

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2024

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET ÉCO-CONCEPTION

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 29 pages numérotées de 1/29 à 29/29.

Constitution du sujet :

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

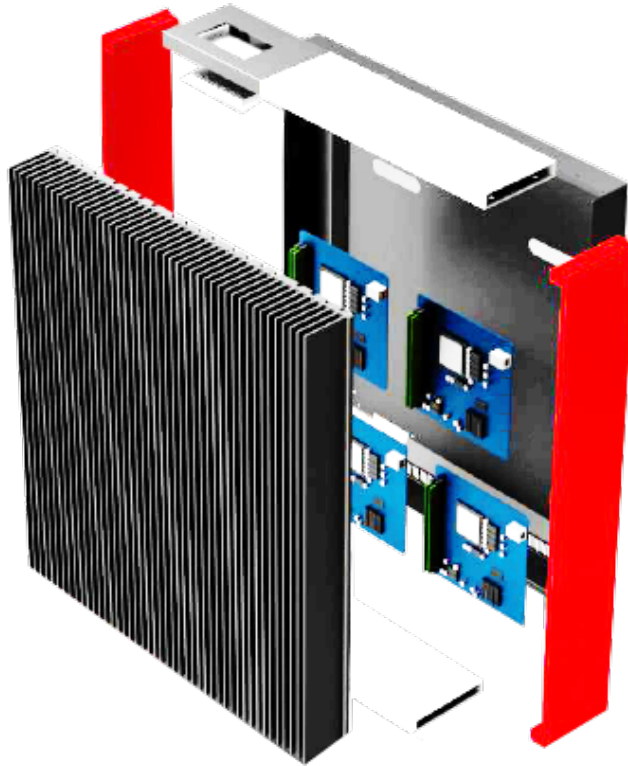
**Le candidat traite les 2 parties en suivant les consignes contenues dans le sujet.
Ces 2 parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre indifférent.**

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



- o **Présentation de l'étude et questionnaire** pages 3 à 6
- o **Documents techniques** pages 7 à 13
- o **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 DT1.1	À l'aide du DT1.1, énumérer les conséquences positives du radiateur Q.RAD, sur les différents piliers du développement durable.
Question 1.2 DT1.1 DT1.2 DR1.1	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.
Question 1.3 DT1.3 DT1.4 DR1.2	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 ».
Question 1.4 DT1.3 DT1.4 DR1.2	Compléter le document réponses DR1.2, en notant la nature des flux de puissance (électrique ou thermique) associés aux différentes fonctions.
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 DT1.5	À partir du DT1.5, indiquer le nom des paramètres de simulation de la « Conduction 1 » relative au « Mur 2 ».
-----------------------	--

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
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.
DT1.5
DT1.7 On souhaite améliorer les performances énergétiques de l'appartement en modifiant les caractéristiques de la fenêtre.
DR1.3 **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 DR1.4
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 %
$1 \text{ } ^\circ\text{C} < \varepsilon \leq 2 \text{ } ^\circ\text{C}$	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.
DR1.5 **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
DT1.8 | **Déduire** le nombre de machines qui peuvent être connectées au 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
DT1.8 | En s'aidant du tableau des données DT1.8, **préciser** la valeur 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
DT1.9 | À partir du DT1.9, **identifier** les trois matériaux ayant une conductivité thermique au moins égale à $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$ pour préserver le bon fonctionnement du boîtier et un prix inférieur à 10 €/kg.

Question 2.10
DT1.10 | À partir du DT1.10 et sachant que le volume du dissipateur du radiateur 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.

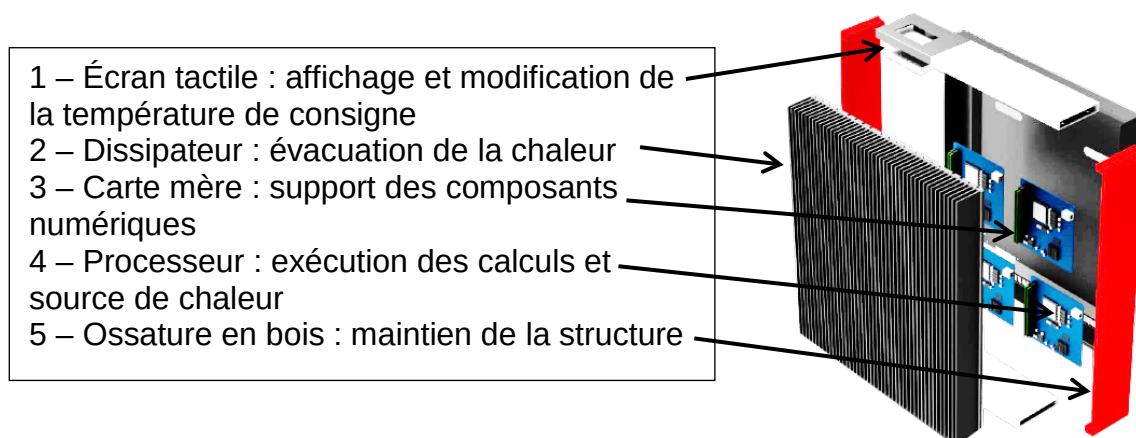
Actuellement, l'entreprise Carnot Computing a installé ces radiateurs numériques dans un parc immobilier à Paris.

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 datas 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

