

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2024**

## **SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE**

**Ingénierie, innovation et développement durable**

### **ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION**

Durée de l'épreuve : **4 heures**

*L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.*

*L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 28 pages numérotées de 1/28 à 28/28.

**Constitution du sujet :**

<b>Partie commune (durée indicative 2h30)</b>	12 points
<b>Partie spécifique (durée indicative 1h30)</b>	8 points

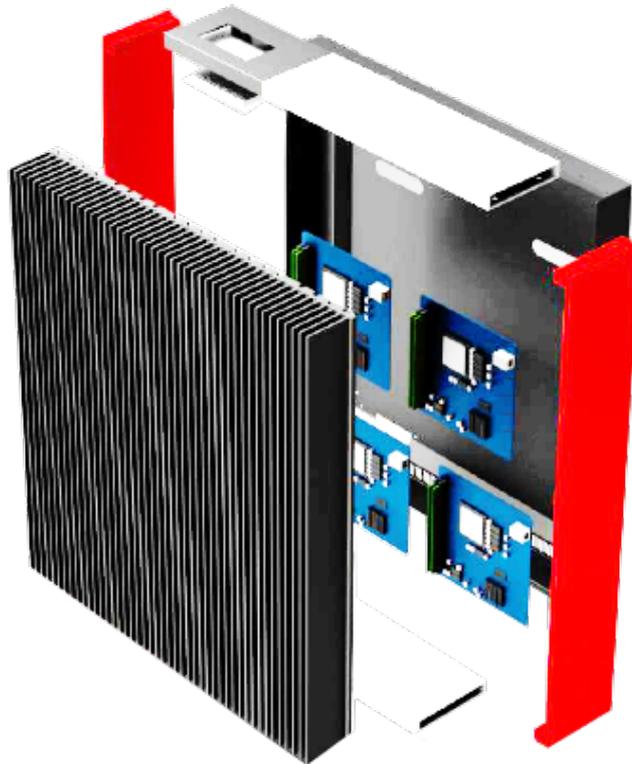
**Le candidat traite les 2 parties en suivant les consignes contenues dans le sujet.  
Ces 2 parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre indifférent.**

**Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.**

**Tous les documents réponses sont à rendre avec la copie.**

**PARTIE COMMUNE (12 points)**

# **Le radiateur numérique Q.RAD : une solution de chauffage innovante**



- **Présentation de l'étude et questionnaire** pages 3 à 6
- **Documents techniques** pages 7 à 13
- **Documents réponses** pages 14 à 16

## ***Mise en situation***

Les centres de données (data center) comportent de nombreux serveurs informatiques qui nécessitent d'évacuer la chaleur qu'ils produisent en grande quantité : ils sont très énergivores, tant pour leur fonctionnement que pour leur refroidissement.

Il est donc souhaitable de recycler la chaleur produite par les serveurs. Ceci permet de chauffer avec un coût moindre des habitations, des bureaux ou des bâtiments publics réduisant ainsi l'empreinte carbone des calculs informatiques.

Afin d'améliorer l'efficacité énergétique d'un parc immobilier composé de quatre bâtiments de six étages, la société Carnot Computing a fait le pari de mettre en place une solution innovante appelé le radiateur numérique Q.RAD. Il s'agit de déporter une partie des serveurs (carte mère), émettrice de chaleur, dans les bâtiments.

L'objectif de l'équipement est double :

- vendre aux entreprises de la puissance informatique pour leurs usages ;
- chauffer gratuitement un parc immobilier.



Vue aérienne du bâtiment géré par Carnot Computing.

L'objectif de cette étude est de démontrer le caractère innovant et économique du radiateur numérique.

## Travail demandé

### Partie 1 - Quelle est l'innovation apportée par le système Q.RAD ?

---

- Question 1.1 | À l'aide du DT1.1, **énumérer** les conséquences positives du radiateur Q.RAD, sur les différents piliers du développement durable.  
DT1.1
- Question 1.2 | À l'aide des DT1.1 et DT1.2, en se basant du point de vue utilisateur, **compléter** le document réponse DR1.1 en comparant le Q.RAD et un radiateur à basse consommation en utilisant les symboles : « + », « - » ou « = » pour meilleur, pire et identique. **Conclure** sur les avantages du radiateur numérique.  
DT1.1  
DT1.2  
DR1.1
- Question 1.3 | À l'aide des diagrammes des DT1.3 et DT1.4, **compléter** sur la chaîne de puissance du document réponse DR1.2 les deux composants techniques associés aux fonctions « convertir » et « transmettre ».  
DT1.3  
DT1.4  
DR1.2
- Question 1.4 | **Compléter** le document réponses DR1.2, en notant la nature des flux de puissance (électrique ou thermique) associés aux différentes fonctions.  
DT1.3  
DT1.4  
DR1.2
- Question 1.5 | **Conclure** sur l'innovation apportée par le système Q.RAD. **Déterminer** s'il s'agit d'une innovation incrémentale ou de rupture.

### Partie 2 - Quelle est l'optimisation technico-économique de la solution Q.RAD ?

---

*Il faut vérifier que les performances de ce radiateur numérique répondent bien au besoin de l'utilisateur tout en restant rentable pour la société.*

*L'utilisateur souhaite chauffer sa pièce de 24 m<sup>2</sup> à 19,5°C.*

*La simulation du fonctionnement du Q.RAD doit permettre d'étudier les performances de chauffe afin de valider la rentabilité du système.*

*Avant d'effectuer la simulation, il est nécessaire d'identifier les paramètres influents.*

- Question 2.1 | À partir du DT1.5, **indiquer** le nom des paramètres de simulation de la « Conduction 1 » relative au « Mur 2 ».  
DT1.5

Question 2.2 | Il s'agit maintenant de simuler le fonctionnement du radiateur Q.RAD, grâce à un modèle multiphysique. **Compléter**, à l'aide du DT1.6, le DT1.6, le DR1.3 en renseignant les valeurs des paramètres de dimension du simulateur correspondant uniquement à la fenêtre.

Question 2.3 | Les résultats de la simulation de l'appartement sont donnés sur le DT1.7. Sur copie, **comparer** l'évolution de la température intérieure par rapport à la consigne et la température extérieure. On souhaite améliorer les performances énergétiques de l'appartement en modifiant les caractéristiques de la fenêtre. **Préciser** et **justifier** s'il faut augmenter (+) ou diminuer (-) les paramètres du tableau sur le document DR1.3 afin de réduire les déperditions.

Les processeurs du radiateur fonctionnent sous quatre fréquences d'utilisation ( $F_u$ ) en fonction de l'écart de température.

Question 2.4 | À l'aide du tableau ci-dessous, **compléter** l'algorithme de fonctionnement sur le DR1.4.

$\varepsilon$ : écart entre la température de consigne désirée $\theta_c$ et la température ambiante $\theta_a$ ( $\varepsilon = \theta_c - \theta_a$ )	Pourcentage de la fréquence maximale ( $F_{max}$ ) d'utilisation des processeurs
$\varepsilon > 2 \text{ }^\circ\text{C}$	100 %
$1^\circ\text{C} < \varepsilon \leq 2 \text{ }^\circ\text{C}$	80 %
$0,5 \text{ }^\circ\text{C} < \varepsilon \leq 1 \text{ }^\circ\text{C}$	60 %
$\varepsilon \leq 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ et si la température ambiante est supérieure à la température désirée	40 %

Question 2.5 | **Compléter**, à l'aide des courbes d'évolution des températures désirées et ambiantes du DR1.5, le tableau de ce même document réponse. **Tracer** le chronogramme de fonctionnement d'une matinée de 6h00 à 11h00 sur le DR1.5. **Préciser** le pourcentage de la fréquence d'utilisation la plus utilisée par les processeurs.

Les quatre processeurs de dernière génération offrent la puissance de calcul nécessaire à différentes entreprises clientes. Pour la réalisation d'un film d'animation 3D, d'une durée de 1 heure et 38 minutes, 5 000 heures de calcul sont nécessaires pour chacun des radiateurs numériques qui équipent le parc immobilier.

Question 2.6 | **Calculer** l'énergie (en kW·h) permettant la réalisation du film pour un système numérique consommant en moyenne 425 W dans l'objectif de limiter l'impact environnemental. Sachant qu'un radiateur numérique consomme en moyenne 10 kW·h par jour, **déterminer** le nombre de jours nécessaires à la réalisation de ce dessin animé en considérant un seul radiateur.

Pour transférer les données de calcul aux 240 radiateurs numériques du parc immobilier, il est nécessaire de les connecter au réseau Internet. Une adresse IP est affectée à chaque machine en respectant le format du type 192.168.23.xxx où seul le dernier octet xxx permet d'identifier la machine sur le réseau. Les trois premiers groupes sont masqués par le masque de sous-réseau.

Question 2.7 | **Déduire** le nombre de machines qui peuvent être connectées au  
DT1.8 | maximum sur ce réseau en tenant compte des adresses réservées qui  
seront citées. **Indiquer** si tous les radiateurs peuvent être adressés.

À partir de la trame indiquée sur le DT1.8, **convertir** en décimal la valeur codée en hexadécimal de chaque groupe de 8 bits de l'adresse IP source.

Un radiateur numérique consomme en moyenne 10 kW·h par jour. On souhaite installer de nouvelles fenêtres répondant à la réglementation thermique 2020, afin de renforcer l'isolation des appartements. Il s'ensuit une diminution des besoins de chauffage.

Question 2.8 | En s'aidant du tableau des données DT1.8, **préciser** la valeur  
DT1.8 | hexadécimale de l'information relative à l'énergie consommée pour cette  
nouvelle configuration.

Sachant que 1kWh correspond à 300 pulses count, **convertir** alors cette valeur en décimal et **exprimer** la valeur de la nouvelle consommation en kW·h par jour. **Calculer** le gain énergétique en pourcentage.

Afin de limiter l'impact environnemental tout en préservant les performances thermiques du système, l'entreprise étudie la possibilité de redéfinir le matériau du dissipateur thermique.

Question 2.9 | À partir du DT1.9, **identifier** les trois matériaux ayant une conductivité  
DT1.9 | thermique au moins égale à  $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$  pour préserver le bon  
fonctionnement du boîtier et un prix inférieur à 10 €/kg.

