

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2024

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENT

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 30 pages numérotées de 1/30 à 30/30.

Constitution du sujet :

Partie commune (durée indicative 2h30)	12 points
Partie spécifique (durée indicative 1h30)	8 points

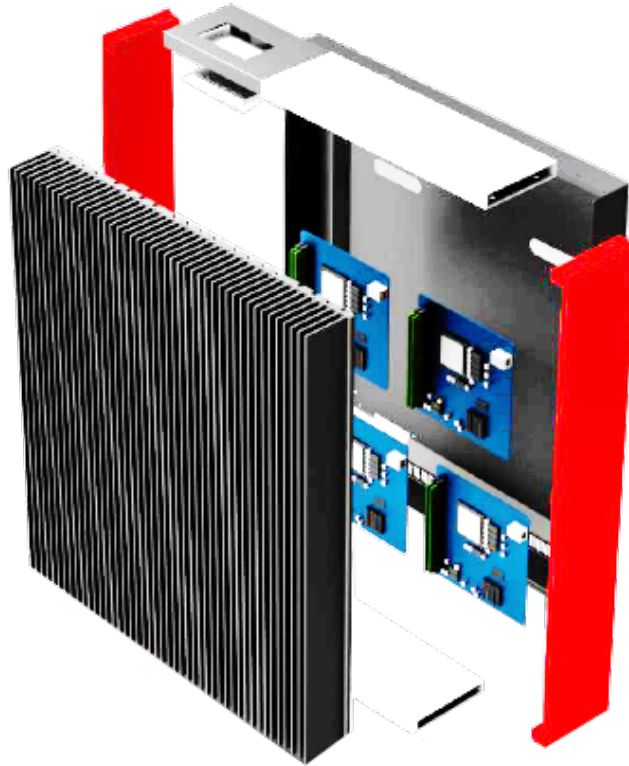
**Le candidat traite les 2 parties en suivant les consignes contenues dans le sujet.
Ces 2 parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre indifférent.**

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 m² 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.

ε : écart entre la température de consigne désirée θ_c et la température ambiante θ_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.

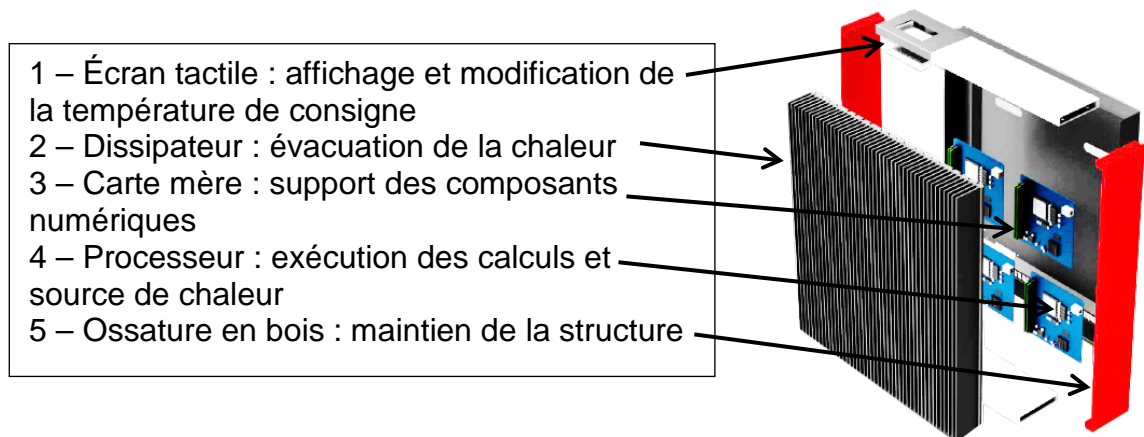
Actuellement, l'entreprise Carnot Computing a installé ces radiateurs numériques dans un parc immobilier à Paris.

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 m². 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 m².



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

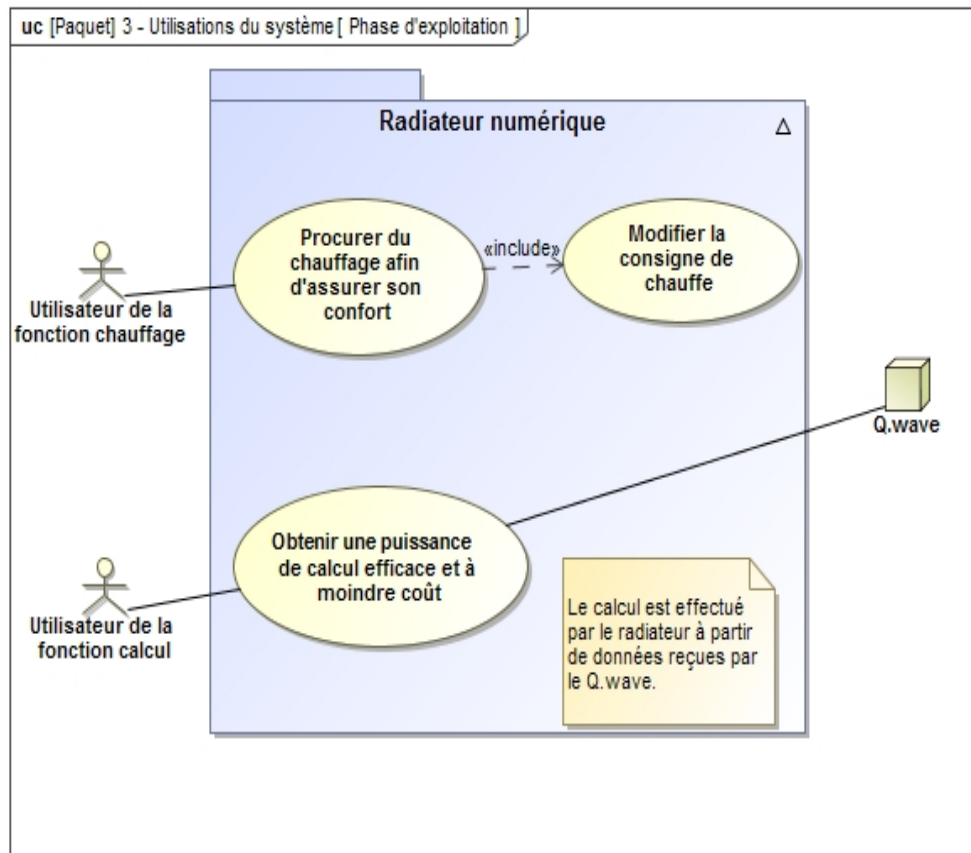
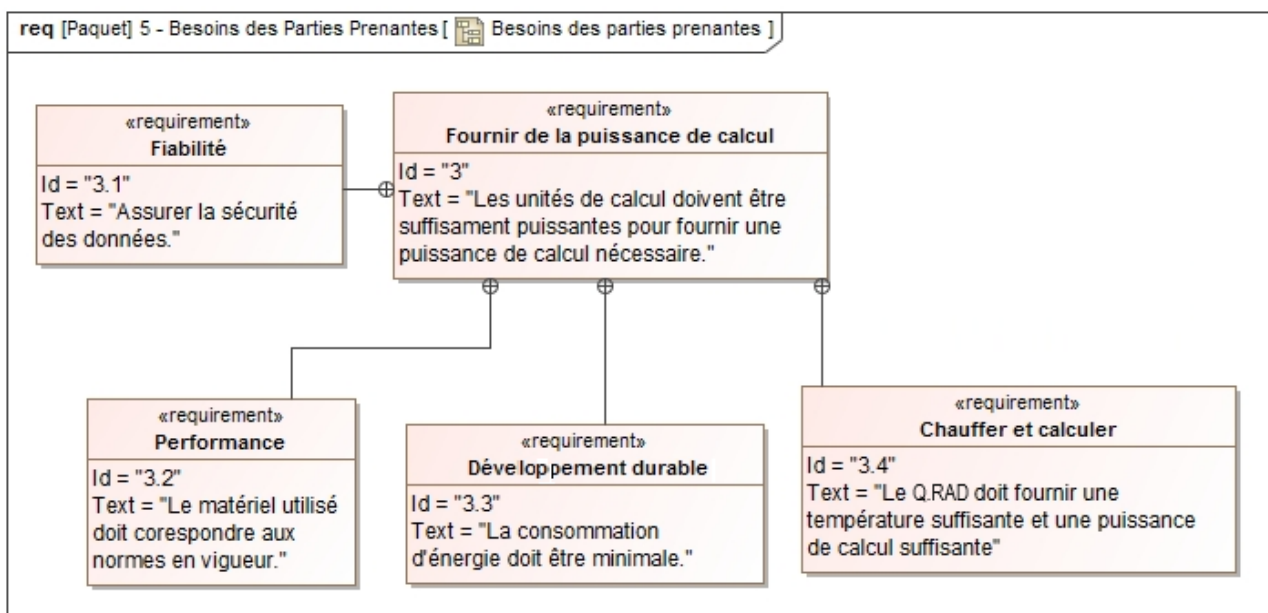


