



MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE, DE
L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR ET DE
LA RECHERCHE

EAI SIE 2

SESSION 2015

AGRÉGATION CONCOURS INTERNE ET CAER

Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR

**Option : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR
ET INGÉNIERIE ÉLECTRIQUE**

EXPLOITATION PÉDAGOGIQUE D'UN DOSSIER TECHNIQUE

Durée : 6 heures

Calculatrice électronique de poche – y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : La copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

A

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.

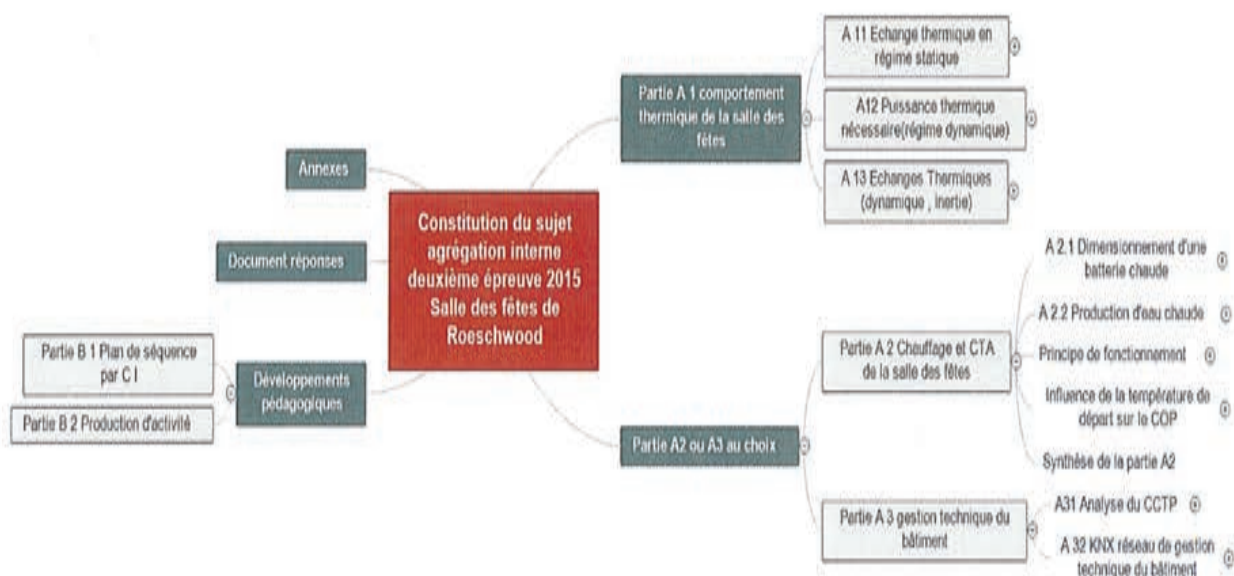
La partie **A1** est à traiter par l'ensemble des candidats.

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 numéroté 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 $50 \text{ kWh}_{\text{EP}}/(\text{m}^2 \cdot \text{an})$, 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 (kWh_{EF}) est la quantité d'énergie disponible pour l'utilisateur final.

L'énergie primaire (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 :

$1 \text{ kWh}_{\text{EF}} \longleftrightarrow 2,58 \text{ kWh}_{\text{EP}}$
pour l'électricité

$1 \text{ kWh}_{\text{EF}} \longleftrightarrow 1 \text{ kWh}_{\text{EP}}$
pour les autres énergies (gaz, réseaux de chaleur, bois, etc.)

La RT 2012 pose 3 exigences de performances énergétiques :

- La consommation conventionnelle en énergie primaire (CEP) du bâtiment doit être inférieure à une valeur **CEP_{max}** dont la valeur est d'environ **$50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{an})$** 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 **BBIO_{max}** 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.