Question 2.10 | À partir du DT1.10 et sachant que le volume du dissipateur du radiateur  
DT1.10 | est de  $2,5 \text{ dm}^3$ , **calculer** l'impact carbone des trois matériaux puis **choisir**  
celui qui est le moins impactant pour l'environnement.

Actuellement, l'entreprise Carnot Computing a installé ces radiateurs numériques dans un parc immobilier à Paris.

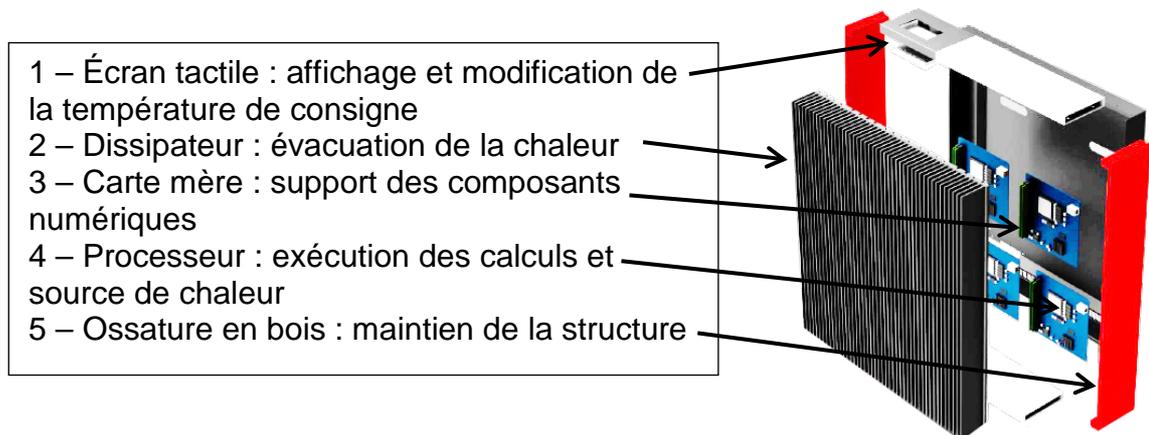
Question 2.11 | Une meilleure isolation de l'appartement entraîne une baisse de la  
consommation énergétique des radiateurs. **Conclure** sur l'intérêt de  
l'installation de cette solution dans les logements neufs, puis dans les  
logements anciens. **Proposer** d'autres types de bâtiments susceptibles  
d'accueillir ce radiateur numérique.

## DT1.1 - Radiateur numérique Q.RAD

---

Certains radiateurs sont énergivores. C'est en essayant de les rendre plus efficaces qu'a été inventé le Q.RAD, un radiateur numérique.

Le concept est simple : les processeurs numériques reçoivent des traitements à effectuer et dégagent de la chaleur douce sans émettre aucun bruit. Avec un design simple et épuré, le Q.RAD s'intègre facilement à l'intérieur d'une maison. La puissance maximale de chauffe est de 500 W pour un coût d'investissement de 4 000 € par machine. L'encombrement du Q.RAD est minimal pour une surface de chauffage de 14 à 27 m<sup>2</sup>. La gestion du parc est assurée par la société Carnot Computing.



Le Q.RAD est une solution écologique et économique. À la date de l'étude, l'heure de calcul était facturée moins chère aux entreprises utilisatrices ou aux centres de recherche en comparaison aux data center : 0,25 €/h avec des CPU 4-cœurs à 3,9 GHz.

Pour les utilisateurs, le principe est très simple : un écran tactile permet de choisir la température souhaitée. Il est également possible de piloter le système à distance via une application dédiée. Plus on souhaite chauffer une pièce, plus les capacités de calcul des processeurs sont sollicitées.

Cette chaleur est gratuite pour les usagers de Q.RAD : la société procède mensuellement au remboursement de la consommation électrique après réception des factures en fonction du relevé de consommation fourni par les appareils de mesure situés dans le radiateur.

Les quatre processeurs de dernière génération offrent la puissance de calcul nécessaire à différentes entreprises de secteurs très divers :

Dessins animés 3 D

Finances

Biologie

Statistiques

Météo

Les logements sont des appartements comprenant de deux à cinq pièces. Ces radiateurs ont été installés par la société Carnot Computing sur le parc immobilier et remplacent des radiateurs traditionnels d'une puissance de 500 W à 2 kW.

## DT1.2 - Radiateur basse consommation à inertie sèche

---

Offrant une chaleur agréable, continue et efficace, les radiateurs basse consommation sont nettement moins énergivores que les radiateurs électriques classiques.

Un radiateur basse consommation à inertie sèche est composé d'un matériau qui stocke la chaleur puis la diffuse progressivement dans la pièce. On trouve pour cela de la brique, de la céramique, de la fonte ou encore de la pierre de lave ou de la stéatite.

Leur puissance est de 1500 W et la surface de chauffe varie entre 15 à 19 m<sup>2</sup>.

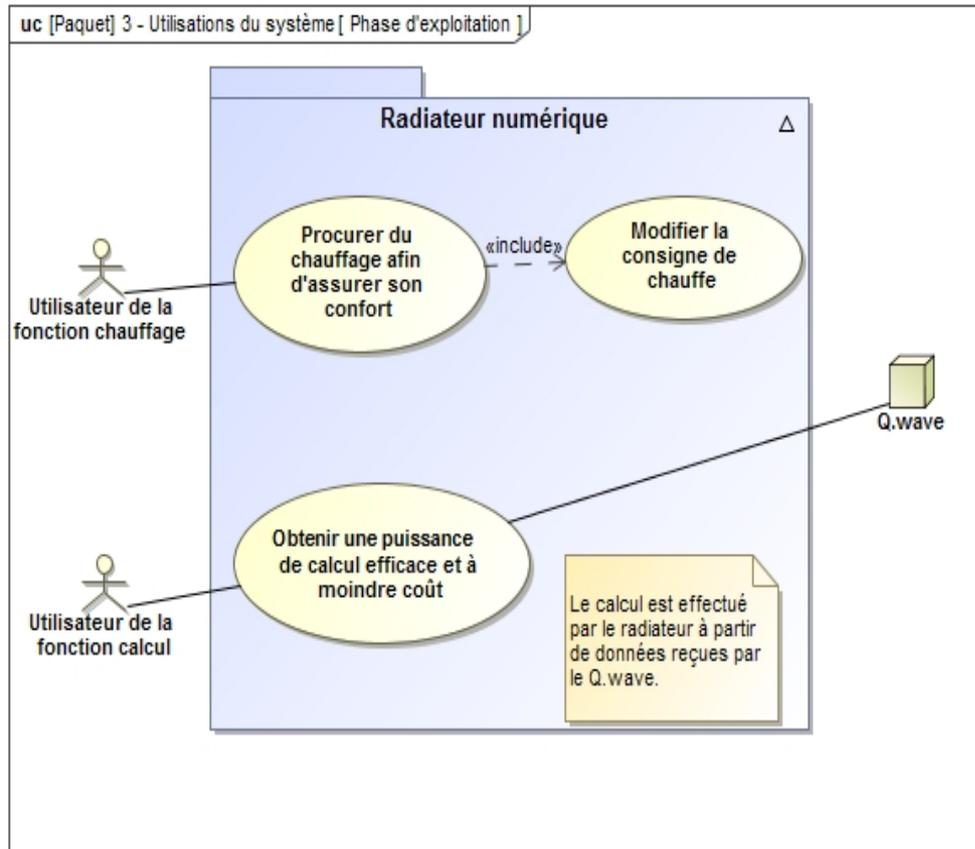


Avantages et inconvénients :

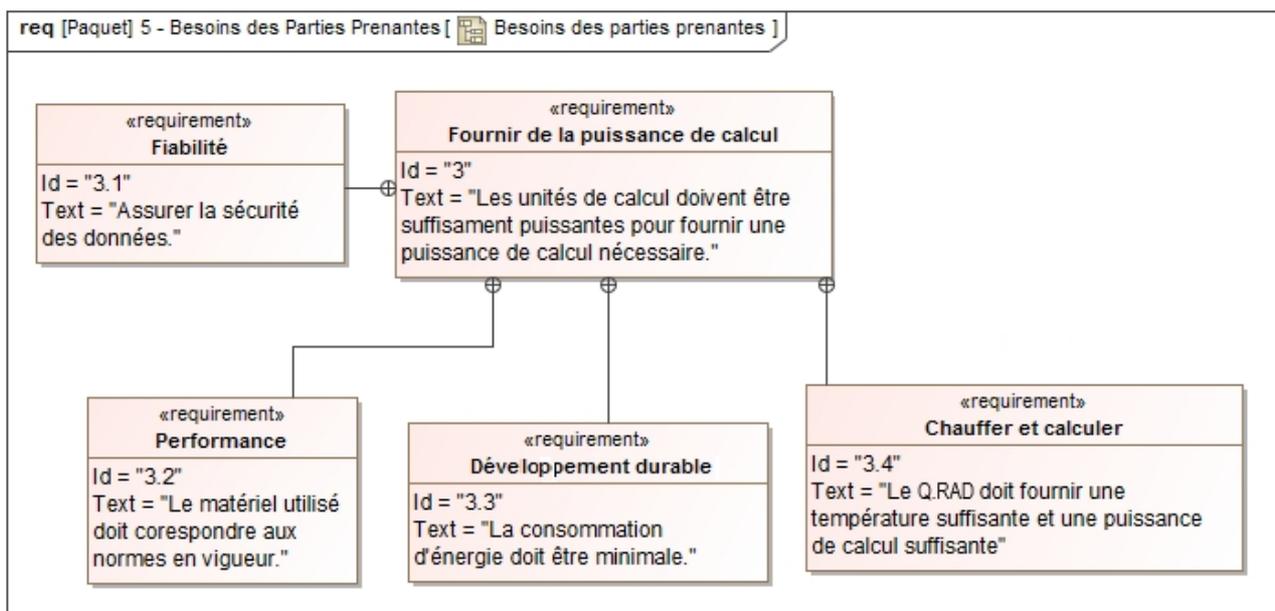
- les radiateurs électriques basse consommation sont bien plus économiques : à surface égale, leur consommation électrique est plus faible qu'un radiateur électrique classique ;
- ils offrent une chaleur permanente et permettent ainsi d'obtenir une température homogène et surtout continue dans toute la pièce, contrairement aux convecteurs qui ne chauffent que dans le périmètre proche et par intermittence ;
- l'absence de ventilation forcée évite tout mouvement de poussières. L'air chauffé est donc plus sain, mais aussi beaucoup moins sec ;
- les radiateurs électriques basse consommation sont tous équipés d'un système de régulation, ce qui permet de fixer avec précision la consigne de température de la pièce. De surcroît, ils peuvent le plus souvent être pilotés à distance ;
- leur encombrement est minime et leur installation ne nécessite pas de travaux particuliers ;
- le prix d'achat des radiateurs électriques basse consommation est beaucoup plus élevé que les autres radiateurs (400 à 2000 €), mais leur consommation est bien moindre à l'usage ;
- pour réduire les déperditions de chaleur du côté mur, il est préconisé d'y apposer un film isolant ;
- la capacité de stockage d'énergie thermique des radiateurs électriques basse consommation est plus faible que celle des radiateurs à accumulation.

