

# AGRÉGATION

## SESSION 2015

CONCOURS INTERNE

**Section : Sciences Industrielles de l'Ingénieur**

**option : Ingénierie Électrique**

### EXPLOITATION PÉDAGOGIQUE D'UN DOSSIER TECHNIQUE

Durée : 6 heures, COEFFICIENT : 1

*Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999)*

*Aucun document n'est autorisé*

Salle des fêtes de Roeschwood

Le sujet comporte 43 pages :

- **Questionnement** : page 1 à 26
- **Documents réponse** : page 27 à 30
- **Annexes** : page 31 à 43

Le sujet comprend deux parties de poids égal au niveau du barème:

**Partie A** : Etude théorique des problématiques (durée conseillée : 3h)

Cette partie est séparée en trois sous-ensembles A1 A2 et A3.

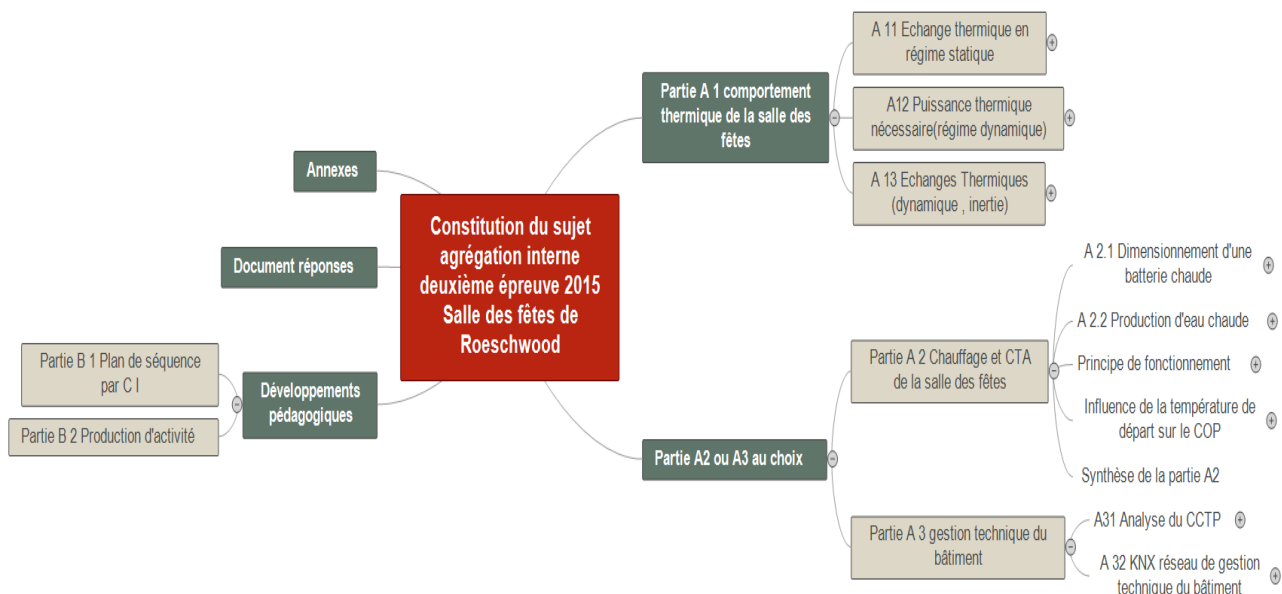
La partie **A1** est à traiter par l'ensemble des candidats.

Chaque candidat fera le choix de traiter la partie **A2 ou A3**.

**Ce choix étant exclusif, il devra être clairement indiqué sur la copie, et ne préjuge pas des orientations retenues pour le traitement de la partie B qui pourra prendre appui sur les problématiques évoquées en A1, A2 et A3.**

**Partie B** : Développement d'une séquence pédagogique (durée conseillée : 3h)

Cette partie est séparée en deux sous-ensembles B1 et B2.



### Conseils aux candidats :

Une lecture préalable et complète du sujet est indispensable.

Il sera tenu compte de la cohérence avec laquelle les candidats traiteront chaque partie : A1, A2 ou A3, et B, le jury préférant une réflexion d'ensemble des parties abordées à un éparpillement des réponses.

Les candidats sont invités à numéroter chaque page de leur copie et à indiquer clairement le numéro de la question traitée.

Les candidats sont priés de rédiger les différentes parties du problème ( A1, A2 ou A3, B) sur feuilles séparées et clairement repérées.

Il leur est rappelé qu'ils doivent utiliser les notations propres au sujet, présenter clairement les calculs et dégager ou encadrer tous les résultats.

Tout résultat incorrectement exprimé ne sera pas pris en compte. En outre les correcteurs leur sauront gré d'écrire lisiblement et de soigner la qualité de leur copie.

Il sera tenu compte de la qualité de rédaction, en particulier pour les réponses aux questions ne nécessitant pas de calcul. Le correcteur attend des phrases complètes respectant la syntaxe de la langue française.

Il est rappelé que lors du passage d'une forme littérale à son application numérique, il est recommandé aux candidats de procéder comme suit : après avoir rappelé la relation littérale, chaque grandeur est remplacée par sa valeur numérique en respectant la position qu'elle avait dans la relation puis le résultat numérique est donné sans calculs intermédiaires et sans omettre son unité.

Si le texte du sujet, de ses questions ou de ses annexes, vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement dans votre copie.

L'objectif du sujet étant le développement d'une séquence pédagogique s'appuyant sur une étude d'un système technique, il est vivement conseillé lors du travail sur la partie A de commencer à recenser les exploitations pédagogiques envisageables qui seront développées lors de la partie B.

## Enjeux :

De tous les secteurs économiques, celui du bâtiment est le plus gros consommateur d'énergie en France (42,5 % de l'énergie finale totale) et génère 23 % des émissions de gaz à effet de serre (GES).

La facture annuelle de chauffage représente 900 € en moyenne par ménage, avec de grandes disparités (de 250 € pour une maison « basse consommation » à plus de 1 800 € pour une maison mal isolée). Ces dépenses tendent à augmenter avec la hausse du prix des énergies.

Aussi, afin de réduire durablement les dépenses énergétiques, le Grenelle Environnement prévoit la mise en œuvre d'un programme de réduction des consommations énergétiques des bâtiments (articles 3 à 6 de la loi « Grenelle 1 » du 3 août 2009).

Depuis la mise en place d'une réglementation thermique (1974), la consommation énergétique des constructions neuves a été divisée par 2. Le Grenelle Environnement a prévu de la diviser à nouveau par 3 grâce à la réglementation thermique RT 2012.

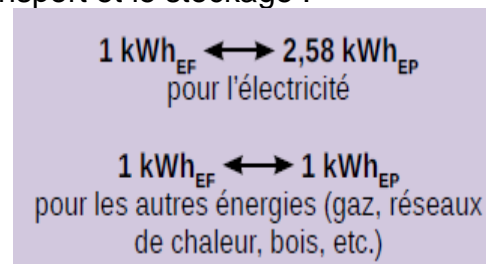
Pour atteindre cet objectif, le plafond de  $50\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{an})$ , valeur moyenne du label « bâtiments basse consommation » (BBC), est devenu la référence dans la construction neuve. Ce saut a permis de prendre le chemin des bâtiments à énergie positive en 2020.

La réglementation thermique 2012, tout comme la RT 2005, exprime des exigences en énergie primaire, à ne pas confondre avec l'énergie finale.

L'énergie finale ( $\text{kWh}_{EF}$ ) est la quantité d'énergie disponible pour l'utilisateur final.

L'énergie primaire ( $\text{kWh}_{EP}$ ) est la consommation nécessaire à la production de cette énergie finale.

Par convention, du fait des pertes liées à la production, la transformation, le transport et le stockage :



La RT 2012 pose 3 exigences de performances énergétiques :

- La consommation conventionnelle en énergie primaire (CEP) du bâtiment doit être inférieure à une valeur **CEPmax** dont la valeur est d'environ **50kWh/(m<sup>2</sup>.an)** modulée en fonction de la zone climatique. Elle s'appuie sur un calcul **conventionnel** des consommations énergétiques liées aux postes : chauffage, production d'eau chaude sanitaire, éclairage, refroidissement éventuel, consommateurs auxiliaires, déduction faite des éventuelles productions locales d'énergie, et en prenant en compte les apports « gratuits »....
- Le besoin bioclimatique conventionnel (BBIO) est une exigence de limitation simultanée des besoins en énergie pour les composantes liées au bâti (chauffage, éclairage, refroidissement). Il doit être inférieur à une valeur **BBIOmax** dépendant de la catégorie du bâtiment, de son utilisation, de sa zone géographique et de sa surface. C'est un indicateur qui rend compte de la qualité de la conception imposant son optimisation, indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre. Il valorise la conception bioclimatique (accès à l'éclairage naturel, aux apports solaires), l'isolation performante et la mitoyenneté.

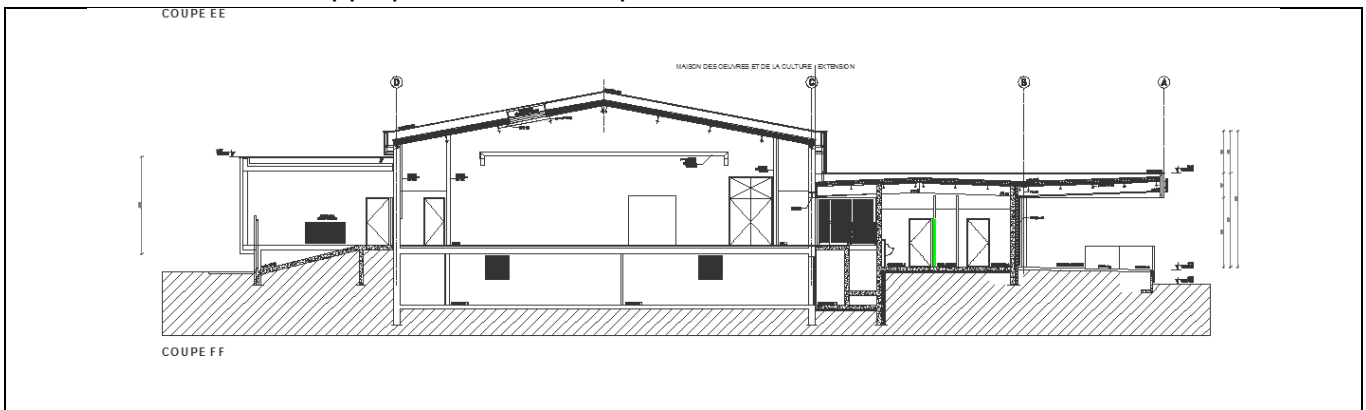
- La température intérieure conventionnelle (TIC) est une exigence de confort en été. Elle assure que pendant les 5 jours les plus chauds, la température intérieure reste inférieure à une valeur maximale **TICref** (définie sur un bâtiment de référence).

La RT 2012 impose aussi des **exigences de moyens** :

- traitement des ponts thermiques significatifs,
- généralisation, pour le logement, du principe du test de l'étanchéité à l'air du bâtiment,
- obligation de mise en place de protections solaires pour les locaux de sommeil,
- recours aux énergies renouvelables (EnR) ou à des systèmes très performants (eau chaude sanitaire thermodynamique ou micro-cogénération) en maisons individuelles ou accolées,
- surface minimale pour les baies vitrées (1/6 de la surface habitable).

## Contexte :

La mairie de la ville de Roechwood située en Alsace, souhaitait rénover sa salle des fêtes en 2013. Elle a choisi d'appliquer la RT 2012 pour cette rénovation.



Le sujet de l'épreuve portera en partie A sur la modélisation, les justifications et les exploitations des solutions proposées pour la salle des fêtes, puis en partie B sur l'exploitation pédagogique en STI2D du contexte et des solutions retenues.

## Partie A : Etude théorique des problématiques (durée conseillée : 3h)

### Partie A-1 : RT 2012 et Modélisation thermique des bâtiments

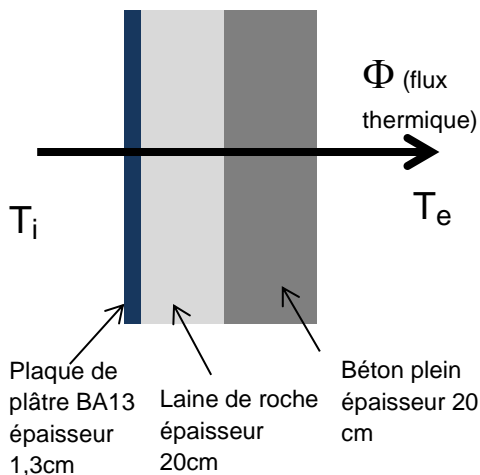
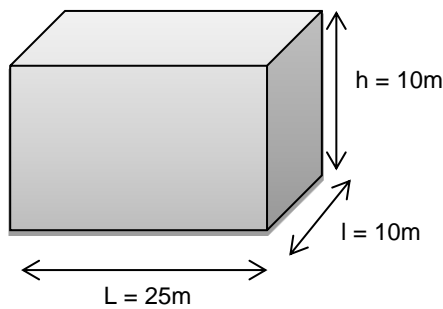
Le calcul des valeurs de CEP, BBIO et TIC est réalisé par des logiciels normalisés validés par le ministère du développement durable.

L'objectif de cette partie est d'effectuer une modélisation simple du bâti afin d'évaluer l'influence de quelques paramètres sur les calculs de CEP et TIC, en ne prenant en compte que la part « chauffage » des consommations énergétiques.

La modélisation thermique s'appuiera sur les informations données dans le **Document 1** (page 31/43).

## A-1.1. Echanges thermiques en régime statique

Salle des fêtes de Roeschwoog



Le modèle de calcul utilisé pour la certification RT 2012 prend en compte l'intégralité du bâti, avec ses différents groupes de salles et de zones et leurs interactions.

Nous utiliserons en première analyse un modèle simplifié de la salle des fêtes dans ses dimensions externes qui est un parallélépipède rectangle dont les dimensions sont données ci-contre.

Les calculs seront effectués avec une structure de parois et de toiture composée de 20cm de béton plein armé (2,1% d'acier) isolée par l'intérieur grâce à 20cm de laine de roche (densité  $120\text{kg/m}^3$ ), doublée d'une plaque de plâtre à parement de carton (BA13).

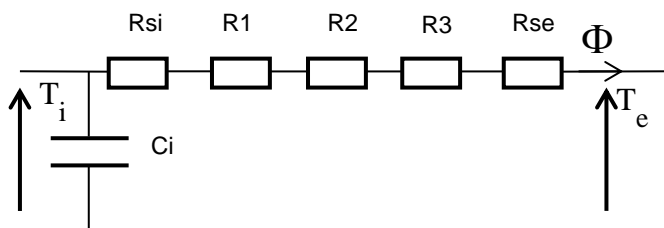
Les lames d'air ne sont pas prises en compte.

La surface hors d'œuvre nette (SHON) sera considérée égale à la surface extérieure du bâti.

**Afin de simplifier la modélisation, on ne prend en compte que les pertes par parois opaques en contact avec l'air extérieur.**

**Les pertes par le sol, les ponts thermiques intégrés ou non et les différentes ouvertures ne seront pas comptabilisées.**

On adopte pour  $1\text{m}^2$  de paroi opaque (toit et murs) le modèle RC équivalent ci-dessous où :



Ce modèle est établi pour  $1\text{m}^2$  de surface d'échange

$R_{si}=0,13 \text{ m}^2.\text{K/W}$  et  $R_{se}=0,04\text{m}^2.\text{K/W}$ .  
(résistances superficielles intérieures et extérieures des parois),

$R_1$  est la résistance de la BA13,

$R_2$  est la résistance de l'isolant,

$R_3$  est la résistance du mur béton,

$T_i$  est la température intérieure,

$T_e$  est la température extérieure,

$C_i$  est la capacité thermique équivalente de l'air contenu dans le local, ramenée à  $1\text{m}^2$  de surface d'échange.

## Caractéristiques thermiques de quelques matériaux :

### 2.6.2.1 Laines de roches

Matériaux ou application	$(\rho)$ en kg/m <sup>3</sup>	$(\lambda)$ en W/(m.K)	$(C_p)$ en J/(kg.K)	$(\mu)$	
				Sec	Humide
	$15 \leq \rho < 25$	0,050	1 030	1	1
	$25 \leq \rho < 40$	0,044	1 030	1	1
	$40 \leq \rho < 100$	0,042	1 030	1	1
	$100 \leq \rho < 125$	0,044	1 030	1	1
	$125 \leq \rho < 150$	0,046	1 030	1	1
	$150 \leq \rho < 175$	0,047	1 030	1	1
	$175 \leq \rho < 200$	0,048	1 030	1	1

### 2.2.1.3 Béton plein armé

Valeurs à prendre en compte lorsque le béton plein est armé avec un pourcentage en volume d'acier et dont au moins la moitié est disposée parallèlement au flux thermique.

Matériaux ou application	$(\rho)$ en kg/m <sup>3</sup>	$(\lambda)$ en W/(m.K)	$(C_p)$ en J/(kg.K)	$(\mu)$	
				Sec	Humide
Avec 1 < % d'acier $\leq$ 2	$2\ 300 < \rho \leq 2\ 400$	2,3	1 000	130	80
Avec % d'acier > 2	$\rho > 2\ 400$	2,5	1 000	130	80

### 2.3.1 Plâtres sans granulats

Matériaux ou application	$(\rho)$ en kg/m <sup>3</sup>	$(\lambda)$ en W/(m.K)	$(C_p)$ en J/(kg.K)	$(\mu)$	
				Sec	Humide
Plâtre « gaché serré » ou « très serré » (plâtre de très haute dureté (THD), plâtre projeté et plâtre fin)	$1\ 200 < \rho \leq 1\ 500$	0,56	1 000	10	4
	$900 < \rho \leq 1\ 200$	0,43	1 000	10	4
	$600 \leq \rho \leq 900$	0,30	1 000	10	4
	$\rho \leq 600$	0,18	1 000	10	4
Plâtre courant d'enduit intérieur (plâtre fin de construction (PFC) ou plâtre gros de construction (PGC))	$1\ 000 \leq \rho \leq 1\ 300$	0,57	1 000	10	6
	$\rho \leq 1\ 000$	0,40	1 000	10	6
Enduit intérieur à base de plâtre et de sable	$\rho \leq 1\ 600$	0,80	1 000	10	6
Plaques de plâtres à parement de carton « standard » et « haute dureté » ou éléments préfabriqués en plâtre à parements lisses	$750 \leq \rho \leq 900$	0,25	1 000	10	4

### 2.9.7 Gaz

Matériaux ou application	$(\rho)$ en kg/m <sup>3</sup>	$(\lambda)$ en W/(m.K)	$(C_p)$ en J/(kg.K)	$(\mu)$	
				Sec	Humide
Air	1,23	0,025	1 008	1	1
Dioxyde de carbone	1,95	0,014	820	1	1
Argon	1,70	0,017	519	1	1
Hexafluorure de soufre	6,36	0,013	614	1	1
Krypton	3,56	0,009	245	1	1
Xénon	5,68	0,0054	160	1	1



## Questionnement :

### Modèle de calcul

- Q A-1.1. Donner en  $m^2.K/W$  la valeur de  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$ , en déduire la résistance thermique totale  $R_t$  des parois opaques et le coefficient de transmission thermique  $U_p$  en  $W/(K.m^2)$ .
- Q A-1.2. En négligeant l'épaisseur des parois, calculer en  $J/K$  la capacité thermique totale  $C_{it}$  du volume d'air du bâtiment. En déduire (en  $J/(K.m^2)$ ) la valeur de  $C_i$  ramenée à  $1m^2$  de surface d'échange.
- Q A-1.3. Montrer qu'en régime établi de température ( $T_i = cste$ ), le flux thermique est indépendant de  $C_i$ . Calculer  $\Phi$  (dont vous donnerez l'unité) pour  $T_i=20^\circ C$  et  $T_e=-9^\circ C$  (valeur de référence pour la région considérée en hiver). En déduire les **pertes thermiques totales**  $\Phi_t$  du bâtiment dans ces conditions.
- Q A-1.4. Calculer alors pour une journée d'hiver, en supposant que les températures intérieures et extérieures ne varient pas, la déperdition énergétique journalière par unité de surface du bâtiment  $W_j$  en  $kWh/m^2_{(shon)}$ . Combien de jours peut-on avoir cette température extérieure afin de conserver un CEP  $< 50kWh/(m^2.an)$  (chauffage non électrique) ?