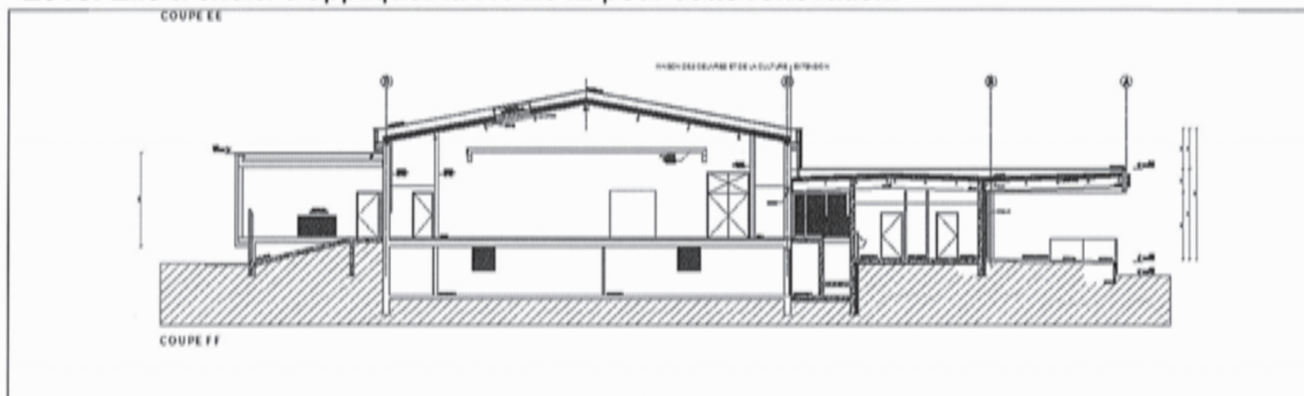
- La température intérieure conventionnelle (TIC) est une exigence de confort en été. Elle assure que pendant les 5 jours les plus chauds, la température intérieure reste inférieure à une valeur maximale **TIC_{ref}** (définie sur un bâtiment de référence).

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)

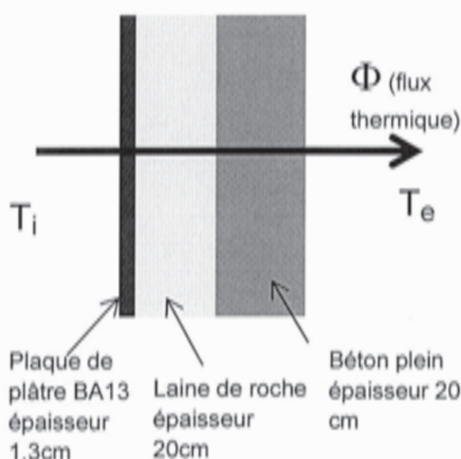
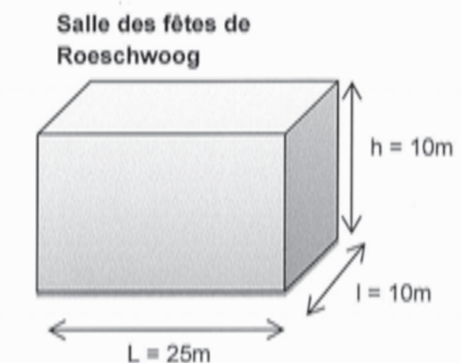
Partie A-1 : RT 2012 et Modélisation thermique des bâtiments

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



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 120kg/m^3), doublée d'une plaque de plâtre à parement de carton (BA13).

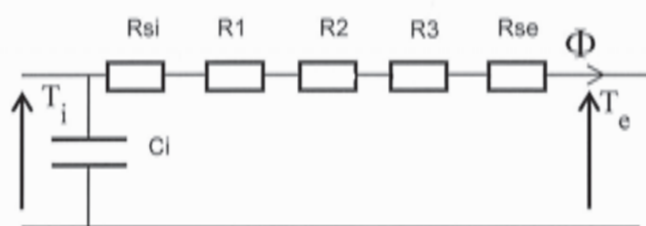
Les lames d'air ne sont pas prises en compte.

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 1m^2 de paroi opaque (toit et murs) le modèle RC équivalent ci-dessous où :



Ce modèle est établi pour 1m^2 de surface d'échange

$R_{si}=0,13\text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ et $R_{se}=0,04\text{m}^2\cdot\text{K/W}$.
(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 1m^2 de surface d'échange.