Diagramme des exigences



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

Diagramme de définition de blocs

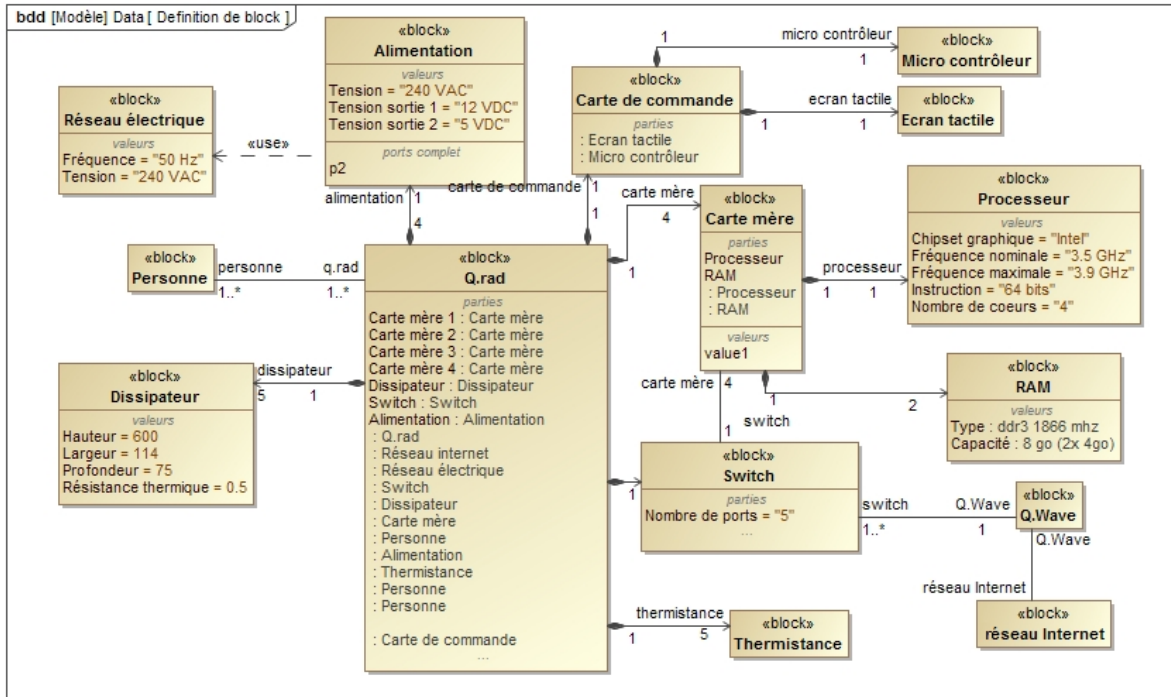
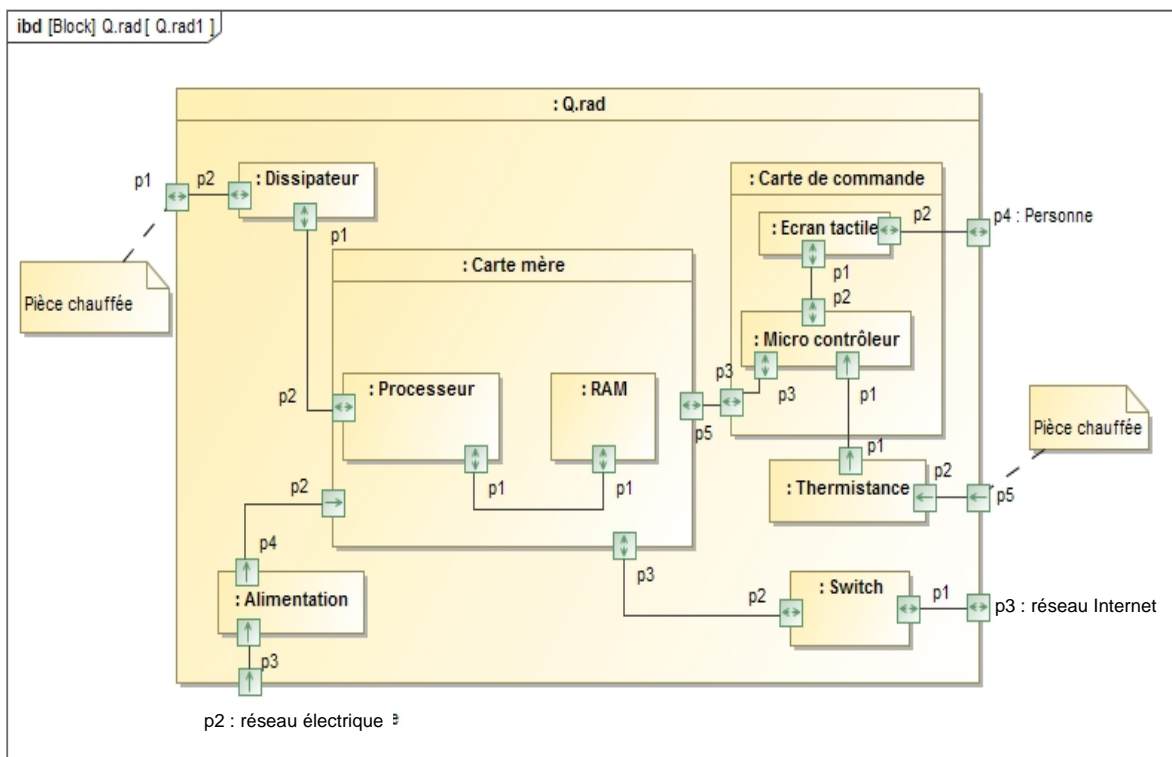
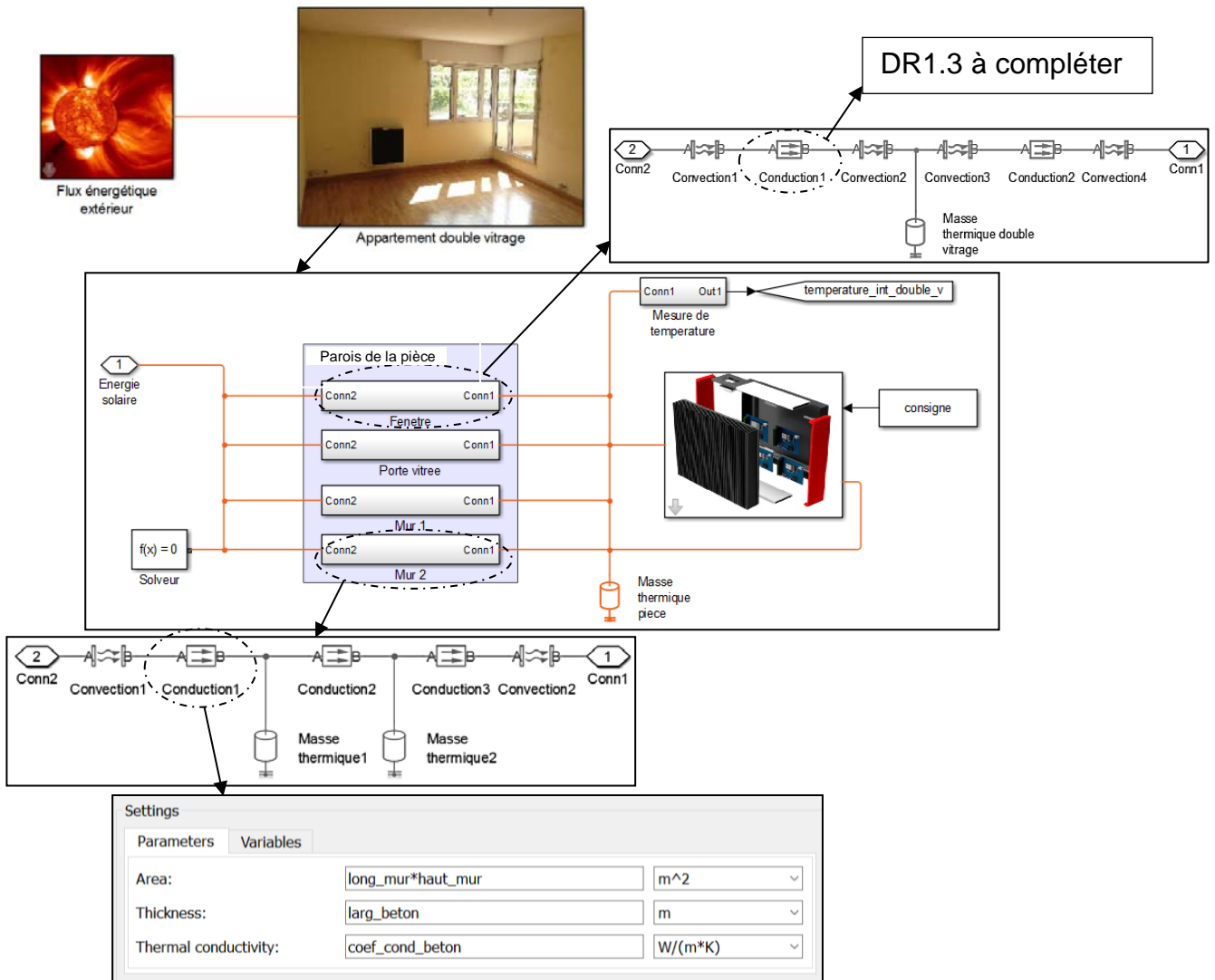