### Estimation des pertes annuelles

Les données météorologiques moyennes pour la région font apparaître que le bâtiment doit être chauffé 8 mois par an ( $T_e < 20^\circ C$ ) et que la température moyenne durant cette période vaut  $\langle T_e \rangle = 9^\circ C$ . La température intérieure est supposée constante durant cette période ( $T_i=20^\circ C$ ). Soit  $W_0^T$  la déperdition énergétique du bâtiment par  $m^2$  de surface d'échange sur une période de temps  $T$  correspondant à la période de chauffe et  $\langle \Phi \rangle$  le flux thermique moyen sur cette même période, on admet que  $W_0^T = \langle \Phi \rangle \cdot T$

- Q A-1.5. Montrer que durant cette même période, on peut écrire que

$$W_0^T = (T_i - \langle T_e \rangle) \cdot U_p \cdot T$$

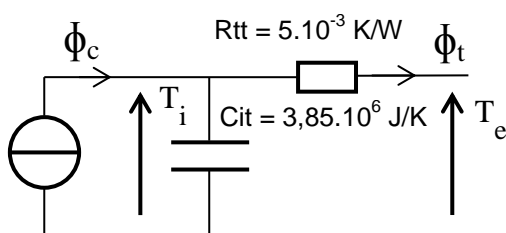
En déduire la déperdition énergétique annuelle par unité de surface  $W_a$  en  $kWh/m^2_{(shon)}$ .

- Q A-1.6. Nous n'avons pris en compte que les déperditions thermiques et le modèle utilisé est très imparfait (non prise en compte de l'intégralité du bâtiment, des ouvertures, des ponts thermiques....).

Rédiger un paragraphe (10 lignes +/- 2 lignes) synthétisant votre travail et donnant des pistes pour la conception du bâtiment et le choix de la source de chauffage afin de satisfaire aux exigences liées au CEP dans la RT 2012.

### A-1.2. Puissance thermique nécessaire (régime dynamique de mise en chauffe)

On adopte pour l'ensemble des échanges thermiques du bâtiment le modèle RC équivalent ci-dessous :



Modèle établi pour la totalité du bâtiment

$R_{tt}$  est la résistance totale d'échange (murs et plafond),

$T_i$  est la température intérieure,

$T_e$  est la température extérieure,

$C_{it}$  est la capacité thermique du local (valeur calculée précédemment augmentée de la capacité thermique du mobilier),

$\Phi_c$  est le flux thermique délivré par le générateur de chaleur (en W),

$\Phi_t$  est le flux thermique total échangé avec l'extérieur.

Dans cette partie, on supposera que la température extérieure est constante et vaut 0°C, et que le générateur de chaleur délivre un flux thermique  $\Phi_c$  constant.

La valeur initiale de  $T_i$  vaut  $T_i(0) = 5^\circ\text{C}$ .

**Questionnement :**

Q A-1.7. Etablir l'équation différentielle liant  $T_i$  à  $\Phi_c$  et aux autres constantes du modèle.

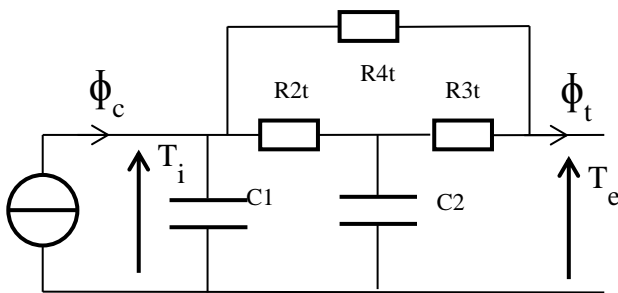
Q A-1.8. Résoudre cette équation et montrer que  $T_i$  se met sous la forme :

$$T_i(t) = (R_{tt} \cdot \Phi_c) \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + T_i(0) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + T_e$$

Q A-1.9. Calculer le flux thermique  $\Phi_c$  nécessaire pour atteindre une température de 20°C en 30mn.

**A-1.3. Echanges thermiques en régime dynamique, inertie thermique :**

Le modèle précédent, très simpliste ne prend pas en compte les échanges liés aux ponts thermiques et aux ouvertures, ni les inerties thermiques du bâti (murs, plafonds, dalles...). Plusieurs modèles peuvent être utilisés. Nous envisagerons ici un modèle mono zone (le bâti est modélisé dans son intégralité) comportant 3 résistances et 2 capacités thermiques.



**Modèle mono zone R3C2 représentant l'intégralité du bâtiment**

- C1** représente l'ensemble des inerties thermiques internes au bâtiment (air, mobilier, parois légères...),
- C2** représente l'inertie thermique des parois lourdes de l'enveloppe du bâti (murs),
- R2t et R3t** : déperditions affectées d'inertie (à travers les parois lourdes : béton et isolant),
- R4t** : déperditions non affectées d'inertie (ventilation, baies, ponts thermiques....).

C1 prendra la valeur précédente de Cit.

R4t sera supposée infinie,

R2t et R3t sont les résistances thermiques totales respectivement de l'isolant et des murs en béton,

$\Phi_c$  est le flux thermique du système de chauffage (générateur de chaleur),

$\Phi_t$  est le flux thermique échangé avec l'extérieur du bâtiment.

**Questionnement :**

**Problématique en été :**

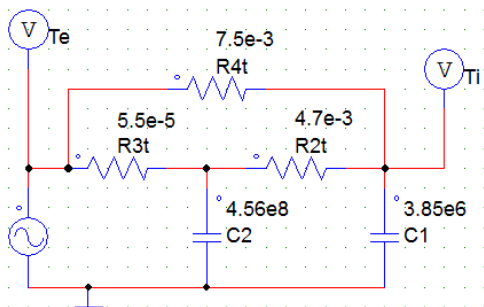
On suppose qu'en été la température extérieure  $T_e$  sur une journée prend la forme d'une fonction sinusoïdale de valeur moyenne 20°C, de période 24h et d'amplitude 10°C. Nous allons examiner la « réponse thermique » du bâtiment à cette perturbation. **Il n'y a pas de chauffage.** On peut montrer que  $\langle T_e \rangle = \langle T_i \rangle$ .

Q A-1.10. Montrer que la transmittance complexe en température se met sous la forme :

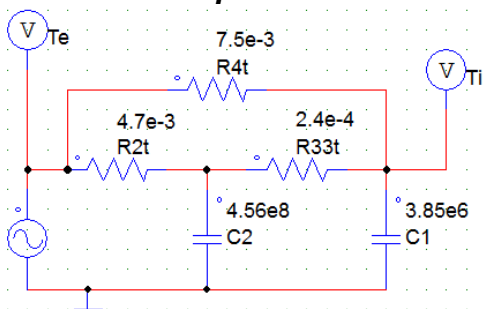
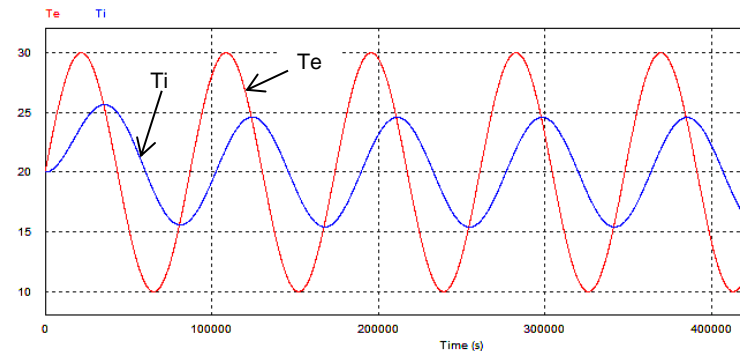
$$\frac{T_i}{T_e} = \frac{1}{1 + 2 \cdot j \cdot m \cdot \frac{\omega}{\omega_0} + j^2 \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} \text{ avec : } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R2 \cdot R3 \cdot C1 \cdot C2}} \text{ et } m = \frac{R3 \cdot C2 + R2 \cdot C1 + R3 \cdot C1}{2 \cdot \sqrt{R2 \cdot R3 \cdot C1 \cdot C2}}$$



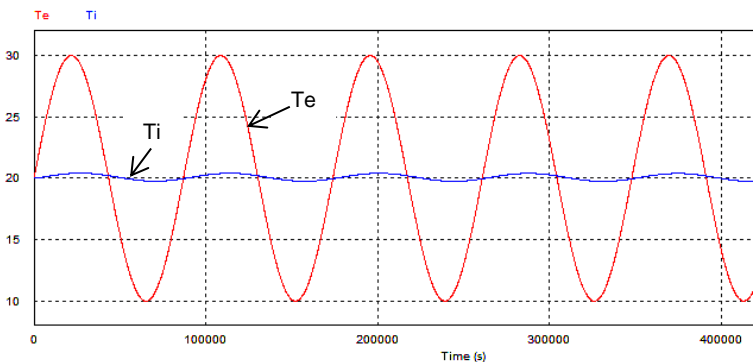
Q A-1.11. Après avoir tracé l'allure des diagrammes de Bode (amplitude et phase) de cette transmittance, justifier qualitativement le fait que plus son amortissement est important, moins grandes sont les variations journalières de la température interne (on donne :  $\omega \sim 2 \cdot \omega_0$ ).



**Isolation par l'intérieur**



**Isolation par l'extérieur**



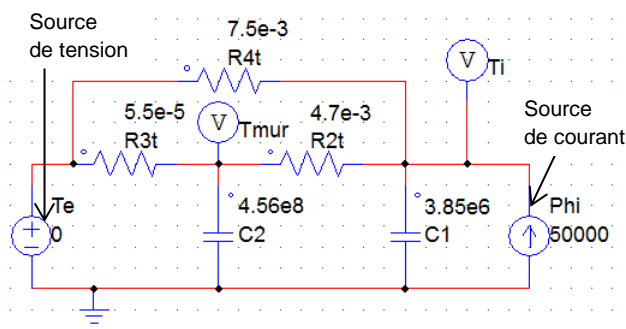
On donne ci-dessus deux résultats de simulation avec le modèle complet (prise en compte des pertes non encore comptabilisées par  $R_{4t}$ ), correspondant à une isolation par l'intérieur puis par l'extérieur : Les positions de  $R_{2t}$  et  $R_{3t}$  sont inversées, et  $R_{3t}$  voit sa valeur ajustée en  $R_{33t}$  pour intégrer les contributions de la plaque BA13, de la lame d'air et de la résistance  $R_{si}$  non négligeables dans ce cas vis-à-vis de  $R_{3t}$ .

Q A-1.12. Commenter ces résultats, et conclure quant aux paramètres liés au bâti qui influencent le respect de la TIC imposée par la RT 2012.

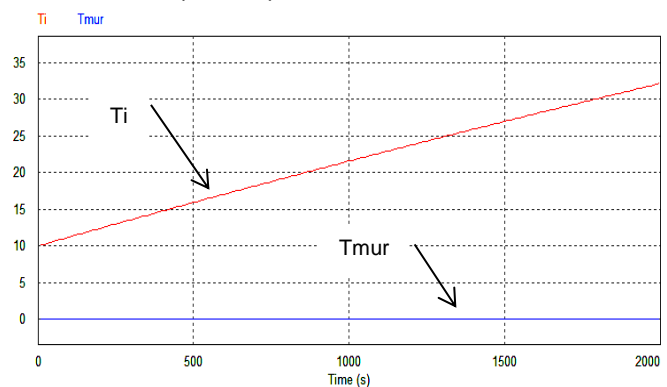
**Problématique en hiver**

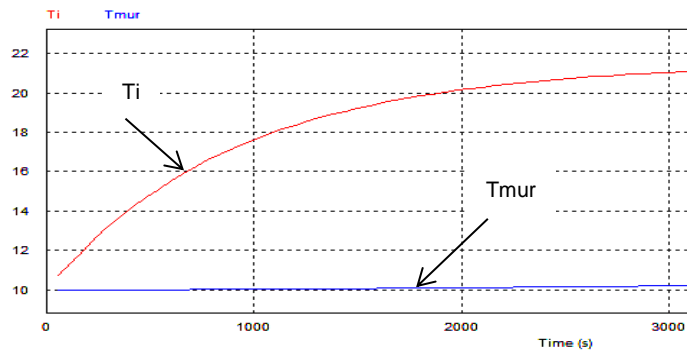
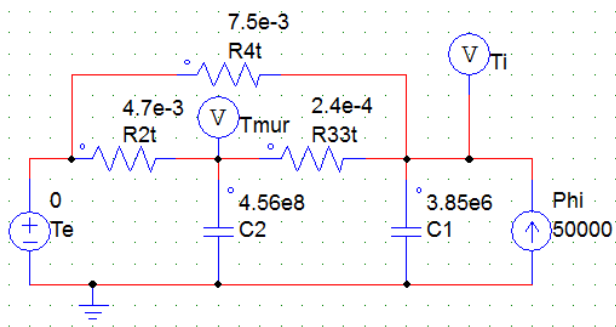
Les deux simulations ci-dessous montrent la montée en température du local avec une température intérieure initiale de 10°C et une température extérieure de 0°C.

Dans les deux cas, la puissance de chauffe est constante (50kW).



**Isolation par l'intérieur**





### Isolation par l'extérieur

Q A-1.13. Commenter ces résultats.

Q A-1.14. La RT 2012 incite à mettre en place des scénarii comportant plusieurs niveaux de températures intérieures régulées en fonction de l'occupation des locaux. Que peut-on en conclure quant au dimensionnement du système de chauffage en fonction du type d'isolation?

### Bilan de l'étude

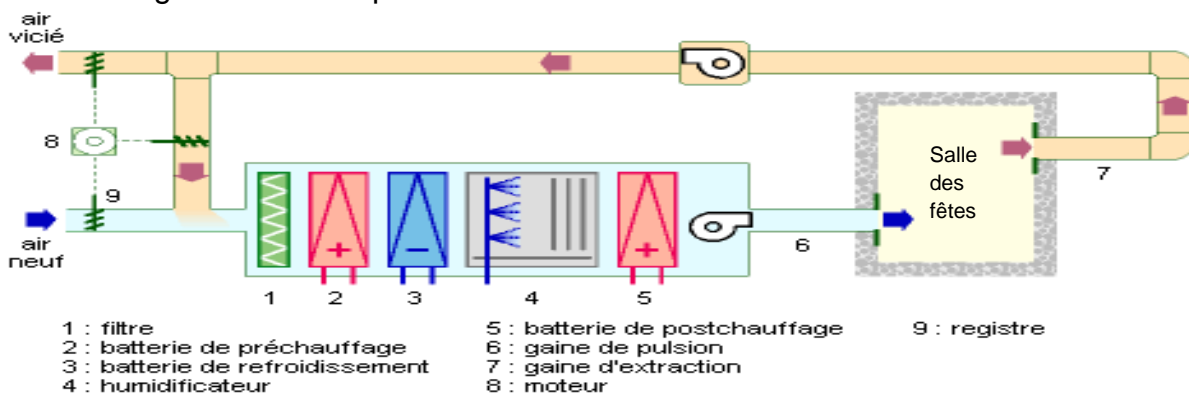
Q A-1.15. Rédiger un paragraphe (de 10 lignes +/- 2 lignes) synthétisant votre travail dans la partie A-1. Vous expliquerez clairement les facteurs influençant le dimensionnement de la puissance de chauffe et les avantages et inconvénients d'une isolation par l'intérieur ou par l'extérieur. Vous montrerez également l'importance de prendre en compte toutes les inerties thermiques ainsi que leur localisation dans les modèles de calcul.

**Partie au choix A2 ou A3**  
**Indiquer clairement sur votre copie le choix retenu (A2 ou A3)**

## Partie A-2 : Chauffage de la salle des fêtes par centrale de traitement d'air associée à une pompe à chaleur

La salle des fêtes est équipée d'une centrale de traitement d'air assurant :

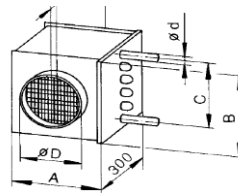
- Le renouvellement de l'air, le contrôle de l'hygrométrie, le filtrage,
- Le chauffage (batterie chaude),
- Le refroidissement (batterie froide),
- La régulation de température.



On rappelle ci-dessus le schéma de principe d'une telle installation.

L'objectif de cette partie est de mettre en évidence la problématique liée à l'association de la batterie chaude avec un système de production d'eau chaude par pompe à chaleur air/eau à compresseur électrique.

### A-2.1. Dimensionnement d'une batterie chaude



Une batterie chaude est un échangeur à plaques dans lequel circule de l'eau chaude. L'air est pulsé dans l'échangeur par un ventilateur afin d'être réchauffé.

Son dimensionnement pour une installation donnée tient compte :

- Des dimensions de la surface d'échange (donc de la taille de la batterie),
- Du débit d'air,
- Des températures d'entrée et de sortie d'eau (appelées aussi « régime d'eau » de la batterie).

Type	N° Réf.	Adapté au ventilateur diamètre ø mm	Caractéristiques sur l'air					Caract. sur l'eau <sup>1)</sup>		Dimensions			
			Puissance		Δ T air		à V	Pertes de charge Δp <sub>w</sub> kPa	Débit d'eau l/h	A	B	C	D
			kW <sup>1)</sup>	kW <sup>2)</sup>	K <sup>1)</sup>	K <sup>2)</sup>	m³/h			mm	mm	mm	mm
<b>WHR 100</b>	9479	100	1,9	0,9	35	17	150	1	84	165	180	140	100
<b>WHR 125</b>	9480	125	2,6	1,1	29	13	250	2	115	165	180	140	125
<b>WHR 160</b>	9481	160	5,5	3,1	38	22	400	11	245	240	255	215	160
<b>WHR 200</b>	9482	200	7,2	4,1	33	19	600	17	317	245	255	215	200
<b>WHR 250</b>	9483	250	10,7	6	37	21	800	8	470	315	330	290	250
<b>WHR 315</b>	9484	315	18,3	10,4	36,2	21	1400	9	810	400	405	365	315
<b>WHR 355</b>	8790	355	24,5	14	38	21,6	1800	9	1080	465	480	420	355
<b>WHR 400</b>	9524	400	26,2	15	36	21	2000	11	1060	465	480	420	400

Ces valeurs sont données pour T° air extérieur 0°C et T° entrée / sortie eau: 1) 90/70 °C 2) 60/40 °C

On donne à titre d'exemple, le tableau ci-dessus permettant de dimensionner une batterie de chauffage.

### Questionnement :

L'une des parties de la salle des fêtes nécessite une puissance crête de chauffage de 5,5kW lorsque la température extérieure est de 0°C.

On souhaite comparer deux choix de régime d'eau : 90/70°C ou 60/40°C.

Q A-2.1. Montrer que le choix du régime d'eau influe fortement sur le dimensionnement de la batterie chaude ainsi que sur le dimensionnement des ventilateurs de soufflage.

Conclure.