Caractéristiques thermiques de quelques matériaux :

2.6.2.1 Laines de roches

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

2.3.1 Plâtres sans granulats

Matériaux ou application	(ρ) en kg/m ³	(λ) en W/(m.K)	(C_p) en J/(kg.K)	(μ)	
				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	(ρ) en kg/m ³	(λ) en W/(m.K)	(C_p) en J/(kg.K)	(μ)	
				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 $\text{m}^2.\text{K/W}$ 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 $\text{W}/(\text{K}.\text{m}^2)$.
- 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 $\text{J}/(\text{K}.\text{m}^2)$) la valeur de C_i ramenée à 1m^2 de surface d'échange.
- Q A-1.3. Montrer qu'en régime établi de température ($T_i = \text{cste}$), le flux thermique est indépendant de C_i . Calculer Φ (dont vous donnerez l'unité) pour $T_i=20^\circ\text{C}$ et $T_e=-9^\circ\text{C}$ (valeur de référence pour la région considérée en hiver). En déduire les **pertes thermiques totales** Φ_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 $\text{kWh}/\text{m}^2_{(\text{shon})}$. Combien de jours peut-on avoir cette température extérieure afin de conserver un $\text{CEP} < 50\text{kWh}/(\text{m}^2.\text{an})$ (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 ($T_e < 20^\circ\text{C}$) et que la température moyenne durant cette période vaut $\langle T_e \rangle = 9^\circ\text{C}$. La température intérieure est supposée constante durant cette période ($T_i=20^\circ\text{C}$). 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

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

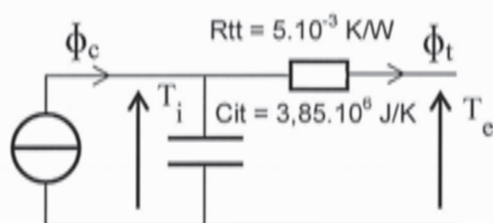
En déduire la déperdition énergétique annuelle par unité de surface W_a en $\text{kWh}/\text{m}^2_{(\text{shon})}$.

- 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),

Φ_e est le flux thermique délivré par le générateur de chaleur (en W),

Φ_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 Φ_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 Φ_c et aux autres constantes du modèle.

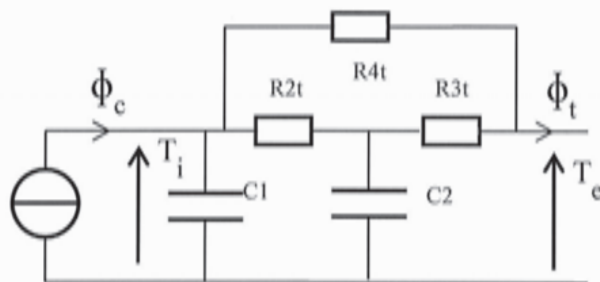
Q A-1.8. Résoudre cette équation et montrer que T_i se met sous la forme :

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

Q A-1.9. Calculer le flux thermique Φ_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 C_{it} .

R_{4t} sera supposée infinie,

R_{2t} et R_{3t} sont les résistances thermiques totales respectivement de l'isolant et des murs en béton,

Φ_c est le flux thermique du système de chauffage (générateur de chaleur),

Φ_t est le flux thermique échangé avec l'extérieur du bâtiment.

Questionnement :