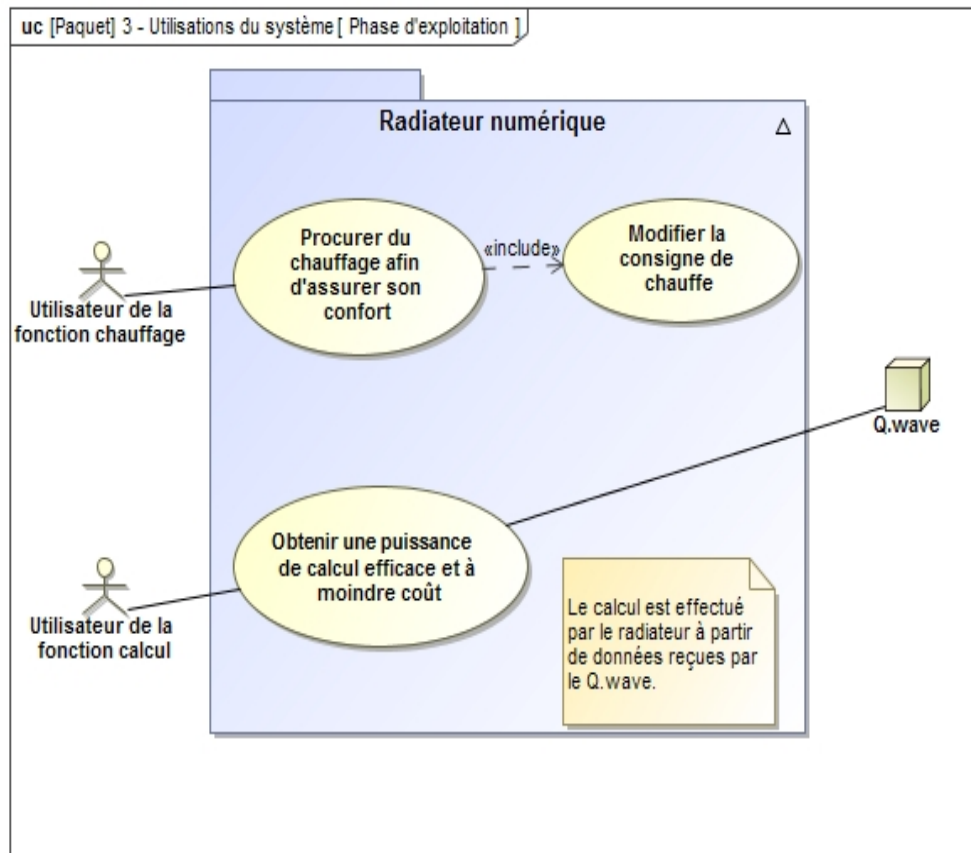
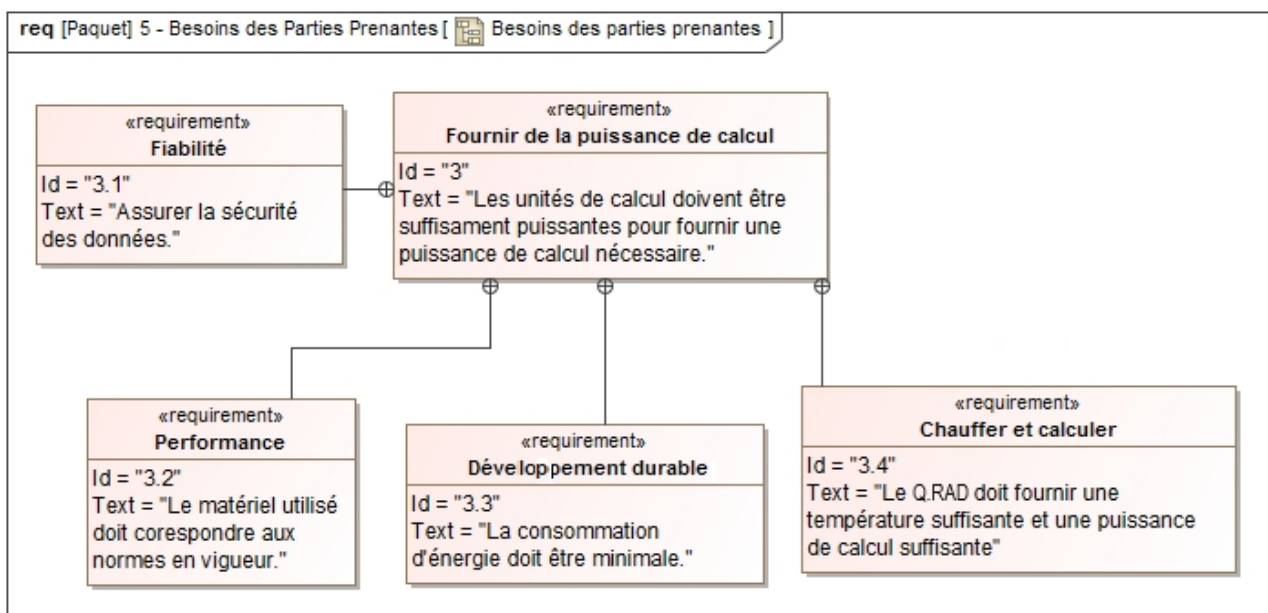


Diagramme des exigences



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

Diagramme de définition de blocs

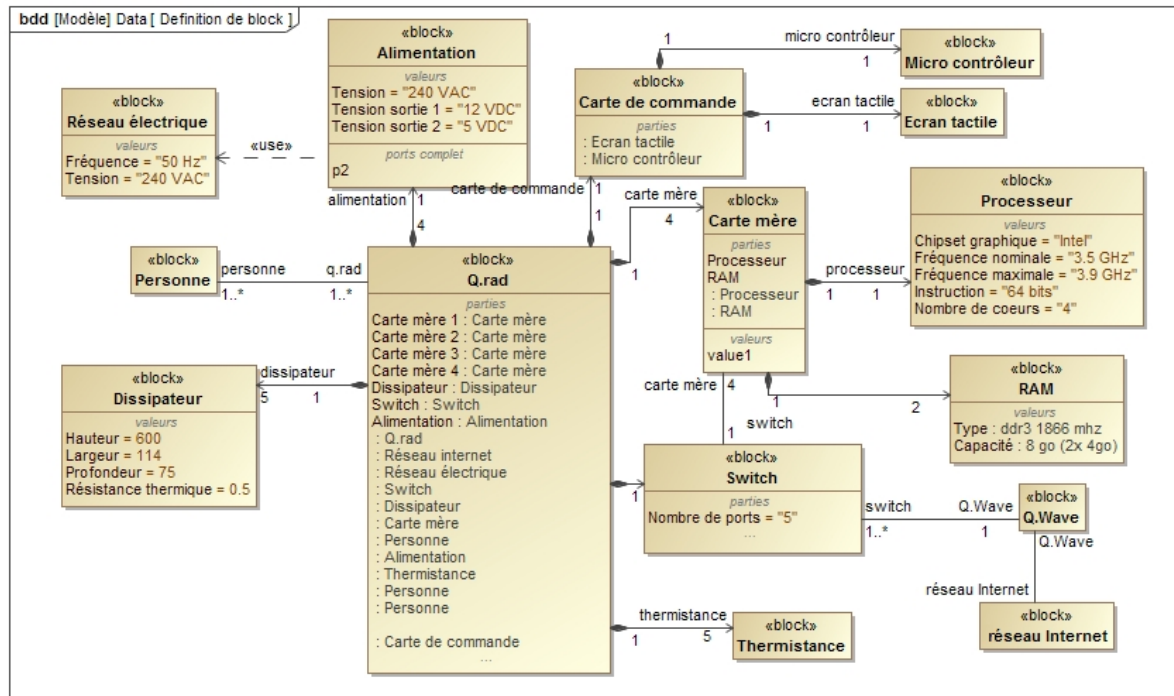
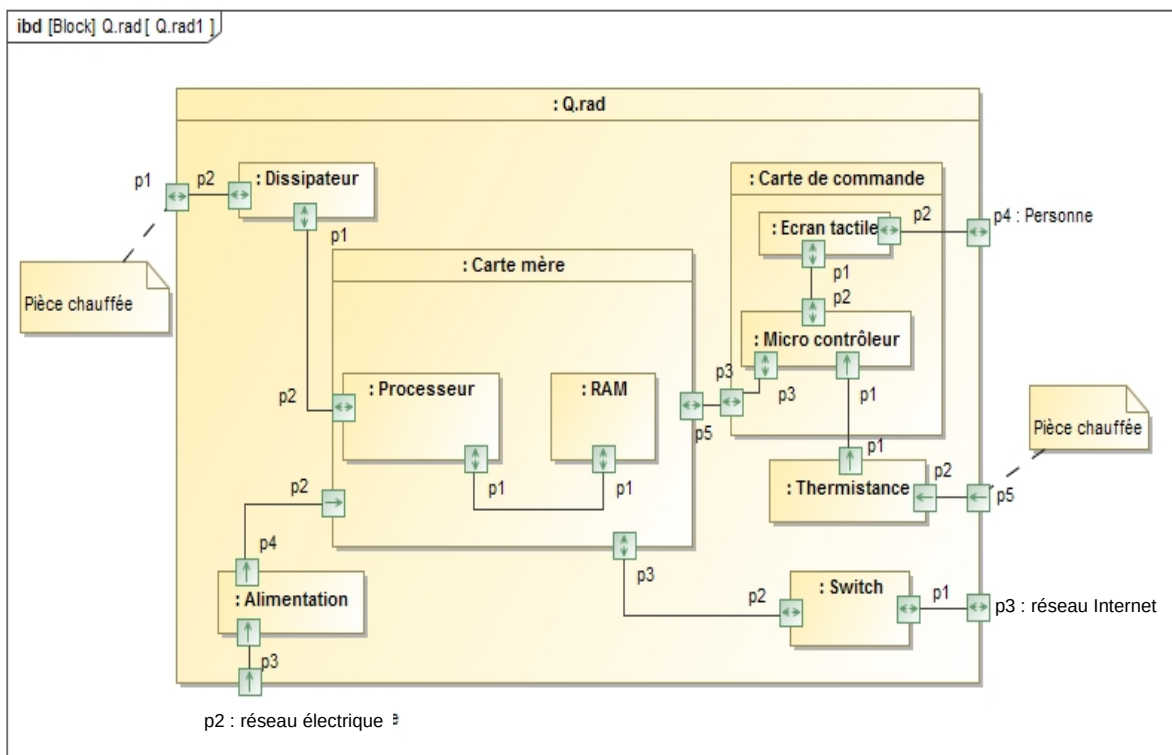
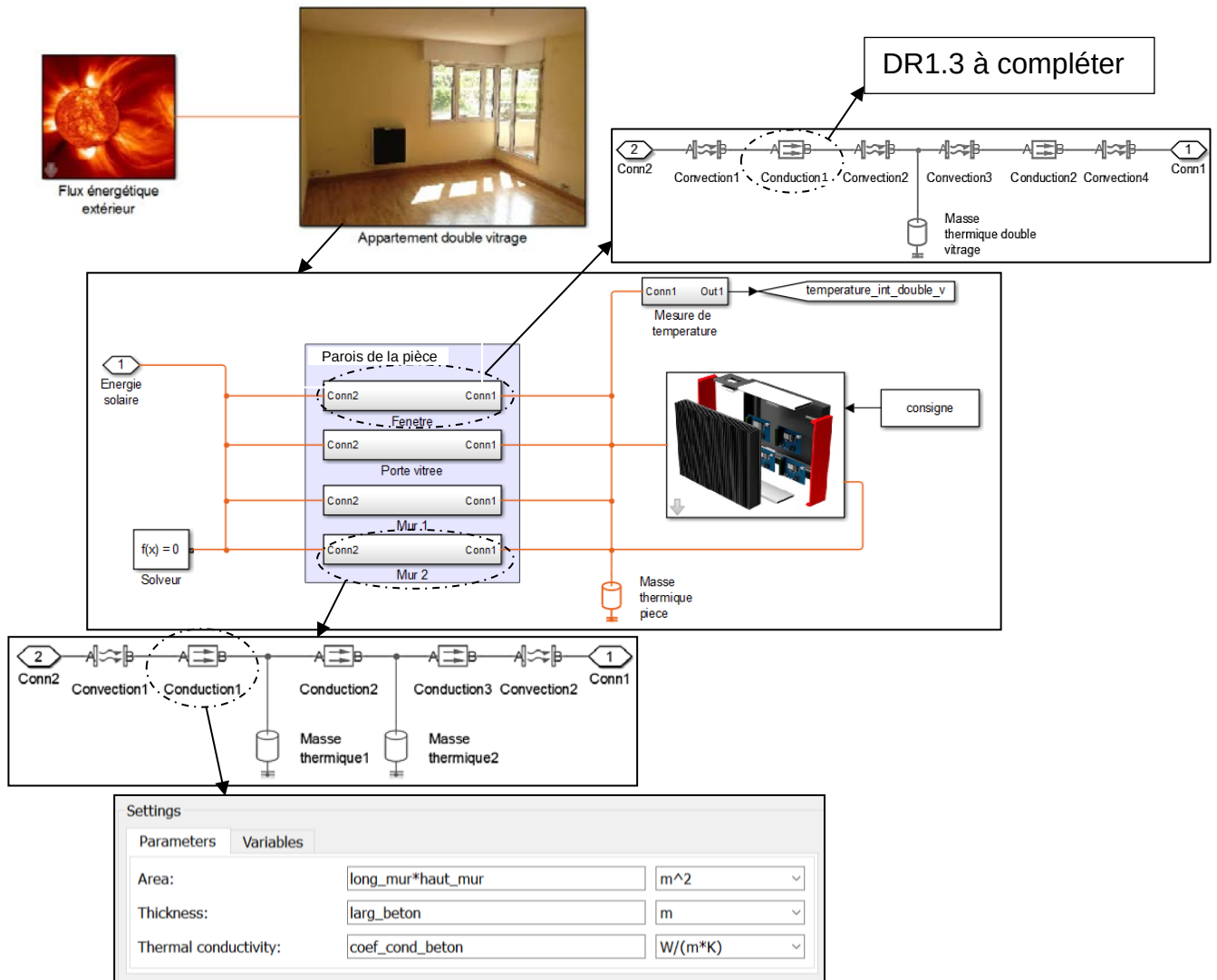