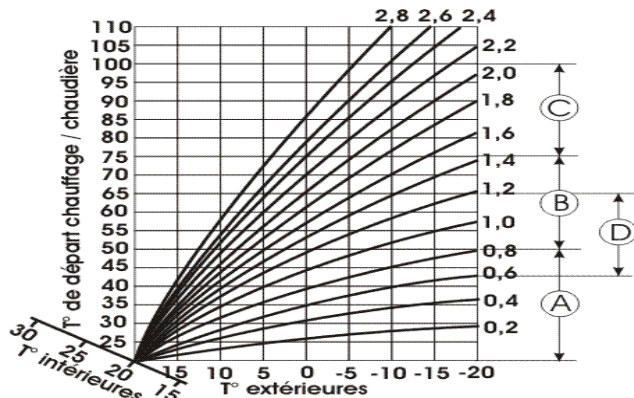
### A-2.2. Production d'eau de chauffage par pompe à chaleur

L'eau de chauffage est produite grâce à une pompe à chaleur air/eau utilisant un compresseur électrique.

Le choix d'un tel système va générer des contraintes importantes quant au dimensionnement de la puissance de chauffage installée.

Dans des systèmes « classiques » de type chaudière, il est courant de surdimensionner la puissance thermique crête car celle-ci n'a qu'une faible influence sur l'installation et son coût.

Dans le cas d'une pompe à chaleur, la puissance thermique dépend du dimensionnement des échangeurs et du compresseur, et a un effet direct sur la taille et le coût de l'installation. De plus la puissance thermique disponible dépend fortement de la température extérieure.



- A Plage pour les planchers chauffants.
- B Plage pour les chauffages basse température.
- C Plage pour les chauffages nécessitant une température élevée (aérothermes).
- D Plage pour les chauffages avec radiateurs surdimensionnés.

### Courbe de chauffe d'un système de chauffage

Dans les systèmes de production d'eau de chauffage, la température de départ de l'eau est modulée en fonction de la température extérieure.

Elle est définie par une courbe de chauffe dont le choix doit permettre de disposer d'une température de départ suffisante pour assurer le fonctionnement à puissance maximale du système de chauffage, en fonction du type d'effecteur installé.

L'étude porte sur le choix de la courbe de chauffe assignée à la pompe à chaleur, sachant que celle-ci va influencer sur le choix des batteries chaudes de la CTA.

Vous trouverez sur le **document 2** (page 33/43) toutes les informations utiles relatives aux principes de fonctionnement d'une PAC air/eau.

L'étude prend appui sur la PAC Amzair BBCsilenz 5 décrite dans la partie B et dont vous disposez pour vos exploitations pédagogiques. Cette PAC a une puissance réduite par rapport à celle qui équipera la salle des fêtes, mais toutes les conclusions fournies par votre étude sont transposables.

### Questionnement

#### **Coefficient de performance et puissance thermique fournie :**

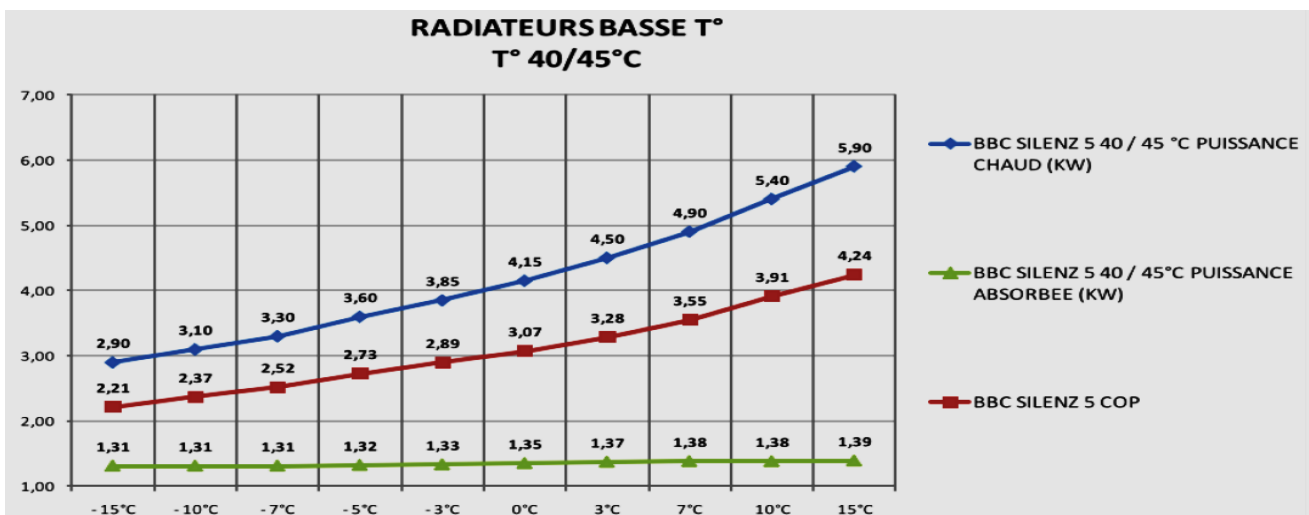
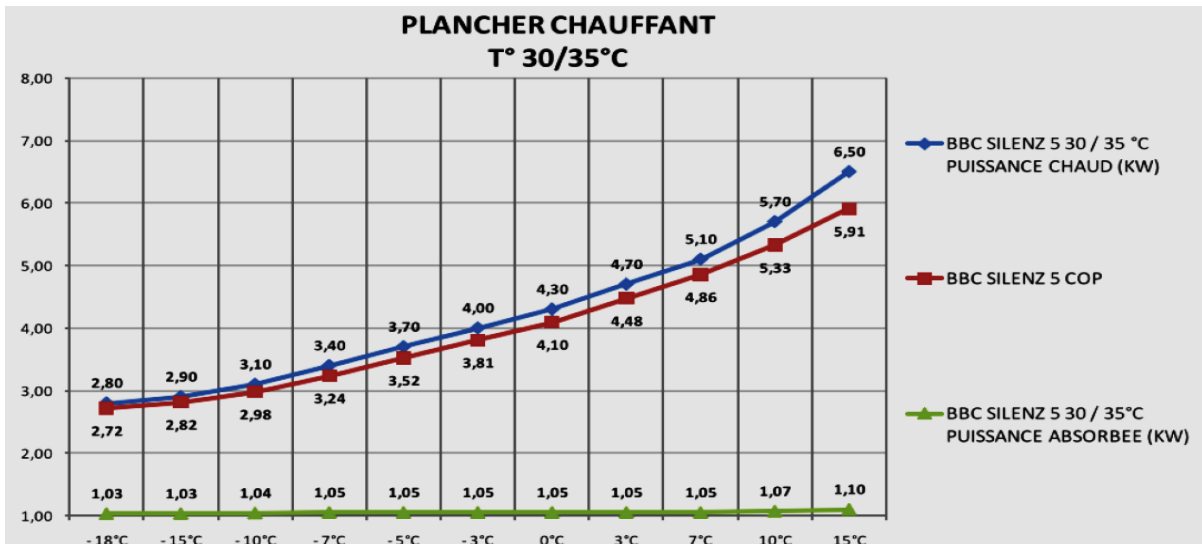
On rappelle que pour l'énergie électrique, la production de 1kWh d'énergie finale nécessite 2,58 kWh d'énergie source.

Q A-2.2. Justifier le fait que dans le calcul de la contribution des énergies renouvelables au CEP, la RT 2012 précise que seule la part du coefficient de performance (COP) supérieure à 2,58 doit être prise en compte.

On donne ci-dessous les relevés constructeur du COP et de la puissance thermique fournie par la BBC silenz 5 en fonction de la température extérieure (température de source froide), pour deux cas d'utilisation en terme de régime d'eau (source chaude) :

- Chauffage par plancher chauffant basse température 30/35°C,
- Chauffage par radiateurs basse température 40/45°C.

## Courbes de performance



Q A-2.3. Estimer dans chaque cas la température extérieure minimale permettant d'obtenir un COP > 2,58.

Q A-2.4. Commenter l'évolution de la puissance de chauffe et du COP en fonction de la température extérieure et du régime d'eau choisi. Proposer des solutions permettant de répondre aux problèmes constatés en QA-2.3 et QA-2.4.

### Principes de fonctionnement

Dans le cycle de fonctionnement d'une PAC (voir Document 2, page 33/43) et en l'absence de pertes de charges :

Q A-2.5. Justifier que la compression est isentropique.

Q A-2.6. Justifier que la condensation et l'évaporation sont isobares.

Q A-2.7. Justifier que la détente est isenthalpe.

### Influence de la température de départ sur le COP

On admet que dans le cycle de la BBC Silenz 5 (l'ordre des informations permet de tracer le cycle plus facilement...)

- La température du fluide en entrée de condenseur et après désurchauffe est supérieure de 10° à celle du départ d'eau (source chaude),
- Le sous refroidissement est de 5°C,

- La température du fluide en entrée d'évaporateur est inférieure de 10°C à celle de l'air extérieur (source froide),
- La température de surchauffe est de 8°C,
- La température extérieure est de 0°C.

Sur le document réponse QA2.8, QA2.9, QA2.10 donné en annexe (page 27/43), le diagramme de Mollier correspondant à un départ d'eau à 35°C a été tracé.

Q A-2.8. Relever graphiquement les valeurs de Q2 et W (en kJ/kg), en déduire le COP<sub>35</sub> théorique.

Q A-2.9. Sur le même document, tracer le diagramme de Mollier correspondant au fonctionnement de la PAC pour un départ d'eau à 65°C.

Q A-2.10. Relever graphiquement le COP<sub>65</sub> théorique.

On notera que ces COP ne prennent pas en compte les pertes de charge, les déperditions thermiques, le rendement du compresseur... Il est donc optimiste par rapport aux COP relevés en fonctionnement dans les mêmes conditions.

### **Synthèse de la partie A-2**

Q A-2.11. Rédiger un paragraphe de 10 lignes +/- 2 lignes synthétisant votre travail et montrant l'importance du choix de la courbe de chauffe et l'influence de la température extérieure relativement au dimensionnement de la PAC. Vous montrerez aussi quelles sont:

- Les contraintes permettant la prise en compte de son COP dans le calcul du CEP du bâtiment vis-à-vis de la RT 2012,
- Les contraintes liées au choix des batteries chaudes et de la ventilation intégrées à la CTA.

### **Partie au choix A2 ou A3.**

**Indiquer clairement sur votre copie le choix retenu (A2 ou A3)**

## **Partie A-3 : Réseaux de communication et RT 2012**

Pour valider les 3 exigences (CEP max , Bbiomax et TIC ref) et la gestion des locaux, la mise en place de réseaux de communication permet de mettre en œuvre la RT 2012 et d'assurer une efficacité énergétique performante.

### **A-3.1. Analyse du cahier des clauses techniques particulières (CCTP):**

Extrait du CCTP :

#### **MARS2011 35**

##### **Eclairage des circulations**

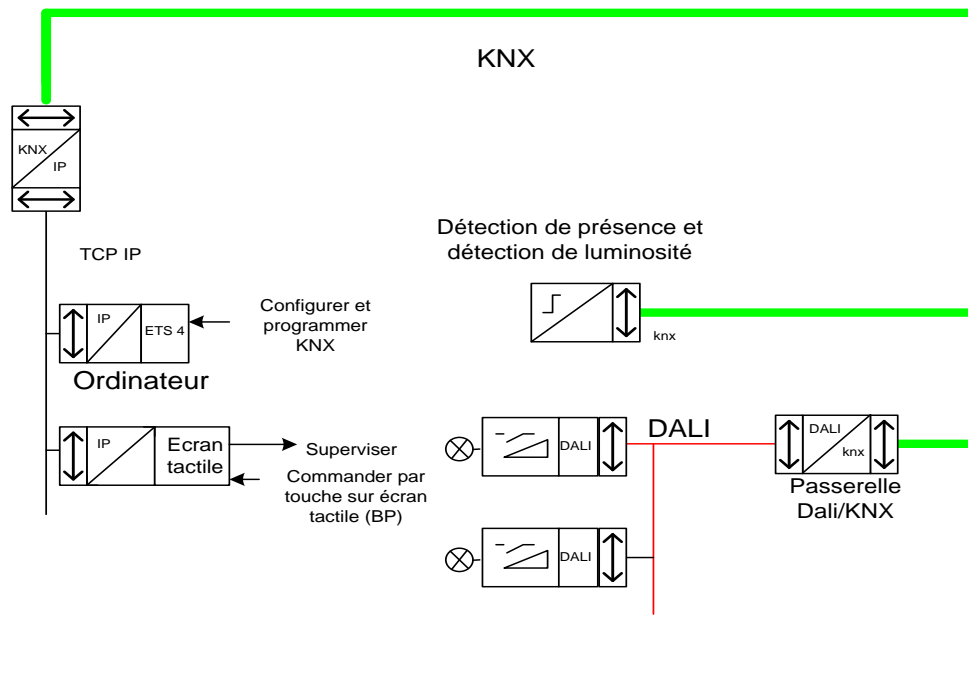
Pour les circulations, on prévoira la mise en œuvre d'une gestion sur bus avec pilotage par boutons poussoir depuis l'écran tactile de la salle principale, pilotage automatique par détection de présence et sonde de luminosité. La gestion par bus permettra de réaliser des pilotages variés en fonction de multicritères : présence, sonde de luminosité, sonde crépusculaire et programme horaire. Ceci permettra d'optimiser la gestion des zones de circulations.

Chaque circulation disposera d'un éclairage piloté par détecteurs de présence et commande manuelle depuis l'écran tactile.

L'ensemble des luminaires des circulations devra disposer d'un ballast électronique de type corridor pour répondre aux exigences d'accessibilité aux personnes à mobilité réduite.



On donne le schéma de principe mettant en œuvre les réseaux de communication TCP/IP, KNX et DALI qui remplit le CCTP ci-dessus (voir symboles pages 15).



## Questionnement :

### Réseaux

- Q A-3.1. Tracer le schéma structurel des entrées /sorties qui permet de piloter l'éclairage des passages communs à partir des demandes d'allumage ou d'extinction (présence ...). Compléter le document réponse QA-3.1 (page 28/43).
- Q A-3.2. A partir de la norme ci jointe, tracer les chronogrammes de fonctionnement des passages communs avec la fonction corridor. (Document réponse QA-3 2 page 28/43).  
Chronogramme 1 version de base.  
Chronogramme 2 optimisation, expliquer votre configuration.

#### Extrait de la norme : Fonction Corridor :

Chronogramme 1 : Développée par Tridonic, cette fonction est d'une grande simplicité et permet de réaliser facilement des économies d'énergie dans les pièces nécessitant un éclairage 24h/24h pour des raisons de sécurité comme des parkings, des escaliers, des couloirs...

La fonction Corridor assure des fonctionnalités supplémentaires par rapport à une simple détection de présence. En effet, elle n'éteint pas instantanément la lumière en cas d'absence, mais varie la luminosité à une valeur prédéterminée. La luminosité est incrémentée à une valeur de 100% et réduit automatiquement à 10% lorsque la cellule ne détecte plus.

Chronogramme 2 : Une version paramétrable est aussi proposée pour déterminer les niveaux d'éclairage (1 à 100%), le temps de passage entre les niveaux et un délai d'extinction (jamais éteint ou de 0 à 42 mn). Il est également possible de paramétrer une temporisation au moment de l'allumage.

- Q A-3.3. Suivant un scénario type calculer les économies potentielles d'énergie réalisées par ce type de fonctionnement et le comparer à une ancienne solution allumage permanent.
- Considérer le fonctionnement original suivant:
- Le bâtiment est constitué de 17 couloirs et passages, comportant chacun 19 lampes équipées de ballast de type corridor 2 X14 W T5 (documentation technique ci jointe), allumées 24h/24h. Le ballast consomme 30,5W. Prendre en compte 6 passages par heure

en moyenne avec un allumage de 2 minutes, rampes gradations comprises de 10 secondes.

Position mini à 10 %.(prix du kWh : 11 cts d'euro) / Prix d'un ballast Dali : 114 euros (actuellement tous les ballasts Dali possèdent la fonction corridor que l'on doit programmer).

**Données techniques :**

Source lumineuse: 2 x T16 / 14W, flux lumineux global: 2400 lm, rendement lumineux des luminaires: 72 lm/W, indice rendu des couleurs: 80.Puissance totale consommée avec ballast Pt=30,5 W.

Q A-3.4. A partir du CCTP dessiner l'architecture de la partie pilotage de l'installation en utilisant les symboles proposés (pages 15) et compléter par vos propositions le document réponse QA-3.4 (page 29/43). Justifier vos réponses.

**Consignes :**

- Séparer le réseau IP,
- Sur le réseau KNX représenter les modules d'entrées et de sorties séparément.

Extrait du CCTP

GESTION TECHNIQUE - CONCEPTION SPECIFIQUE  
ROESCHWOOG REHABILITATION DE LA SALLE POLYVALENTE  
LOT N° 11 : ELECTRICITE CCTP

Une interface ludique tactile.

La gestion devra permettre une gestion indépendante des équipements pilotés avec la mise en oeuvre d'une communication par protocole ouvert et standard. De base, la gestion mise en oeuvre permettra la gestion des équipements suivants :

Eclairage : gestion des scénarii, variation de lumière, programmation horaire.

Audiovisuel : gestion et pilotage des équipements.

Chauffage - Ventilation : choix des modes de fonctionnement : choix manuel et automatisé.

Alarme incendie : affichage de toutes les alarmes

Alarmes techniques : affichage de toutes les alarmes

La structure principale sera mise en oeuvre par le présent lot et se composera des éléments principaux suivants:

Un automate communicant avec communication sur réseau IP

Les modules de gradation de lumière : DALI ; 1/10V, DMX512

Des organes de pilotage : capteurs

Des interfaces et passerelles IP pour la reprise des équipements CVC (chauffage-ventilation- climatisation) – les équipements CVC seront sous protocole IP – le présent lot prévoira la mise en oeuvre des passerelles adéquates (MODBUS vers IP) vers le réseau IP.

Des modules d'entrée pour l'interface des alarmes

Un bus de communication

Une structure VDI ainsi que la structure VLAN (commutateur de niveau 3) pour l'intercommunication des équipements sous réseau IP. On prévoira la mise en oeuvre d'un écran tactile au niveau de la salle principale.

En complément, des commandes seront placées dans les locaux. Au niveau des commandes, on disposera de 3 types de commandes :

Boutons poussoirs pour variation : un BP montée et un BP descente

Détecteurs de présence

Bouton poussoir pour circuits TOR.

Interface DMX512 avec le gradateur – le présent prévoira la liaison DMX512 vers la centrale de gestion.

Chauffage Ventilation :

Les régulateurs du lot CVC seront à connexion IP via une passerelle à mettre en oeuvre par le présent lot (passerelle MODBUS / IP). Le présent lot se chargera de la mise en réseau de ces organes et de la programmation de ces équipements en fonction des paramètres météo, horaires, présence et autres.

Dans la salle principale, on prévoira la mise en œuvre d'une sonde de température (avec affichage sur l'écran tactile) et une sonde CO2 (affichage également sur écran tactile) – les 2 sondes permettront une gestion vers les équipements CVC.

Equipements Audiovisuels :

Le présent lot prévoira le pilotage des équipements audiovisuels par des liaisons RS232 ou infrarouge pour le pilotage de l'ensemble des organes de commande des différents équipements.

Sonorisation : pilotage de la table de mixage : volume, choix des sources en sorties, mute.

Projection Vidéos : pilotage des 3 écrans de projections, Des 3 vidéo projecteurs (allumage, extinction, choix de la source), pilotage de la grille de commutation.

Alarme incendie.

Affichage de toute alarme incendie.

Alarme intrusion.

Affichage de toute alarme par zones définies (base : 8 zones minimum).