## DT1.3 - Diagrammes d'utilisation et d'exigence

### Diagramme des cas d'utilisation

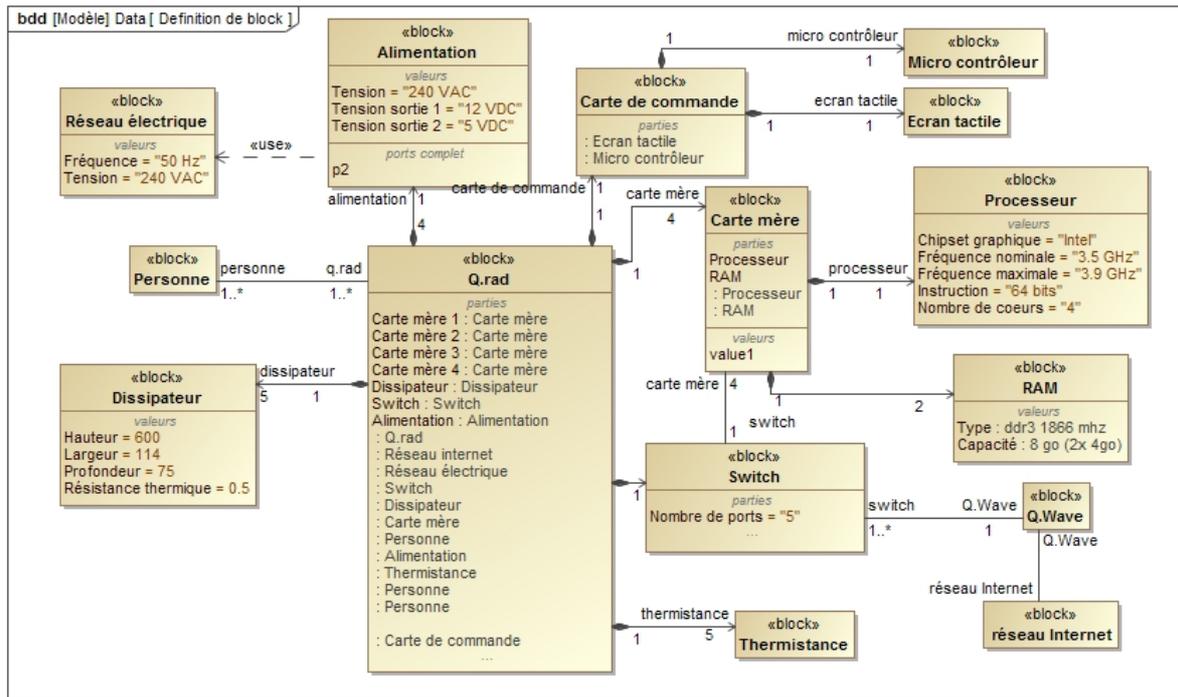


### Diagramme des exigences

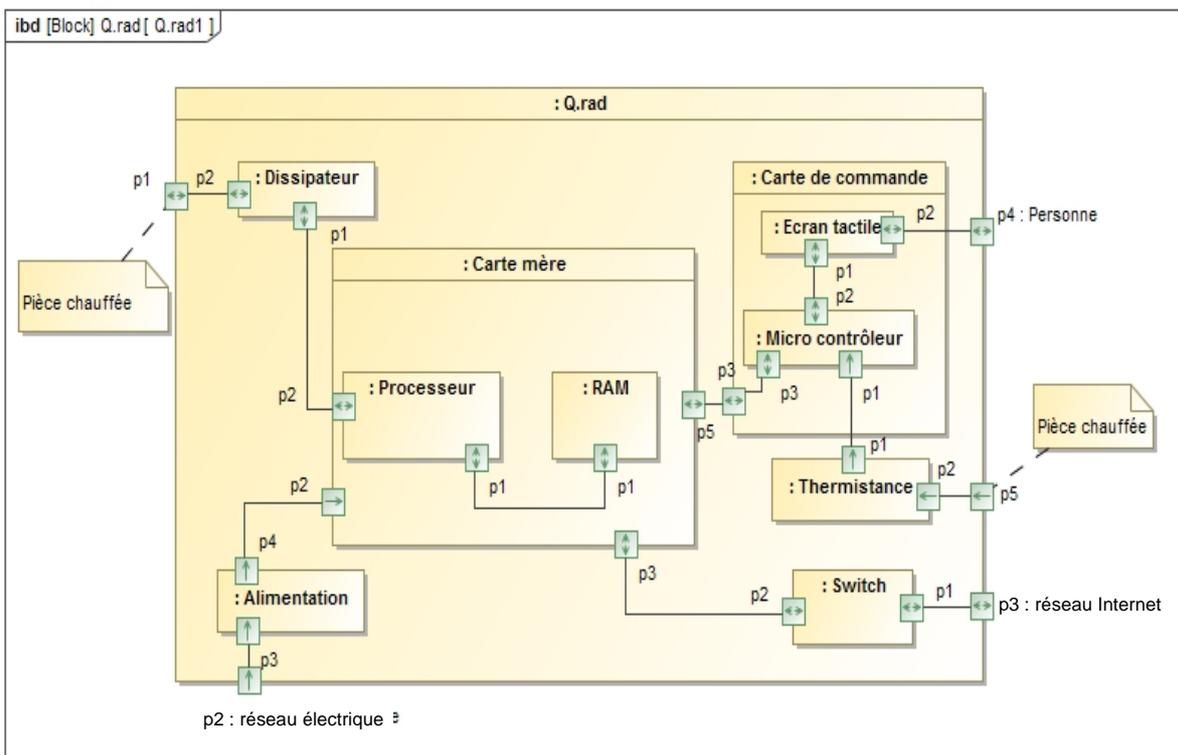


# DT1.4 - Diagrammes de définition de blocs et de blocs internes

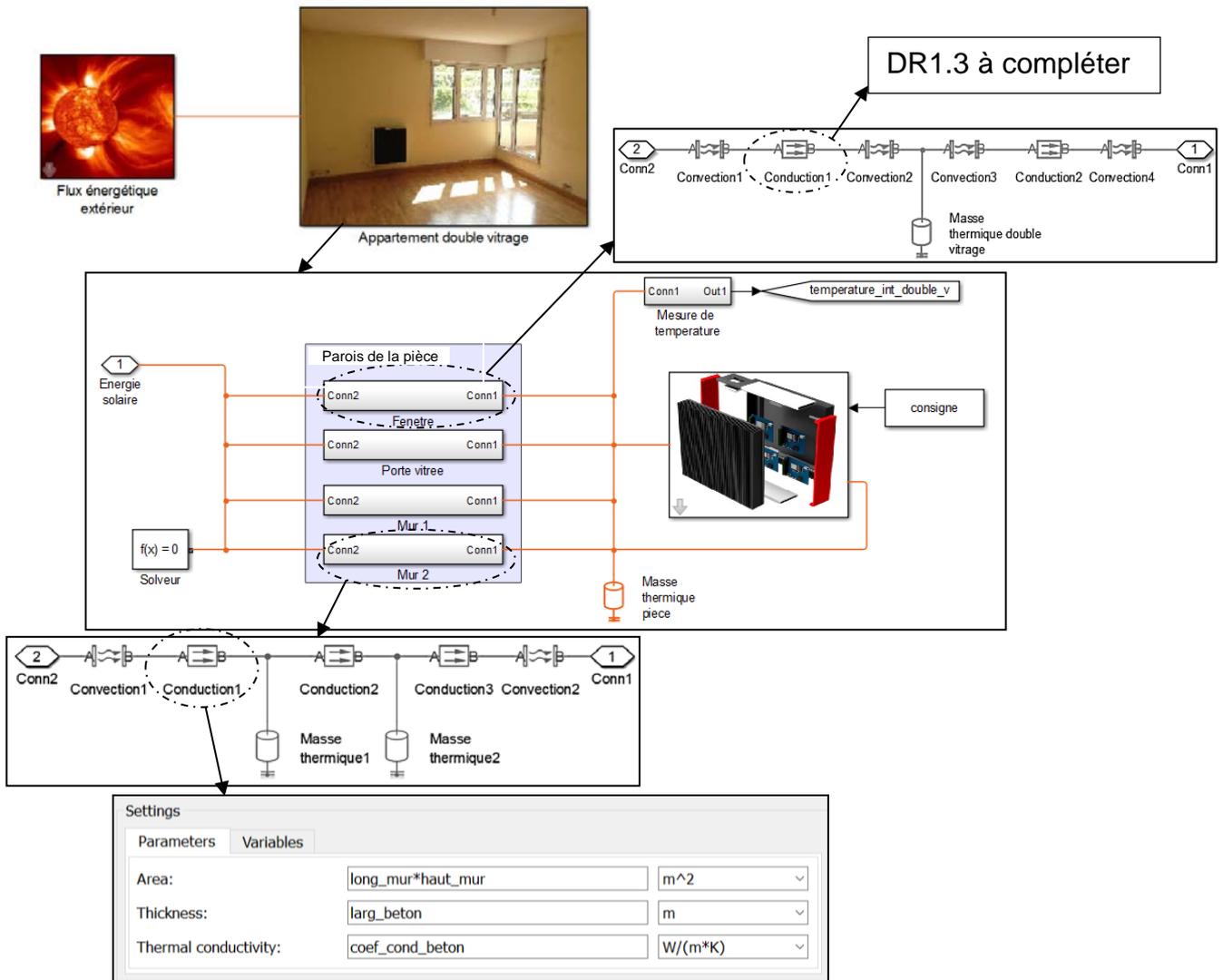
## Diagramme de définition de blocs



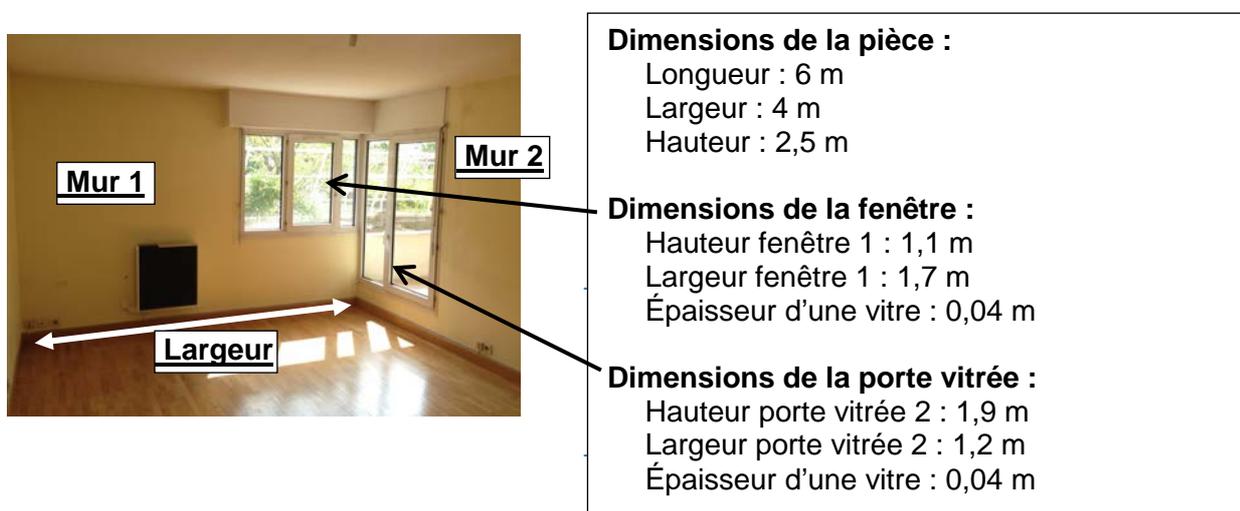
## Diagramme de blocs internes



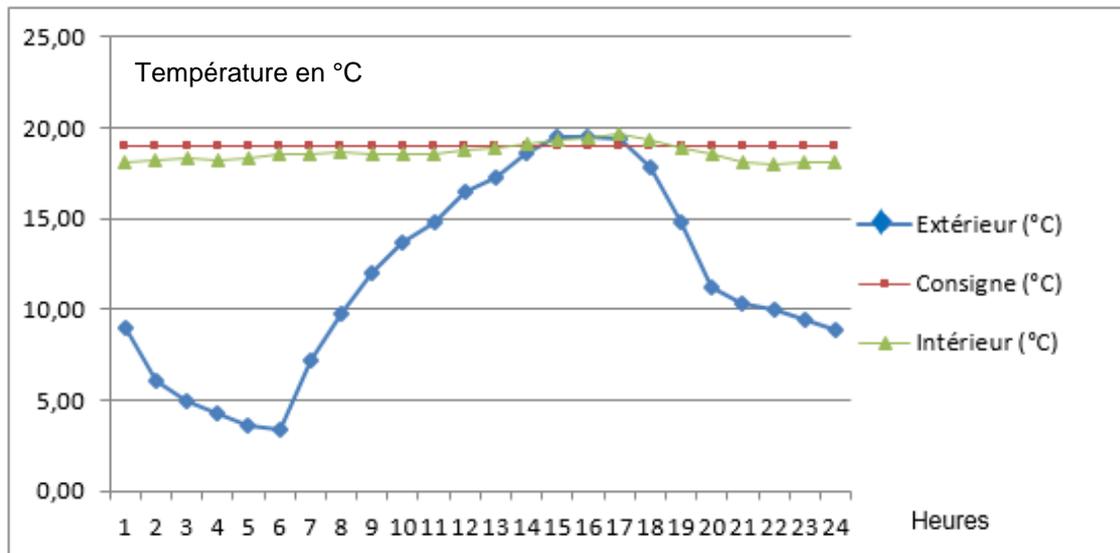
## DT1.5 - Modèle multiphysique



## DT1.6 - Situation d'un appartement où se situe le radiateur



## DT1.7 - Résultats de la simulation



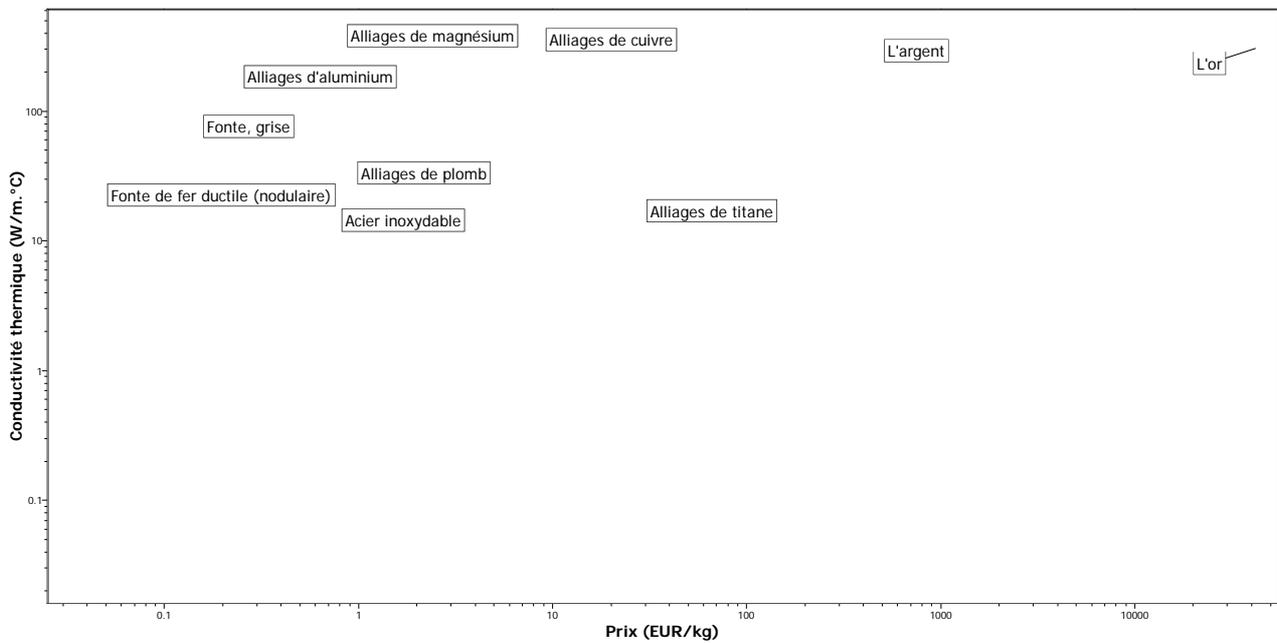
## DT1.8 - Constitution de la trame de communication IP d'un Q.RAD

Le tableau ci-dessous décrit les données d'un relevé par protocole IP codées en hexadécimal.

Consommation 1kW·h = 300 pulses count

C0 A8 00 16	Adresse IP source (4 octets)
C0 A8 00 1B	Adresse IP destinataire (4 octets)
42 B1 AB 03 02	identification and version
C5 27	sequence number
01	packet type (0x01 == INFO message addressed to server)
01 04	datablock type 0x01, length 4 bytes (power states)
01 01 01 01	actual data for motherboards
05 02	datablock header type 0x05, length 2 bytes (air temperature)
01 0C	temperature data (0x010c == 26.8 degC)
06 02	datablock header type 0x06, length 2 bytes (heatsink temperature)
01 1F	temperature (0x011f == 28.7 degC)
07 04	datablock header type 0x07, length 4 bytes
00 00 07 62	wattmeter pulses count
08 02 00 DC	datablock type 0x08, (temperature requested, 0x00dc == 22.0 degC)
FF	end-of-packet marker

## DT1.9 - Diagramme de propriétés (Diagramme d'Ashby)



## DT1.10 - Empreinte carbone

	Empreinte CO <sub>2</sub> en kg CO <sub>2</sub> .kg <sup>-1</sup> d'alliage	Masse volumique en kg.dm <sup>-3</sup>
Alliage d'aluminium	12,5	2,7
Acier	2,5	7,8
Alliage de cuivre	5,3	8,9
Alliage de plomb	3,5	11
Alliage de zinc	3,9	6
Alliage de magnésium	23,5	1,8