Diagramme de blocs internes



DT1.5 - Modèle multiphysique



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



Dimensions de la pièce :

Longueur : 6 m
 Largeur : 4 m
 Hauteur : 2,5 m

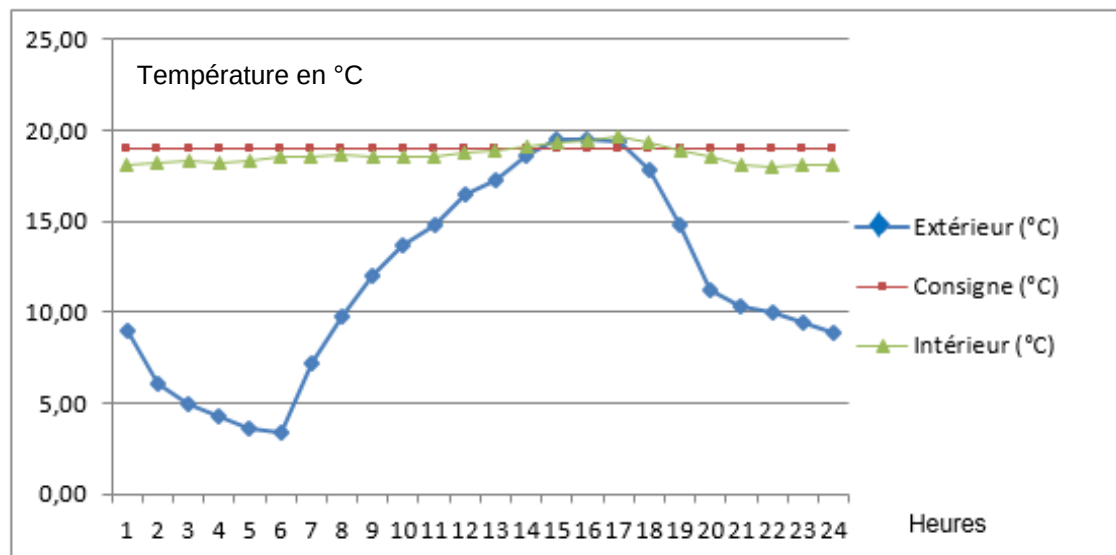
Dimensions de la fenêtre :

Hauteur fenêtre 1 : 1,1 m
 Largeur fenêtre 1 : 1,7 m
 Épaisseur d'une vitre : 0,04 m

Dimensions de la porte vitrée :

Hauteur porte vitrée 2 : 1,9 m
 Largeur porte vitrée 2 : 1,2 m
 Épaisseur d'une vitre : 0,04 m