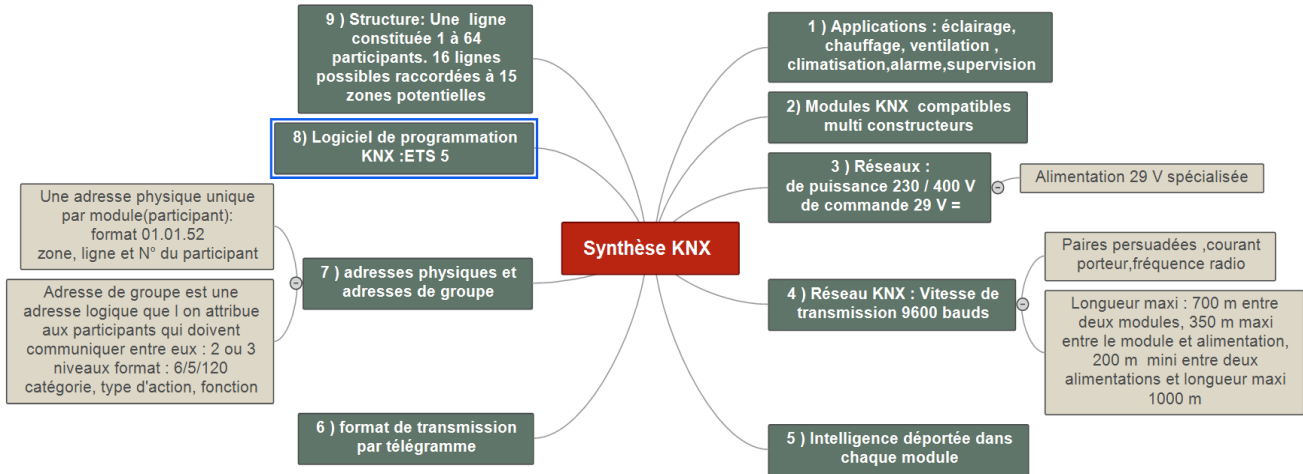
Alarmes techniques.

Le présent lot prévoira la remontée d'un minimum de 12 alarmes techniques dont :

départs des TBT, départs ascenseur, départ Chaufferie, départs Ventilation, départ Sécurité Incendie, départ alarme intrusion. Chaque départ disposera donc d'un contact auxiliaire pour renvoi vers la GTC. Chaque alarme sera reprise par des modules d'entrées et affichée sur l'écran tactile avec un repérage spécifique significatif.

Symboles de circuit du KNX					
Symbole	Désignation	Symbole	Désignation	Symbole	Désignation
<b>Appareils de base</b>					
	Alimentation		Capteur général avec tension auxiliaire, p. ex. alternative		Capteur de vitesse du vent
	Bobine		Capteur de volet, p. ex. 2 canaux	<b>Actionneurs</b>	
	Alimentation avec bobine intégrée		Capteur tout ou rien, p. ex. 4 canaux, p. ex. pour le continu		Actionneur, général
Forme1 Forme2 	Coupleur de bus		Capteur binaire, p. ex. 4 canaux, p. ex. pour l'alternatif		Actionneur avec tension auxiliaire
	Connecteur		Émetteur IR pour fonctionnement sur pile, p. ex. 4 canaux		Actionneur avec temporisation
	Coupleur de lignes (CL), coupleur de zones (CZ), Amplificateur de lignes (AL), xx : CL, CZ ou AL		Récepteur IR/ décodeur, p. ex. 4 canaux		Actionneur de commutation, commutateur, sortie binaire n canaux, pas libre de potentiel
	Remplacer Interface xxx par COM, USB, RS 232, IP		Capteur d'éclairage		Actionneur de commutation, n canaux, libre de potentiel
	Coupleur réseau KNX au RNIS		Capteur de température		Actionneur de volet, interrupteur pour volet, 2 canaux
	Module logique		Détecteur de dioxyde de carbone		Actionneur variable, actionneur interrupteur/ variableur
<b>Capteurs</b>					Actionneur analogique
	Capteur à touche, p. ex. bouton-poussoir avec 2 contacts de travail		Capteur temporel, horloge	<b>Autres éléments</b>	
	Capteur variableur, p. ex. 2 canaux		Interrupteur horaire, minuterie		Interrupteur avec p. ex. entrée binaire, sortie binaire, p. ex. 2 canaux
					Unité d'affichage, affichage d'informations

### A-3.2. trame KNX.



### Questionnement :

Q A-3.5. A partir de l'extrait du schéma simplifié des adresses KNX de la salle des fêtes, lister sur le document réponse QA-3.5 (page 29/43) les adresses présentes et les classer par types entrées / sorties (les classer en ordre croissant).

ROESCHWOOG		KNX		KNX		KNX		KNX		KNX		KNX	
Boutons Pousoirs avec Led		Boutons Pousoirs avec Led		DALI Convertisseurs		Compteur via transformateur		PD4-KNX DIM FP		RMU 710		4X16 A	
1 voie		1 voie		65 charges		TE 370		92.33 AT		RMU 720		4 contacteurs	
2071.01LED		2072.02LED		33 groupes				détecteur de présence		RMU 760		2308	
Eclairage				Eclairage						Régulateur de chauffage et de CTA			
2097 RECHE				2097 RECHE									
nombre	X26	X2	X2	X3	X14							X4	
1.1.	12 18 19 26	1.1.71	1.1.110	1.1.120	1.1.13 14 15 16 17	1.1.60 CTA BAR						1.1.103	
	27 28 29 30	1.1.72	1.1.111	1.1.121	1.1.38 39 40 41 48	1.1.61 CTA CUISINE						1.1.104 105 106	
	31 37 42 49			1.1.122	1.1.59 61 62 69	1.1.163 CTA VESTIAIRE							
	50 51 52 53					1.1.164 CTA GRANDE SALLE							
	54 55 56 57					1.1.165 ANNEXE							
	58 60 73 74 75 76												

Q A-3.6. Compléter le tableau du document réponse QA-3.6 (page 30/43) avec l'adresse de groupe liée à l'adresse physique 1.1.16 . Compléter le tableau des adresses physiques liées à l'adresse de groupe trouvée.

Participant	Fabricant	Numéro d'ordre	Produit	Programme d'Application
	<i>Description</i>			
	<i>Bâtiment</i>			
	<i>Commentaire</i>			<i>Statut d'achèvement</i>
<b>Zone</b>	<b>1</b>		<b>Nouvelle zone</b>	
<b>Ligne</b>	<b>1.1</b>	<b>TP</b>	<b>Nouvelle ligne</b>	
	<i>107 Participants en ligne</i>			

01.01.016 B.E.G. 92434AT PD4-KNX-DIM-FP BEG\_DIM\_HKL\_AT\_V4.0 4.0

Objets	Texte de Fonction	Priorité	Indicateur	Type	Adresses de Groupe
	<i>Description</i>				
0	Sortie lumière	Low	CR-T--	1 Bit	6/5/61S
	<i>CMD MINUT ECL (DEGAGEMENT 8)</i>				
4	Mouvement externe	Low	C-W---	1 Bit	
5	Objet bouton poussoir éclairage	Low	C-W---	1 Bit	
10	Sortie CVC 1	Low	C--T--	1 Bit	
12	Sortie CVC 2	Low	C--T--	1 Bit	
14	Indice de lamination	Low	CR-T--	2 Bytes	
14	Indice de lamination	Low	CR-T--	2 Bytes	

**Détail des Adresses de Groupe MOC ROESCHWOOG**

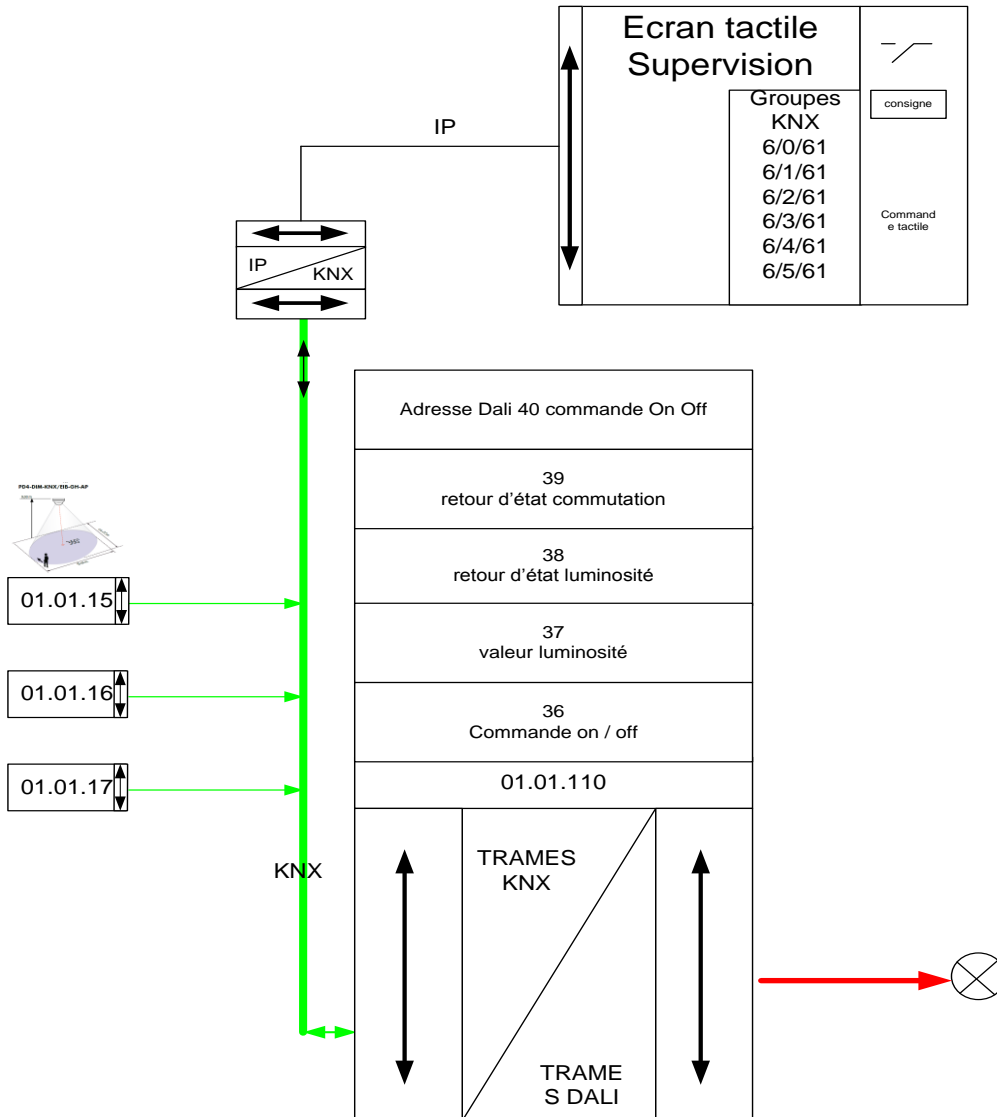
Groupe principal	Nom	Description	P (Coupleur de Ligne non filtre)				
Groupe médian		Description	C (Central) / P (")				
Adresse de Groupe	Nom	Type	Description	Commentaire			
	<b>6/5</b>	<b>CMD MINUT ECL</b>					
	<b>6/5/61</b>	CMD MINUT ECL (DEGAGEMENT 8)	1 Bit	- / -			
Participant Objets	Produit Texte de Fonction	Description	Pièce Texte	Commentaire Datapoint Type	Adresses de Groupe	Priorité	Indicateurs
01.01.015 0	PD4-KNX-DIM-FP	CMD MINUT ECL (DEGAGEMENT 8)	Sortie lumière		6/5/61S	Low	CR-T-
01.01.016 0	PD4-KNX-DIM-FP	CMD MINUT ECL (DEGAGEMENT 8)	Sortie lumière		6/5/61S	Low	CR-T-
01.01.017 0	PD4-KNX-DIM-FP	CMD MINUT ECL (DEGAGEMENT 8)	Sortie lumière		6/5/61S	Low	CR-T-
01.01.110 40	DALI-Gateway Mode minuterie d'esca. ON/OFF	CMD MINUT ECL (DEGAGEMENT 8)	[6] Dégagement 8 -Escalier Danse		6/5/61S	Low	C-W---
	<b>6/5/62</b>	CMD MINUT ECL (DEGAGEMENT 7)	1 Bit	- / -			
Participant Objets	Produit Texte de Fonction	Description	Pièce Texte	Commentaire Datapoint Type	Adresses de Groupe	Priorité	Indicateurs
01.01.020 0	PD4-KNX-DIM-FP	CMD MINUT ECL (DEGAGEMENT 7)	Sortie lumière		6/5/62S	Low	CR-T-
01.01.110 47	DALI-Gateway Mode minuterie d'esca. ON/OFF	CMD MINUT ECL (DEGAGEMENT 7)	[7] Dégagement 7 Coul Coté Bar 2		6/5/62S	Low	C-W---

**Détail de Topologie MOC ROESCHWOOG**

Participant	Fabricant	Numéro d'ordre	Produit	Programme d'Application		
Description						
Bâtiment						
Commentaire		Statut d'achèvement				
	<b>Zone 1</b>	<b>Nouvelle zone</b>				
	<b>Ligne 1.1</b>	<b>TP</b>	<b>Nouvelle ligne</b>			
107 Participants en ligne						
	01.01.110	Albrecht Jung	2097REGHE	DALI-Gateway	DALI Gateway C00C11	1.1
	30	[5] Hall Accueil	Valeur de luminosité	Low	C-W---	1 Byte 6/3/60S
	31	[5] Hall Accueil	Retour info état luminosité	Low	C--T-	1 Byte 6/4/60S
	32	[5] Hall Accueil	Retour info état sur commut.	Low	C--T-	1 Bit 6/1/60S
	33	[5] Hall Accueil	Mode minuterie d'esca. ON/OFF	Low	C-W---	1 Bit 6/5/60S
	35	[6] Dégagement 8 -Escalier Danse	Commuter ON/OFF	Low	C-W---	1 Bit 6/0/61S
	36	[6] Dégagement 8 -Escalier Danse	Varier	Low	C-W---	4 Bit 6/2/61S
	37	[6] Dégagement 8 -Escalier Danse	Valeur de luminosité	Low	C-W---	1 Byte 6/3/61S
	38	[6] Dégagement 8 -Escalier Danse	Retour info état luminosité	Low	C--T-	1 Byte 6/4/61S
	39	[6] Dégagement 8 -Escalier Danse	Retour info état sur commut.	Low	C--T-	1 Bit 6/1/61S
	40	[6] Dégagement 8 -Escalier Danse	Mode minuterie d'esca. ON/OFF	Low	C-W---	1 Bit 6/5/61S
	42	[7] Dégagement 7 Coul Coté Bar 2	Commuter ON/OFF	Low	C-W---	1 Bit 6/0/62S

Q A-3.7. Remplir le tableau du document réponse QA-3.7 (page 30/43) avec les adresses de groupe liées au dégagement 8 escalier danse.

On donne le schéma suivant qui permet de valider les échanges des données, pour allumer les lampes du couloir à partir des réseaux IP, KNX et Dali



Q A-3.8. Après la détection d'un passage dans le couloir (détecteur d'adresse 1.1.16), décrire de façon détaillée le séquençement des échanges jusqu'à la commande du ballast. Préciser l'adresse physique de pilotage dans l'interface Dali/KNX. De la même façon, décrire le retour de luminosité du ballast Dali sur la supervision. Préciser l'adresse de groupe et l'adresse physique utilisées (infos techniques page 17).

Q A-3.9. Analyser la documentation KNX du détecteur luxomat donnée page 19 ainsi que la configuration KNX page 20 :

Lorsque le module de détection envoie le télégramme On/Off sur le réseau KNX, comment le seuil de luminosité est-il pris en compte ?

Quelles informations possède la supervision sur le détecteur ?



En fonction de la luminosité donner le temps avant abaissement de la lumière.  
Donner la valeur du seuil de luminosité.



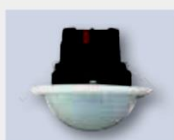
..... | **LUXOMAT® PD4-DIM-KNX/EIB-AP/-FP/-EN**



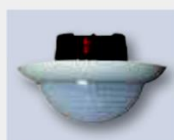
Pour KNX



AP



FP



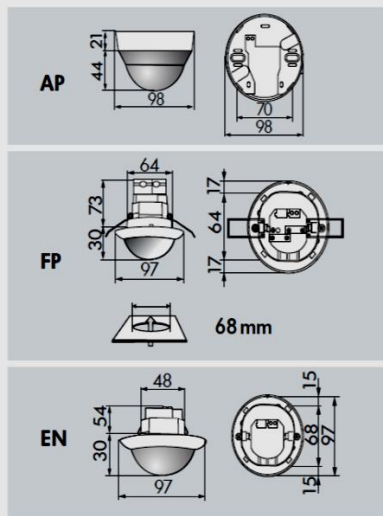
EN

■ CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

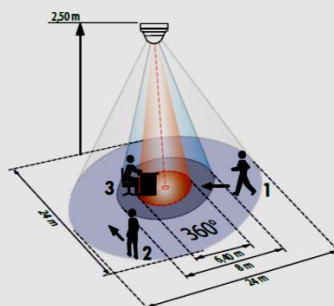
- 24 VDC du système KNX-BUS
- 360°
- assise Ø 6,40 m
- transversale Ø 24,00 m
- radiale Ø 8,00 m
- AP/FP/EN = IP20 / Classe II / C E
- AP Ø 98 x H 65 mm
- FP Ø 97 x H 103 mm
- EN Ø 97 x H 84 mm
- 25°C à +55°C
- Boîtier qualité supérieure, PC UV-résistant
- pour l'intégration dans les systèmes BUS KNX

❗ INFORMATIONS PRODUITS

- Détecteur de présence **LUXOMAT® PD4-DIM-KNX/EIB** pour de la domotique en BUS KNX
- Coupleur de BUS intégré. Raccordement via des fiches de raccordement de BUS standard WAGO.
- **Base de données:**
- Avec la base de données BEG\_DIM\_HKL\_V4.0; quatre modes de fonctionnement différents sont disponibles:
  - Mode commutation (semi-automatique ou entièrement automatique)
  - Mode variation (semi-automatique ou entièrement automatique avec **réglage constant de la lumière**)
  - Mode Esclave



⚠ Veuillez prendre en compte la version de l'appareil et du logiciel avant la programmation.  
⚠ Schémas de raccordement: p. 157!