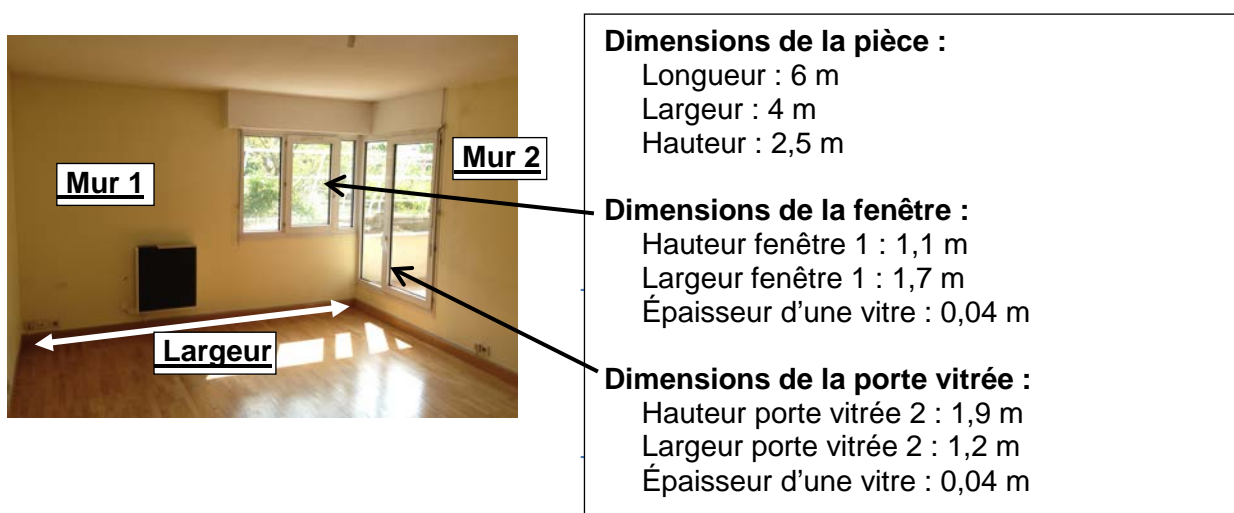
Diagramme de blocs internes



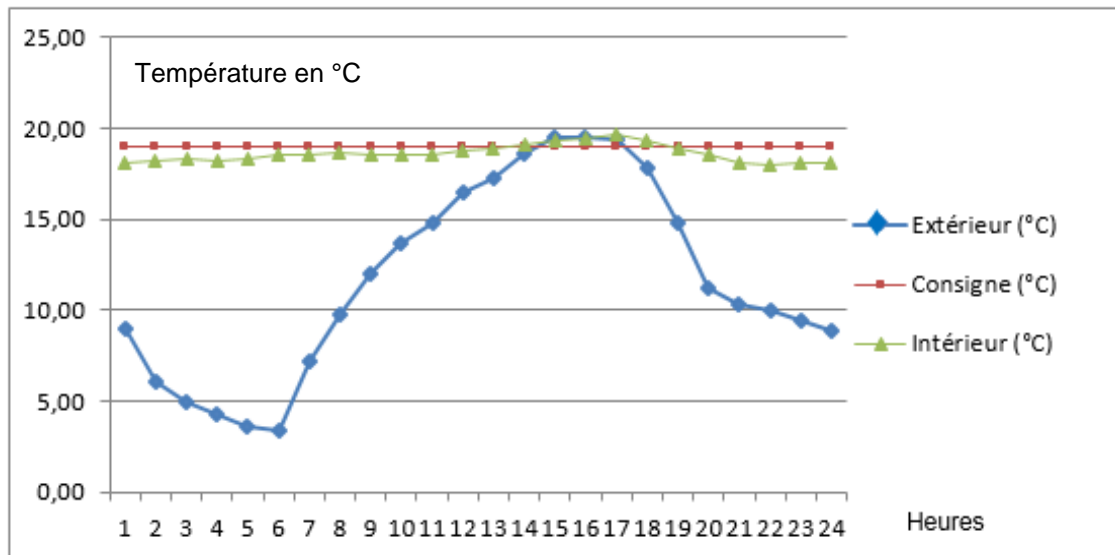
DT1.5 - Modèle multiphysique



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



DT1.7 - Résultats de la simulation



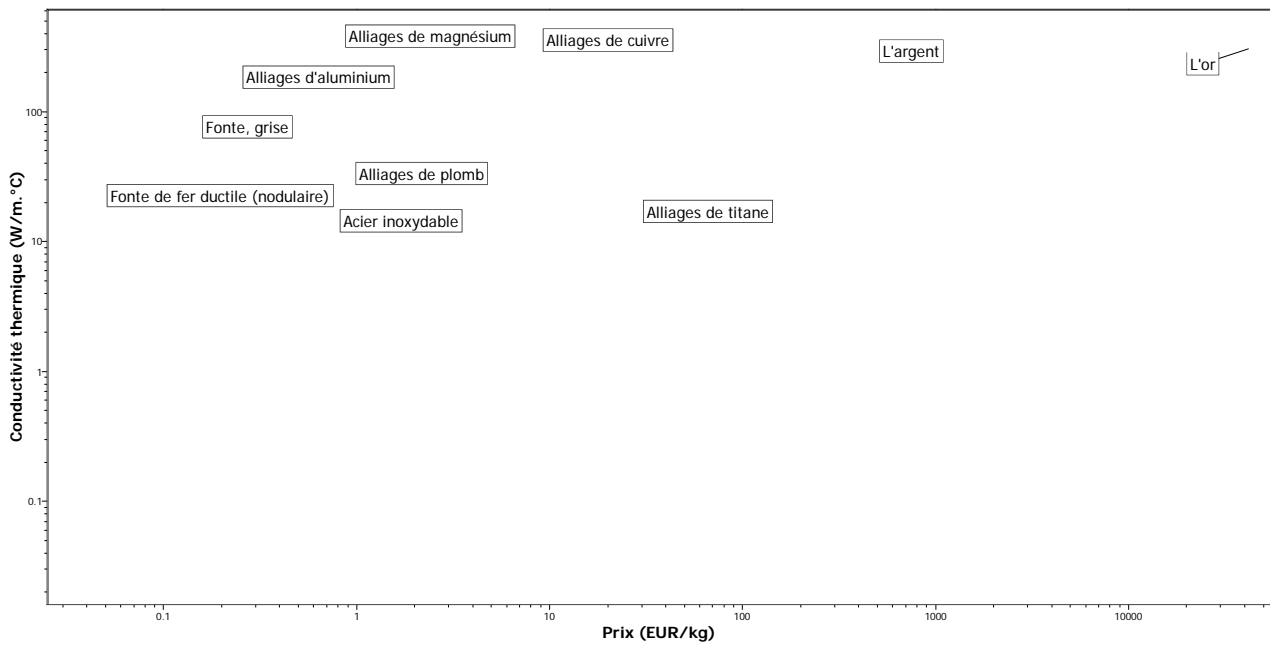
DT1.8 - Constitution de la trame de communication IP d'un Q.RAD

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 ₂ en kg CO ₂ .kg ⁻¹ d'alliage	Masse volumique en kg.dm ⁻³
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

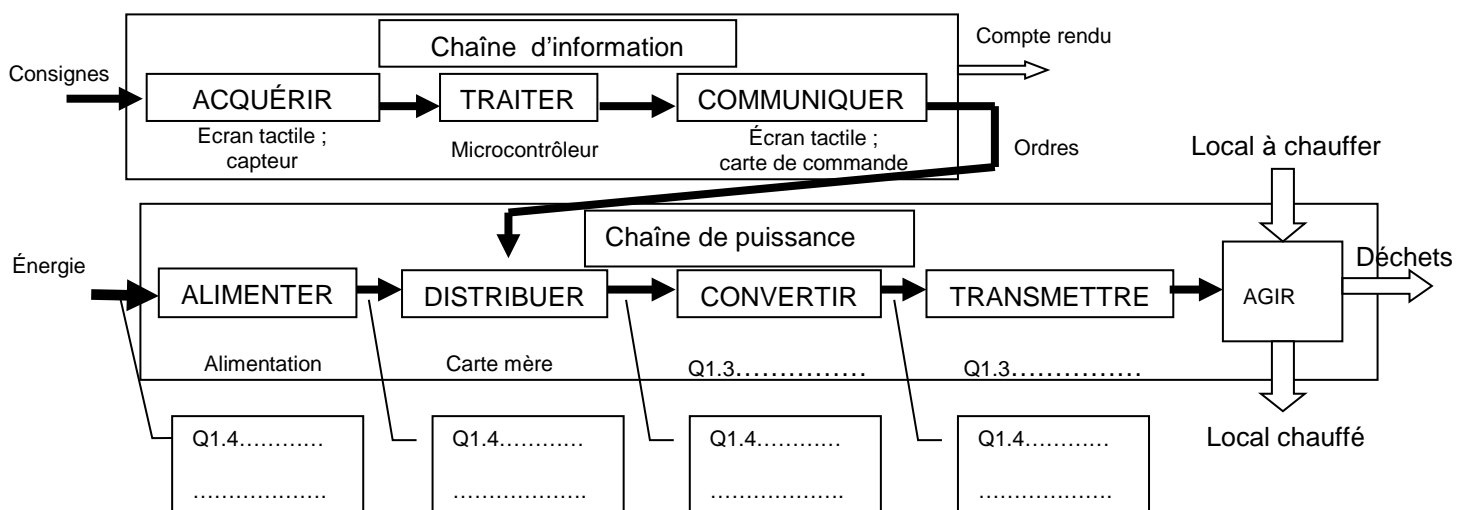
PAGE BLANCHE LAISSÉE INTENTIONNELLEMENT.

