

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2024

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, Innovation et Développement Durable
ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENT

CORRIGÉ

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 collège » est autorisé.

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

Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13.

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.

Tous les documents réponses sont à rendre avec la copie.

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



CORRIGÉ

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

- Question 1.1 | Environnemental : Améliorer l'efficacité énergétique d'un parc immobilier. Construire moins de data center.
Sociétal : Améliorer le confort des occupants avec une température idéale.
Economique : Chauffer gratuitement un parc immobilier. Vendre aux entreprises de la puissance informatique pour leurs applications.
- Question 1.2 | DR1.1
Le radiateur numérique permet de chauffer une plus grande surface gratuitement. Le surcoût à l'achat sera probablement amorti dans le temps.
- Question 1.3 | DR1.2
- Question 1.4 | DR1.2
- Question 1.5 | Le système Q.RAD permet de réaliser plusieurs fonctions : une fonction de chauffage associée à une fonction de calcul numérique.
Deux possibilités de réponse :
Innovation incrémentale : amélioration d'un système de chauffage électrique
Innovation de rupture : Etant donné qu'il n'existe qu'un seul procédé de chauffage de ce type,

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

- Question 2.1 | On retrouve :
- La surface du Mur 2 ;
- L'épaisseur (ou largeur) du béton ;
- Le coefficient de conductivité thermique du béton.
- Question 2.2 | Cf. DR 1.3.
- Question 2.3 | La température intérieure et la température de consigne restent proches même si la température extérieure varie.
Cf. DR 1.3

Question 2.4 Cf. DR 1.4

Question 2.5 Cf. DR1.5. La fréquence la plus utilisée est 40 %.

Question 2.6 $0,425 \text{ kW} \times 5\,000 = 2\,125 \text{ kW}\cdot\text{h}$

En raisonnant avec l'énergie : $2125 \text{ kW}\cdot\text{h} / 10 \text{ kW}\cdot\text{h} = 212,5 \text{ jours}$
Ou en raisonnant avec les durées : $5\,000 \text{ h} / 24 = 208 \text{ jours}$

Question 2.7 Cet octet permet de distinguer $2^8 - 2$ (les 2 adresses 0 et 255 sont réservées), soit un maximum de $256 - 2 = 254$ machines adressables sur le réseau. Les 240 radiateurs peuvent donc être adressés.

Adresse IP source en hexadécimal : C0 A8 00 16 soit 192 168 00 22

Question 2.8 Valeur hexadécimale énergie consommée : 07 62

Conversion hexadécimal-décimal : $07\,62_{(16)} = 1890_{(10)}$

Nouvelle consommation en $\text{kW}\cdot\text{h}$: $W = 1890/300 = 6,3 \text{ kW}\cdot\text{h}$

$$\frac{10 - 6,3}{10} \times 100 = 37\%$$

Question 2.9 Alliage de cuivre, de magnésium et d'aluminium

Question 2.10

	Volume du dissipateur en dm^3	Empreinte CO_2 en $\text{kg CO}_2/\text{kg}$ d'alliage	Masse volumique en $\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$	Empreinte CO_2 en kg CO_2
Alliage d'aluminium	2,5	12,5	2,7	84,38
Alliage de cuivre	2,5	5,3	8,9	117,93
Alliage de magnésium	2,5	23,5	1,8	105,75