Source : CES EduPack

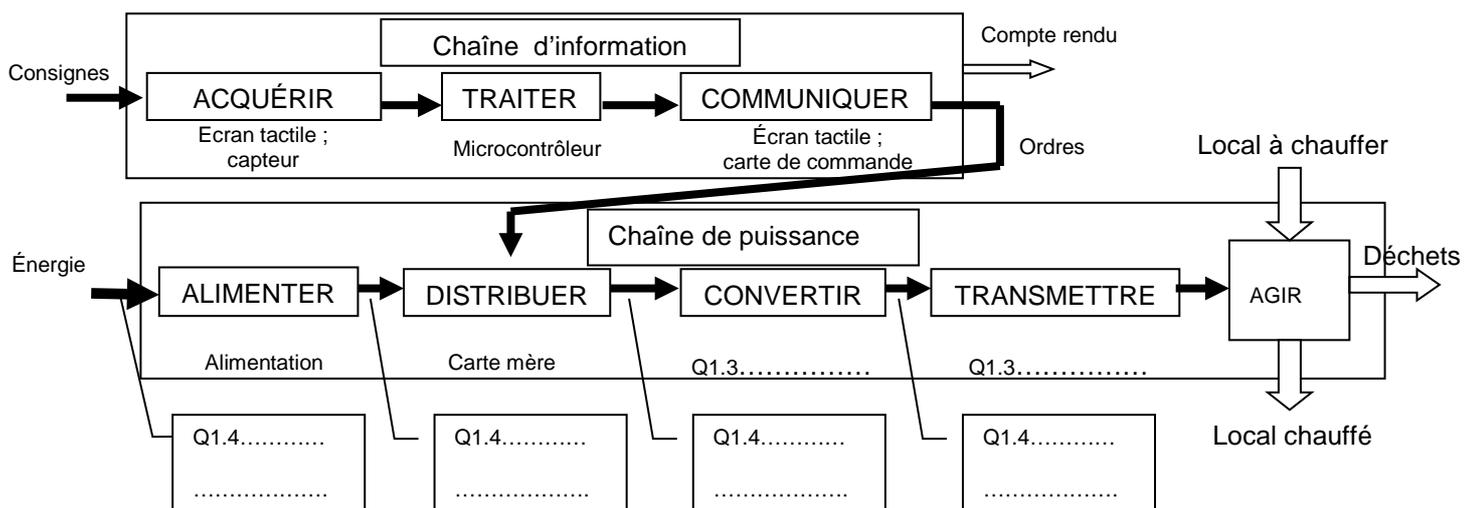
**PAGE BLANCHE LAISSÉE INTENTIONNELLEMENT.**

**NE RIEN ÉCRIRE DESSUS**

## DR1.1 - Tableau comparatif entre radiateur numérique et radiateur basse consommation

	Radiateur numérique	Radiateur basse consommation
Puissance		
Chaleur douce		
Pilotés à distance		
Surface de chauffage moyenne		
Economies d'énergie		
Prix d'achat		

## DR1.2 - Chaîne fonctionnelle du radiateur





## DR1.3 - Paramètres de la simulation

### Question 2.2

Settings

Parameters Variables

Area:  m<sup>2</sup>

Thickness:  m

Thermal conductivity: coef\_cond W/(m\*K)

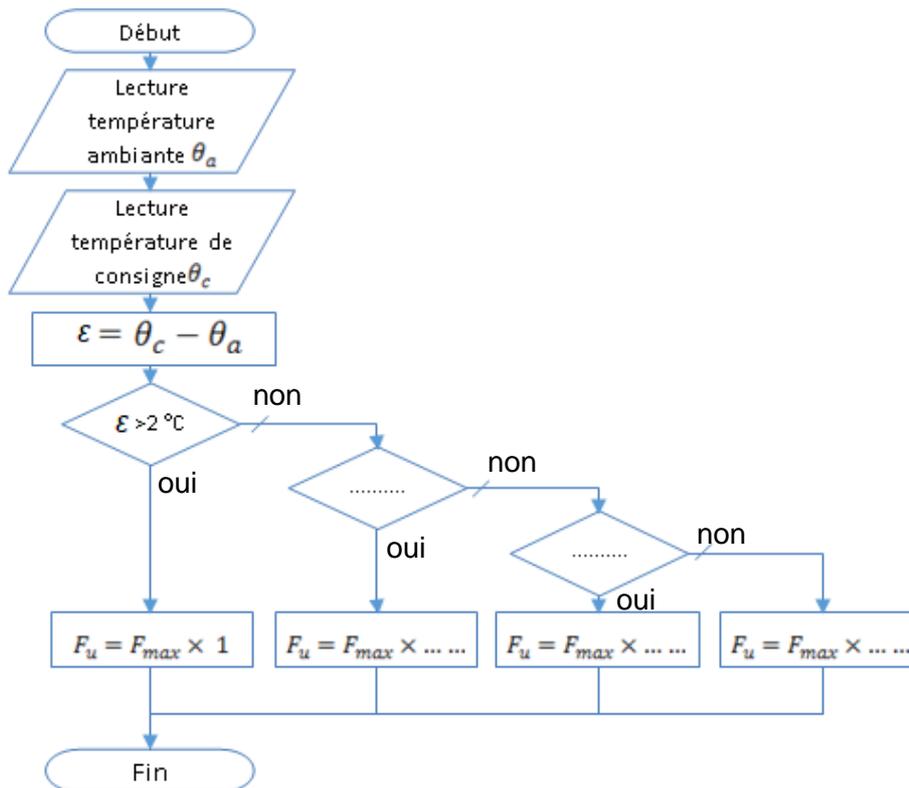
À compléter.

Bloc 'Conduction 1' de la fenêtre

### Question 2.3

PARAMÈTRES	SENS D'ÉVOLUTION	JUSTIFICATION
CONDUCTIVITE THERMIQUE		
ÉPAISSEUR		
SURFACE	-	La diminution de la surface diminue le flux thermique

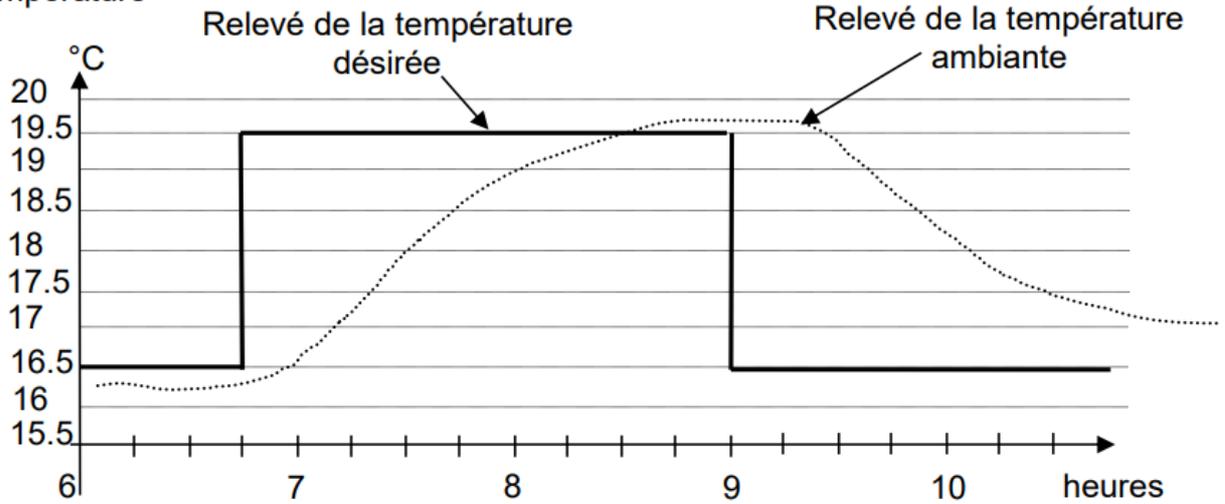
## DR1.4 - Algorithme



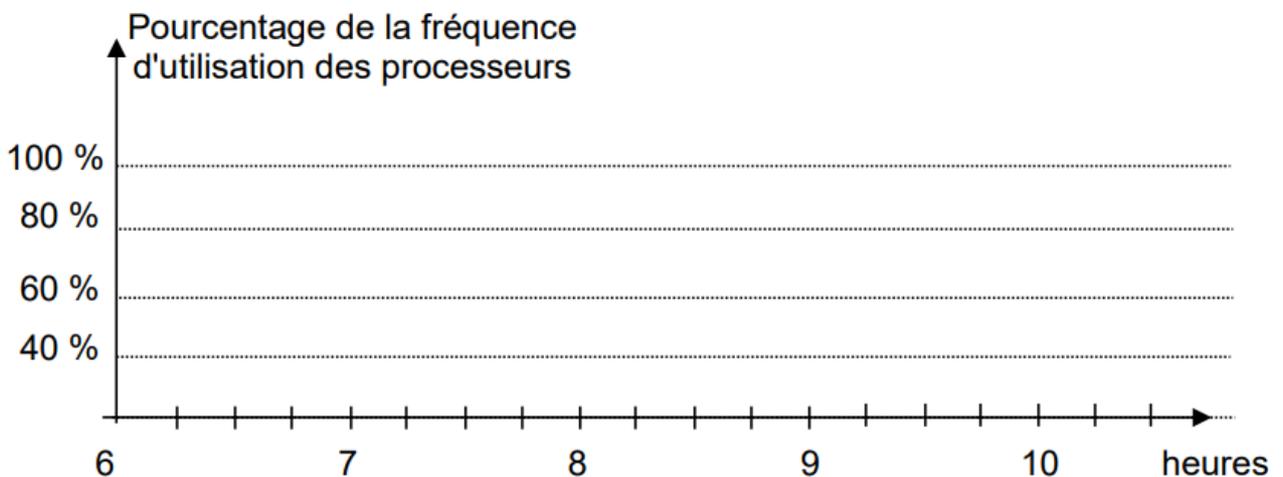


## DR1.5 - Tableau et chronogramme

Température



Heure	6h15	6h45	7h15	7h45	8h	8h30	9h	9h30	10h30
Température désirée (°C)		19,5					16,5		
Température ambiante (°C)		16,3					19,7		
Écart $\varepsilon$ (°C)		3,2					-3,2		
Pourcentage de la fréquence d'utilisation des processeurs		100%					40%		