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



NOM DE FAMILLE (naissance) :

(en majuscules)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PRENOM :

(en majuscules)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N° candidat :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N° d'inscription :

--	--	--

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)



Né(e) le :

		/			/			
--	--	---	--	--	---	--	--	--

DR1.3 - Paramètres de la simulation

Question 2.2

Settings

Parameters Variables

Area: m²

Thickness: m

Thermal conductivity: coef_cond W/(m*K)

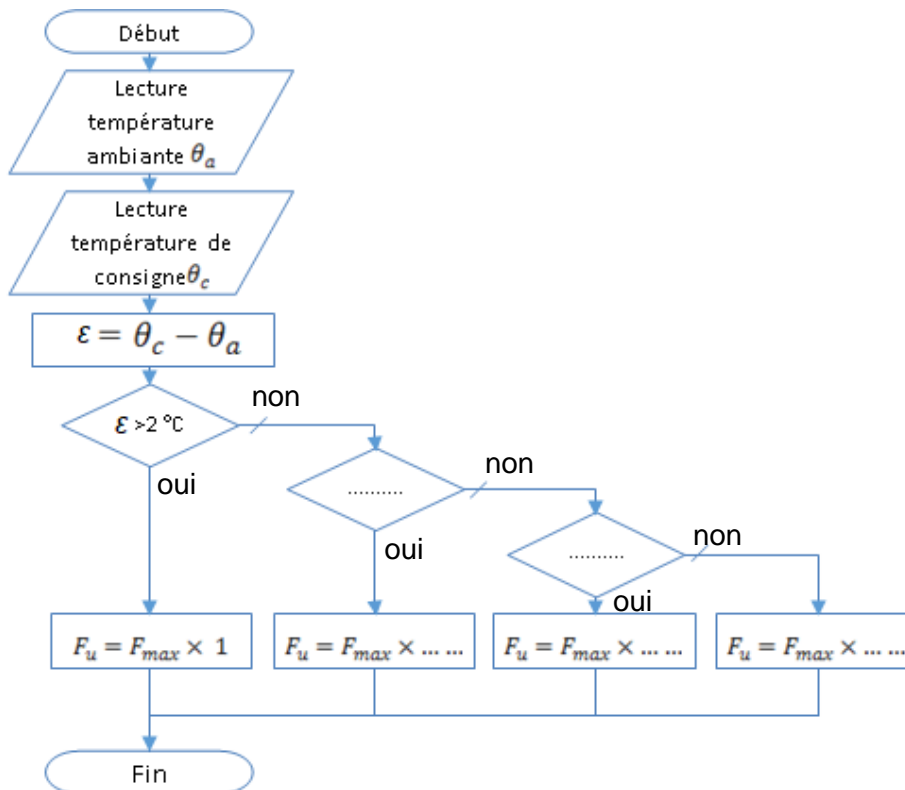
À compléter.

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



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PRENOM :
(en majuscules)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N° candidat :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N° d'inscription :

--	--	--

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)



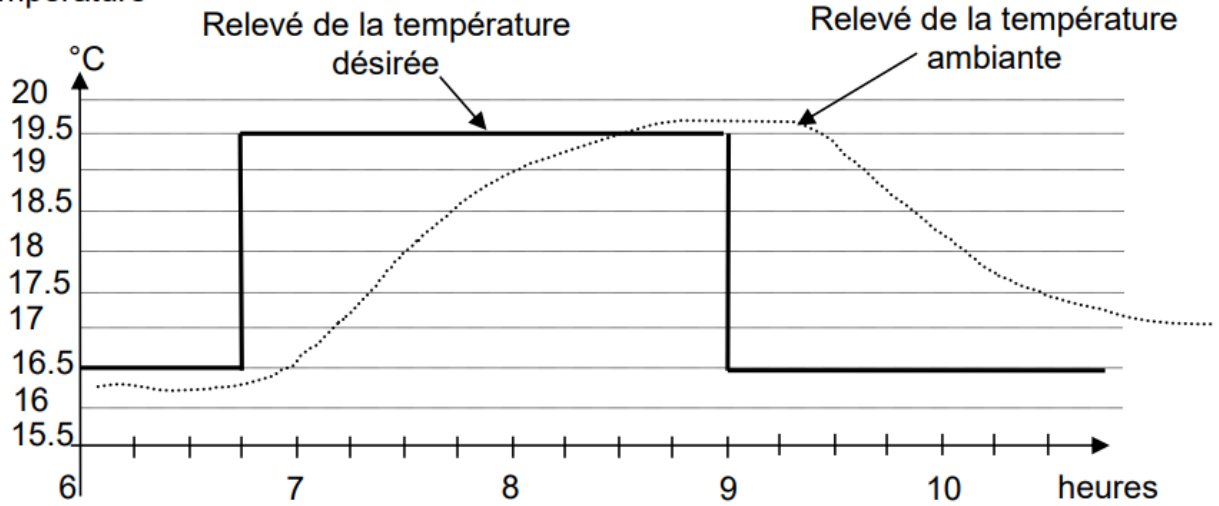
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

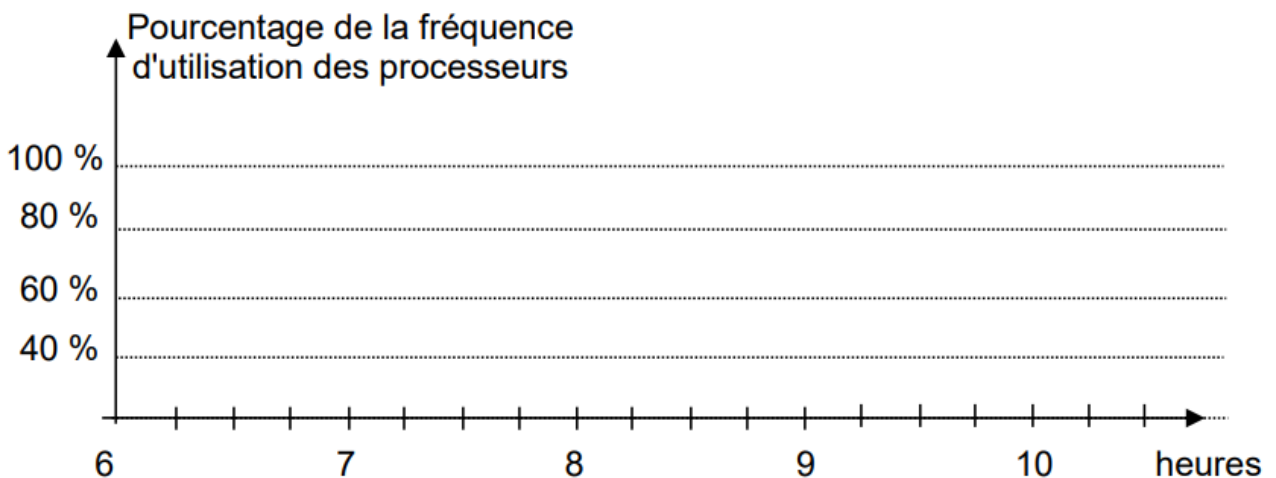
		/			/				
--	--	---	--	--	---	--	--	--	--

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 ε (°C)		3,2					-3,2		
Pourcentage de la fréquence d'utilisation des processeurs		100%					40%		



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PRENOM :
(en majuscules)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N° candidat :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N° d'inscription :

--	--	--	--



Liberté · Égalité · Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

		/			/				
--	--	---	--	--	---	--	--	--	--

PARTIE SPÉCIFIQUE (8 points)

Énergies et Environnement

Gestion de l'énergie de la baie de brassage de l'immeuble



Constitution du sujet :

- **Dossier sujet et questionnaire**Pages 18 à 23
- **Dossier technique**.....Pages 24 à 29
- **Documents réponses**Page 30

Mise en situation

L'étude menée dans la partie commune a permis de montrer que les radiateurs numériques peuvent chauffer convenablement les logements de l'immeuble. Ils sont connectés à une baie de brassage se trouvant au niveau du parking dans un local dédié à cet usage.