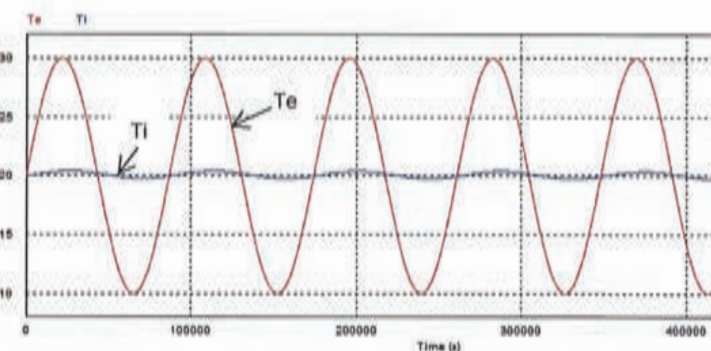
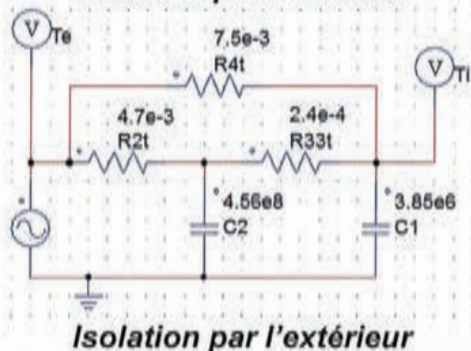
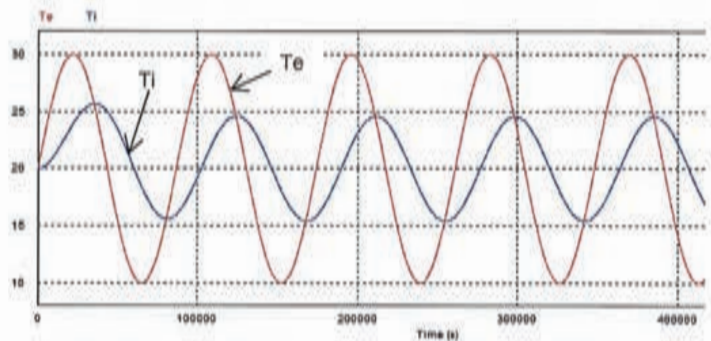
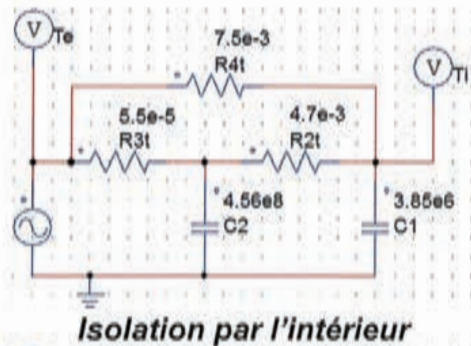
Problématique en été :

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 :

$$\frac{T_i}{T_e} = \frac{1}{1 + 2 \cdot j \cdot m \cdot \frac{\omega}{\omega_0} + j^2 \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} \text{ avec : } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_{2t} \cdot R_{3t} \cdot C_{1t} \cdot C_2}} \text{ et } m = \frac{R_{3t} \cdot C_2 + R_{2t} \cdot C_{1t} + R_{3t} \cdot C_{1t}}{2 \cdot \sqrt{R_{2t} \cdot R_{3t} \cdot C_{1t} \cdot C_2}}$$

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 : $\omega \sim 2 \cdot \omega_0$).



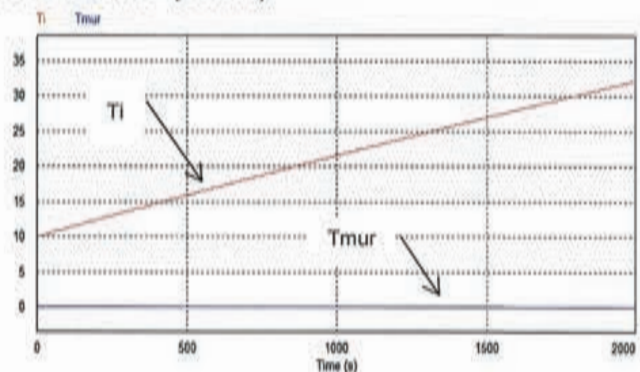
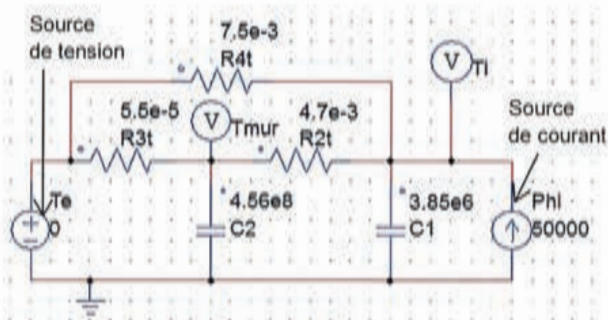
On donne ci-dessus deux résultats de simulation avec le modèle complet (prise en compte des pertes non encore comptabilisées par R_{4t}), correspondant à une isolation par l'intérieur puis par l'extérieur : Les positions de R_{2t} et R_{3t} sont inversées, et R_{3t} voit sa valeur ajustée en R_{33t} 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} .