- 1 Approche du détecteur de face
- 2 Approche du détecteur en biais
- 3 Activité assise

- Variateur permanent (réglage de l'éclairage indépendamment de la présence)
- Choix de trois valeurs de consigne: deux valeurs de consigne réglées (prédéfinies en lux) et une valeur de consigne en valeur fixe (prédéfinie en %)
- Les valeurs de consigne peuvent être changées via l'objet de communication.
- Possibilité démarrage progressif jusqu'à la valeur de consigne lors de pour la mise en marche de l'éclairage
- Facteur de réflexion pour une meilleure adaptation aux conditions ambiantes
- Canaux CVC (canaux de commutation) désormais commutable via bouton-poussoir et présence
- Objets de communication principaux:
  1. 1x Sortie de commutation ou 2x Sorties de gestion de la lumière
  2. 2x Canaux de commutation pour les messages de présence ou les commandes CVC (Chauffage, ventilation, climatisation)
  3. Sortie des valeurs actuelles mesurées en Lux

**Détail de Topologie MOC ROESCHWOOG**

Participant	Fabricant	Numéro d'ordre	Produit	Programme d'Application
	<i>Description</i>			
	<i>Bâtiment</i>			
	<i>Commentaire</i>			<i>Statut d'achèvement</i>
<b>Zone</b>	<b>1</b>		<b>Nouvelle zone</b>	
<b>Ligne</b>	<b>1. 1</b>	<b>TP</b>	<b>Nouvelle ligne</b>	
	<i>107 Participants en ligne</i>			

01.01.016 B.E.G. 92434AT PD4-KNX-DIM-FP BEG\_DIM\_HKL\_AT\_V4.0 4.0

<b>Sortie lumière</b>	
Mode de fonctionnement du détecteur	Mode normal
=====	
Sortie lumière:	Commutation
Temps de fonctionnement par inertie	10
Secondes	
Temps de fonctionnement par inertie	0
Minute	
Temps de fonctionnement par inertie	0
Heures	
Extinction en fonction de la lumière du	1 Minute
jour	
Type de télégramme de commutation:	1 Bit, Allumé/Éteint
=====	
Blocage par des objets possible:	Blocage inactif
Envoi du télégramme d'allumage:	A chaque détection
<b>Luminosité</b>	
Luminosité seuil: 20 ... 1200 lx	150
Activer seuil supplémentaire?	Aucun
=====	
Calcul du seuil arrêté après	1 Minute
Tolérance	50 Lux
<b>Capteur de lumière</b>	
Indice de réflexion:	1
Valeur de correction: -200 ... 200 lx	0
valeur de Lux transmise par l'objet:	Envoyer l'indice de l'illumination en cas de variation
Transmis en cas de changement:	Modification > 10 Lux
=====	

<b>Sortie CVC 1</b>	
Type de fonctionnement de la	Mode normal
sortie CVC 1:	
=====	
Temps de fonctionnement par inertie	0
Secondes	
Temps de fonctionnement par inertie	10
Minute	
Temps de fonctionnement par inertie	0
Heures	
=====	
Longueur du temps d'observation:	10 Secondes
Longueur du temps d'observation:	2
=====	
Blocage par des objets possible:	Blocage inactif
<b>Sortie CVC 2</b>	
Type de fonctionnement de la	Mode normal
sortie CVC 2	
=====	
Temps de fonctionnement par inertie	0
Secondes	
Temps de fonctionnement par inertie	10
Minute	
Temps de fonctionnement par inertie	0
Heures	
=====	
Longueur du temps d'observation:	10 Secondes
Longueur du temps d'observation:	2
=====	
Blocage par des objets possible:	Blocage inactif

Q A-3.10. Nous devons analyser un autre couloir dont les détecteurs sont aux adresses 1.1.38 à 1.1.40.

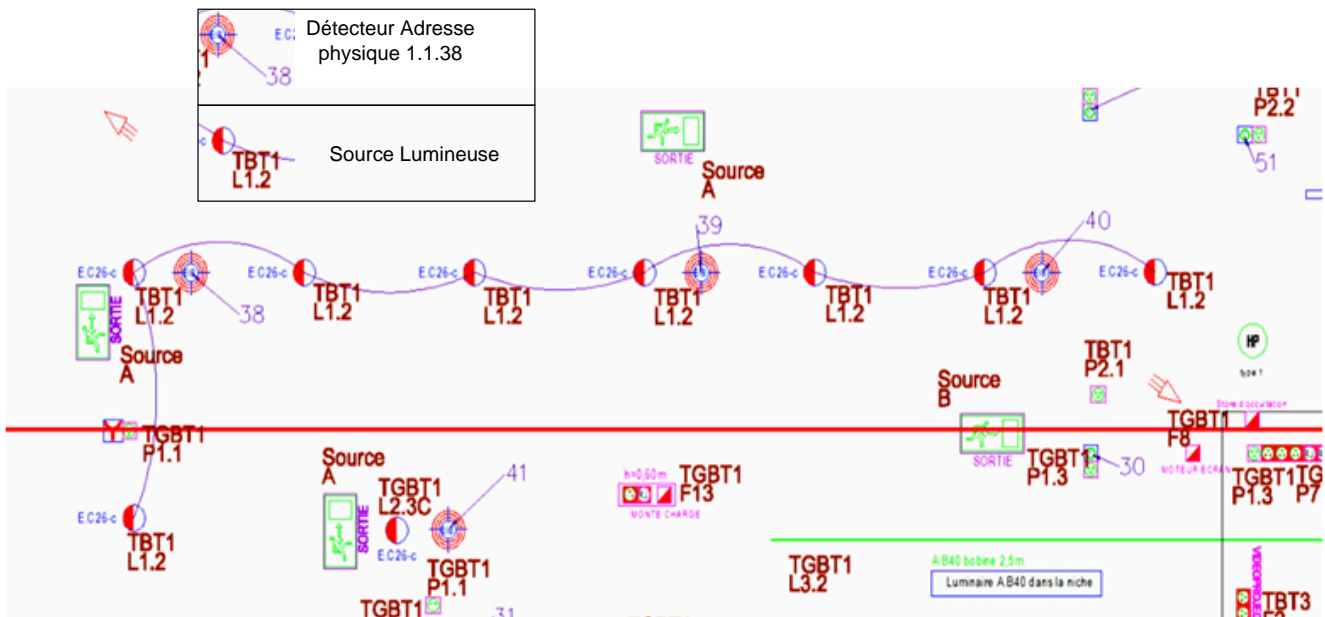
Décoder sur le document réponse QA-3.10 (page 30/43) la trame suivante :

Trame 26 : BC 11 28 35 41 E1 00 81 6E

Justifier et expliquer sa structure.

Décrire l'action réalisée (voir document page 22/43).

Q A-3.11. Analyser et justifier le schéma structurel suivant lié à la question QA-3.10 sur l'analyse des échanges.



Q A-3.12. Le document ci-dessous représente l'horodatage des trames échangées lors de l'allumage et l'extinction d'un corridor.

Analyser les trames d'échange réalisées lors d'un diagnostic de fonctionnement :

Trames 25 à 29 , 31 et 32 ,34, 36 et 37

Donner les temps de fonctionnements de l'éclairage.

#	Heure	Service	Indicateurs	Prio	Source.adr	Dest.adr	Rout	Type	DPT	Info
25	2014-09-17 16:14:17.367	du bus	S=3	Low	1.1.40	6/5/65	6	Ecrire		\$01   Marche
26	2014-09-17 16:14:18.435	du bus	S=5	Low	1.1.40	6/5/65	6	Ecrire		\$01   Marche
27	2014-09-17 16:14:20.471	du bus	S=7	Low	1.1.39	6/5/65	6	Ecrire		\$01   Marche
28	2014-09-17 16:14:21.296	du bus	S=1	Low	1.1.39	6/5/65	6	Ecrire		\$01   Marche
29	2014-09-17 16:14:21.487	du bus	S=3	Low	1.1.40	6/5/65	6	Ecrire		\$01   Marche
30	2014-09-17 16:14:21.569	du bus	S=5	Low	1.1.123	10/3/5	6	Ecrire		00 00 00 00   0
31	2014-09-17 16:14:24.283	du bus	S=7	Low	1.1.39	6/5/65	6	Ecrire		\$01   Marche
32	2014-09-17 16:14:24.535	du bus	S=1	Low	1.1.40	6/5/65	6	Ecrire		\$01   Marche
33	2014-09-17 16:14:27.089	du bus	E S=3	Normal	14.4.17	10.2.40	1	MemoryRead		Count=7, Address=EB
34	2014-09-17 16:14:27.539	du bus	S=4	Low	1.1.40	6/5/65	6	Ecrire		\$01   Marche
35	2014-09-17 16:14:31.877	du bus	E S=6	Normal	14.4.17	10.2.40	1	MemoryRead		Count=7, Address=EB
36	2014-09-17 16:14:32.606	du bus	S=7	Low	1.1.39	6/5/65	6	Ecrire		\$00   Arrêt
37	2014-09-17 16:14:35.159	du bus	S=1	Low	1.1.40	6/5/65	6	Ecrire		\$00   Arrêt
38	2014-09-17 16:15:07.767	du bus	E S=3	Normal	14.4.17	10.2.40	1	Ox107		EB 00 64 02 35 04 1A
39	2014-09-17 16:15:09.555	du bus	S=4	Low	1.1.121	10/2/4	6	Ecrire		43 38 00 00   187
40	2014-09-17 16:15:22.369	du bus	S=6	Low	1.1.164	1/1/7	6	Ecrire		\$00   Arrêt

Q A-3.13. Rédiger un paragraphe d'une dizaine de lignes mettant en évidence l'intérêt d'utiliser un réseau de communication dans la gestion des bâtiments.





## Partie B : Développement d'une séquence pédagogique (durée conseillée : 3h)

Le respect de la RT 2012 dans les bâtiments impose des contraintes de conception du bâti et de choix des équipements mis en œuvre.

Dans la partie A ont été mises en évidence des problématiques liées :

- au dimensionnement et à la structure de l'isolation thermique et des inerties thermiques du bâti pour le respect de la température intérieure conventionnelle et du  $Cep_{max}$ , ainsi que l'influence de ces paramètres sur la puissance de chauffage nécessaire,
- au choix et au dimensionnement du système de chauffage et de la courbe de chauffe (pour un chauffage par eau chaude),
- au choix et au paramétrage du réseau de communication mis en œuvre.

En prenant appui sur la réglementation thermique RT2012 développée dans la partie A, il vous est demandé de produire une partie d'une séquence pédagogique d'enseignement technologique transversal destinée à une classe de terminale STI 2D, déclinée en 2 parties :

**Partie B1** : plan de séquence mettant en cohérence un certain nombre d'activités sur une durée déterminée dans une pédagogie par centres d'intérêts.

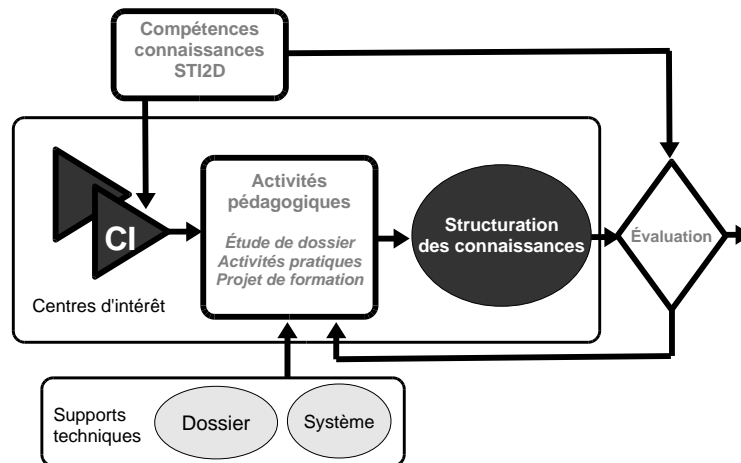
**Partie B2** : production d'une activité de la séquence décrite en B1 pour un petit groupe d'élèves en privilégiant l'approche inductive et en utilisant l'équipement de votre choix.

Le **Document 3** décrit à titre d'exemples, quelques équipements pédagogiques disponibles dans la salle dédiée à cet enseignement, et fournit pour certains d'entre eux des relevés de mesures réalisables par les élèves.

Le travail réalisé pour les parties B1 et B2 pourra prendre appui sur ces équipements. Vous pourrez si vous le souhaitez, compléter ou modifier cette liste en indiquant d'autres équipements supposés disponibles et adaptés à la séquence ou à l'activité que vous proposez. Vous devrez alors décrire succinctement ces équipements et leurs fonctionnalités.

### Indications d'organisation :

- La durée prévisionnelle de la séquence sera de 20h, dont 12h consacrées aux travaux en groupes,
- La classe concernée comporte 30 élèves,
- L'enseignement technologique transversal en terminale STI2D comporte 5h élève hebdomadaires réparties comme suit dans l'établissement concerné :
  - 2h classe entière le lundi,
  - 3h par groupe de 15 élèves sur 2 plages horaires différentes le mardi et le mercredi,
- L'ensemble des activités proposées aura lieu dans une salle spécifique disposée en îlots comportant chacun deux ordinateurs équipés des logiciels usuels de simulation et de modélisation.



Les centres d'intérêt : une organisation pédagogique

- La prise en compte des centres d'intérêt dans l'organisation des enseignements : Les activités de formation permettront, à l'intérieur d'une séquence, de viser l'appropriation de connaissances et compétences relatives à un nombre limité de **centres d'intérêt** afin de réduire le temps entre la phase d'activités de formation et la phase de structuration des connaissances. La notion de centre d'intérêt, organisation qui permet d'enseigner à un moment donné et sur des systèmes techniques différents, une classe limitée de connaissances et de compétences, est basée sur l'identification, dans le référentiel, des savoirs qui méritent une approche inductive. Défini par des connaissances et des compétences, un CI permet d'aborder des points particuliers d'un programme. Afin de ne pas s'éloigner d'approches porteuses de sens, il est intéressant de construire un CI autour de problématiques réelles significatives. Un CI s'appuie obligatoirement sur les supports disponibles d'un établissement.

Matrice des Centres d'intérêt

Niveaux d'analyse	Fonctionnel	Structurel	Comportemental
Matière	Caractéristiques des matériaux et des structures	Caractérisation des matériaux et des structures	Dimensionnement et choix des matériaux et structures
Matière et Énergie		Efficacité énergétique dans la relation ME	Optimisation des choix ME d'un système par simulation
Énergie	Formes caractéristiques et de l'Énergie	Caractérisation des chaînes d'énergie, rendement	Amélioration de l'efficacité énergétique à partir de simulations
Énergies et Information		Efficacité énergétique dans la relation EI	Optimisation des choix EI par simulation temporelle d'un système
Information	Formes caractéristiques et de l'information	Caractérisation des chaînes d'info, réseaux	Validation d'une commande et de son support par simulation
Information et Matériaux		Relation info/matériau: captage de l'info	Optimisation des choix IM par simulation fréquentielle d'un système

extrait du document « ressources pour la classe de terminale technologique » Juin 2011

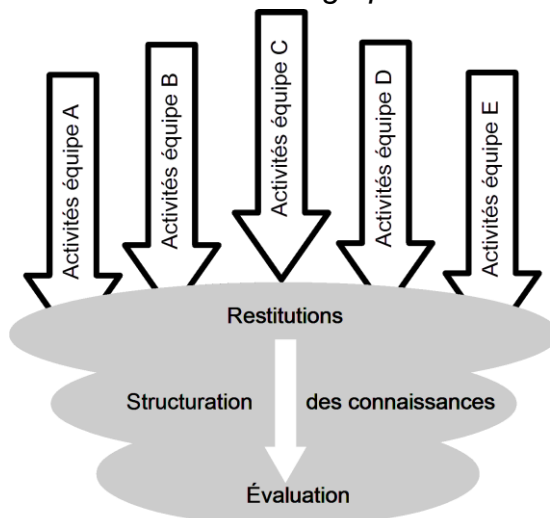


## Partie B-1. Description d'une séquence pédagogique complète

Dans cette partie, vous devrez définir l'organisation du travail de l'ensemble de la classe répartie en équipes menant un ensemble de 5 activités durant la séquence.

L'ensemble des activités proposées ne devra couvrir que 2 centres d'intérêts au maximum.

*L'organisation de la séquence proposée comporte au préalable une phase de mise en situation, puis sera construite conformément au graphe suivant :*



Q B-1.1. Choisir dans la matrice précédente le ou les centres d'intérêt à associer à l'ensemble des activités de la séquence et permettant de travailler sur les problématiques mises en évidence dans la partie A. Justifier votre choix.

Q B-1.2. Décrire sans les développer 3 des activités proposées aux élèves dans cette séquence :

- En décrivant l'objectif pédagogique visé
- En indiquant le type d'activité (étude de cas, démarche d'investigation, activité pratique, ...)
- En indiquant le ou les supports utilisés (qu'ils soit matériels, informatiques, documentaires....) et en le décrivant succinctement avec ses fonctionnalités si le support pratique choisi n'est pas un de ceux proposés sur le document 3 (page 38/43).

L'ensemble de vos réponses devra être suffisamment clair et concis pour permettre au correcteur de bien cerner la faisabilité de votre dispositif. Vous fournirez un déroulé succinct de chaque activité.

Q B-1.3. Expliciter dans un tableau (qui pourra reprendre à titre indicatif la trame décrite ci-dessous) l'organisation des activités proposées au groupe d'élèves sur l'ensemble de la séquence et en positionnant les phases de mise en situation, de synthèse, d'évaluation....

Semaine 1		Semaine 2		...
2h Classe entière	3h Groupe	2h Classe entière	3h Groupe	...
?	?	?	?	...

Q B-1.4. Expliciter l'organisation que vous souhaiteriez mettre en place pour les phases de mise en situation de la séquence, de restitution et de structuration des connaissances.

Q B-1.5. Proposer, sans rédiger les documents élèves, une trame d'évaluation sommative pour l'ensemble de la classe à l'issue de la séquence. Les objectifs visés devront être clairement énoncés.

## Partie B-2. Description d'une activité pédagogique

Dans cette partie, on vous demande de choisir **une des activités pédagogiques** que vous avez proposée dans la partie B1 et de la développer.

Cette activité concerne un groupe d'élèves dont vous préciserez le nombre, pour une durée que vous devrez définir en cohérence avec l'organisation que vous avez proposée dans la partie B1.

Vous pouvez choisir tout type d'activité (étude de cas, démarche d'investigation, activité pratique ...)

Vous trouverez sur le Document 4 (page 41/43) des éléments du programme STI2D afin de vous aider à construire cette activité, qui devra être en cohérence avec les extraits fournis.

Q B-2.1. Indiquer les objectifs pédagogiques visés et les compétences attendues à l'issue de l'activité.

Q B-2.2. Préciser la problématique proposée aux élèves durant cette activité afin d'atteindre les objectifs décrits précédemment.

Q B-2.3. Décrire le déroulé de l'activité et son organisation opérationnelle :

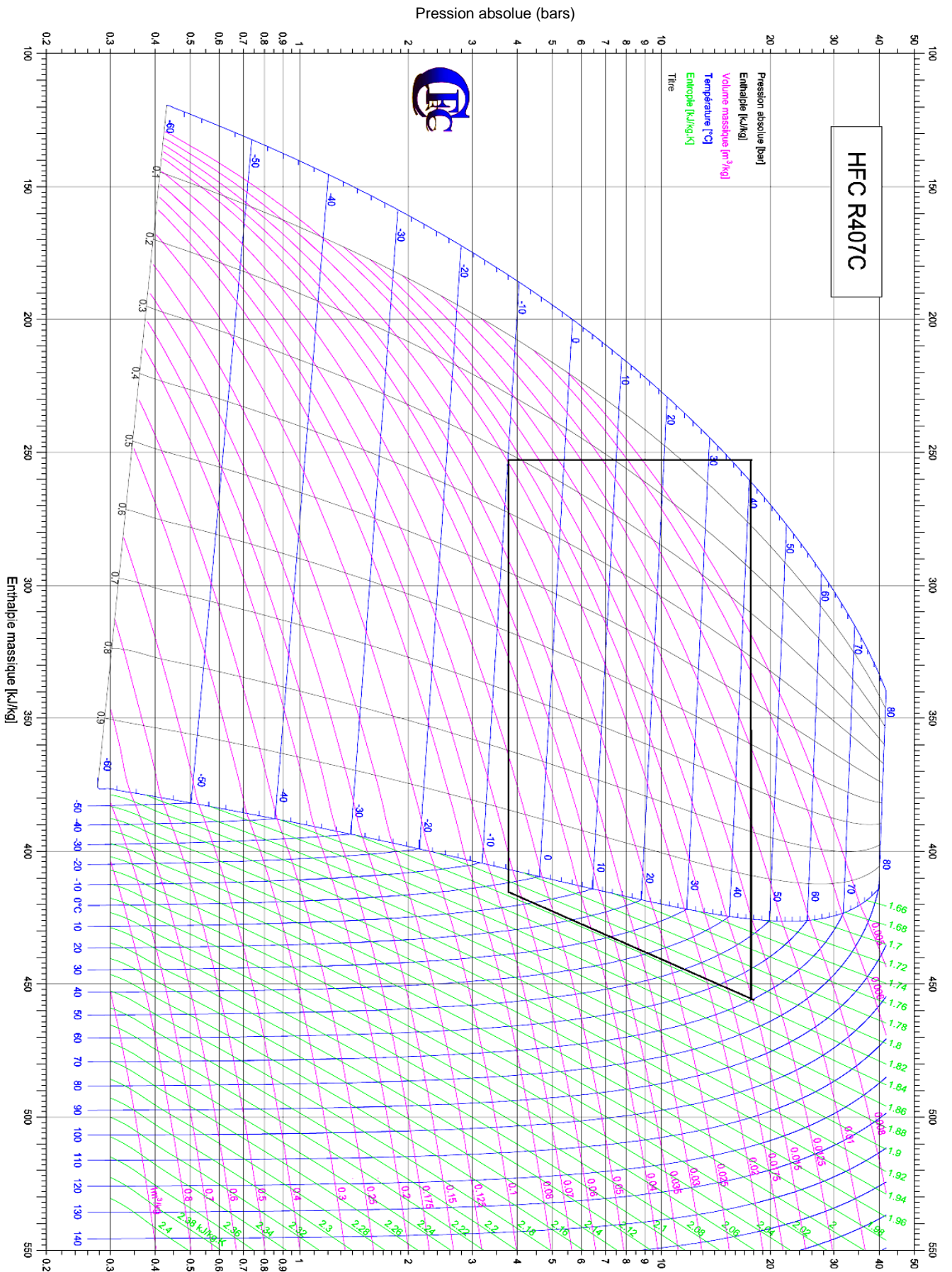
- Description des différentes tâches réalisées par chaque élève,
- Description du positionnement du professeur,
- Matériel et ressources nécessaires,
- Organisation du poste de travail,
- ...