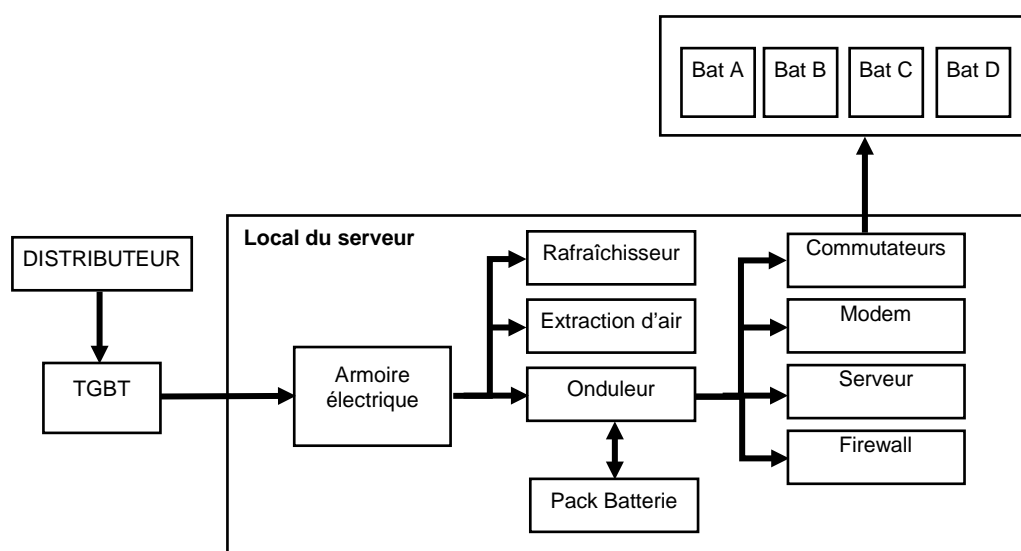
Ce local a été aménagé pour accueillir l'ensemble du matériel relatif au serveur du parc des radiateurs. Lors des premiers mois de fonctionnement, des problèmes sont apparus, provoquant soit des ruptures d'apport en énergie liées aux microcoupures ou aux coupures d'énergie du local, soit un dysfonctionnement lié à une augmentation jugée excessive de la température dans le local.

Il a été convenu d'adapter ce local afin de limiter les contraintes thermiques occasionnées par le fonctionnement des équipements et les coupures intempestives d'énergie. Lorsque ces problèmes surviennent, les équipements doivent continuer à fonctionner afin de transmettre les informations issues des radiateurs numériques vers le serveur pour les y sauvegarder. Ces radiateurs restent en partie alimentés par le réseau POE (Power over Ethernet, qui permet d'alimenter électriquement un appareil via le câble réseau) intégré aux commutateurs (switches) de la baie.

L'immeuble se compose de quatre bâtiments de six étages dont chaque niveau est constitué d'appartements comprenant de deux à cinq pièces. Pour chaque appartement, les radiateurs Q.RAD sont répartis de la manière suivante : six pour un appartement F5, cinq pour un F4 et deux pour un F2. Chaque niveau est composé d'un appartement de chaque type.

Le choix des constituants de ce local est essentiel pour assurer la continuité de service. Cela nécessite de prendre en compte des variations de températures à l'intérieur mais également à l'extérieur du local puisque l'utilisation des radiateurs en dépend.

La distribution d'énergie entre les constituants de la chaîne de puissance est représentée de manière simplifiée sur la figure ci-dessous.



Organisation de la distribution de puissance

Le local est alimenté par le tableau général basse tension (TGBT) du bâtiment A de l'immeuble. Il délivre une tension de $230 V_{AC}$, $f = 50$ Hz entre phase et neutre. Pour faire face aux aléas de distribution d'énergie du réseau électrique, les radiateurs doivent rester en fonctionnement pendant les 15 minutes qui suivent une éventuelle coupure d'énergie. Ceci pour terminer le traitement des informations d'une part et pour les sauvegarder sur le serveur d'autre part.

Le choix a donc été fait d'alimenter uniquement les commutateurs par une Alimentation sans interruption (ASI).

Le reste des équipements est alimenté directement sur le réseau. L'ensemble est protégé par un ensemble d'équipements de protection adaptés.

Travail demandé

Partie A - Structure et choix des constituants du local serveur

Les équipements choisis par l'installateur possèdent les caractéristiques suivantes :

Équipements	Référence	Puissance absorbée (W)	Rendement
Rafraîchisseur	RMAC950EU-R2	570	86 %
Extracteur	ACM200	23	80 %
Modem Rackable	Cuc Bintec R3002	5	95 %
Firewall	ZyXEL USG 60	19	92 %
Serveur	Dell PowerEdge R340	400	93 %
Contrôleur	SR2A201BD	8	75 %
Commutateurs	M4300-52G-PoE+	Une unité : 860	95 %

Question A.1 | À partir des informations données dans la mise en situation, **calculer** le nombre de radiateurs du parc immobilier, puis **déterminer** le nombre de commutateurs nécessaires sachant que pour chacun d'eux, 48 liaisons filaires sont disponibles.

Question A.2 | En utilisant les données des constructeurs des constituants du tableau ci-dessus, **réaliser** le bilan de puissance utile sur le document réponse DRS2.1 et **compléter** le diagramme de Sankey en suivant l'exemple associé à l'extracteur.

DRS2.1

L'analyse énergétique de l'installation donne les pertes des équipements (en watts) qui se dissipent sous forme de chaleur. Les caractéristiques des équipements imposent des températures limites :

Extracteur	Modem	Firewall	Serveur	Contrôleur	Switch
-30°C to +50°C	0°C to +40°C	0°C to +40°C	0°C to +45°C	-20°C to +40°C	0°C to +50°C

Dans ces conditions, il s'agira de vérifier le choix de l'installateur qui a posé un extracteur d'air et un rafraîchisseur. Les paramètres du local et les pertes estimées à 500 W permettent de simuler l'évolution de la température pour différentes valeurs de températures extérieures.

Question A.3 | À partir du DTS2.1, **calculer** la valeur du pas de calcul en le supposant constant afin d'avoir 50 000 points de valeurs pour la durée de la simulation. À partir des résultats de cette simulation, **rédigier** une conclusion sur l'efficacité du système de refroidissement.

DTS2.1

Partie B - Choix de la solution d'Alimentation Sans Interruption (ASI)

Afin de pallier les aléas de la distribution d'énergie, une alimentation sans interruption (ASI) de type on-line a été mise en place.

Question B.1 | En utilisant le DTS2.2, **indiquer** les avantages et inconvénients de l'ASI on-line employée avec les Q.RAD. À partir de sa structure, **expliquer** son principe de fonctionnement et le rôle des éléments A, B, C et D.

DTS2.2

L'alimentation sans coupure doit permettre de fournir de l'énergie électrique (230 V_{AC}) aux différents équipements informatiques lors d'une coupure d'électricité. Les informations techniques permettant le choix de l'ASI sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Équipement	Puissance (W)	Quantité
Modem Rackable	5	1
Firewall	19	1
Serveur	400	1
Contrôleur	8	1
Commutateur	Une unité : 860	7

Une marge de 10 % est appliquée en plus de la valeur nominale sur l'ensemble par sécurité et pour garantir une réserve de puissance éventuelle.

Question B.2 | **Estimer** la puissance totale nécessaire pour maintenir en fonctionnement l'équipement informatique précédemment listé. **Choisir** l'ASI à partir de l'extrait du catalogue constructeur du DTS2.3.

DTS2.3

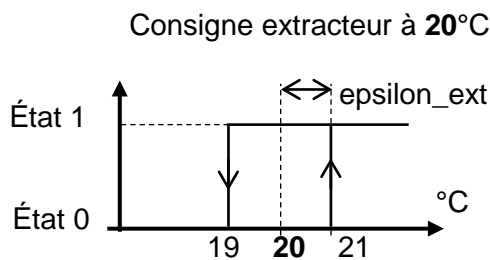
Après un calcul approfondi, la puissance totale a été estimée à 8050 W et le facteur de puissance global « F_p » est ramené à 0,98. De plus, nous considérerons le rendement « η » de l'ASI égal à 94 %.

Question B.3 | Pour permettre un fonctionnement des équipements informatiques précédents pendant 15 minutes, **choisir** et **justifier** la batterie nécessaire en déterminant sa référence à partir du DTS2.3.
DTS2.3

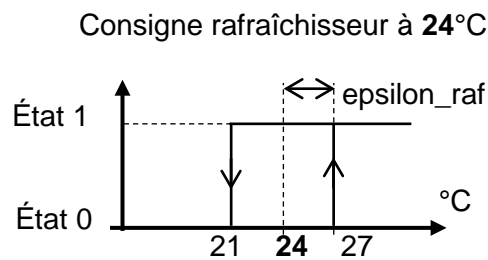
Question B.4 | À partir du diagramme de Ragone et les informations du DTS2.4, **justifier** le choix du constructeur de l'ASI pour des batteries au plomb.
DTS2.4

Partie C - Gestion du fonctionnement de l'extracteur et du rafraîchisseur

Plusieurs scénarios peuvent se présenter en fonction de la température relevée dans le local. En cas d'élévation de la température, il sera nécessaire dans un premier temps de mettre en marche l'extracteur d'air. Le local se trouvant au niveau du parking, l'air y est plus frais. Ainsi l'extracteur et le rafraîchisseur se mettront en fonctionnement « état 1 » et s'arrêteront « état 0 » comme illustré ci-dessous.



Fonctionnement de l'extracteur



Fonctionnement du rafraîchisseur

La mise en fonctionnement de ces équipements est obtenue en pressant les boutons poussoirs. Elle s'opère de la façon décrite ci-dessous :

BP_ON : bouton poussoir de mise en marche.

BP_OFF : bouton poussoir d'arrêt.

ARU : bouton poussoir d'arrêt d'urgence.