**PARTIE SPÉCIFIQUE (8 points)**

**Architecture et Construction**

**Confort de l'habitat**

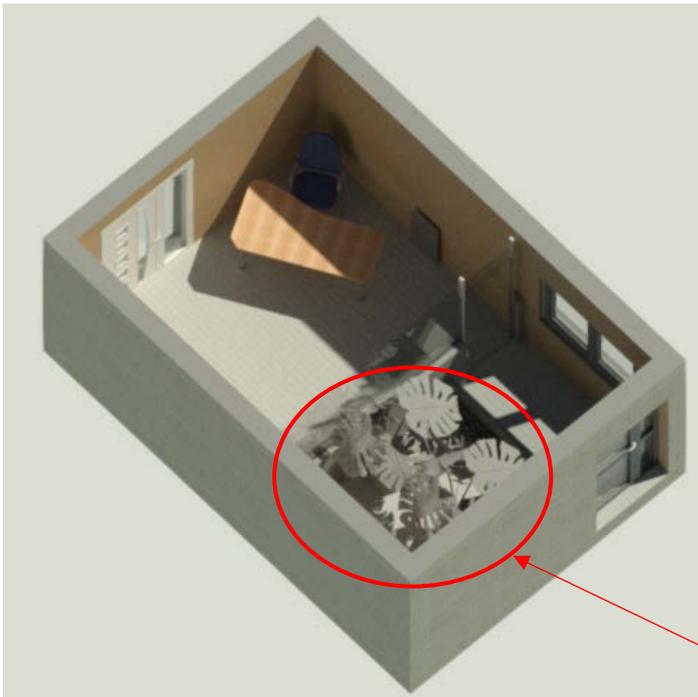


**Constitution du sujet :**

- Dossier sujet et questionnement ..... Pages 18 à 20
- Dossier technique..... Pages 21 à 24
- Documents réponses ..... Pages 25 à 28

## Mise en situation

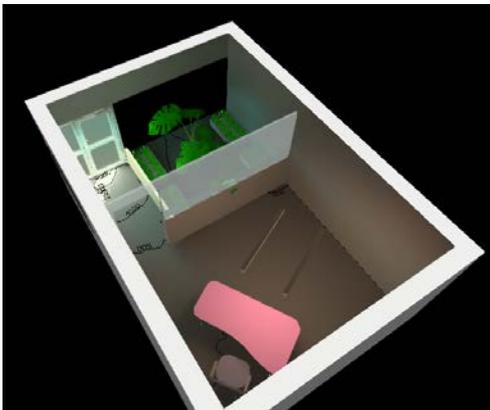
L'un des propriétaires du parc immobilier veut réaliser un terrarium géant pour son iguane dans une pièce de son logement.



Terrarium

Pour un iguane, le terrarium est de type tropical. Il nécessite une température élevée et une forte hygrométrie :

- Taille adulte de l'iguane : 150 cm
- Type de terrarium : tropical
- Type de plantes : vivaces sauvages et branches sèches
- Température au point chaud : 36°C
- Température au point froid : 27°C
- Humidité : 80 %
- Régime : herbivore



L'objectif de cette étude est de vérifier si le propriétaire du logement peut réaliser ce terrarium en choisissant une solution constructive du sol. Cela implique de vérifier la structure du plancher, de dimensionner le système d'éclairage et de déterminer si l'eau se condense sur la cloison de distribution du logement en fonction de l'hygrométrie de la pièce.

## Travail demandé

### Partie A - Comment mettre en œuvre et étudier la structure du terrarium ?

---

Question A.1 DTS2.1 DTS2.2 DRS2.1	À partir de la mise en situation et des documents techniques DTS2.1 et DTS2.2, <b>compléter</b> le document réponses DRS2.1 en proposant une solution constructive schématique et ordonnée qui permet de mettre en place le sol du terrarium comprenant : <ul style="list-style-type: none"><li>- une couche végétale (épaisseur à définir en fonction de la hauteur du muret et des autres éléments constituant le sol du terrarium) ;</li><li>- un substrat (épaisseur à déterminer à l'aide du document technique DTS2.2 et de la mise en situation) ;</li><li>- des billes d'argile servant de drainage : 5 cm d'épaisseur ;</li><li>- une membrane d'étanchéité : épaisseur négligée ;</li><li>- un isolant thermique : 10 cm d'épaisseur.</li></ul> <p>Les épaisseurs des divers éléments seront précisées.</p>
Question A.2 DTS2.1 DRS2.2	À l'aide du document technique DTS2.1, <b>calculer</b> la surface intérieure du terrarium (5 <sup>ème</sup> colonne du document réponses DRS2.2).
Question A.3 DRS2.2	<b>Calculer</b> la masse (en kg) et le poids (en kN) des différents éléments composant le sol du terrarium (6 <sup>ème</sup> et 7 <sup>ème</sup> colonne du document réponses DRS2.2).
Question A.4 DTS2.3 DRS2.3	La structure du terrarium apporte une charge complémentaire sur le plancher du logement. À l'aide du document technique DTS2.3 et du document réponses DRS2.3, <b>déterminer</b> la flèche maximale du plancher. <b>Vérifier</b> cette flèche maximale par rapport à la flèche admissible ( $f_{adm} = L / 200$ ).
Question A.5 DTS2.3 DRS2.3	La structure du terrarium apporte une charge complémentaire sur le plancher du logement. À l'aide du document technique DTS2.3 et du document réponses DRS2.3, <b>déterminer</b> la contrainte maximale de flexion sur le plancher. <b>Comparer</b> cette contrainte maximale par rapport à la contrainte admissible ( $\sigma_{adm} = 15 \text{ MPa}$ )

### Partie B - Comment calculer la consommation d'énergie en fonction des lampes utilisées dans le logement ?

---

Nota : la hauteur du sol du terrarium est de 0,5 m dans le logement ; l'iguane monte sur les branches pour aller du point froid au point chaud.

Question B.1 DTS2.1 DTS2.4	À l'aide de la mise en situation et du document technique DTS2.4, <b>relever</b> l'éclairage nécessaire à l'iguane au point froid.
----------------------------------	--

- Question B.2 | **Calculer** le nombre de lampes nécessaires dans le terrarium pour que l'iguane vive dans des conditions favorables. Utiliser les documents techniques DTS2.1 et DTS2.4.  
Rappel :  $1 \text{ lm}\cdot\text{m}^{-2} = 1 \text{ lux}$   
DTS2.1 | **Déterminer**, à l'aide de la coupe AA des documents techniques DTS2.1 et  
DTS2.4 | DTS2.4, à quelle distance du plafond, il faudra suspendre les lampes pour respecter le point froid de l'animal.
- Question B.3 | Le propriétaire a choisi d'utiliser cinq lampes dans son logement. **Calculer**  
DTS2.4 | la consommation électrique par an des lampes en Wh, puis en kWh avec l'aide de la documentation technique DTS2.4 (power consumption).  
**Calculer** le coût de l'électricité sur une année (1kWh = 0,1765 €).  
Nota : les lampes sont allumées 24h/24.

## Partie C - Comment déterminer s'il y a de la condensation sur les parois du logement ?

---

Le bureau est chauffé à 19°C grâce au radiateur numérique Q.RAD. La température du terrarium est en moyenne de 30°C grâce aux luminaires de la partie B. Le logement est situé à Bordeaux.

Les résistances thermiques superficielles extérieure et intérieure sont chacune de  $0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ .

- Question C.1 | À l'aide de la mise en situation et du document réponses DRS2.4,  
DRS2.4 | **déterminer** à l'aide du diagramme de l'air humide, la température de rosée sur les parois du terrarium.
- Question C.2 | À l'aide du document technique DTS2.5, **relever** la résistance thermique  
DTS2.5 | du verre et **compléter** le DRS2.5 (2<sup>ème</sup> colonne du tableau). Calculer la  
DRS2.5 | résistance thermique globale de la paroi. À l'aide des températures  
données, **calculer** la densité de flux.  
Sur le document réponses DRS2.5, **calculer** les températures de surface sur la cloison de distribution comprenant la paroi vitrée (cloison entre le bureau et le terrarium).
- Question C.3 | **Expliquer** s'il y a risque de condensation sur la paroi en verre. **Justifier**  
votre réponse.

## Partie D - Conclusion

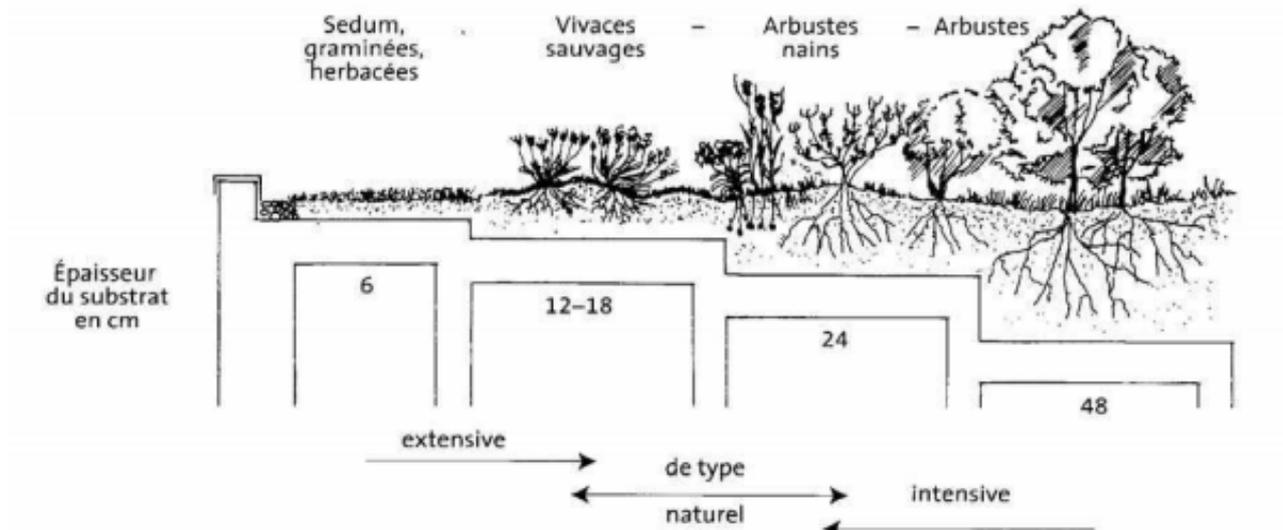
---

- Question D.1 | À l'aide des trois études précédentes (A, B, C), **Conclure** si le logement  
peut techniquement être équipé du terrarium et pour quel coût annuel.