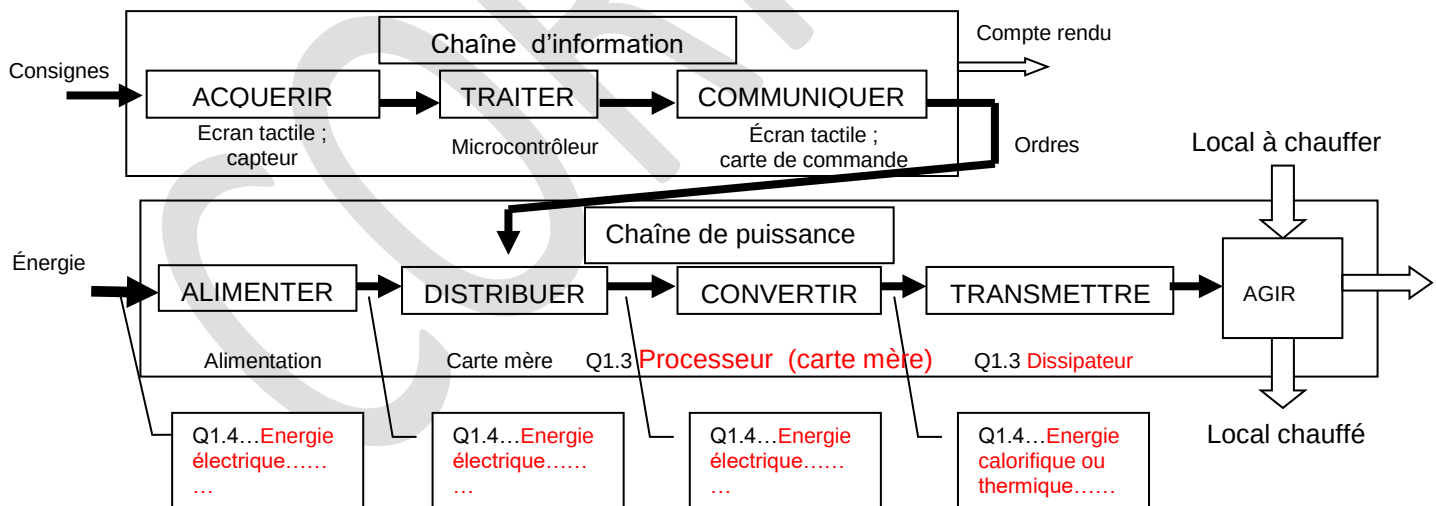
Alliage d'aluminium

Question 2.11 Une meilleure isolation de l'appartement entraîne une baisse de la consommation énergétique des radiateurs et donc une diminution des quantités de calculs. Dans les logements neufs ayant une bonne isolation, l'apport en chaleur de l'unité de calcul seront moins nécessaire car les pertes thermiques sont très limitées. Donc la solution est moins rentable que dans un logement ancien pour lequel les pertes thermiques sont plus élevés. On pourrait alors réfléchir à installer ce radiateur numérique dans les piscines, les établissements scolaires ou les industries utilisant constamment de l'énergie thermique.

DR1.1 –Tableau comparatif radiateur numérique et basse consommation.

	Radiateur numérique	Radiateur basse consommation
Puissance	- (500W)	+ (1500)
Chaleur douce	=	=
Pilotés à distance	=	=
Surface de chauffage moyenne	+ (20,5m²)	- (17m²)
Economies pour le consommateur	+ (chauffage gratuit)	-
Prix d'achat	- (4000€)	+ (400€ à 2000€)

DR1.2 –Chaine fonctionnelle du radiateur



DR1.3 – Paramètres de la simulation

Question 2.2

Settings

Parameters Variables

Area:

Thickness:

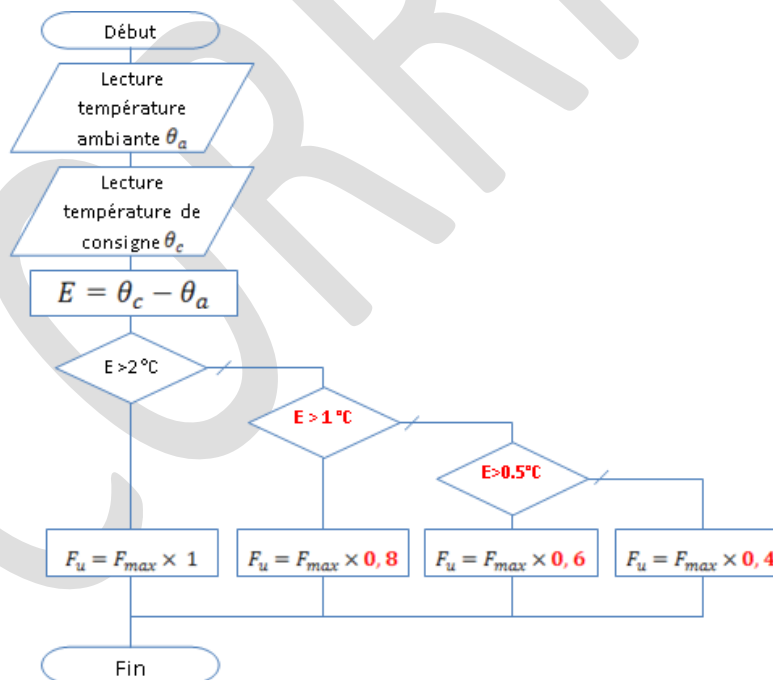
Thermal conductivity:

Bloc 'Conduction 1' de la fenêtre

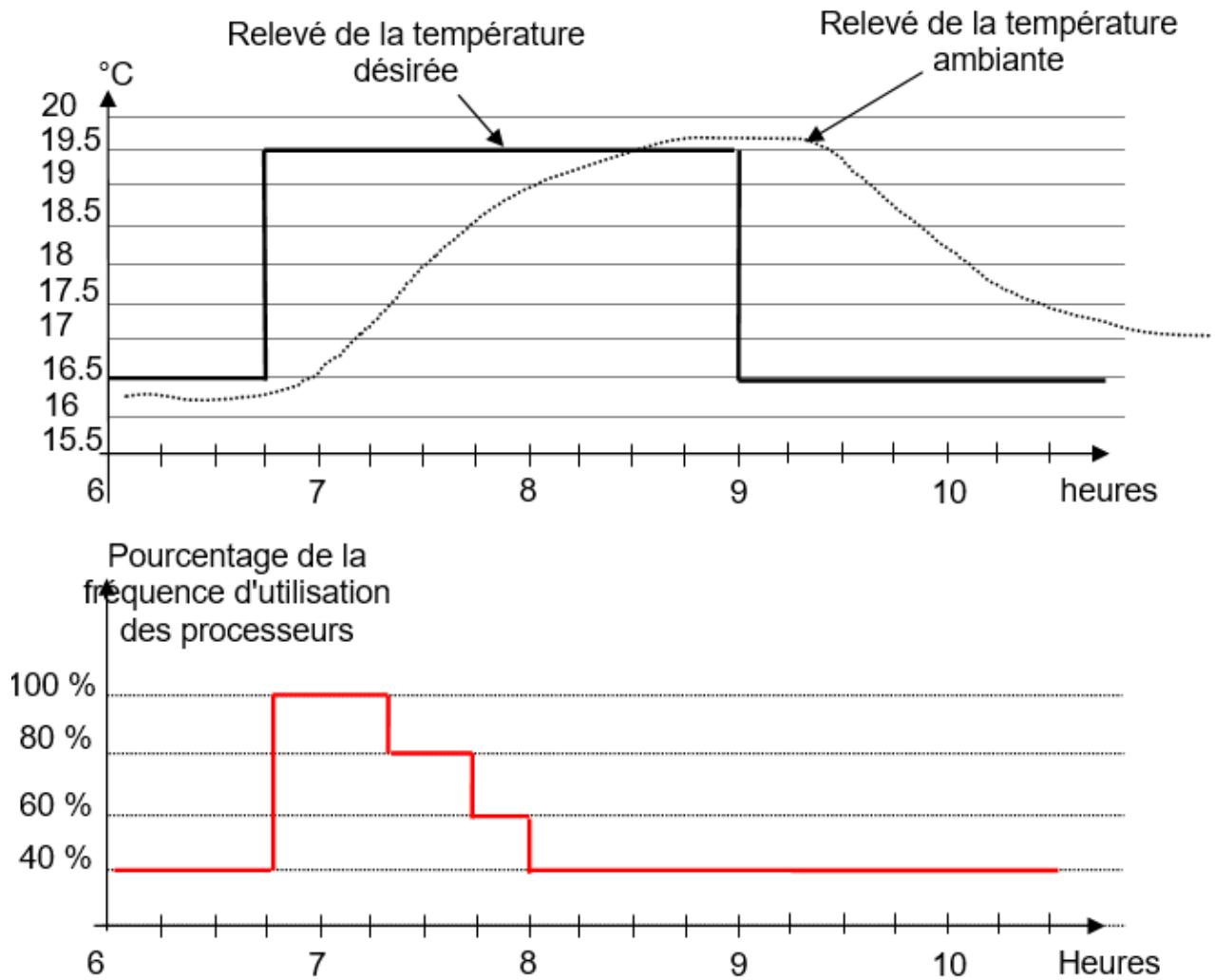
Question 2.3

PARAMÈTRES	SENS D'ÉVOLUTION	JUSTIFICATION
CONDUCTIVITE THERMIQUE	-	La réduction de la conductivité diminue le flux thermique
ÉPAISSEUR	+	L'augmentation de l'épaisseur diminue le flux thermique
SURFACE	-	La diminution de la surface diminue le flux thermique

DR1.4 – Algorithme



DR1.5 – Chronogramme



Heure	6h15	6h45	7h15	7h45	8h	8h30	9h	9h30	10h30
Température désirée (°C)	16,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	16,5	16,5	16,5
Température ambiante (°C)	16,3	16,3	17,3	18,5	19	19,5	19,7	19,2	17,5
Ecart ϵ (°C)	0,2	3,2	2,2	1	0,5	0	-3,2	-2,7	-1
Pourcentage de la fréquence d'utilisation des processeurs	40%	100%	100%	60%	40%	40%	40%	40%	40%

PARTIE SPÉCIFIQUE (8 points)

Énergies et Environnement

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



Partie A : Structure et choix des constituants du local réservé au serveur

Question A.1 Pour 4 bâtiments, 6 étages et la répartition suivante F5 : 6 Qrad, un F4 : 5 Qrad ; un F2 : 2 Qrad, le nombre de commutateurs est de $4 \times 6 \times (6+5+2) = 312$ radiateurs. Soit $312/48 = 6.5$ donc 7 commutateurs.