Etat_ON : état marche du graphe d'état du DR2.2

Etat_OFF : état arrêt du graphe d'état du DR2.2

La variable utilisée pour représenter la température dans le local est « temperature », celle pour la consigne de l'extracteur est « consigne_ext » et celle de la consigne du rafraîchisseur est « consigne_raf ».

Question C.1 | À partir du descriptif précédent et de l'exemple du DRS2.2 :
DRS2.2

- **compléter** les états des 3 boutons poussoir sur le graphe d'état ;
- **compléter** les conditions liées à la température pour que l'extracteur et le rafraîchisseur se mettent en fonctionnement.

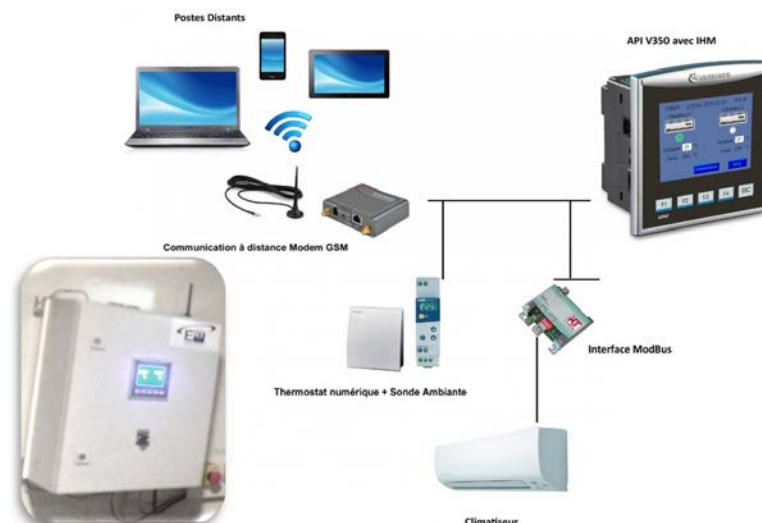
Question C.2 | À partir de l'analyse du DRS2.2, **expliquer** comment mettre le système en marche (passage à l'état ON) et comment l'arrêter (passage à l'état OFF).
DRS2.2

Partie D - Contrôle de la température de la pièce

Dans le but de rafraîchir le local et de maintenir la température à une consigne fixée, un système de régulation de température est mis en place ; il correspond à la structure donnée ci-dessous. L'API V350 permet le paramétrage des correcteurs et la régulation de la température. L'API reçoit l'ordre de mise en marche du contrôleur à partir d'une température supérieure ou égale à 27°C.

À partir de cette valeur, le système de régulation se met en fonctionnement et le climatiseur assure le rafraîchissement du local. Le thermostat numérique permet de fixer la consigne.

Celle-ci est comparée à la température de la pièce issue de la mesure réalisée par la sonde ambiante. L'exploitant peut à tout moment contrôler l'état thermique du local grâce à la transmission des informations par le réseau GSM.



Les équipements et leurs connexions

Question D.1 | La sonde ambiante est connectée à l'API V350. Cette sonde est alimentée sous une tension de 24 V. La variation de la température modifie la valeur de la résistance et par conséquent la valeur du courant qui la traverse. À partir du DTS2.5, **indiquer** la relation linéaire exprimant la résistance électrique R en fonction de la température θ sous la forme : $R(\theta) = A * \theta + B$. « A » est le coefficient directeur de la droite et « B » l'ordonnée à l'origine.
DTS2.5

Déterminer la température du local si la mesure de courant est de 20,3 mA sous une tension de 24 V.

Question D.2 | À partir du descriptif précédent, **compléter** la chaîne directe et de retour de la régulation en température sur le DRS2.3.
DRS2.3

Pour évaluer l'efficacité de ce dispositif de régulation, une modélisation du local et une simulation de montée en température sont réalisées. La consigne est fixée à 22°C et le local subit une montée en température à partir de relevés tests. Les paramètres du correcteur PID ont été configurés pour plusieurs simulations montrées dans le tableau suivant :

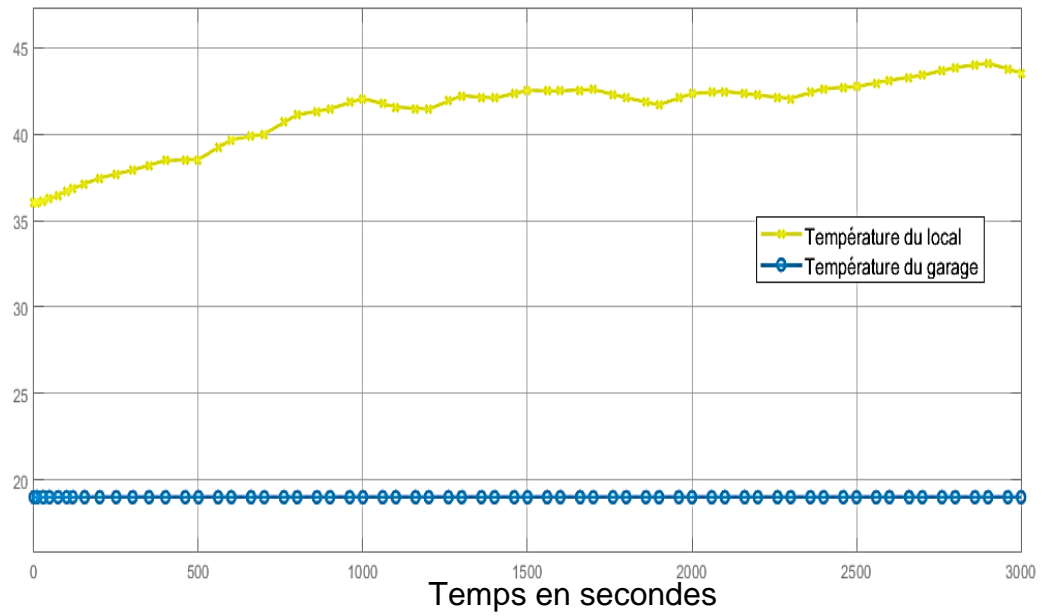
Paramétrage		N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
P	Gain proportionnel	1	1	1	1
I	Gain intégral	0	0,01	0,001	0,001
D	Gain dérivé	0	0	0	100

Question D.3 | **Choisir et justifier** le choix des paramètres du correcteur PID à partir des éléments techniques des DTS2.6 et DTS2.7.
DTS2.6
DTS2.7

Question D.4 | À partir de l'étude menée dans ce sujet, **proposer** une conclusion sur la capacité de cette salle à transmettre les informations pertinentes à la société Carnot Computing.

DTS2.1 - Résultats de simulation de l'évolution de la température

Température en °C

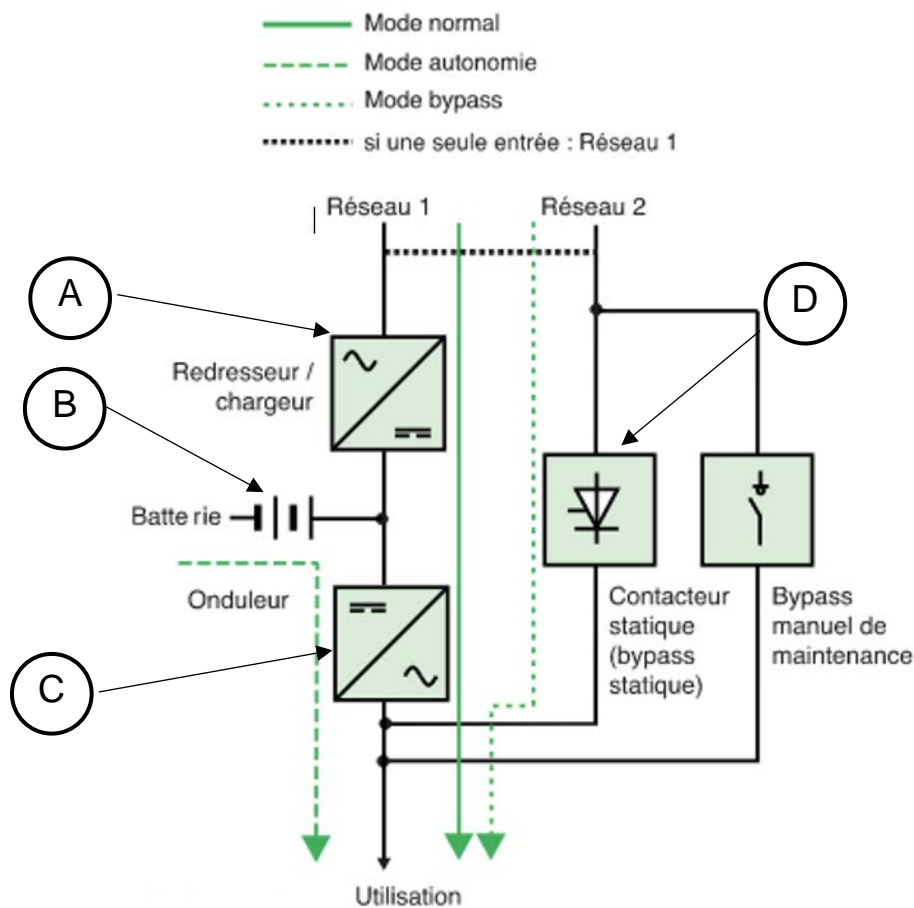


DTS2.2 - ASI on-line

Il existe trois technologies différentes d'ASI :

- off-line : entrée de gamme plutôt destinée à un usage domestique ;
- line-interactive : une conception plus avancée pour un usage professionnel ;
- on-line : le must en termes de protection des risques électriques.