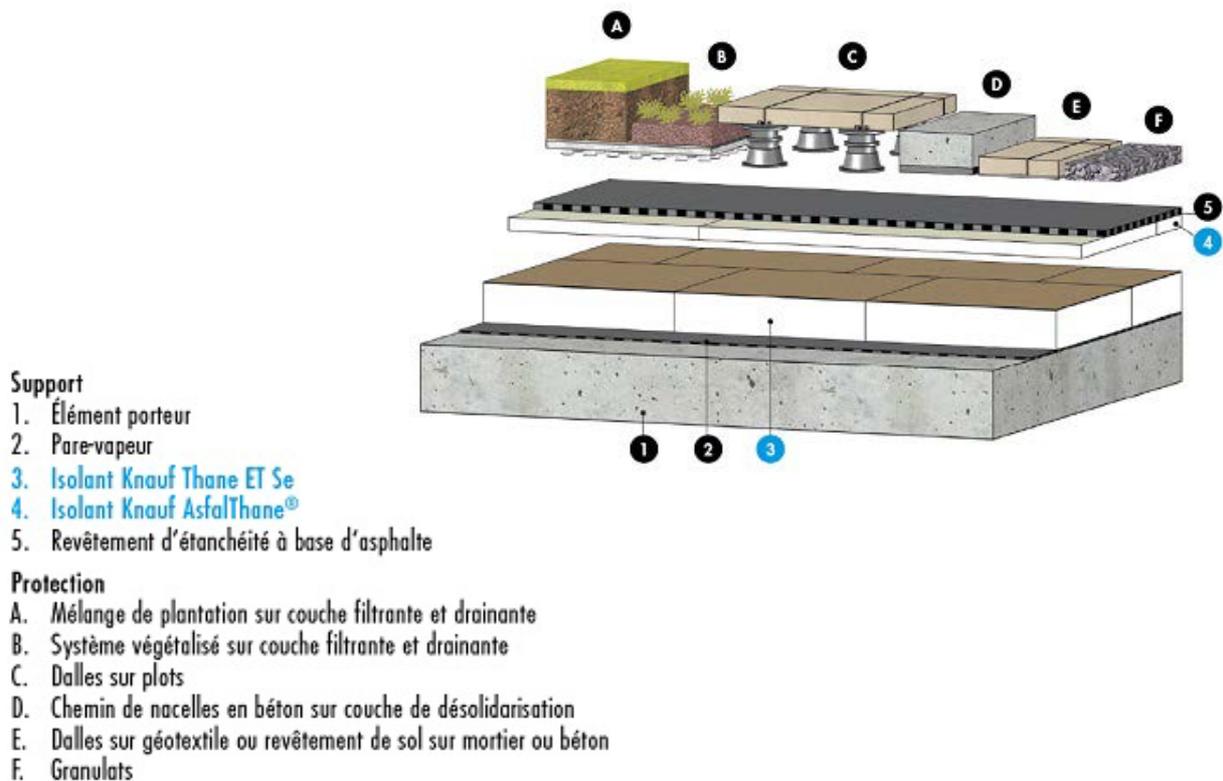
La réalisation du sol du terrarium s'apparente à celle d'une toiture terrasse végétalisée.

La forme de végétalisation choisie dépend de l'épaisseur et de la composition du substrat.



Épaisseur du substrat en fonction de la végétalisation

Exemple de réalisation de différentes toitures terrasses « Knauf » .

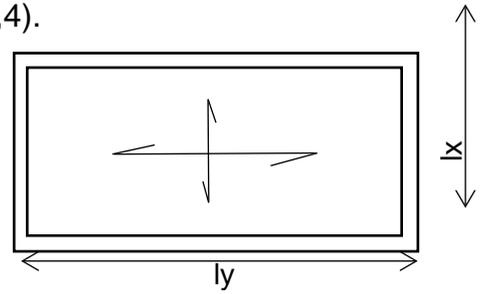


## DTS2.3 - Diagrammes des sollicitations

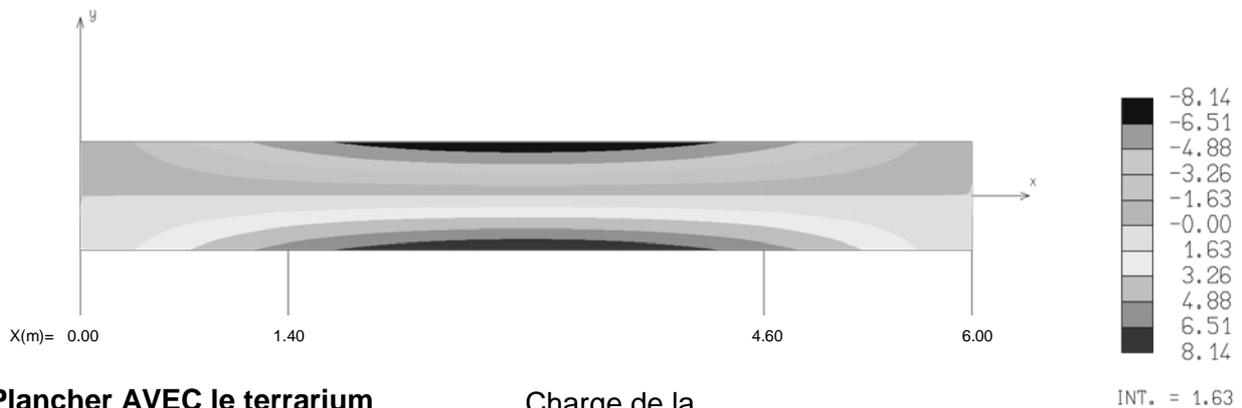
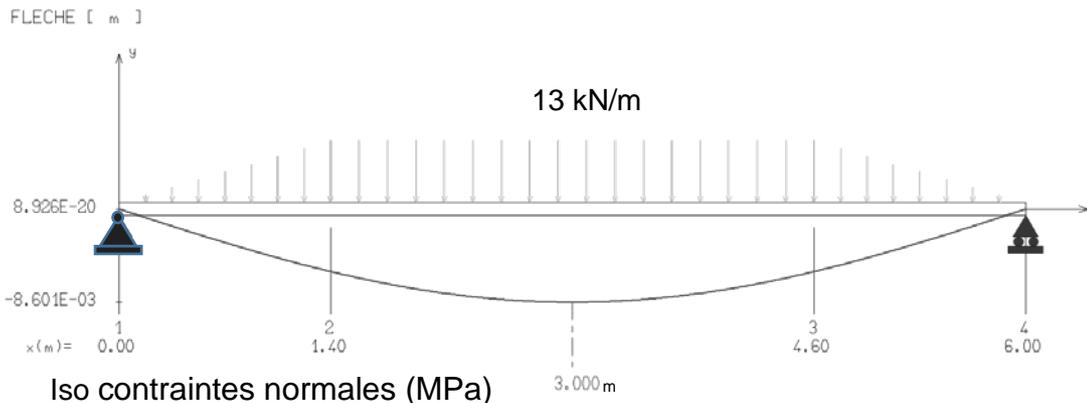
Le plancher du logement est porteur des 4 côtés : ( $l_x / l_y > 0,4$ ).

La portée la plus sollicitée est celle suivant la direction  $l_y$ .

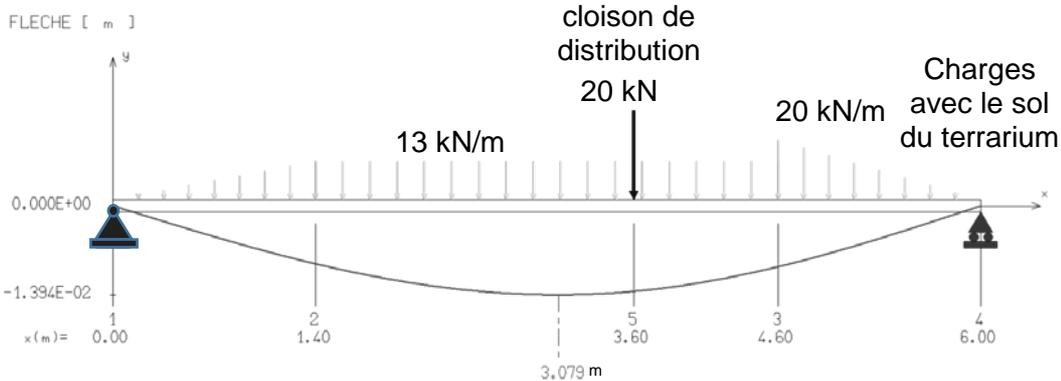
Le bureau d'étude a fourni les résultats suivants :



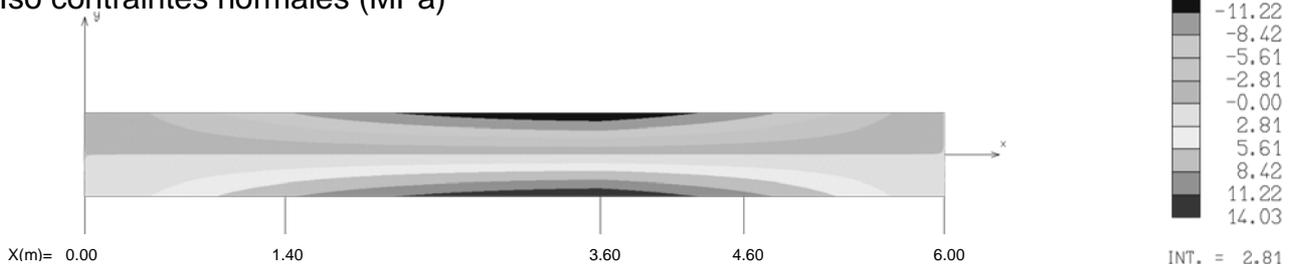
### Plancher sans le terrarium



### Plancher AVEC le terrarium



### Iso contraintes normales (MPa)



## DTS2.4 - Résultats d'éclairage

Lampe disponible :



Lampe EAE COZAR 3135476	
Power Consumption	38.4 W
Final Luminous Flux	4327 lm
Efficacy	112.7 lm·W <sup>-1</sup>
Input Voltage	220-240 V AC
Frequency	50-60 Hz
Power Facteur	> 0.9
Color Rendering Index	>80

Température et éclairage en fonction de la distance de la lampe à l'animal :