Q B-2.4. Proposer une trame du document donné aux élèves.

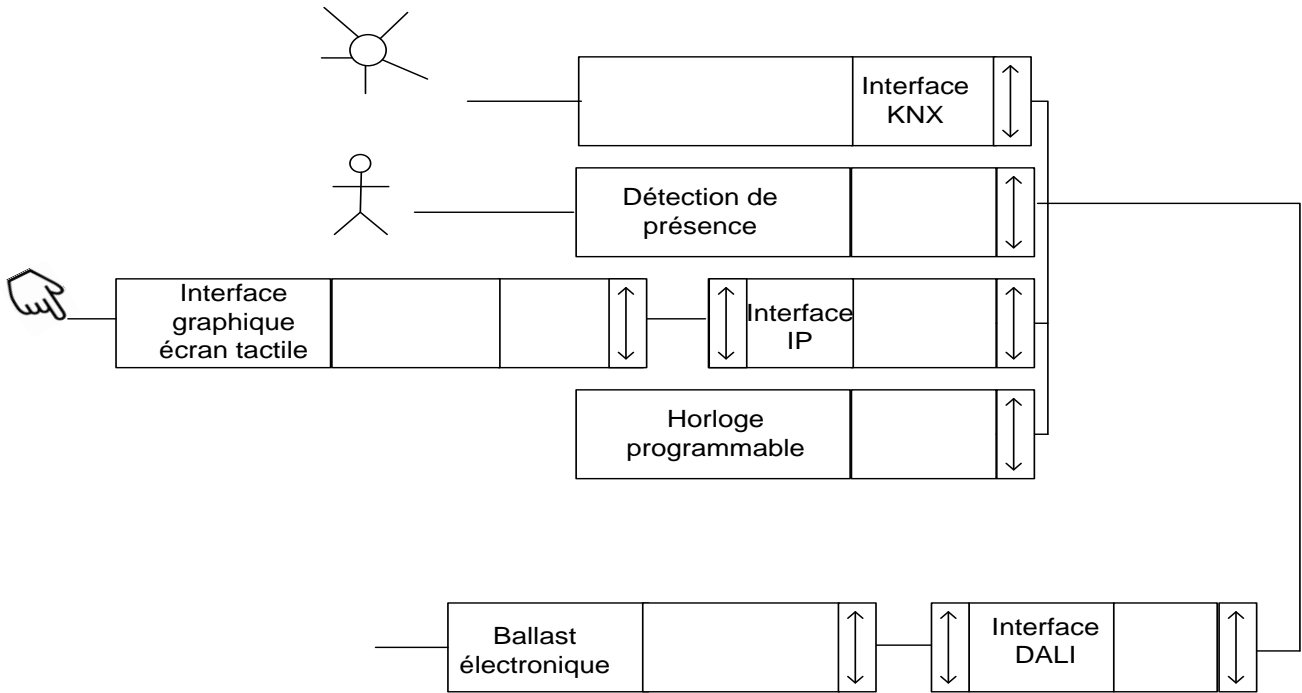
Q B-2.5. Faire une analyse critique de l'activité proposée en indiquant les difficultés (matérielles, organisationnelles, ...) susceptibles d'être rencontrées au regard du cadre imposé par le sujet.

# ANNEXES : Documents Réponse (à rendre avec la copie)

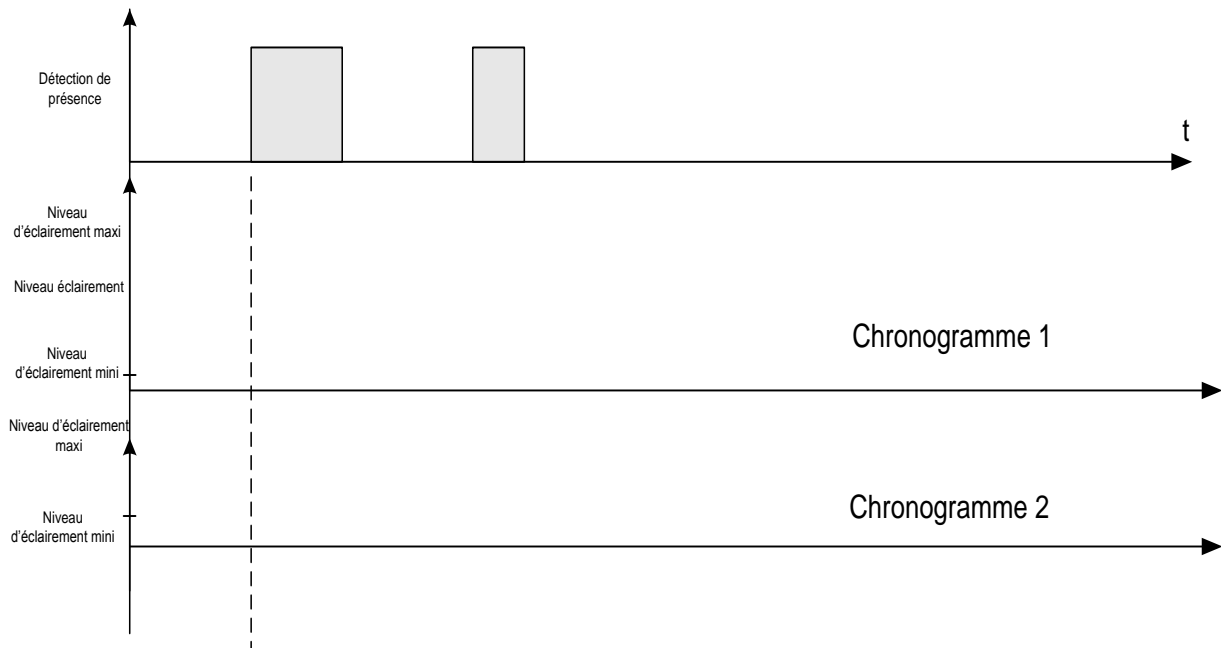
## QA 2.8 / QA 2.9 QA 2.10 : Diagramme de Mollier du R 407 C



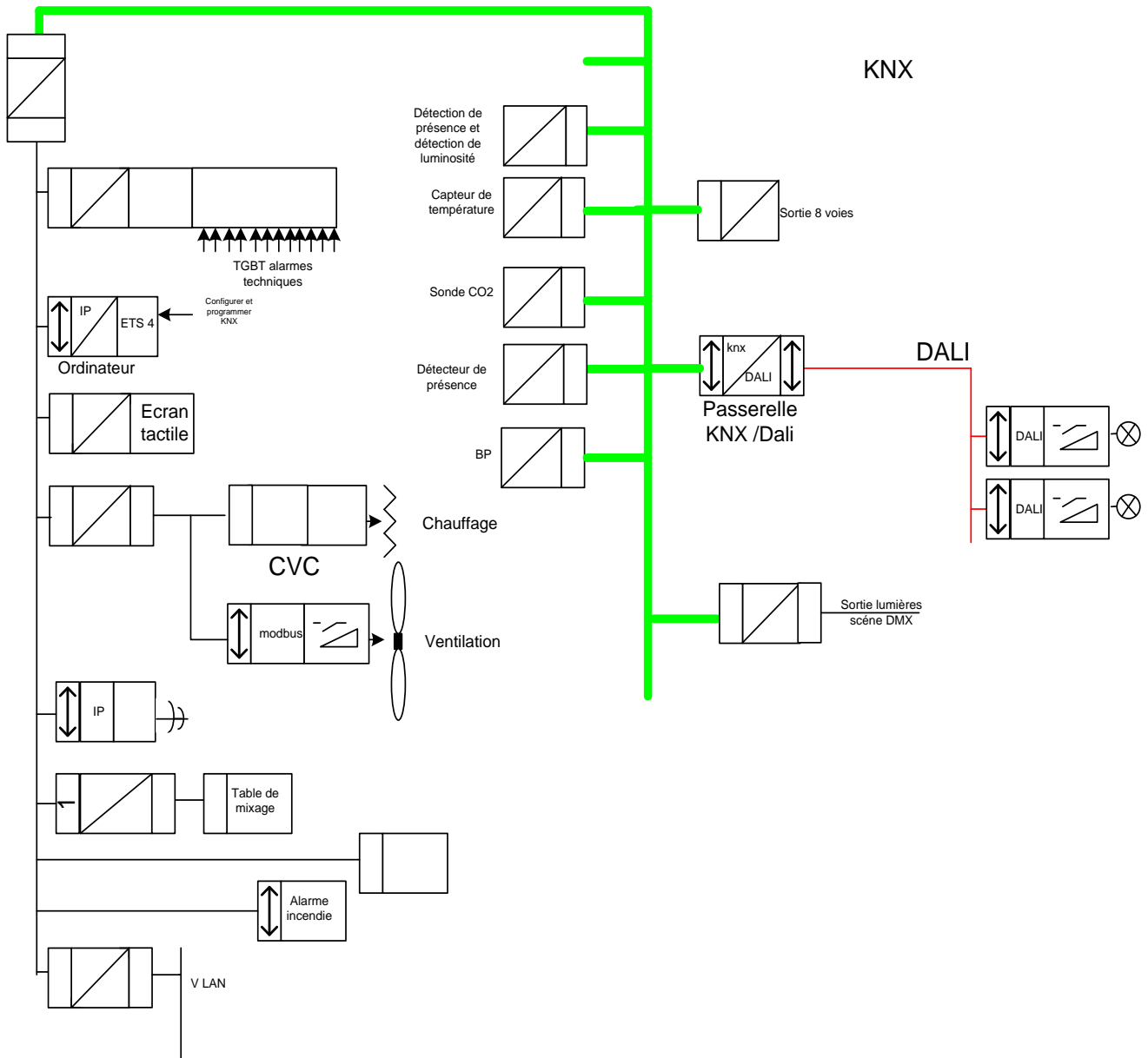
### QA 3.1



### QA 3.2



### QA 3.4



### QA 3.5

Désignation + références	Nombre	Entrées /adresses	Sorties /adresses

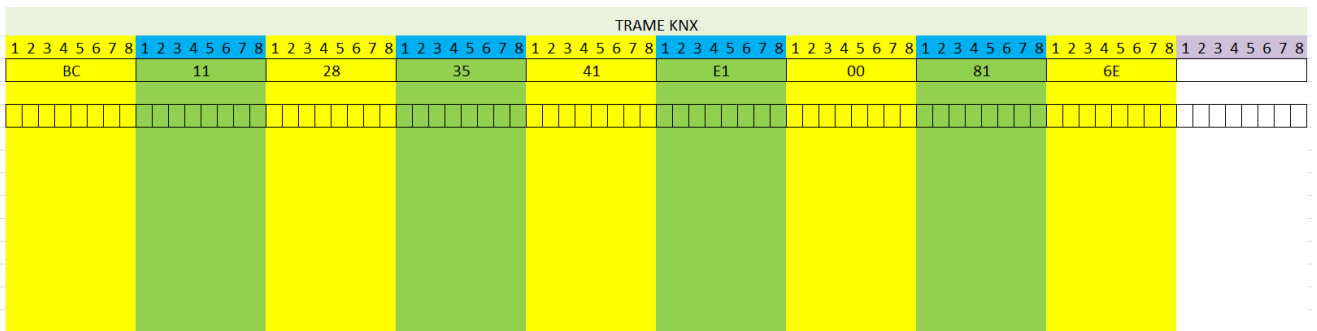
**QA 3.6**

Groupe	Adresses physiques associées	description

**QA 3.7**

Groupes	fonction	Type
6/0/61		

**QA 3.10**



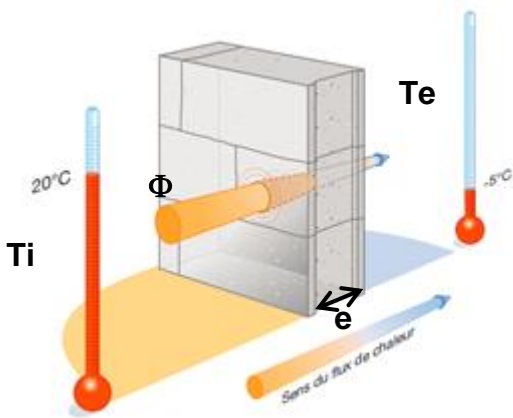
## ANNEXES : Documents Ressource

### Document 1 : Echanges thermiques dans une paroi

#### Caractérisation et modélisation des transferts de chaleur

L'échange de température se fait selon 3 modes : la conduction (majoritaire dans le cas d'une paroi), la convection et le rayonnement.

#### Echanges par conduction :



La conduction est la propagation de la chaleur de proche en proche dans la partie solide du matériau. Elle dépend de la géométrie et de la nature du matériau, caractérisé par sa **conductivité thermique**  $\lambda$ , définie pour  $1\text{m}^2$  de surface d'échange.  $\lambda$  s'exprime en  $\text{W/m.K}$ . on donne

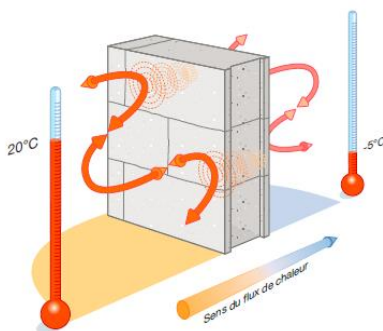
$$\Phi = \lambda \cdot \frac{(T_i - T_e)}{e}$$

Où  $\Phi$  en  $\text{W/m}^2$  est le flux thermique à travers  $1\text{m}^2$  de paroi.

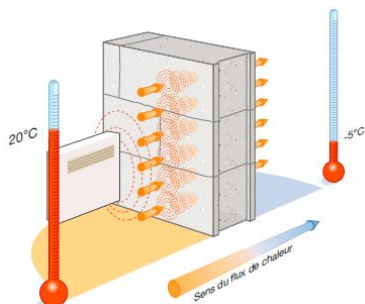
La **résistance thermique R** du matériau exprimée en  $\text{m}^2\text{K/W}$  décrit son aptitude à réduire le flux thermique.

Toujours pour  $1\text{m}^2$  de surface d'échange, on peut écrire :  $R = \frac{e}{\lambda}$  On a donc  $\Phi = \frac{(T_i - T_e)}{R}$

#### Echanges par convection et rayonnement



La convection est caractéristique des fluides : au contact d'un élément chaud de la paroi, le fluide se met en mouvement, et vient réchauffer une partie froide. Plus l'air est immobile, moins il y a de convection.



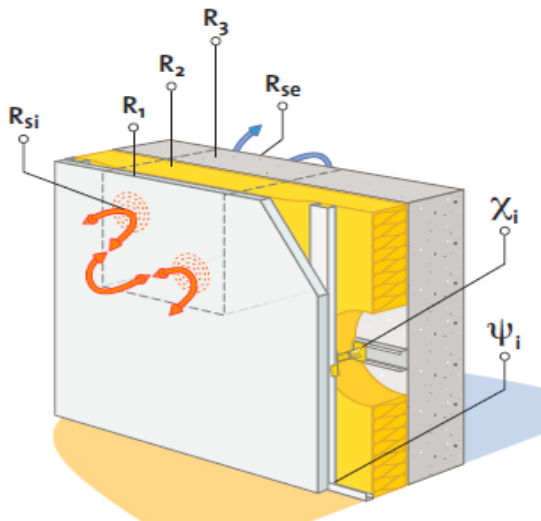
Le rayonnement est le transfert de chaleur par onde électromagnétique infra rouge. Il dépend de l'émissivité du matériau et peut se produire dans le vide, à la différence des autres modes.

Dans un échange thermique à travers une paroi, la surface de la paroi est d'abord réchauffée (ou refroidie) par l'air intérieur ou extérieur par convection et rayonnement.

Ce phénomène se modélise grâce à deux résistances thermiques appelées **résistance superficielles** (respectivement  $R_{si}$  et  $R_{se}$ ).



## Coefficient de transmission surfacique :



Le coefficient de transmission surfacique  $U_p$  définit le flux thermique total traversant  $1\text{m}^2$  de surface d'échange, en tenant compte des ponts thermiques intégrés à la paroi, ponctuels ( $\chi_i$ ) ou linéiques ( $\Psi_i$ ), ainsi que des résistances superficielles.

$$U_p = \frac{1}{\sum R_{paroi} + \sum R_s} + \frac{\sum \chi_i + \sum \Psi_i \cdot l_i}{A}$$

Où  $A$  est l'aire de la paroi et  $l_i$  la longueur des ponts thermiques intégrés (rails etc....)

On a alors :  $\Phi = U_p \cdot (T_i - T_e)$  (en  $\text{W}/\text{m}^2$ )

## Inertie thermique / capacité thermique

Tout corps peut emmagasiner ou restituer de l'énergie sous forme de chaleur. La capacité thermique d'un corps exprime son aptitude à absorber ou restituer de l'énergie lorsque sa température varie.

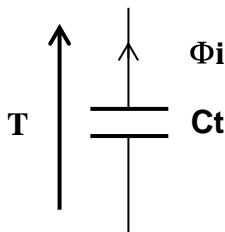
Lors d'un échange avec l'extérieur faisant passer la température du corps de  $T_1$  à  $T_2$ , on peut écrire :

$$Q_1^2 = C_t \cdot (T_1 - T_2) = C_t \cdot \Delta T$$

Où  $Q_1^2$  est l'énergie cédée par le corps au milieu extérieur lors de l'échange

$C_t$  : la capacité thermique totale du corps en  $\text{J}/\text{K}$

Elle dépend de sa nature. On définit le coefficient  $C_p$  exprimé en  $\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}$  comme étant la capacité thermique massique du corps (définie pour  $1\text{kg}$  de matière)



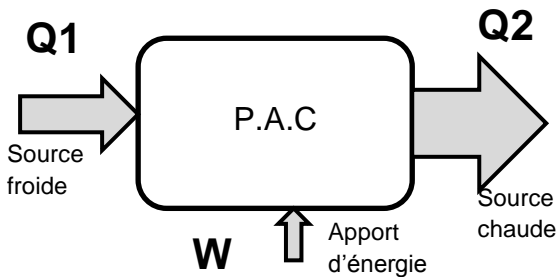
Pour tout élément de construction de capacité thermique totale  $C_t$ , on peut alors faire une analogie électrocinétique en écrivant :

$$\Phi_i = \frac{dQ}{dt} = C_t \cdot \frac{dT}{dt}$$

Où  $T$  est la température instantanée de l'élément et  $\Phi_i$  le flux thermique qu'il échange avec l'extérieur.