Avec la technologie ASI on-line, dite aussi à double conversion, l'équipement est toujours isolé du réseau électrique car l'onduleur reconstitue son propre courant ; celui-ci est de qualité toujours parfaite, que l'onduleur soit en mode normal ou en mode secours. Le temps de basculement en mode batterie est nul. En contrepartie, le rendement est moindre, d'où une consommation électrique plus élevée et un dégagement de chaleur nécessitant une ventilation potentiellement bruyante.



DTS2.3 - Extrait du catalogue des ASI

Product feature	SRT5KRMXLW-HW	SRT5KXLI SRT5KRMXLI	SRT6KXLI SRT6KRMXLI	SRT8KXLI SRT8KRMXLI	SRT10KXLI SRT10KRMXLI
Output					
Power rating	5,000 VA/4,500 W		6,000 VA/6,000 W	8,000 VA/8,000 W	10,000 VA/10,000 W
Nominal output voltage	230 V (220 V, 240 V, 208 V user selectable)		230 V (220 V, 240 V user selectable)		
Output frequency	50/60 Hz \pm 3 Hz (auto sense)		50/60 Hz \pm 0.1 Hz (user selectable)		
Topology	Double-conversion online				
Online efficiency at full load (typical)	94%				
Green mode efficiency at full load (typical)	98%				
Output connections	Hardwire three-wire (1 PH + N + G) or (2 PH + G)	(6) IEC 320 C13 (4) IEC 320 C19	(6) IEC320 C13, (4) IEC320 C19, hardwire three-wire (1 PH + N + G)		

Batteries & durée de fonctionnement

Type de batterie	Batterie au plomb scellée
Batteries pré-installées	0
Durée de recharge type	1,5 H
Nombre de quantité de batterie de recharge	2
Valeur de l'électrolyte liquide	0
Tension de la batterie	+/-192 V (batterie partagée référencée à neutre)
Courbe de batterie	D
Puissance de charge de la batterie (Watts)	1195 W rated
Puissance de la batterie en VAH	1805 VAh runtime
Durée de vie de la batterie	3...5 année(s)
Option batterie	SRT192BP2 1 3610 VAh SRT192BP2 2 5415 VAh SRT192BP2 3 7220 VAh SRT192BP2 4 9025 VAh SRT192BP2 5 10830 VAh SRT192BP2 6 12635 VAh SRT192BP2 8 16245 VAh SRT192BP2 10 19855 VAh

Relations de puissance :

Calcul de la puissance absorbée « P_{abs} » en Watt, à partir de la puissance apparente « S » en Volt-Ampère (VA) et du facteur de puissance « F_p » :

$$P_{abs} = S \times F_p$$

Calcul de la puissance utile « P_u » en Watt à partir de la puissance absorbée « P_{abs} » en Watt et du rendement « η » :

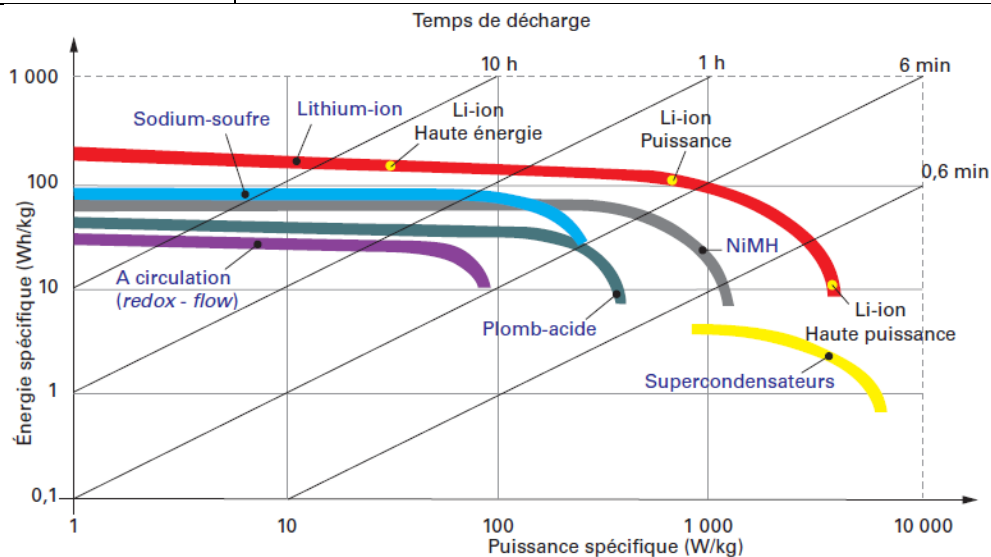
$$P_u = \eta \times P_{abs}$$

Calcul de la puissance de la batterie de l'ASI en VAH :

Le calcul de la capacité « Q » en voltampèreheure (VAH) s'obtient en effectuant le produit de la puissance apparente « S » par le temps « t_h » de maintien en fonctionnement souhaité en heure. $Q = S \times t_h$

DTS2.4 - Stockage à petite et moyenne échelle

Plomb-Acide	Lourdes, mauvais cyclage (max 300), nouvelle génération : 3 fois plus durable, bon marché
Ni-Cd, Ni-métal-hydrure (NiMH), Ni-Fe :	Légères, effet mémoire
Li-C, LiCoO ₂ , Li-ion	Très léger, très performant, cher, dernière génération : bon cyclage (1000 cycles)
LiFePo ₄	Peu toxique, très bon cyclage (3000 cycles), fonctionnement à haute température (>200°C), très peu d'autodécharge
Li-oxygène	Très efficace mais problème des filtres à air
Zn-oxygène	Cyclage à améliorer (apport d'électrolyte)



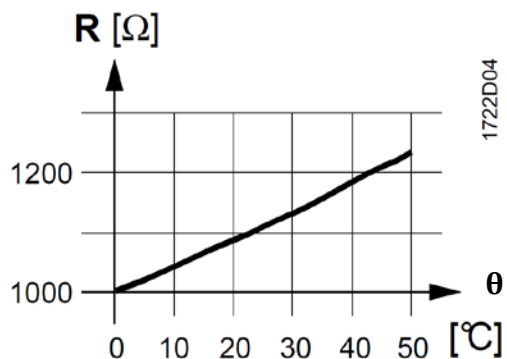
	Densité d'énergie / puissance	Constante de temps	Nombre de cycles profonds / durée de vie	Coût d'investissement	Rendement sur cycle
Électrochimique plomb-acide	20 à 30 Wh/kg	10 min à qq 10 h	500 à 4000 / 7 à 15 ans	0,2 €/Wh + 0,8 €/W	~ 70 %
Électrochimique nickel	40 à 60 Wh/kg	qq min à qq 10 h	1000 / 20 ans	1 €/Wh ou 0,8 €/W	~ 70 %
Électrochimique lithium	70 à 140 Wh/kg	qq min à qq 10 h	1000 à 10 000 / 20 ans	0,3 à 0,4 €/Wh + 0,4 €/W	~ 80 % à 85 %
Électrochimique NaS	70 Wh/kg	qq h	~5000 / 30 ans	0,3 €/Wh + 0,8 €/W	~ 75 %
Super-condensateur	~5 Wh/kg	qq s à qq min	10 ⁵ à 10 ⁶ / 15 ans	15 €/Wh + 0,7 €/W	~ 85 % à 95 %