Question A.2 CF DRS2.1

Question A.3 Nombre de pas = $3000 \text{ secondes} / 50000 \text{ points} = 0,06 \text{ s} = 60 \text{ ms}$

DTS2.1 Au delà de 40°C , température atteinte au delà de 700 secondes de fonctionnement, le modem, le firewall et le contrôleur voient leur température limite dépassée. Leur fonctionnement peut donc en être altéré. Il est nécessaire de mettre en place un système de rafraîchissement.

Partie B : Choix de la solution d'alimentation sans coupures (ASI)

Question B.1 Avantages : isolé du réseau électrique, l'énergie restituée est de qualité parfaite. Le temps de basculement est nul. Pour l'installation en place, les radiateurs Qrad ne sont pas soumis aux aléas du réseau.
Inconvénients : Le rendement est moindre, donc pour atteindre la puissance nécessaire, il faudra plus de puissance à l'entrée. Le système de rafraîchissement devra tenir compte de cet inconvénient.

DTS2.2 A : Le redresseur permet de transformer la forme de l'énergie électrique à l'entrée c'est-à-dire alternatif sinusoïdale pour avoir en sortie une énergie électrique de type continue.
B : La batterie permet de stocker l'énergie électrique afin de la restituer en cas d'anomalies ou de perturbations sur le réseau d'électricité.
C : L'onduleur permettra de transformer l'énergie de type continue en énergie de type alternatif.
D : Le contacteur statique permettra le passage de l'énergie électrique par cette voie afin de permettre par exemple le changement des batteries ou afin de réaliser une maintenance sur A, B ou C.

Question B.2 $P_{\text{totale}} = 1,1 \times (5+19+400+8+860 \times 7) = 7097 \text{ W} \approx 7100 \text{ W}$

DTS2.3 Pour assurer le maintien en énergie de cet ensemble d'équipement il faudrait choisir un ASI de référence SRT8KXLI ou SRT8KRMXLI qui peut fournir une puissance active de 8kW.

Question B.3 $S = P / FP = 8050 / 0.98 / 0.94 = 8739 \text{ VA}$

$Q = S \times t_h = 8739 \times 15/60 = 2184 \text{ VAh}$

DTS2.3 Il faudra choisir la référence pour la batterie : SRT 192BP2 1 3610VAh car la capacité est immédiatement supérieure à celle calculée.

- Question B.4 Une autonomie de 15 minutes d'autonomie est compatible pour toutes les batteries sauf pour le super condensateur. Ce dernier est très cher est à exclure pour une certaine rentabilité.
Même si le procédé plomb-acide a une plus faible densité d'énergie (20 à 30Wh/kg), il présente le très grand avantage d'être économique (2 €/Wh + 0,8 €/W).
- DTS2.4 Puisque la plupart du temps l'équipement reste sous tension, le nombre de cycles de charge-décharge est limité. Par conséquent, la durée de vie est favorisée. De plus les batteries sont installées de manière fixe, leur masse ne constitue pas un inconvénient comme dans les systèmes embarqués.

Partie C : Gestion du fonctionnement de l'extracteur et du rafraichisseur

- Question C.1 Cf DRS2.2 pour le graphe d'état
- DRS2.2
- Question C.2 BP_ON & /BP_OFF & /ARU pour le passage à l'état ON
BP_OFF | ARU pour le passage à l'état OFF
- DRS2.2

