échangeur solaire (m <sup>2</sup> )  | 0,83      | 1                            |                              |       |        |      |       |        |       |       |        |       |       |        |       |  |        |     |           |   |     |     |  |      |   |                            |    |    |                           |    |    |  |   |   |
| Puissance nominale*** (kW)  | 28        | 34                           |                              |       |        |      |       |        |       |       |        |       |       |        |       |  |        |     |           |   |     |     |  |      |   |                            |    |    |                           |    |    |  |   |   |
| Perte de charges** (mbar)   | 27        | 31                           |                              |       |        |      |       |        |       |       |        |       |       |        |       |  |        |     |           |   |     |     |  |      |   |                            |    |    |                           |    |    |  |   |   |
| Pression de service circuit solaire (bars)  | 6         | 6                            |                              |       |        |      |       |        |       |       |        |       |       |        |       |  |        |     |           |   |     |     |  |      |   |                            |    |    |                           |    |    |  |   |   |

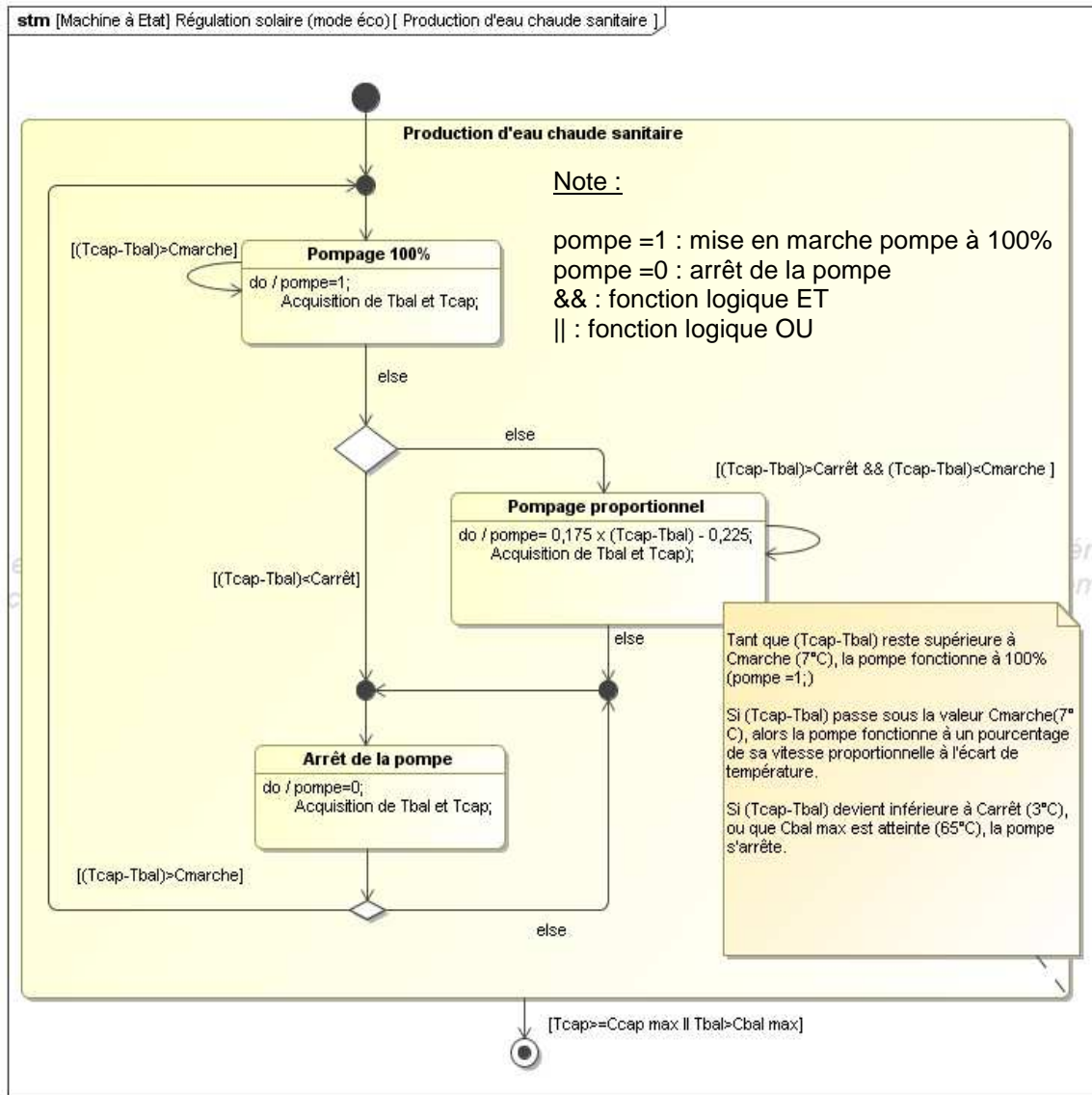
| Réservoir de stockage                    | EC 200           | EC 300 / EP 300                      | EC 400           |
|--|------------------|--------------------------------------|------------------|
| Capacité nominale (l)                    | 190              | 290                                  | 385              |
| Pression assignée (bars)                 | 6                | 6                                    | 6                |
| Poids total à vide (kg)                  | 65               | 95                                   | 151              |
| Poids total en eau (kg)                  | 255              | 385                                  | 536              |
| Consommation d'entretien (kWh/24 h)      | 2,21             | 2,97                                 | 3,55             |
| Constante de refroidissement (Wh/l/24 h) | 0,23             | 0,21                                 | 0,19             |
| Licence NF Electricité                   | LCIE n°579127A   | LCIE n°579127A                       | LCIE n°579127A   |
| Ves40 pour modèles EC (l)                | 185              | EC 300 : 389<br>EP 300 : non calculé | 483              |
| Encombrement (haut. x larg. x prof.)     | 1279 x 653 x 787 | 1780 x 653 x 787                     | 1592 x 694 x 911 |