DT1.7 - Résultats de la simulation



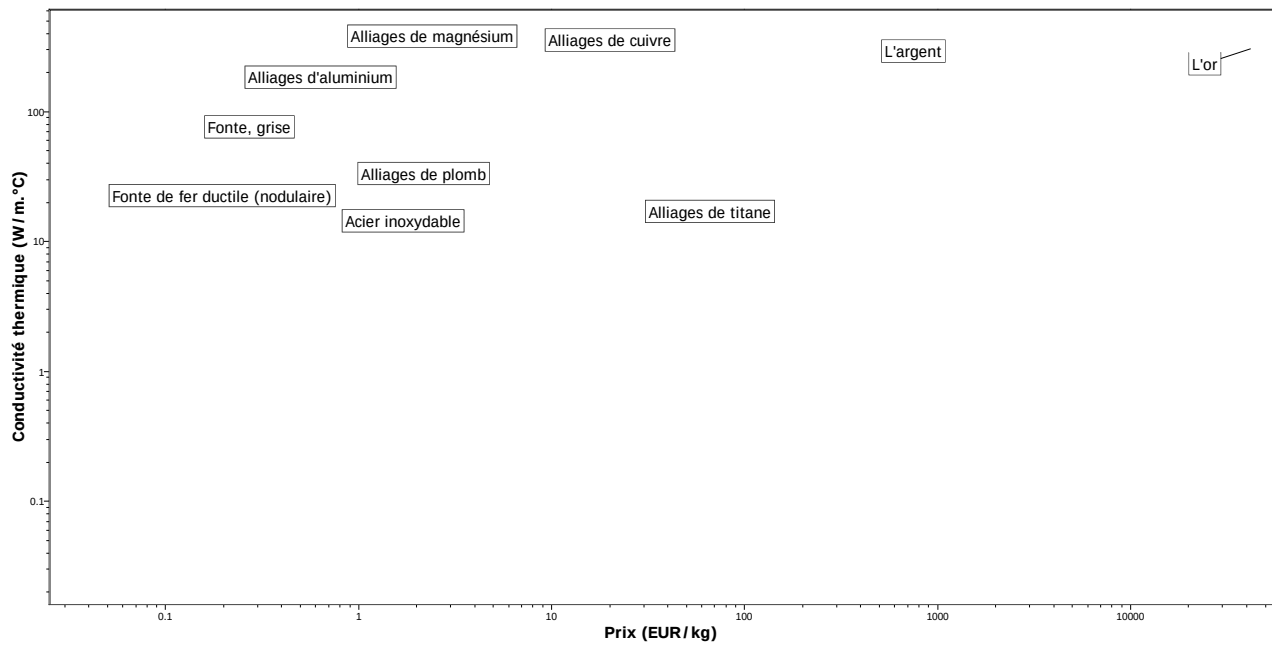
DT1.8 - Constitution de la trame de communication IP d'un Q.RAD

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

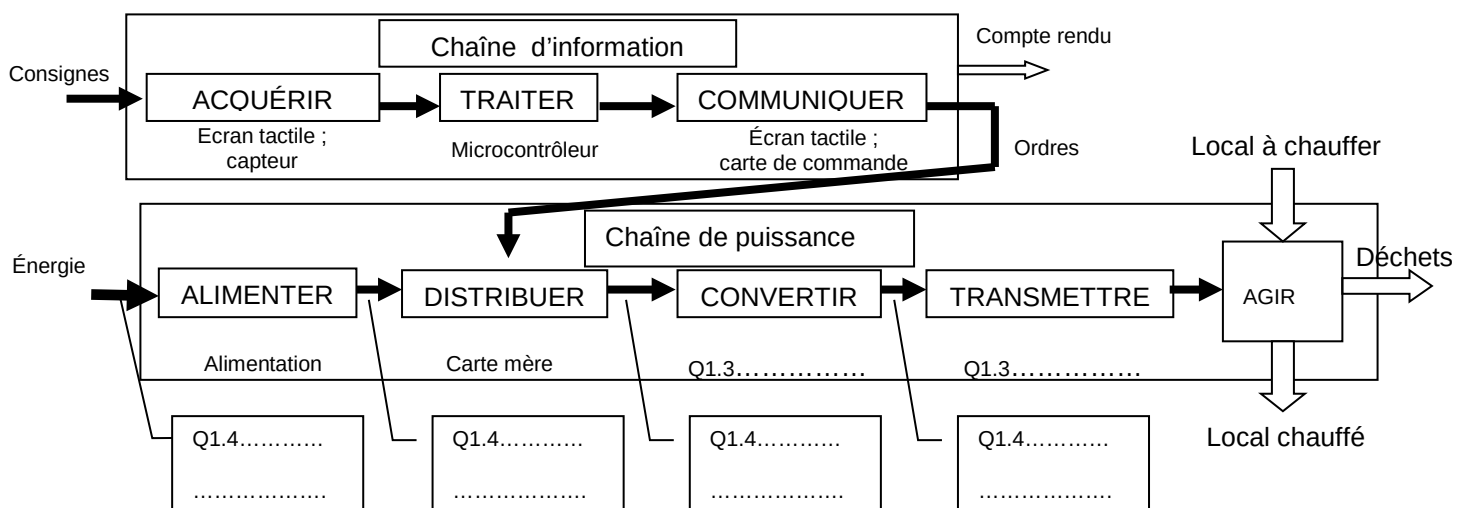
	Empreinte CO ₂ en kg CO ₂ .kg ⁻¹ d'alliage	Masse volumique en kg.dm ⁻³
Alliage d'aluminium	12,5	2,7
Acier	2,5	7,8
Alliage de cuivre	5,3	8,9
Alliage de plomb	3,5	11
Alliage de zinc	3,9	6
Alliage de magnésium	23,5	1,8

Source : CES EduPack

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
À compléter.

Parameters

Variables

Area:

m² ▼

Thickness:

m ▼

Thermal conductivity:

coef_cond

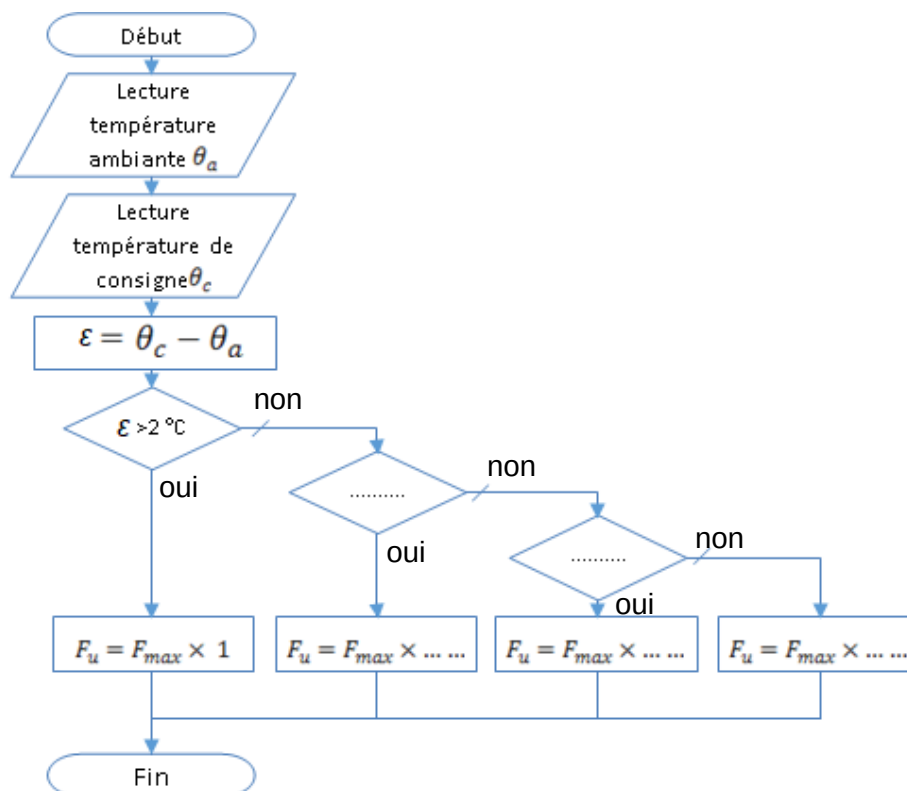
W/(m*K) ▼

Bloc 'Conduction 1' de la fenêtre

Question 2.3

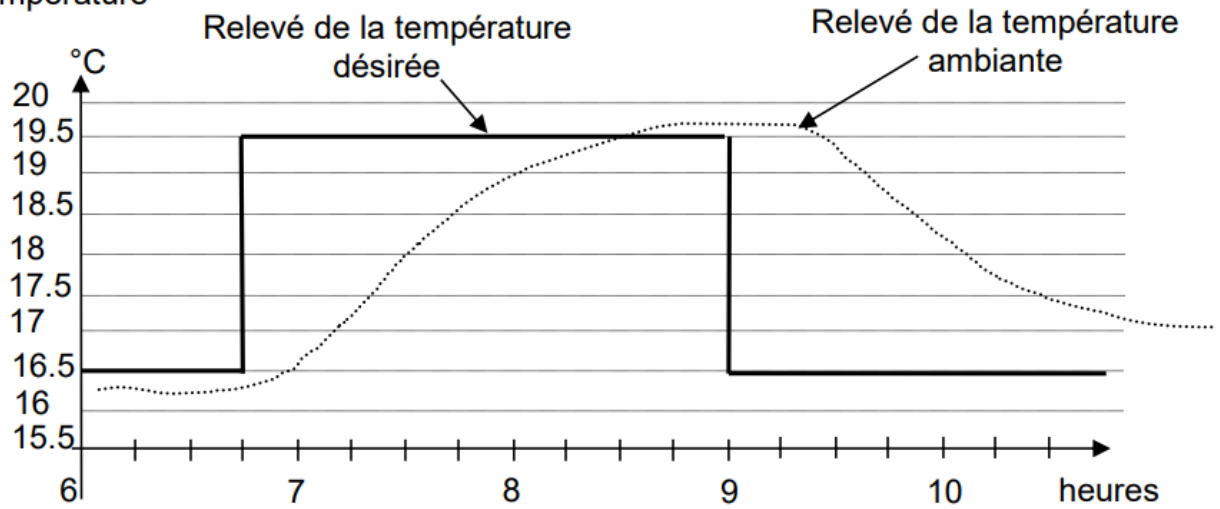
PARAMÈTRES	SENS D'ÉVOLUTION	JUSTIFICATION
CONDUCTIVITE THERMIQUE		
ÉPAISSEUR		
SURFACE	-	La diminution de la surface diminue le flux thermique

DR1.4 - Algorithme

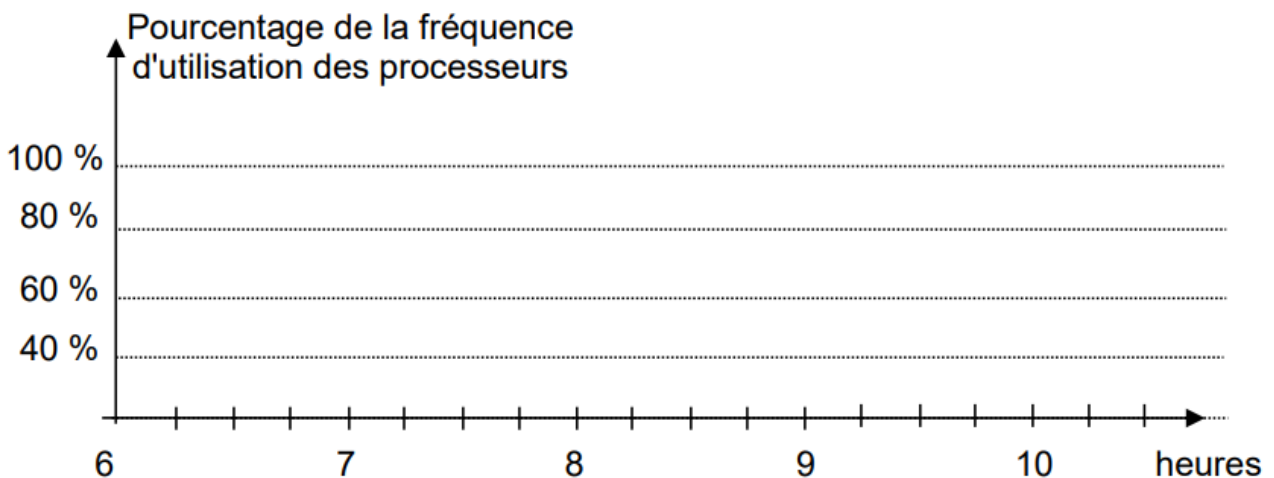


DR1.5 - Tableau et chronogramme

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



Innovation Technologique et Éco-Conception

Drone de surveillance d'intérieur



Constitution du sujet :

- Dossier sujet et questionnaire Pages 18 à 21
- Dossier technique..... Pages 22 à 27
- Documents réponses.....Pages 28 à 29

Mise en situation

Les radiateurs numériques permettent de chauffer convenablement les logements de l'immeuble. Ces radiateurs fonctionnent grâce à quatre cartes mères équipées de CPU 4-cœurs à 3,9 GHz. Ce radiateur haut de gamme présente un coût important ; il ne serait pas acceptable que cet équipement disparaisse lors d'un éventuel cambriolage.

Par ailleurs, la société Carnot Computing a installé des radiateurs numériques dans des bureaux. Carnot Computing propose OASIS, un logiciel simple d'utilisation, complet, évolutif, qui permet l'agrégation et le traitement des données collectées, dans l'espace et dans le temps.

Ainsi, comment permettre la surveillance de site comme un logement ou un bâtiment, par l'intermédiaire de ce logiciel ? Une solution possible est l'utilisation de drone développé par la société Ring.

Ring, la société spécialisée dans la sécurité du domicile, repousse les limites de la vidéosurveillance. Elle a créé une caméra-drone capable de patrouiller un espace en traversant de multiples pièces pour vérifier qu'il n'y a rien d'anormal.

Le vol de l'appareil s'effectue en toute sécurité car les hélices sont protégées par un carter de protection.



Image du drone et de l'image vidéo de sa caméra

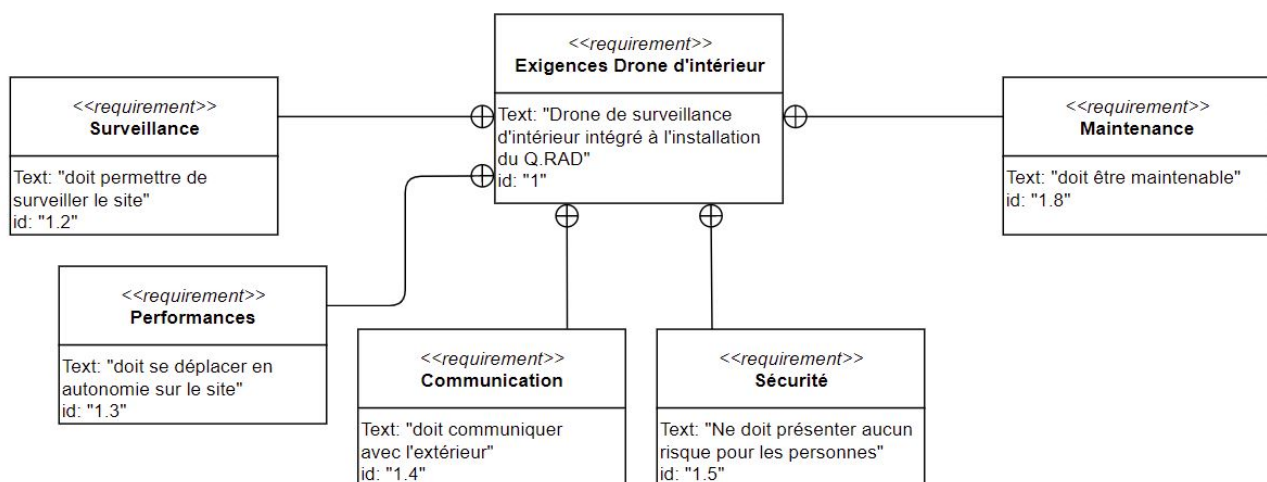


Diagramme des exigences du drone d'intérieur

Travail demandé

Partie A - Comment se comporte le drone en vol stationnaire

Question A.1 Mise en situation DTS2.1 DTS2.2	À partir de la mise en situation, des documents techniques DTS2.1 et DTS2.2, justifier la proposition de solution du constructeur permettant la surveillance d'un site en toute sécurité pour ses utilisateurs.
Question A.2 DTS2.1 DTS2.3 DRS2.1	À partir de la vue éclatée du produit et des normes de liaisons du document technique DTS2.3, compléter les liaisons du schéma cinématique en trois dimensions du mécanisme du drone en vol stationnaire sur le document réponse DRS2.1. Calculer le poids du drone à partir des diagrammes SysML du document technique DTS2.1 et représenter cette force sur votre schéma. $g = 9,81m \cdot s^{-2}$

Chaque hélice constituée d'une paire de pales produit une force de poussée. Le choix des hélices a été minutieusement déterminé. Le coefficient de portance de chaque pale est $C_p = 0,8$.