Distance (cm) de la lampe à l'animal	Eclairage (lux)	Température (°C)
10	24 300	36
35	15 000	33
60	3 800	30
85	4 900	29
110	2 700	28
135	1 600	27
160	1 200	26
185	800	25

## DTS2.5 - Cloison de distribution

Cloison de séparation en verre : 50 mm

Famille: Mur de base  
 Type: Verre 30 mm  
 Epaisseur totale: 0.0500  
 Résistance (R): 0.0455 (m<sup>2</sup>·K)/W  
 Masse thermique: 9.68 kJ/K

Couches

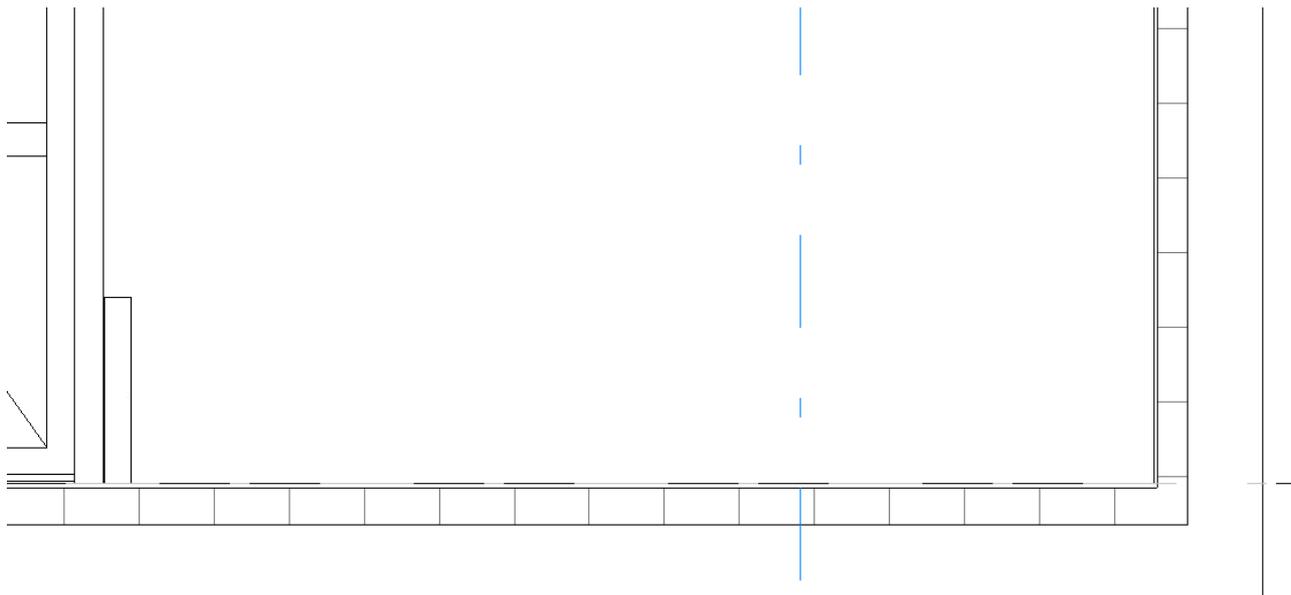
			COTE EXTERIEUR
	Fonction	Matériau	Epaisseur
1	Limite de la couche princip	Couches au-dessus	0.0000
2	Porteur/Ossature [1]	Glass - SVF - Transparent	0.0500
3	Limite de la couche princip	Couches en dessous	0.0000

COTE INTERIEUR

## DRS2.1 - Constitution du sol du terrarium

### Schéma de principe

Détail de la partie terrarium coupe AA (sans échelle)



## DRS2.2 - Poids des différents éléments constituant le sol du terrarium

Éléments	Masse volumique ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )	Masse surfacique ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )	Épaisseur (m)	Surface du sol du terrarium ( $\text{m}^2$ )	Masses (kg)	Poids (kN)
				calcul et résultat :		
Couche végétale		250				
Substrat	1400		0.180			
Billes d'argile	300		0.050			
Membrane d'étanchéité					<b>Négligée</b>	<b>Négligée</b>
Isolant	20		0.100			
				<b>TOTAL</b>		



## DRS2.3 - Flèches et contraintes sur le plancher

---

	Flèche maximale (mm)	Flèche admissible (mm)	Contrainte maximale de flexion (MPa)	Contrainte admissible (MPa)
Plancher sans terrarium Petite portée (lx)	0.55	20	1.2	15
Plancher avec terrarium Petite portée (lx)	1.097	20	2.4	15
Plancher sans terrarium Grande portée (ly)				
Plancher avec terrarium Grande portée (ly)				

- Vérification de la flèche selon la grande portée :

- Vérification de la contrainte selon la grande portée :

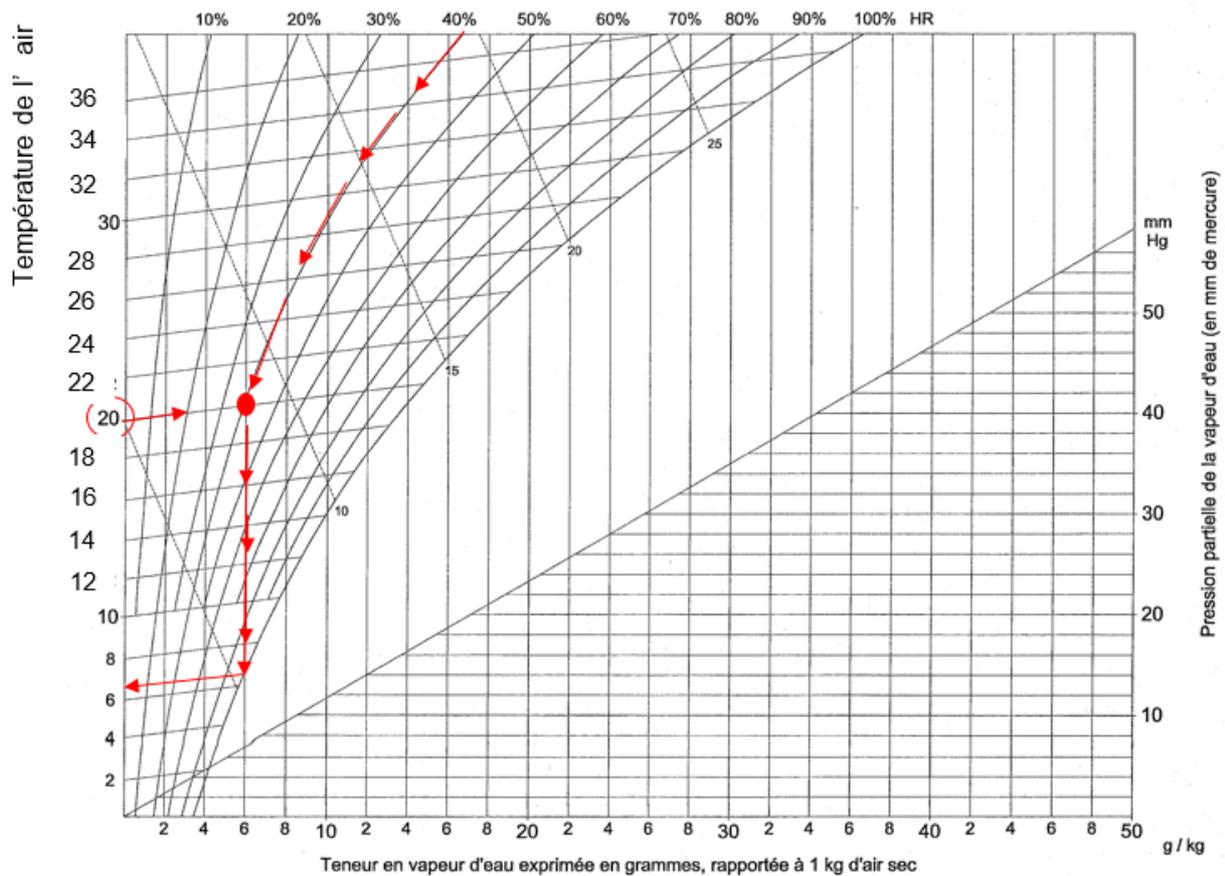


## DRS2.4 - Température de rosée sur le diagramme de l'air humide

taux d'humidité =

donc la température de rosée =

température de l'air =



Exemple d'utilisation :

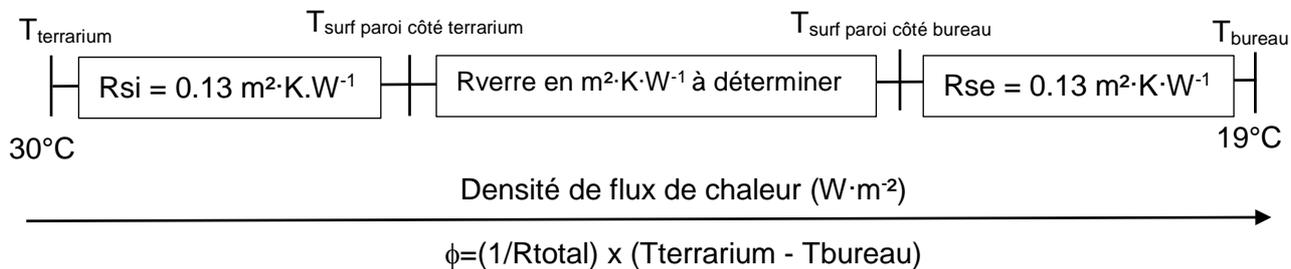
Taux d'humidité HR = 40 %

Donc la température de rosée  $T_{\text{rosée}} = 6,8^{\circ}\text{C}$

Température de l'air  $T_{\text{air}} = 20^{\circ}\text{C}$



## DRS2.5 - Température de surface de la paroi en verre



Paroi	Résistance thermique ( $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ )	Densité de flux de chaleur ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ )		Température en $^{\circ}\text{C}$		
		Calcul :	résultat :	désignation	Calcul :	résultat :
résistance superficielle côté terrarium	0,13			Température du terrarium	X	
				Tsurface de la paroi en verre côté terrarium		
En verre	T surface de la paroi en verre côté bureau			X		
résistance superficielle côté bureau	0,13					Température du bureau
				$R_{\text{total}}$ en $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$		