# Document technique DT10

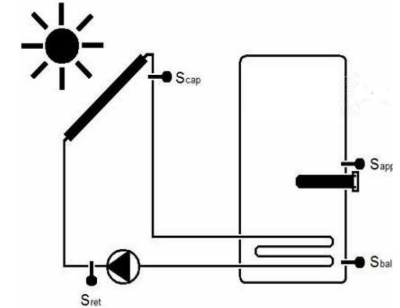


# Document technique DT11



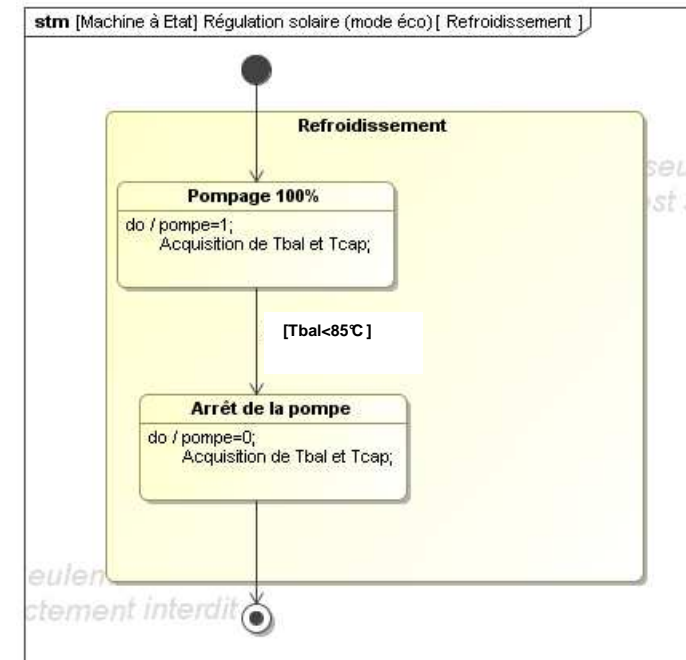
## Fonctionnement :

Sxxx désigne la sonde de mesure de température au point XXX.  
 Exemple : Sbal est la sonde située dans le ballon.