Dans les questions A.3 et A.4, on considère que le centre de gravité passe par l'axe Oy, axe de symétrie du drone.

Question A.3 DTS2.4	En utilisant le document technique DTS2.4, déterminer la force de poussée d'une hélice sachant que la vitesse au centre de poussée d'une pale est de $80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
------------------------	--

Question A.4 DTS2.4	Calculer la force de poussée totale générée par les quatre hélices et la comparer au poids du drone puis expliquer le comportement du drone pour cette vitesse.
------------------------	--

Pour être en équilibre statique, les poussées produites par les hélices du drone (ensembles H1, H2, H3 et H4 énoncés sur le document technique DTS2.3) doivent compenser le poids de celui-ci.

Le drone devra dans ces conditions garder sa position verticale sans se déplacer.

La représentation coplanaire du document technique DTS2.4 montre les centres de poussées des hélices en « A » et en « B » :

- Au point « A » se superposent les ensembles H1 et H2.
- Au point « B » se superposent les ensembles H3 et H4.

Dans la question A.5, le centre de gravité ne passe pas par l'axe Oy et correspond au point G du document technique DTS2.4. La résolution du problème de stabilité donne les équations suivantes :

$$B_y = 0,4 \times m \times g \text{ et } A_y = 0,6 \times m \times g$$

Question A.5 DTS2.4	En exploitant la représentation du drone en équilibre statique du document technique DTS2.4 ainsi que les équations ci-dessus, calculer chaque force que devront produire les deux ensembles H3 et H4 au point « B » ainsi que les deux ensembles H1 et H2 au point « A ». Expliquer la différence de valeur.
------------------------	---

Partie B - Mise en mouvement du drone

Dès sa mise en marche, le drone s'élève à la verticale suivant les trois phases ci-dessous :

- Accélération constante : déplacement pendant 2 secondes pour une accélération constante $a_1 = 0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

$$v = a_1 \times t \quad \text{et} \quad x = \frac{1}{2} \times a_1 \times t^2$$

- Vitesse constante : déplacement sur une distance de 1 mètre pendant 5 secondes.

$$v = v_0 \quad \text{et} \quad x = v_0 \times t$$

- Décélération constante pendant 0,5 seconde.



Question B.1 | À partir du descriptif ci-dessus, **déterminer** la vitesse en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ à la fin de la phase d'accélération ainsi que la distance parcourue en m.
À partir des données de la phase de déplacement à vitesse constante, **vérifier** que la vitesse est bien celle de la fin du déplacement à accélération constante. **Préciser** la valeur de l'accélération pour cette phase.

Lors de la dernière phase, le drone va décélérer pour stabiliser son altitude, la valeur de la décélération est de $0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Question B.2 | **Compléter** les graphiques représentant les grandeurs vitesses et accélérations associées aux différentes phases des mouvements pour le déplacement vertical sur le document réponse DRS2.2.

Une fois que le drone est à une altitude stable, il se déplace vers l'avant afin de filmer et retransmettre les images de vidéo-surveillance.

Question B.3 | **Compléter** la chaîne de puissance sur le document réponse DRS2.3 à partir des diagrammes SysML du document technique DTS2.1 en précisant les composants techniques associés à chaque fonction et en précisant leur rendement et la nature des flux. **Calculer** le rendement global du produit. **Conclure** quant à ce rendement.

Partie C - Optimisation du choix des matériaux

Afin de protéger les personnes du mouvement des hélices, le drone est caréné et muni de grilles de protection. Pour ne pas trop dégrader la portance les épaisseurs des ailettes des grilles sont limitées.

Il s'agit ici de valider le choix du constructeur sur la nature des matériaux et sur les dimensions des ailettes tout en garantissant une distance minimale afin d'éviter tout contact avec les hélices.

Question C.1	À partir du document technique DTS2.5, déterminer la contrainte maximale de Von Mises ainsi que le déplacement maximal dû à la déformation de la grille de protection.
DTS2.3	
DTS2.5	Relever à l'aide du document technique DTS2.3, la distance entre la grille et la fixation des hélices. Comparer cette valeur au déplacement maximal et conclure .

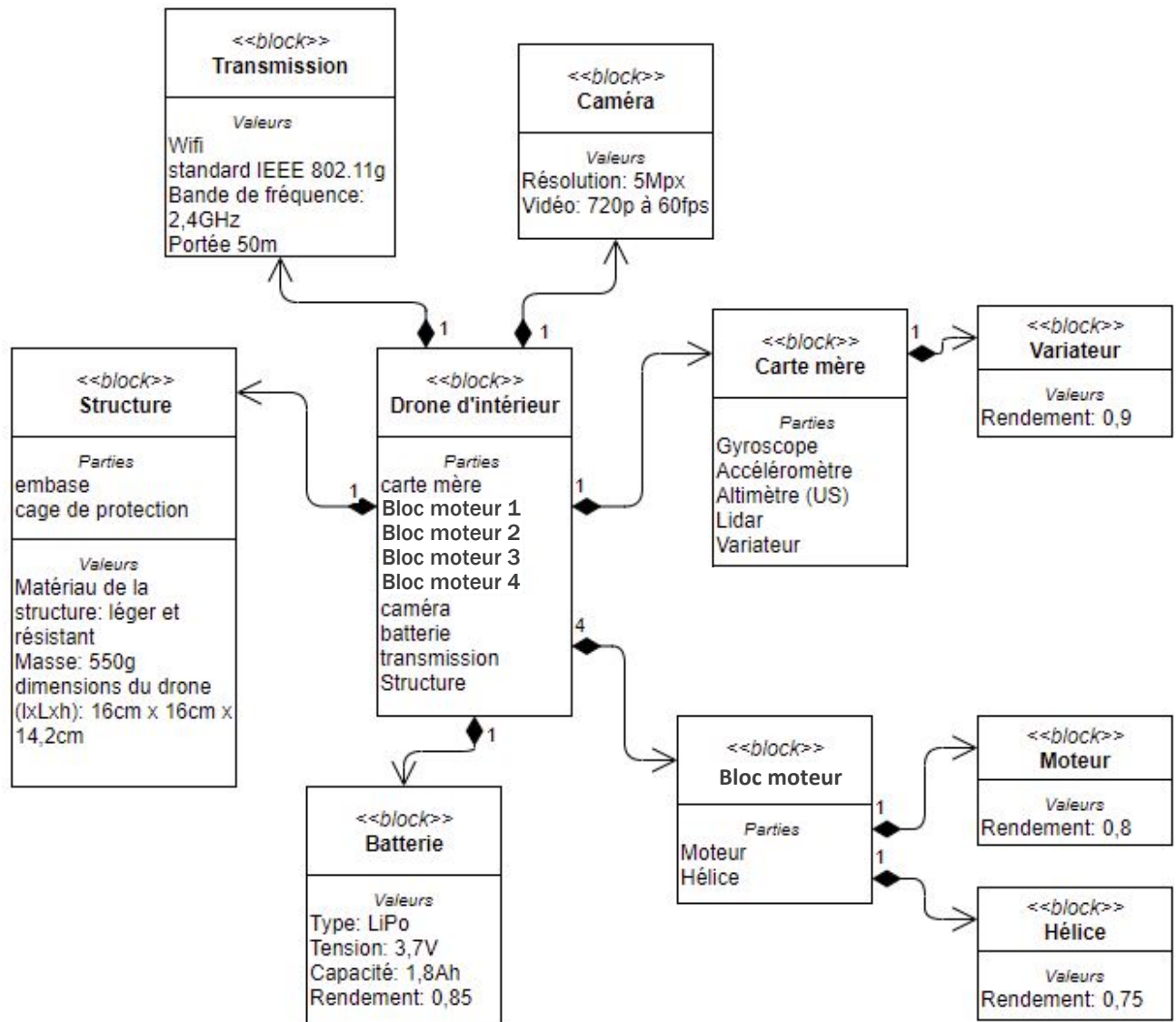
Une analyse du modèle 3D donne un volume de $132\,185\text{ mm}^3$ pour la structure externe.