## Document 2 : Pompe à chaleur

### Coefficient de performance : COP



Une pompe à chaleur est une machine thermodynamique à flux inverse (elle transmet de la chaleur d'une source froide vers une source chaude).

En vertu du second principe de thermodynamique cette transformation ne peut être spontanée car elle entraîne une diminution de l'entropie du système.

Elle nécessite donc un apport d'énergie externe (énergie mécanique dans le cas d'une PAC à compresseur).

**Source froide** : milieu extérieur dans lequel les calories sont puisées (air, sol, eau.....).

**Source chaude** : milieu auquel les calories sont fournies (air ambiant, eau de chauffage.....).

Cette machine permet donc de refroidir un milieu froid pour réchauffer par exemple une habitation (machine de chauffage) ou inversement de refroidir un milieu froid en cédant ses calories à un milieu plus chaud (machine frigorifique, climatisation...).

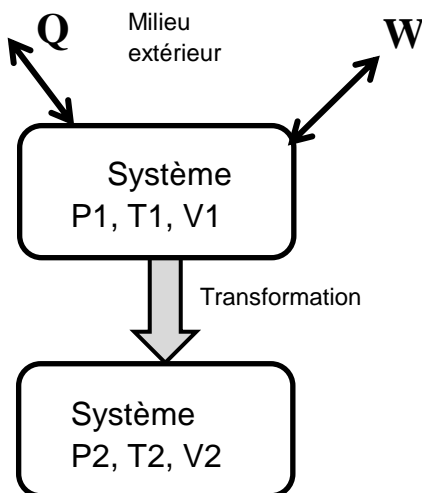
**Coefficient de performance** : L'énergie puisée à la source froide étant « gratuite », la notion de rendement énergétique n'est pas intéressante dans un tel système. On définit plutôt un **coefficient de performances** :

$$\text{COP} = \frac{Q_2}{W}$$

### Notions de thermodynamique

Ce paragraphe n'est pas un rappel de cours de thermodynamique. Il ne fait que définir succinctement deux notions importantes liées au fonctionnement d'une PAC et au tracé de son cycle dans le diagramme de Mollier.

#### Enthalpie



Lorsqu'un système échange avec l'extérieur du travail et/ou de la chaleur, il change d'état d'équilibre et ses variables d'état sont modifiées, donc son énergie.

L'enthalpie **H** (en Joules) est une grandeur qui représente l'**énergie totale** du système, soit la somme de son énergie interne **U** et du travail de ses forces de pression afin qu'il puisse occuper le volume qui lui est assigné.

$$H(U, p, V) = U + p.V$$

Une transformation à enthalpie constante (**isenthalpe**) est une transformation dans laquelle le système n'échange ni travail ni chaleur avec le milieu extérieur.

Cette grandeur est particulièrement intéressante dans les transformations à **pression constante**, car lors d'une transformation, la variation d'enthalpie du système est alors égale à son échange de chaleur avec le milieu extérieur :

$$\text{à } P = \text{constante} : \Delta H = \Delta Q$$

## Entropie

La notion d'entropie est complexe, liée au second principe de thermodynamique : « principe d'évolution » (le premier principe étant un « principe de conservation de l'énergie »).

Schématiquement, le second principe affirme que lorsqu'un système évolue librement, le sens de cette évolution est imposé :

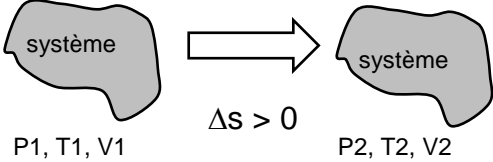
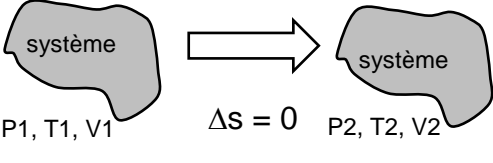
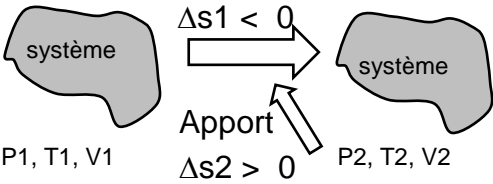
- La chaleur va spontanément d'un milieu chaud vers un milieu froid.
- Un ballon gonflé va spontanément se dégonfler.

Un système évolue librement vers un état moins organisé, et moins susceptible de produire de l'énergie sous forme de travail.

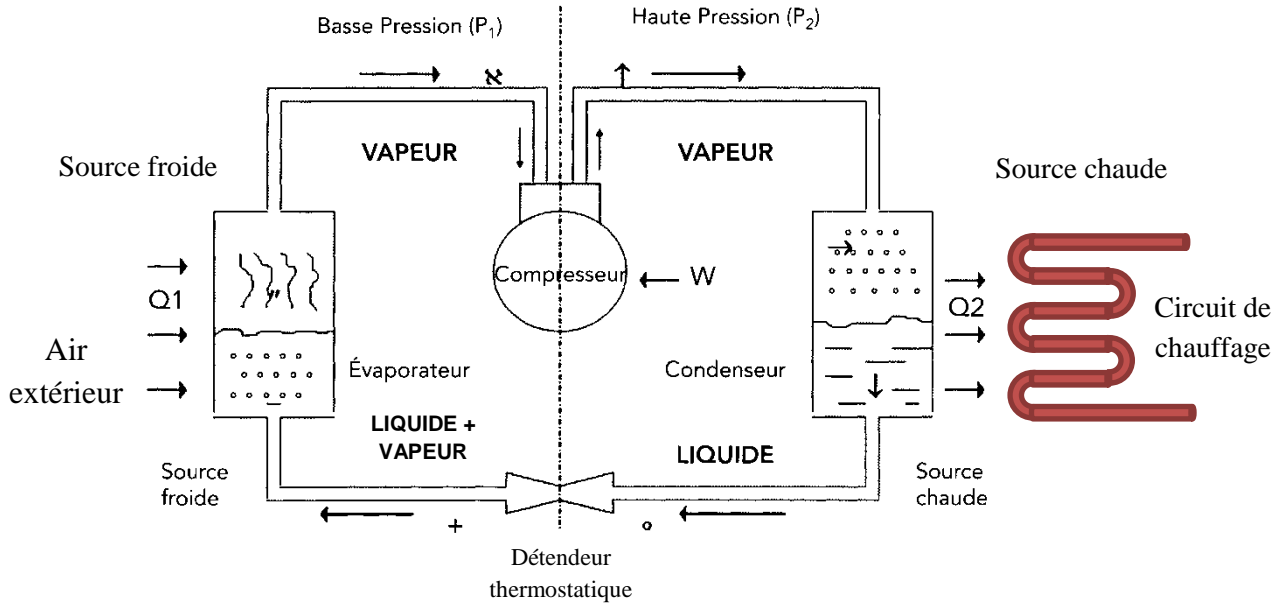
Une grandeur d'état appelée **entropie (S)** traduit ce sens d'évolution. L'inégalité de Clausius affirme que lors d'une **transformation spontanée irréversible**, l'entropie du système ne peut que croître.

Lors d'une **transformation réversible**, qu'elle soit spontanée ou non, l'entropie du système ne varie pas.

**Pour résumer :**

 <p>P1, T1, V1      <math>\Delta S &gt; 0</math>      P2, T2, V2</p>	<p><b>Transformation spontanée irréversible</b>  <math>\Delta S &gt; 0</math>            La transformation peut se faire sans intervention du milieu extérieur.            Le système ne peut pas revenir seul à son état initial.</p>
 <p>P1, T1, V1      <math>\Delta S = 0</math>      P2, T2, V2</p>	<p><b>Transformation spontanée réversible</b>  <math>\Delta S = 0</math>            La transformation peut se faire sans intervention du milieu extérieur.            Le système peut revenir seul à son état initial.</p>
 <p>P1, T1, V1      <math>\Delta s_1 &lt; 0</math>      P2, T2, V2            Apport  <math>\Delta s_2 &gt; 0</math></p>	<p><b>Transformation réversible non spontanée</b>            Le système « perd » <math>\Delta s_1 &lt; 0</math>            Pour que la transformation soit possible, le milieu extérieur doit apporter <math>\Delta s_2 &gt; 0</math> (apport d'énergie sous forme de travail ou de chaleur)            Au bilan : pour le système <math>\Delta s = 0</math>            Le système peut revenir seul à son état initial en cédant de l'entropie.</p>

# Constitution et cycle thermodynamique



## Evaporation :

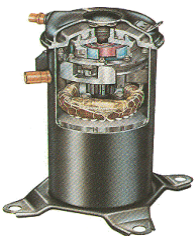
A la sortie du détendeur, les conditions de température et de pression font que le fluide est constitué de vapeur et de liquide (mélange diphasique). Il est à basse pression et sa température est inférieure à celle de la source froide. Il entre dans l'évaporateur (échangeur à plaque air/fluide), capte de la chaleur ( $Q_1$ ) à l'air, rentre en ébullition et se vaporise entièrement. Cette phase est quasi-isotherme : tant que le mélange est diphasique, l'augmentation d'enthalpie (donc de quantité de chaleur) ne s'accompagne pas d'une augmentation de température si le fluide est un corps pur ou un mélange azéotrope.

Ce n'est pas le cas du R407C qui est zéotrope et voit sa température augmenter légèrement dans cette phase.

A fin de l'évaporation, le gaz continue à capter de l'énergie, et subit un réchauffement (surchauffe) de l'ordre de  $5^\circ\text{C}$  à  $8^\circ\text{C}$ . Ce phénomène est contrôlé et réglé par le détendeur thermostatique. Il est nécessaire pour assurer que le fluide entrant dans le compresseur est parfaitement gazeux.

## Compression

Le gaz basse pression et basse température est comprimé. Le compresseur lui apporte un travail mécanique ( $W$ ). Sa pression et sa température augmentent. La température du fluide en sortie est supérieure à celle de la source chaude.



## Condensation

Le gaz haute pression et haute température cède de la chaleur ( $Q_2$ ) à la source chaude. Il subit d'abord une désurchauffe pour atteindre son point de rosée puis se condense. De même que pour l'évaporation, la variation d'enthalpie est isotherme si le fluide est azéotrope. Le fluide à l'état liquide subit un léger sous refroidissement (toujours contrôlé par le détendeur qui ne peut détendre un gaz) de l'ordre de  $4^\circ$ .

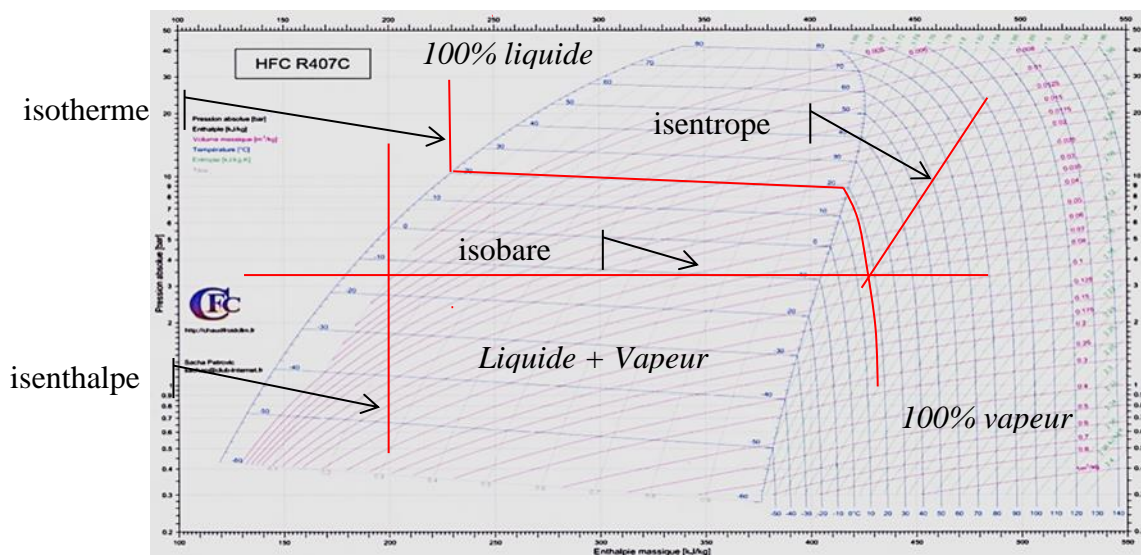


## Détente



Le liquide haute pression et haute température est détendu par un limiteur de débit à pointe (détente de Joule/Thomson). Sa pression diminue. Il commence à se vaporiser en un mélange diphasique ce qui abaisse également sa température. Lors de cette transformation, le fluide n'échange pas de chaleur avec le milieu extérieur (cas idéal). Un bulbe placé en sortie d'évaporateur permet au détendeur par action sur le pointeau d'ajuster le débit de fluide afin d'assurer une surchauffe suffisante. Le détendeur joue un rôle majeur, car c'est lui qui contrôle grâce à son débit variable toutes les températures et les pressions du cycle thermodynamique.

## Diagramme de Mollier

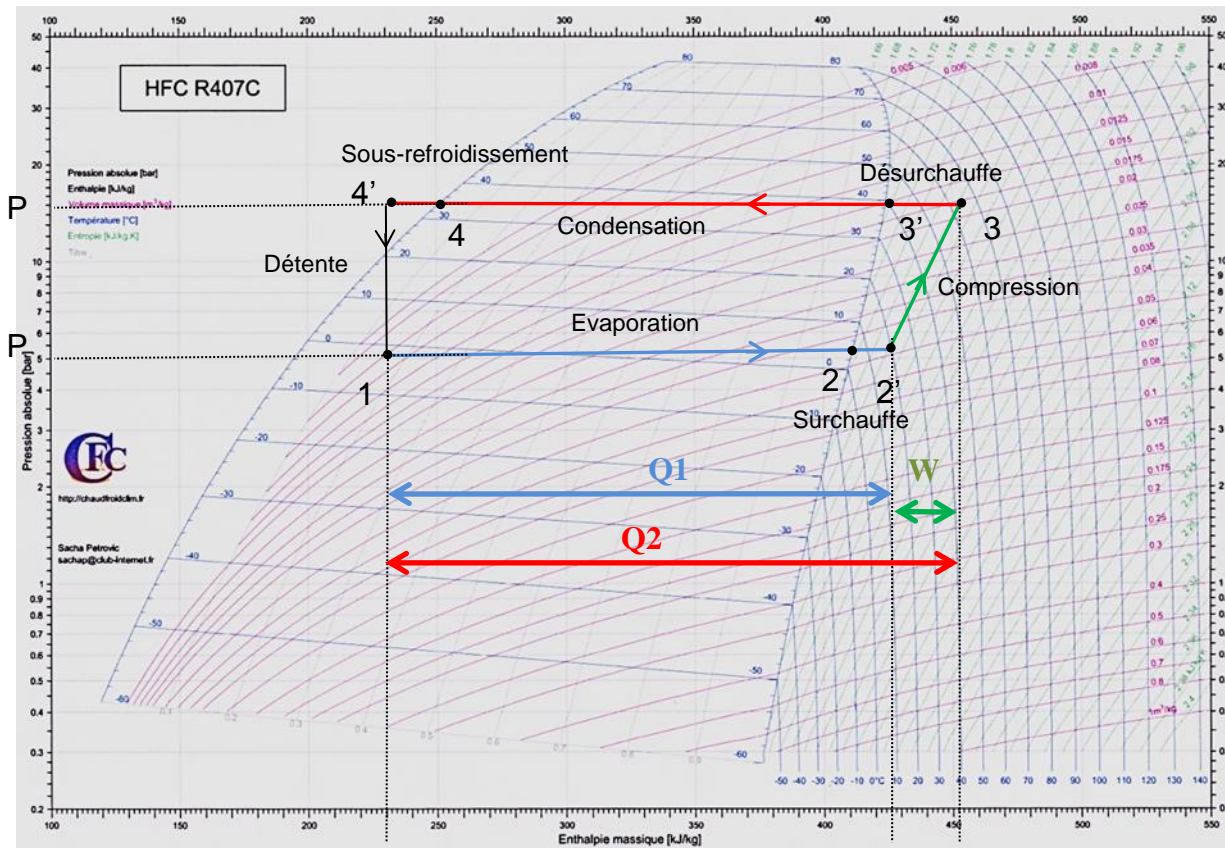


Le diagramme enthalpique de Mollier permet de tracer le cycle thermodynamique d'un fluide frigorigène donné et de visualiser les changements d'état du fluide en fonction des paramètres de températures et de pressions.

L'axe des ordonnées est gradué en pression, et celui des abscisses en enthalpie massique. Il est lié au type de fluide (ici le R407c). Ce diagramme permet donc d'évaluer l'enthalpie massique perdue ou gagnée par le fluide lors d'une transformation.

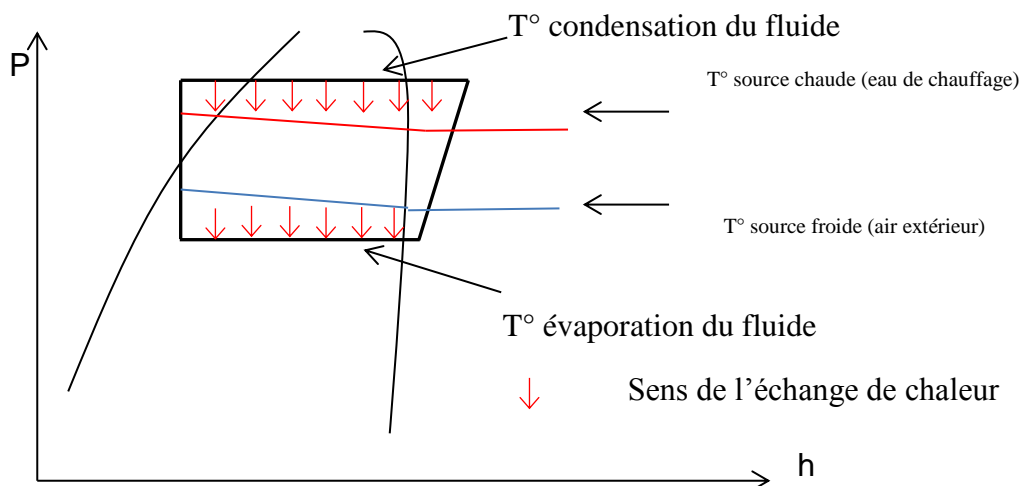


## Cycle thermodynamique de la PAC



Le cycle thermodynamique idéal d'une pompe à chaleur est représenté ci-dessus. Il ne tient pas compte de nombreux paramètres qui influent sur le COP : rendement du compresseur rendant la transformation non isentrope, pertes de charge.....

### Echanges thermiques



Le condenseur et l'évaporateur permettent au fluide de puiser puis de fournir de la chaleur aux milieux extérieurs (sources chaudes et froides).

Durant cet échange, la température du fluide varie peu puisqu'il change d'état.

Par contre, l'air extérieur est refroidi et l'eau est chauffée.



## Document 3 : Ressources disponibles

### Pompe à chaleur didactisée



#### BBC SILENZ 8 PAC air / eau - Tem

Départ eau / T°extérieur	BBC SILENZ 5	
	P. Calo. kW	COP
25°C / +7°C	5,21	5,05
25°C / -7°C	3,51	3,24
35°C / +7°C	5,10	4,86
35°C / -7°C	3,40	3,24
45°C / +7°C	4,90	3,55
45°C / -7°C	3,30	2,52
60°C / +7°C	4,30	2,31
60°C / -7°C	3,20	1,75

Les locaux dédiés à l'enseignement transversal sont équipés d'une pompe à chaleur Amzair BBC Silenz 5 qui chauffe la salle grâce à un mur chauffant.