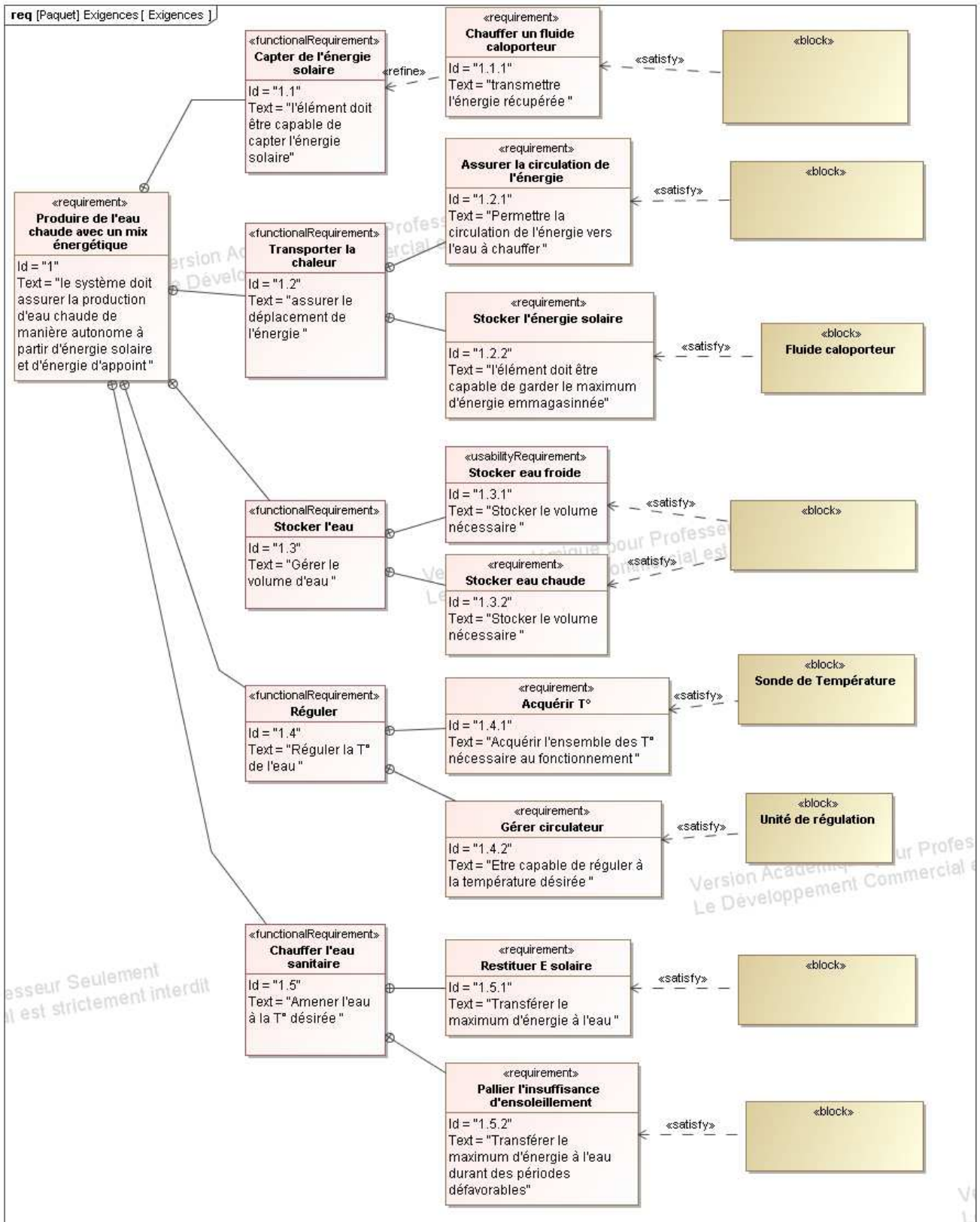
Txxx désigne la valeur de température courante au point XXX  
 Exemple : Tbal est la température instantanée relevée proche de l'échangeur solaire.

Cxxx désigne la consigne de température au point XXX.  
 Exemple : Cbal max est la consigne de température maximale autorisée dans le ballon.