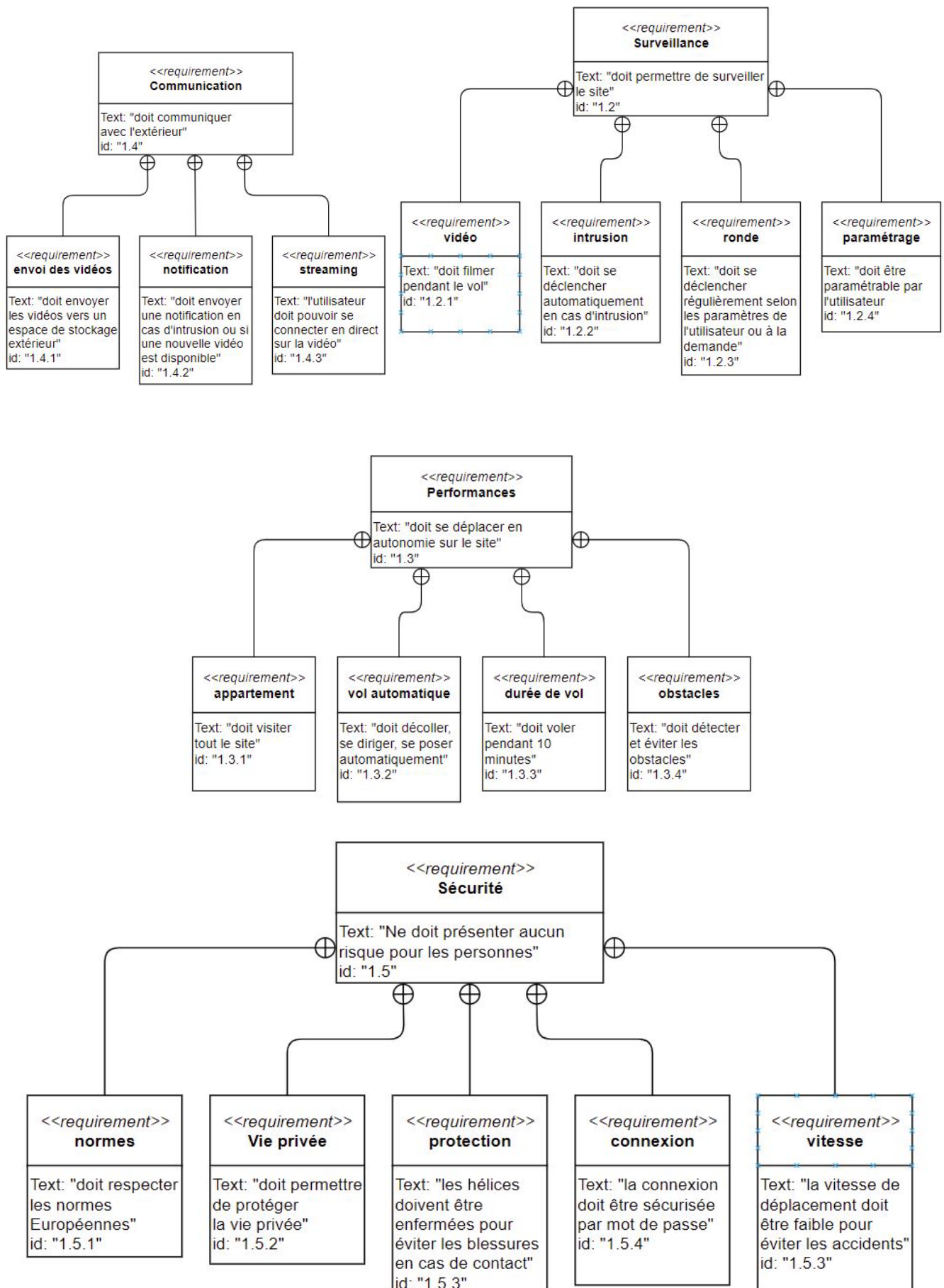
Par ailleurs, on adopte un coefficient de sécurité de 3 pour la condition de résistance.

Afin de limiter la masse du drone, la masse de la structure ne devra pas dépasser 0,14 kg.

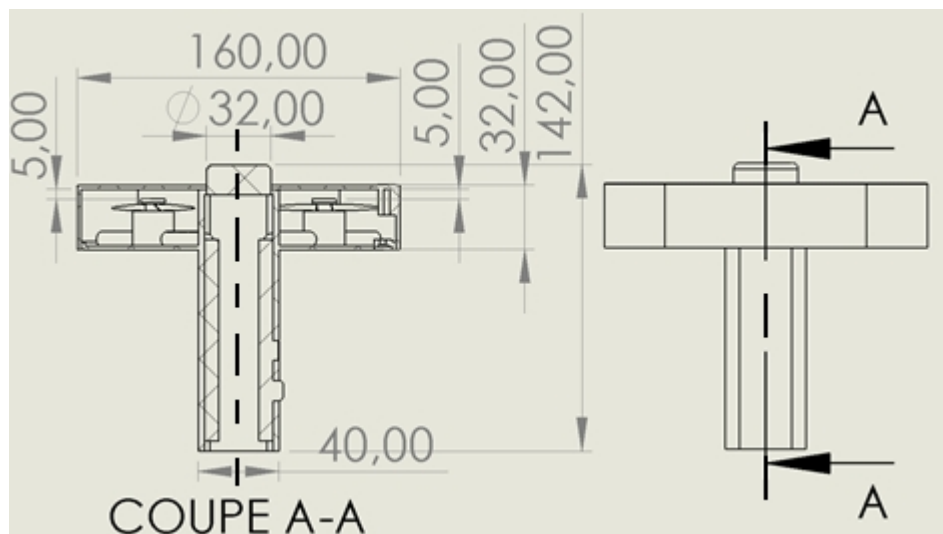
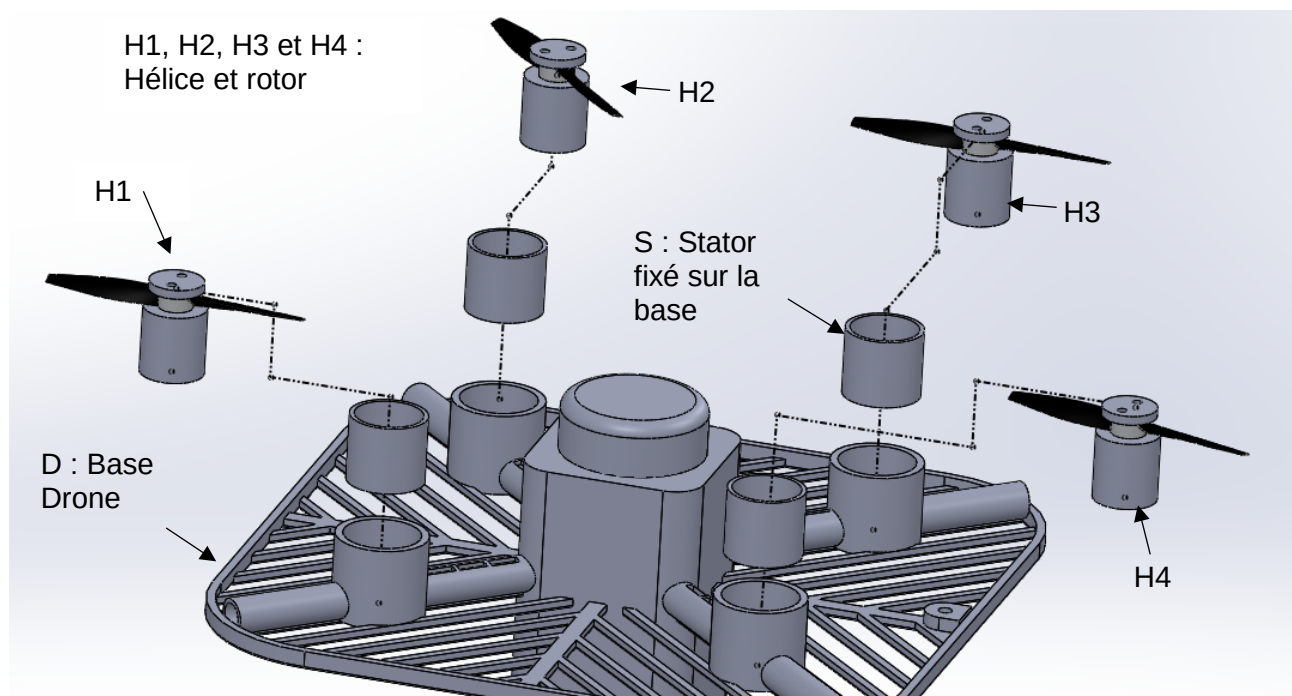
Question C.2	Déterminer les valeurs de limite élastique et de masse volumique à ne pas dépasser afin de respecter la condition de résistance et de limiter la masse du drone.
DTS2.6	À partir du document technique DTS2.6, proposer un choix de catégorie de matériaux le plus adapté à la structure du drone.