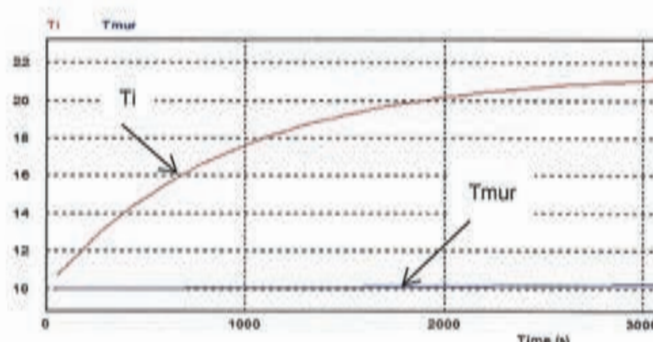
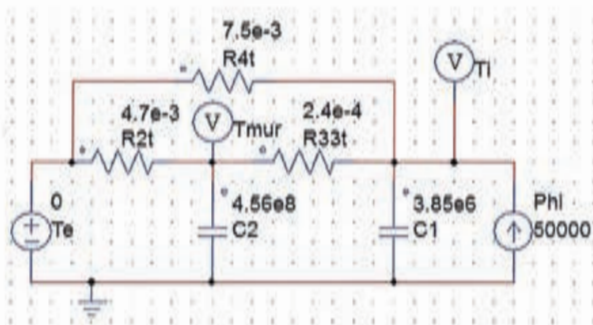
Q A-1.12. Commenter ces résultats, et conclure quant aux paramètres liés au bâti qui influencent le respect de la TIC imposée par la RT 2012.

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'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.

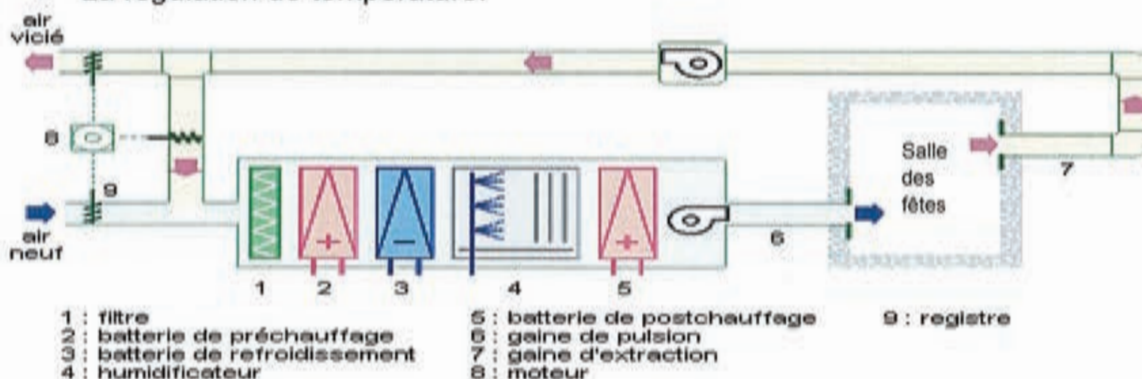
Partie au choix A2 ou A3

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 :

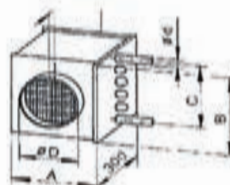
- Le renouvellement de l'air, le contrôle de l'hygrométrie, le filtrage,
- Le chauffage (batterie chaude),
- Le refroidissement (batterie froide),
- La régulation de température.



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

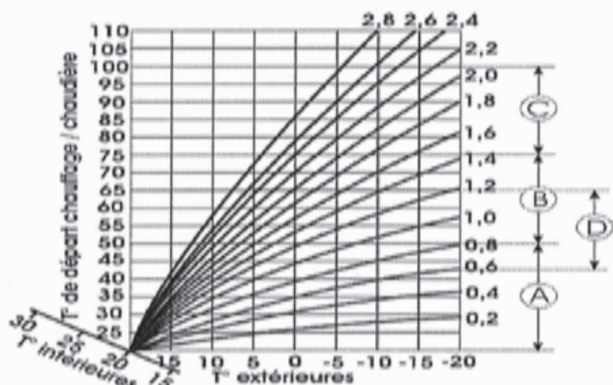
A-2.2. Production d'eau de chauffage par pompe à chaleur

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.