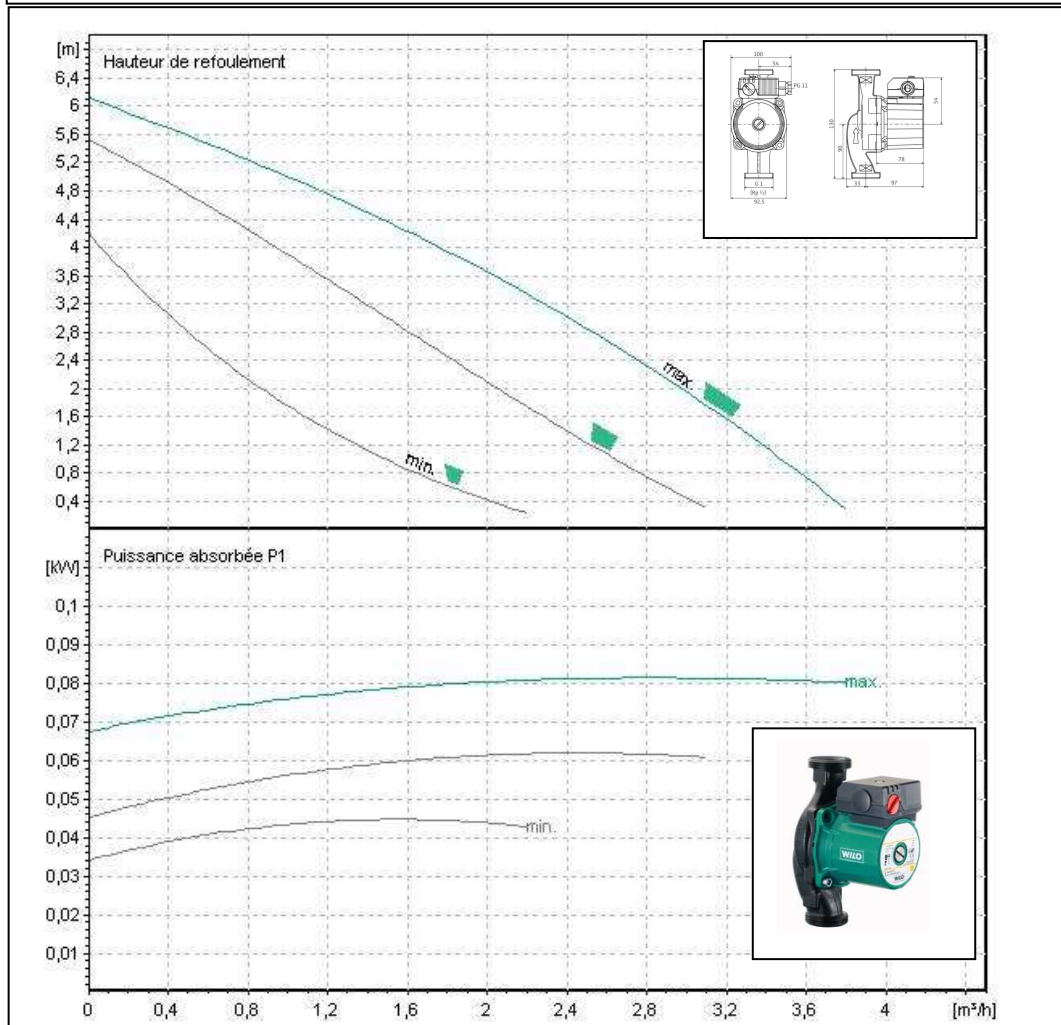
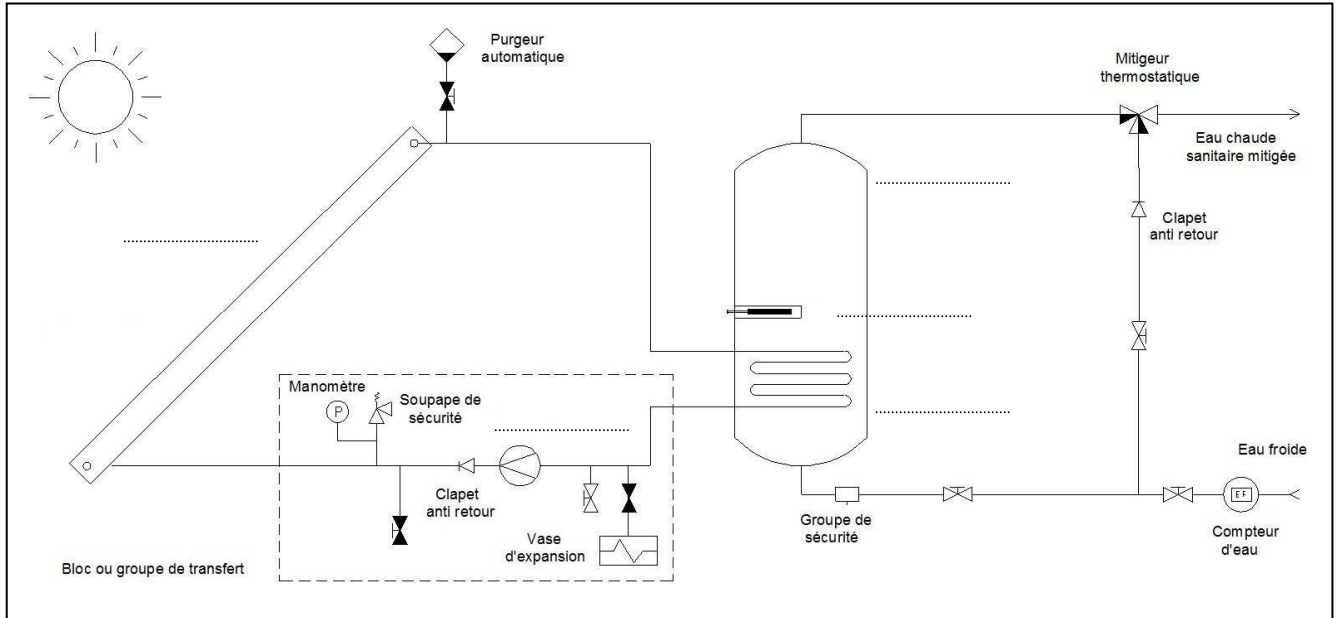