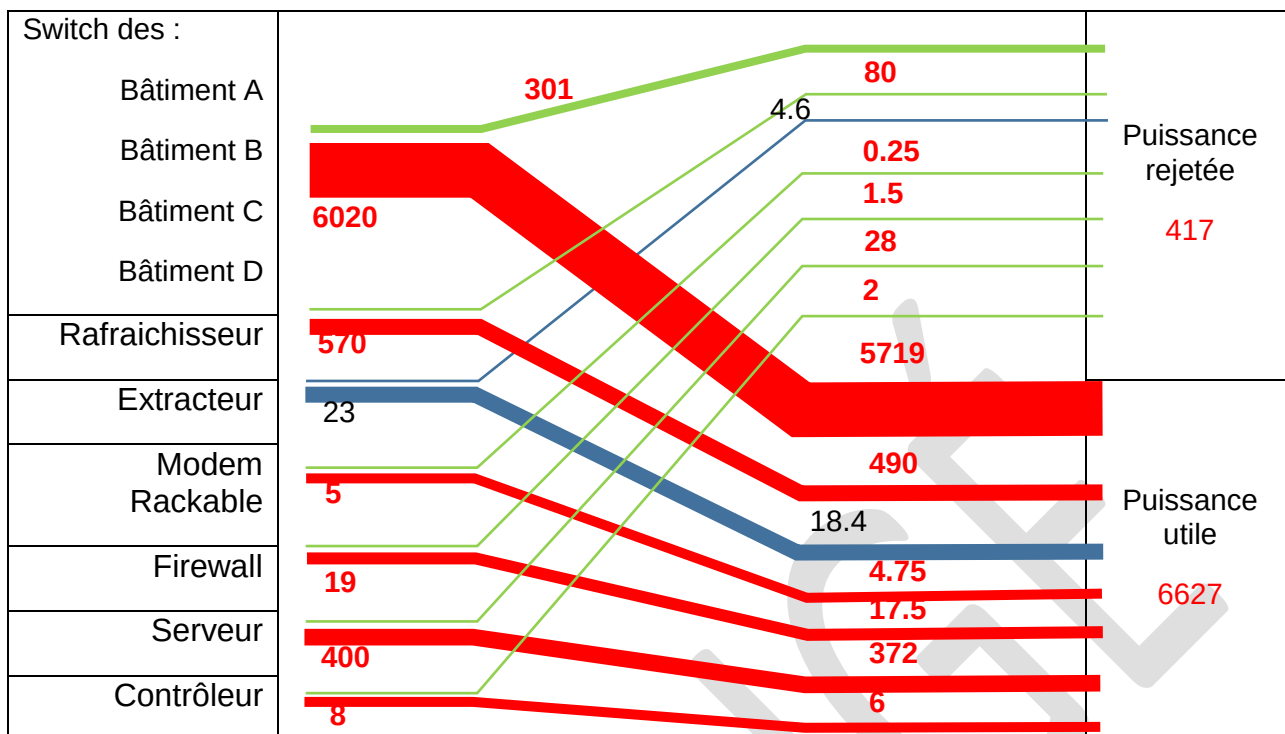
Partie D : Contrôle de la température de la pièce

- Question D.1 $R(\vartheta) = \frac{(1230-1000)}{(50-0)} * \vartheta + 1000 = 4.6 * \vartheta + 1000$
- DTS2.5 $R = 24/0.0203=1182 \text{ Ohms}$, donc $\vartheta = \frac{182}{4.6} \approx 40^\circ\text{C}$
- Question D.2 Cf DRS2.3
- DRS2. 3
- Question D.3 Il faut choisir le paramétrage N°3 pour les raisons suivantes :
- L'action proportionnelle du correcteur (Kp) est suffisante pour permettre une rapidité suffisante.
 - L'action intégrale (Ki) est trop faible dans le paramétrage N°2 par rapport au N°3 ce qui mène à de l'instabilité. La nullité de Ki dans le paramétrage N°1 laisse subsister une erreur statique ce qui conduit à l'éliminer.
 - Enfin l'action dérivée (Kd) ralentit le système ce qui exclue le paramétrage N°4.
- DTS2.6
- DTS2.7

Question D.4 Le local serveur permet d'alimenter les radiateurs en information à traiter. Pour qu'ils puissent continuer à travailler pendant au moins 15 minutes, l'alimentation sans coupure permet de fournir suffisamment d'énergie avec le pack de batteries approprié. L'autonomie est donc assurée. Enfin, le choix de l'ASI on-line permet une très bonne qualité d'énergie. Par ailleurs les équipements du local peuvent fonctionner sans subir des températures excessives, puisqu'un système d'extraction est mis en service au dépassement d'un premier seuil, puis le rafraichisseur (qui renforce le rafraîchissement) est mis en service en cas de dépassement du deuxième seuil. Le rafraichissement reste stable grâce à un système de régulation de température.

Avec toutes ces conditions réunies, les informations traitées par les Q.RAD seront transférées aux clients de Carnot Computing dans de bonnes conditions.

DRS2.1 – Diagramme de Sankey du local serveur question A.2



DRS2.2 – Graphe d'état des modes de marches et d'arrêts question C.1