DTS2.5 - Sonde ambiante

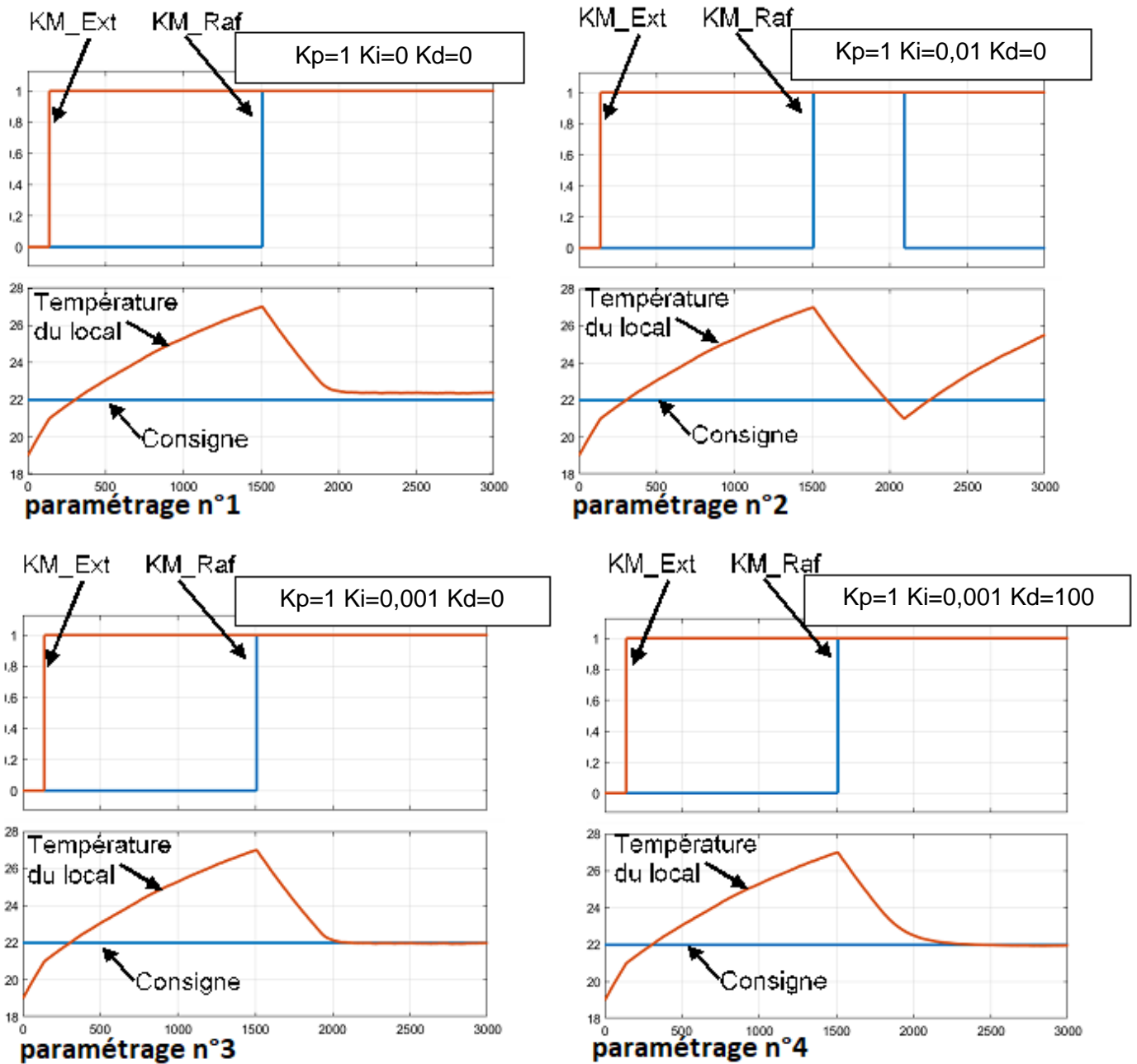
La sonde mesure la température par l'intermédiaire de son élément de mesure. La valeur de résistance varie en fonction de la température et peut être traitée ensuite par un appareil de régulation approprié.



QAA24



DTS2.6 - Résultat de simulation de régulation de température



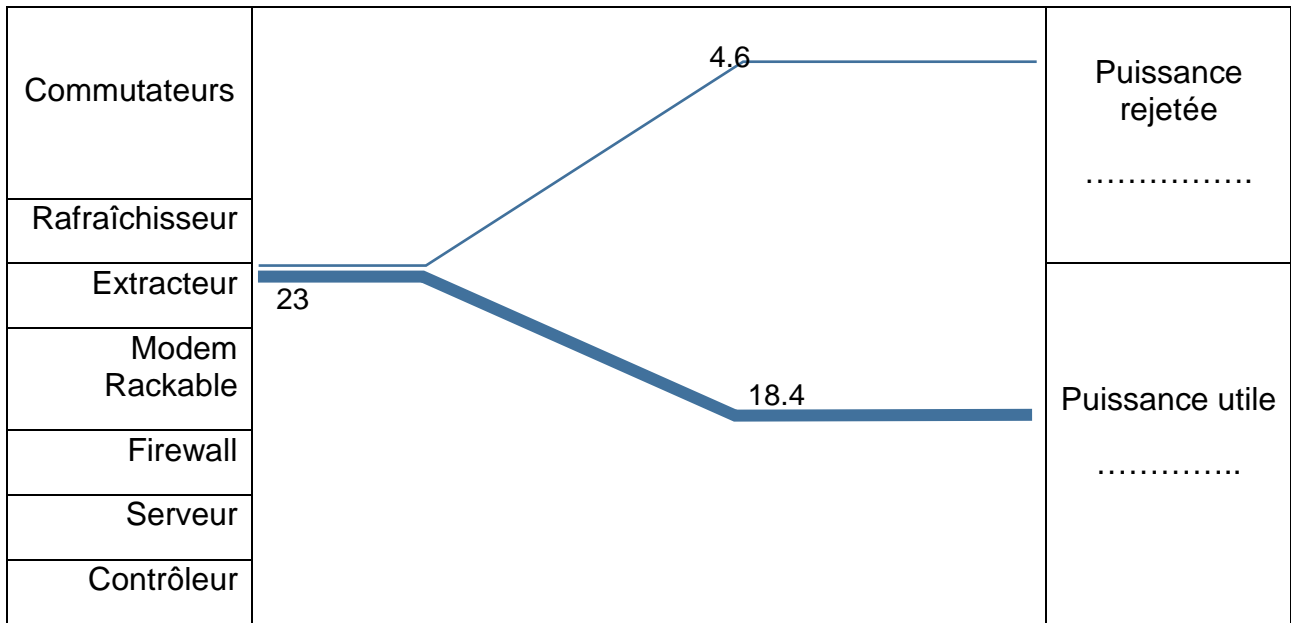
DTS2.7 - Paramètres PID

Proportionnel	K_p	Accélère le système
Intégral	K_i	Annule l'erreur statique
Dérivé	K_d	Ralentit le système

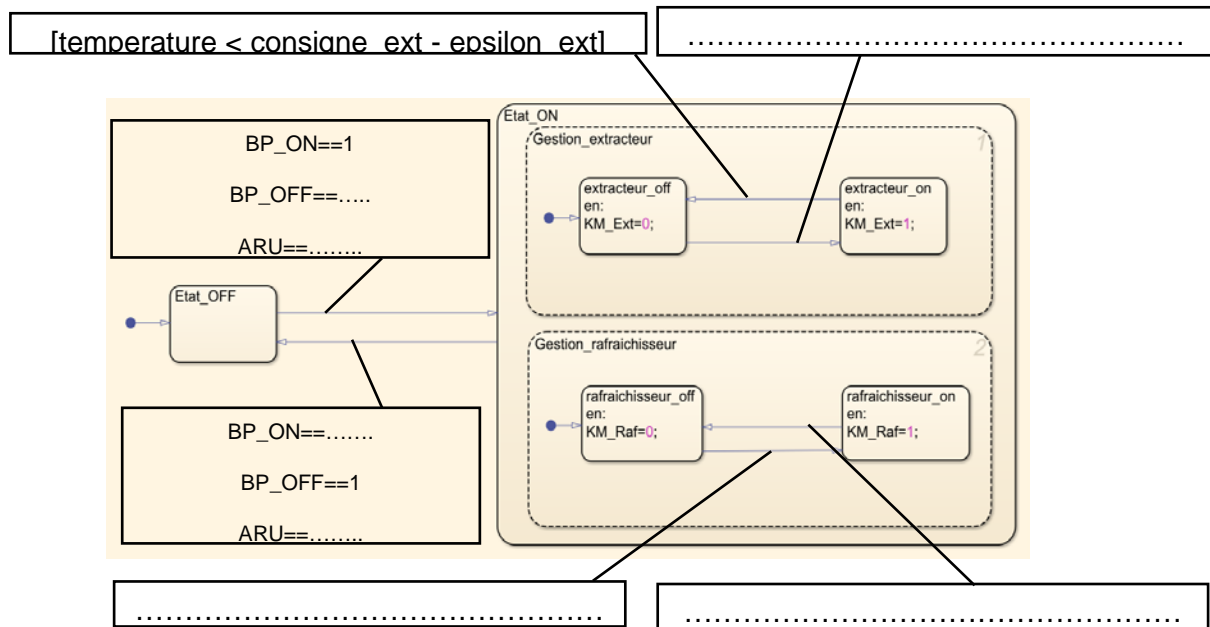
PAGE BLANCHE LAISSÉE INTENTIONNELLEMENT.

NE RIEN ÉCRIRE DESSUS

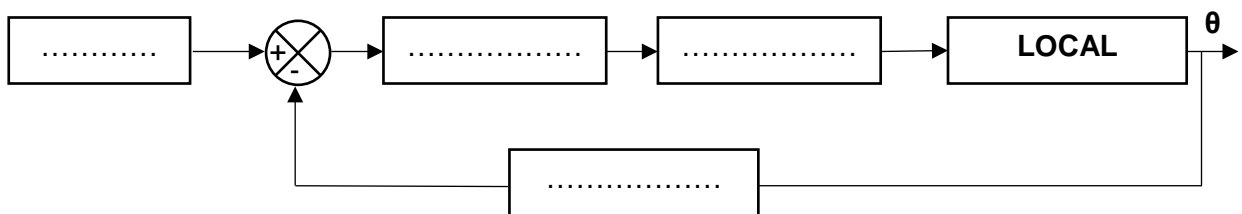
DRS2.1 - Diagramme de Sankey du local serveur



DRS2.2 - Graphe d'état des modes de marches et d'arrêts



DRS2.3 - Chaîne directe et de retour de la régulation



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PRENOM :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N° candidat :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N° d'inscription :

--	--	--



(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Né(e) le :

--	--	--	--	--	--

 /

--	--	--

 /

--	--	--	--