# Document Réponse DR1



# Document Réponse DR2

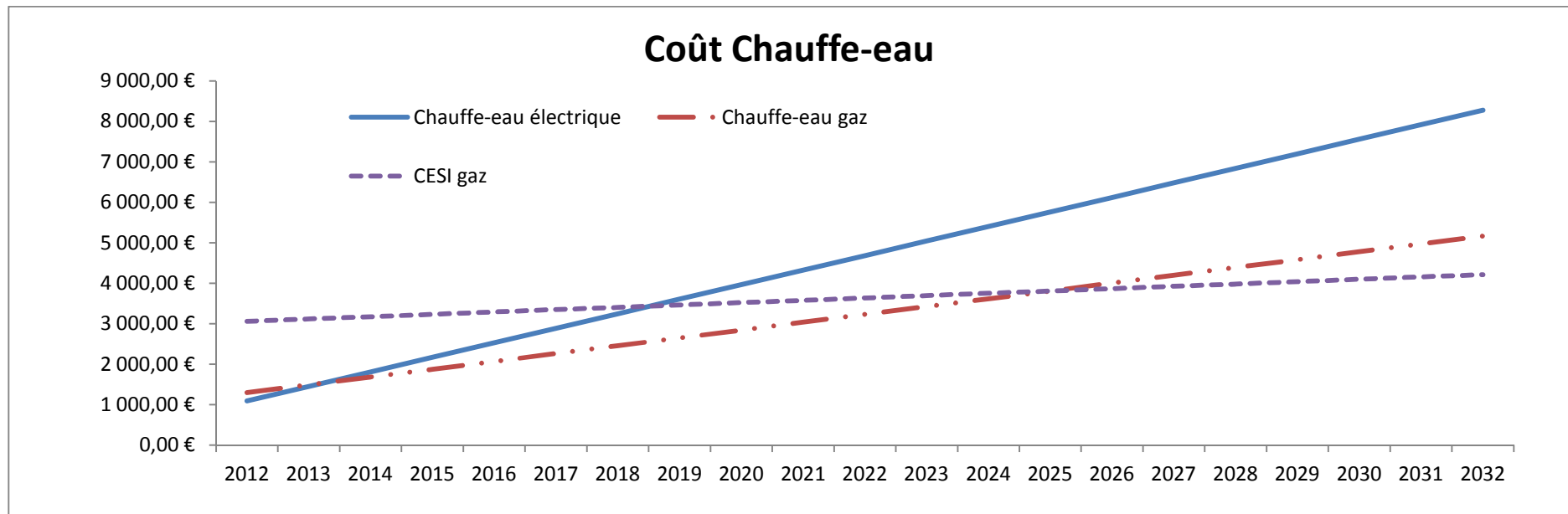


**Pompe de circulation-WILLO-Type : STAR ST15/6**  
**Diagramme H (hauteur manométrique en mCE) – Q (débit volumique m³/h)**  
**Diagramme P<sub>abs</sub> (puissance électrique absorbée en kW) – Q (débit volumique en m³/h)**



## Document Réponse DR3

|                                    | Jan  | Fév  | Mars | Avr | Mai | Juin | Juill | Août | Sept | Oct   | Nov  | Déc   | TOTAL |
|------------------------------------|------|------|------|-----|-----|------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|
| Besoin éner. total (kWh)           | 267  | 239  | 254  | 238 | 236 | 219  | 223   | 111  | 224  | 242   | 247  | 264   | 2764  |
| Energie solaire fournie (kWh)      | 75   | 123  | 198  | 240 | 272 | 284  | 326   | 288  | 234  | 165   | 80   | 48    | 2333  |
| Taux de couv. solaire(%)           | 28,1 | 51,5 | 79   | 100 | 100 | 100  | ..... | 100  | 100  | ..... | 32,4 | ..... | 73    |
| Energie d'appoint nécessaire (kWh) | 192  | 116  | 56   | 0   | 0   | 0    | ..... | 0    | 0    | ..... | 167  | ..... | 824   |



## Document Réponse DR4