Cette PAC est monobloc. Tous les constituants sont donc inclus dans l'enveloppe principale. Un système d'acquisition permet de récupérer sur tous les postes les données de fonctionnement du système, de les afficher en temps réel, de stocker les relevés sur un temps long (1 heure, 1 semaine...) sous forme d'image ou de fichiers tableur.

### Appareillage



T° entrée compresseur
T° sortie compresseur
HP
BP
T° entrée évaporateur
T° sortie évaporateur



Des capteurs sont installés sur le système, permettant de mesurer :

Les données thermodynamiques :

- T° d'entrée et de sortie du compresseur et de l'évaporateur
- Valeurs de la haute pression et de la basse pression (HP et BP)

Les données énergétiques externes :

- Débit d'eau dans le plancher chauffant
- Températures de départ et de retour d'eau de chauffage
- Puissance électrique consommée

Les données d'environnement

- Températures intérieures et extérieures

Ces mesures sont collectées par un système d'acquisition connecté au réseau, et disponibles grâce à un programme associé.

Les élèves ont la possibilité de réaliser leur propre programme sur leur poste, ou d'utiliser un programme déjà présent dans le système d'acquisition.

Il est aussi possible d'enlever l'habillage de la pompe à chaleur afin de repérer sans aucun risque où se trouvent les constituants du système.

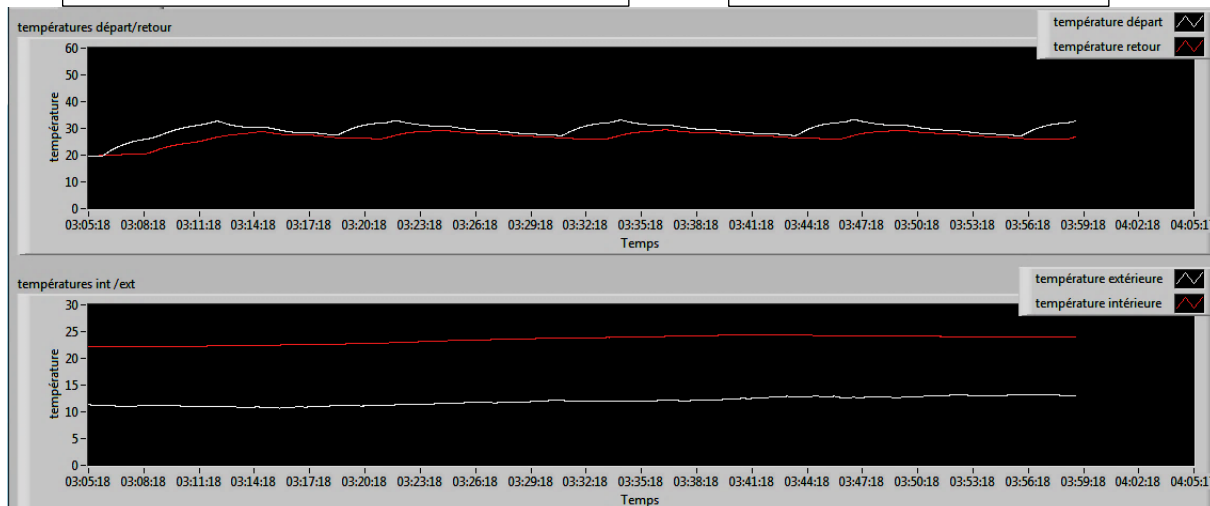
Vous disposez de toute la documentation constructeur concernant la BBC Silenz 5 (schémas électriques, schémas fluidiques, caractéristiques, performances, documentation commerciale, guide d'installation et de configuration...)

### Exemple de relevés possibles



Graphe de puissance électrique absorbée et de puissance thermique fournie

Graphe d'évolution de la HP et de la BP



Ci-dessus, à titre d'exemple, les relevés en temps réel et les graphes sur une heure de fonctionnement de quelques données typiques.

Toutes les données précédemment citées sont accessibles en utilisant un programme adapté.

Il est possible d'enregistrer à tout moment les données visualisées sur les graphes dans un fichier de points lisible par un tableur.

## BATI BAT

### Espace Lounge

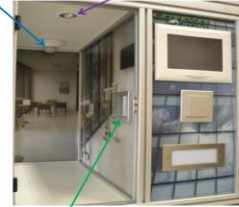


- Gestion de l'éclairage (régulation) et du volet électrique

Détecteur de présence et luminosité      Spot halogène TBT

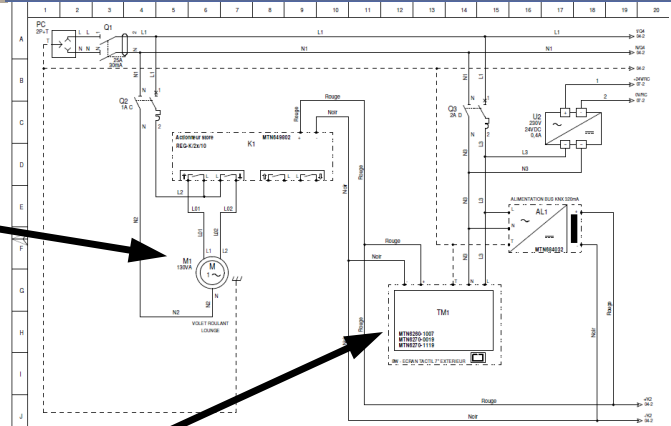


Volet électrique



Boutons de commande

Schneider Electric France Energy training



Ecran tactile 7 pouces KNX

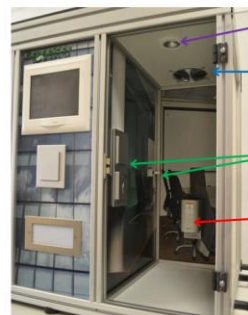
Moniteur de bus									
#	Heure	...	Prio	Source.adr	Dest.adr	Rout	Type	DPT	Info
1	2014-09-24 16:50:05.205		Dé						L'enregistrement a dém...
2	2014-09-24 16:50:06.471	du	Low	1.1.8	1/0/6	6	Ecrire	2 Byte	25 40   215,04
3	2014-09-24 16:50:16.463	du	Low	1.1.8	1/0/6	6	Ecrire	2 Byte	25 46   216
4	2014-09-24 16:50:26.452	du	Low	1.1.8	1/0/6	6	Ecrire	2 Byte	25 46   216
5	2014-09-24 16:50:36.438	du	Low	1.1.8	1/0/6	6	Ecrire	2 Byte	25 46   216
6	2014-09-24 16:50:46.433	du	Low	1.1.8	1/0/6	6	Ecrire	2 Byte	25 46   216
7	2014-09-24 16:50:56.111	du	Low	1.1.3	0/0/8	6	Ecrire	4 Byte	4A 42 5D 94   3184485
8	2014-09-24 16:50:56.150	du	Low	1.1.3	1/0/10	6	Ecrire	4 Byte	48 3B 21 00   191620
9	2014-09-24 16:50:56.435	du	Low	1.1.8	1/0/6	6	Ecrire	2 Byte	25 4C   216,96
10	2014-09-24 16:51:02.307	du	Low	1.1.11	0/0/4	6	Ecrire	2 Byte	0C F7   25,42
11	2014-09-24 16:51:02.759	du	Low	1.1.11	0/0/1	6	Ecrire	1.001 switch	S01   Marche
12	2014-09-24 16:51:06.441	du	Low	1.1.8	1/0/6	6	Ecrire	2 Byte	25 4C   216,96
13	2014-09-24 16:51:16.411	du	Low	1.1.8	1/0/6	6	Ecrire	2 Byte	25 46   216
14	2014-09-24 16:51:26.411	du	Low	1.1.8	1/0/6	6	Ecrire	2 Byte	25 46   216
15	2014-09-24 16:51:36.413	du	Low	1.1.8	1/0/6	6	Ecrire	2 Byte	25 4C   216,96
16	2014-09-24 16:51:46.405	du	Low	1.1.8	1/0/6	6	Ecrire	2 Byte	25 40   215,04
17	2014-09-24 16:51:47.459	du	Low	1.1.9	1/0/9	6	Ecrire	2 Byte	16 CF   69,72
18	2014-09-24 16:51:47.613	du	Low	1.1.8	1/0/1	6	Ecrire	1.001 switch	S01   Marche
19	2014-09-24 16:51:49.623	du	Low	1.1.8	1/0/1	6	Ecrire	1.001 switch	S00   Arrêt
20	2014-09-24 16:51:49.751	du	Low	1.1.6	1/0/2	6	Ecrire	1 Byte	S2E   18 %
21	2014-09-24 16:51:53.561	du	Low	1.1.8	1/0/1	6	Ecrire	1.001 switch	S0C   Arrêt
22	2014-09-24 16:51:54.433	du	Low	1.1.6	1/0/2	6	Ecrire	1 Byte	S4D   30,2 %
23	2014-09-24 16:51:56.095	du	Low	1.1.3	0/0/8	6	Ecrire	4 Byte	4A 42 AA D8   3189430
24	2014-09-24 16:51:56.133	du	Low	1.1.3	1/0/10	6	Ecrire	4 Byte	48 3B EA 40   192425
25	2014-09-24 16:51:56.369	du	Low	1.1.8	1/0/6	6	Ecrire	2 Byte	14 7E   46
26	2014-09-24 16:51:57.561	du	Low	1.1.8	1/0/1	6	Ecrire	1.001 switch	S0C   Arrêt
27	2014-09-24 16:51:58.131	du	Low	1.1.6	1/0/2	6	Ecrire	1 Byte	S6C   42,4 %
28	2014-09-24 16:52:01.569	du	Low	1.1.8	1/0/1	6	Ecrire	1.001 switch	S05   Marche
29	2014-09-24 16:52:01.919	du	Low	1.1.6	1/0/2	6	Ecrire	1 Byte	S5D   36,5 %
30	2014-09-24 16:52:02.329	du	Low	1.1.11	0/0/4	6	Ecrire	2 Byte	0C F9   25,46
31	2014-09-24 16:52:02.781	du	Low	1.1.11	0/0/1	6	Ecrire	1.001 switch	S01   Marche
32	2014-09-24 16:52:05.563	du	Low	1.1.8	1/0/1	6	Ecrire	1.001 switch	S0E   Arrêt
33	2014-09-24 16:52:05.809	du	Low	1.1.6	1/0/2	6	Ecrire	1 Byte	S64   39,2 %
34	2014-09-24 16:52:06.363	du	Low	1.1.8	1/0/6	6	Ecrire	2 Byte	16 8B   67
35	2014-09-24 16:52:16.363	du	Low	1.1.8	1/0/6	6	Ecrire	2 Byte	16 EF   71
36	2014-09-24 16:52:26.355	du	Low	1.1.8	1/0/6	6	Ecrire	2 Byte	16 D6   70
37	2014-09-24 16:52:36.359	du	Low	1.1.8	1/0/6	6	Ecrire	2 Byte	16 EF   71
38	2014-09-24 16:52:46.343	du	Low	1.1.8	1/0/6	6	Ecrire	2 Byte	16 EF   71
39	2014-09-24 16:52:56.074	du	Low	1.1.3	0/0/8	6	Ecrire	4 Byte	4A 42 F2 B8   3194030

- Ecran d'accueil



### Espace Salle de réunion

- Gestion du chauffage (régulation) avec radiateur et ventilation



Eclairage Tout ou rien (spot TBT)

Ventilation électrique

Boutons de commande et Sonde externe

Radiateur électrique

Schneider Electric France Energy training

6



# Document 4 : Extrait du BO n°3 du 17 Mars 2011

## Objectifs de formation et compétences attendues

### Les enseignements technologiques communs

#### A - Objectifs et compétences des enseignements technologiques communs du baccalauréat STI2D

Objectifs de formation		Compétences attendues
Société et développement durable	<b>O1 - Caractériser des systèmes privilégiant un usage raisonné du point de vue développement durable</b>	CO1.1. Justifier les choix des matériaux, des structures d'un système et les énergies mises en œuvre dans une approche de développement durable CO1.2. Justifier le choix d'une solution selon des contraintes d'ergonomie et d'effets sur la santé de l'homme et du vivant
	<b>O2 - Identifier les éléments permettant la limitation de l'impact environnemental d'un système et de ses constituants</b>	CO2.1. Identifier les flux et la forme de l'énergie, caractériser ses transformations et/ou modulations et estimer l'efficacité énergétique globale d'un système CO2.2. Justifier les solutions constructives d'un système au regard des impacts environnementaux et économiques engendrés tout au long de son cycle de vie
Technologie	<b>O3 - Identifier les éléments influents du développement d'un système</b>	CO3.1. Décoder le cahier des charges fonctionnel d'un système CO3.2. Évaluer la compétitivité d'un système d'un point de vue technique et économique
	<b>O4 - Décoder l'organisation fonctionnelle, structurelle et logicielle d'un système</b>	CO4.1. Identifier et caractériser les fonctions et les constituants d'un système ainsi que ses entrées/sorties CO4.2. Identifier et caractériser l'agencement matériel et/ou logiciel d'un système CO4.3. Identifier et caractériser le fonctionnement temporel d'un système CO4.4. Identifier et caractériser des solutions techniques relatives aux matériaux, à la structure, à l'énergie et aux informations (acquisition, traitement, transmission) d'un système
	<b>O5 - Utiliser un modèle de comportement pour prédire un fonctionnement ou valider une performance</b>	CO5.1. Expliquer des éléments d'une modélisation proposée relative au comportement de tout ou partie d'un système CO5.2. Identifier des variables internes et externes utiles à une modélisation, simuler et valider le comportement du modèle CO5.3. Évaluer un écart entre le comportement du réel et le comportement du modèle en fonction des paramètres proposés
Communication	<b>O6 - Communiquer une idée, un principe ou une solution technique, un projet, y compris en langue étrangère</b>	CO6.1. Décrire une idée, un principe, une solution, un projet en utilisant des outils de représentation adaptés CO6.2. Décrire le fonctionnement et/ou l'exploitation d'un système en utilisant l'outil de description le plus pertinent CO6.3. Présenter et argumenter des démarches, des résultats, y compris dans une langue étrangère

# Programme des enseignements technologiques communs en STI2D(extraits)

## 1. Principes de conception des systèmes et développement durable

**Objectif général de formation :** identifier les tendances d'évolution des systèmes, les concevoir en facilitant leur usage raisonné et en limitant leurs impacts environnementaux.

1.2 Éco-conception				
<b>1.2.1 Étapes de la démarche de conception</b>				
Expression du besoin, spécifications fonctionnelles d'un système (cahier des charges fonctionnel)		1ère	2	L'enseignement s'appuie sur des études de dossiers technologiques permettant d'identifier les éléments principaux d'une démarche de conception de tous types de systèmes. Celle relative à un ouvrage permet de traiter plus particulièrement les fonctions d'estime ainsi que les contraintes environnementales, de confort et de respect des sites.
<b>1.2.3 Utilisation raisonnée des ressources</b>				
Propriétés physico-chimiques, mécaniques et thermiques des matériaux	*	1ère	2	Approche comparative sur des cas d'optimisation. Ce concept est abordé à l'occasion d'études de dossiers technologiques globales portant sur les différents champs technologiques. On peut ainsi établir un bilan carbone des principaux matériaux isolants dans un habitat, évaluer l'impact environnemental d'une structure de bâtiment d'un point de vue consommation énergétique, analyser le recyclage des solutions de stockage d'énergie et de production d'énergie renouvelable, analyser les solutions de recyclage des matériaux et de déconstruction d'un produit. Concernant l'apport de la chaîne d'information, on s'appuie sur les spécifications normalisées (pollutions conduite et rayonnée) en vigueur au moment de l'étude. On peut montrer que la chaîne d'information permet un usage raisonné des matières d'œuvre et donc limite les impacts par une gestion des ressources.
Impacts environnementaux associés au cycle de vie du produit : - conception (optimisation des masses et des assemblages) - contraintes d'industrialisation, de réalisation, d'utilisation (minimisation et valorisation des pertes et des rejets) et de fin de vie - minimisation de la consommation énergétique		1ère/T	2	
Efficacité énergétique d'un système		1ère/T	2	
Apport de la chaîne d'information associée à la commande pour améliorer l'efficacité globale d'un système		1ère	2	

## 2. Outils et méthodes d'analyse et de description des systèmes

**Objectif général de formation :** identifier les éléments influents d'un système, décoder son organisation et utiliser un modèle de comportement pour prédire ou valider ses performances.

2.1 Approche fonctionnelle des systèmes (1)				
<b>2.1.1 Organisation fonctionnelle d'une chaîne d'énergie</b>				
Caractérisation des fonctions relatives à l'énergie : production, transport, distribution, stockage, transformation, modulation.	*	1ère	3	On se limite à une caractérisation externe des fonctions.
<b>2.1.2 Organisation fonctionnelle d'une chaîne d'information</b>				
Caractérisation des fonctions relatives à l'information : acquisition et restitution, codage et traitement, transmission	*	1ère	3	On se limite au transfert de données en bande de base (pas de transposition de fréquence, pas de modulation).
<b>2.2 Outils de représentation</b>				
<b>2.2.1 Représentation du réel</b>				
Croquis (design produit, architecture)		1ère/T	2	L'exploitation concerne uniquement les utilisations en moyen de communication : - réalisation d'une image selon un point de vue (du concepteur, du spécificateur, du fabricant, du commercial, du spécialiste de la maintenance, du monteur, de l'installateur, de l'utilisateur, etc.) ; - adaptation des formats de données ; - restitution associée à une représentation et choix du support.
Représentation volumique numérique des systèmes		1ère/T	3	
Exploitation des représentations numériques		1ère/T	3	

<b>2.2.2 Représentations symboliques</b>				<i>L'enseignement sur les schémas se limite au mode lecture et interprétation sur des systèmes ou sous-systèmes simples. Le schéma cinématique n'est pas obligatoirement le schéma minimal mais celui qui correspond le mieux à la description fonctionnelle du mécanisme étudié. Le schéma architectural permet de décrire l'organisation structurelle d'un produit industriel de manière non normalisée, il fait apparaître les composants et constituants (choix techniques).</i>
Représentation symbolique associée à la modélisation des systèmes : diagrammes adaptés SysML, graphe de flux d'énergie, schéma cinématique, schéma électrique, schéma fluidique.		<b>1ère/T</b>	<b>3</b>	
Schéma architectural (mécanique, énergétique, informationnel)		<b>1ère/T</b>	<b>3</b>	
Représentations des répartitions et de l'évolution des grandeurs énergétiques (diagramme, vidéo, image)		<b>1ère/T</b>	<b>3</b>	
Représentations associées au codage de l'information : variables, encapsulation des données		<b>1ère/T</b>	<b>2</b>	

<b>2.3 Approche comportementale</b>				
<b>2.3.1 Modèles de comportement</b>				
Principes généraux d'utilisation Identification et limites des modèles de comportements, paramétrage associé aux progiciels de simulation		<b>1ère</b>	<b>2</b>	<i>Il s'agit de proposer une approche simple permettant de justifier l'utilisation d'un modèle de comportement, pouvant s'appuyer sur une simulation, permettant de justifier le paramétrage, les objectifs associés (justification de performance, prédiction d'un comportement ) et la comparaison avec le réel.</i>
Identification des variables du modèle, simulation et comparaison des résultats obtenus au système réel ou à son cahier des charges	<b>M(2)</b>	<b>1ère/T</b>	<b>2</b>	<i>Il s'agit de faire une analyse permettant de mettre en évidence l'influence du paramétrage sur la pertinence des résultats de la simulation.</i>