DTS2.1 - SysML Drone Ring





DTS2.3 - Vue éclatée et cotation du drone



Sphère cylindre	Linéaire rectiligne	Pivot glissant	Hélicoïdale
Pivot	Appui plan	Sphère plan	Glissière

DTS2.4 - Équilibre du drone

Calcul de la poussée d'une pale :

$$F_p = \frac{1}{2} \times \rho \times C_p \times S \times V^2$$

F_p : la force de poussée d'une seule pale en Newton.

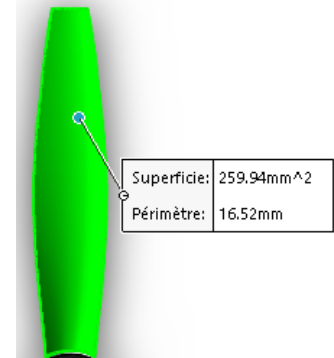
ρ : la masse volumique de l'air en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, soit $1,225 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ en atmosphère standard.

V : la vitesse du centre de poussée d'une pale en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

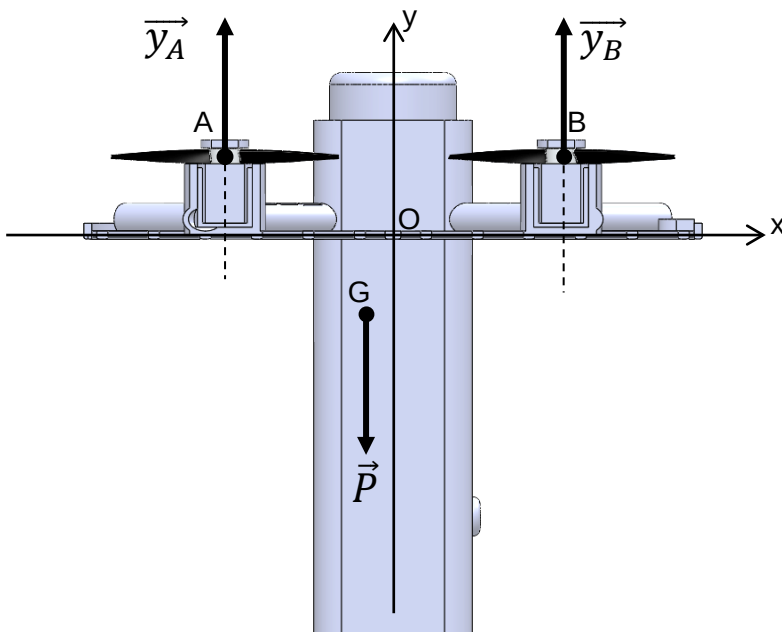
S : la surface d'une pale d'une hélice en m^2 .

C_p : le coefficient de portance.

Surface d'une pale :



Drone en équilibre statique :



$$\overrightarrow{OA} = \begin{pmatrix} -42.4 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\overrightarrow{OB} = \begin{pmatrix} 42.4 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \\ 0 \end{pmatrix}$$

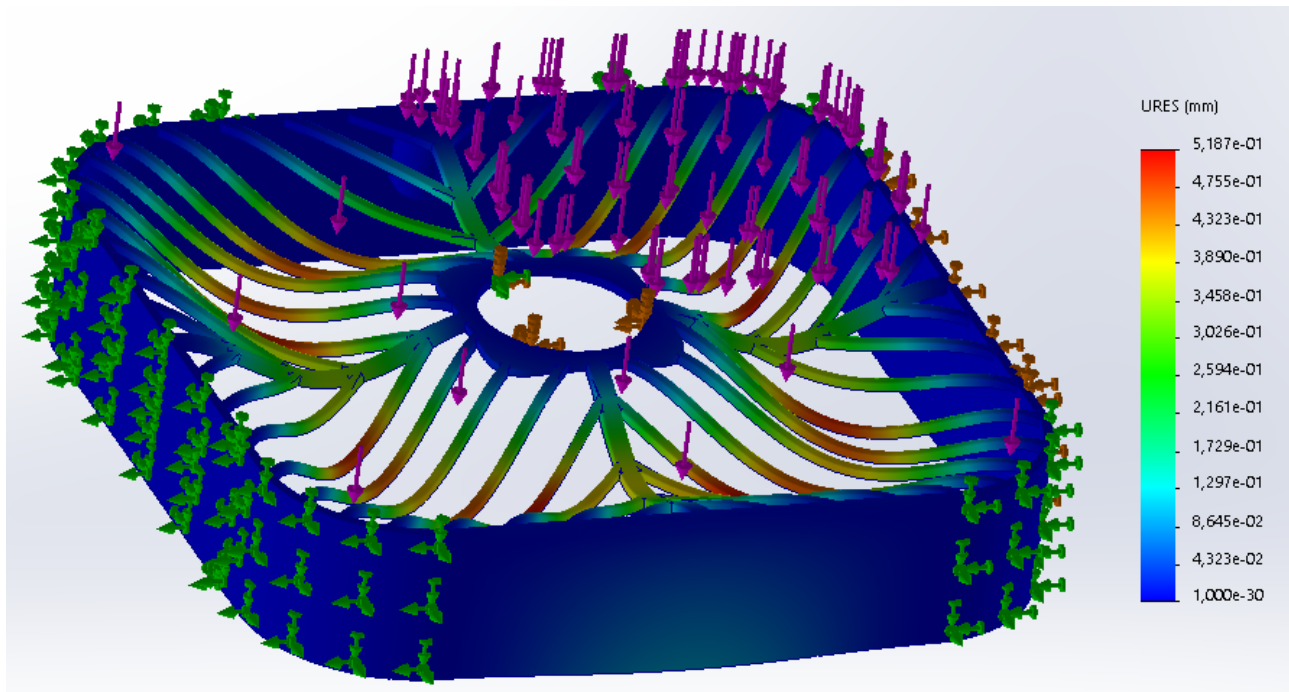
$$\overrightarrow{OG} = \begin{pmatrix} -9 \text{ mm} \\ -18 \text{ mm} \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\overrightarrow{P_G} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -M * g \end{pmatrix}$$

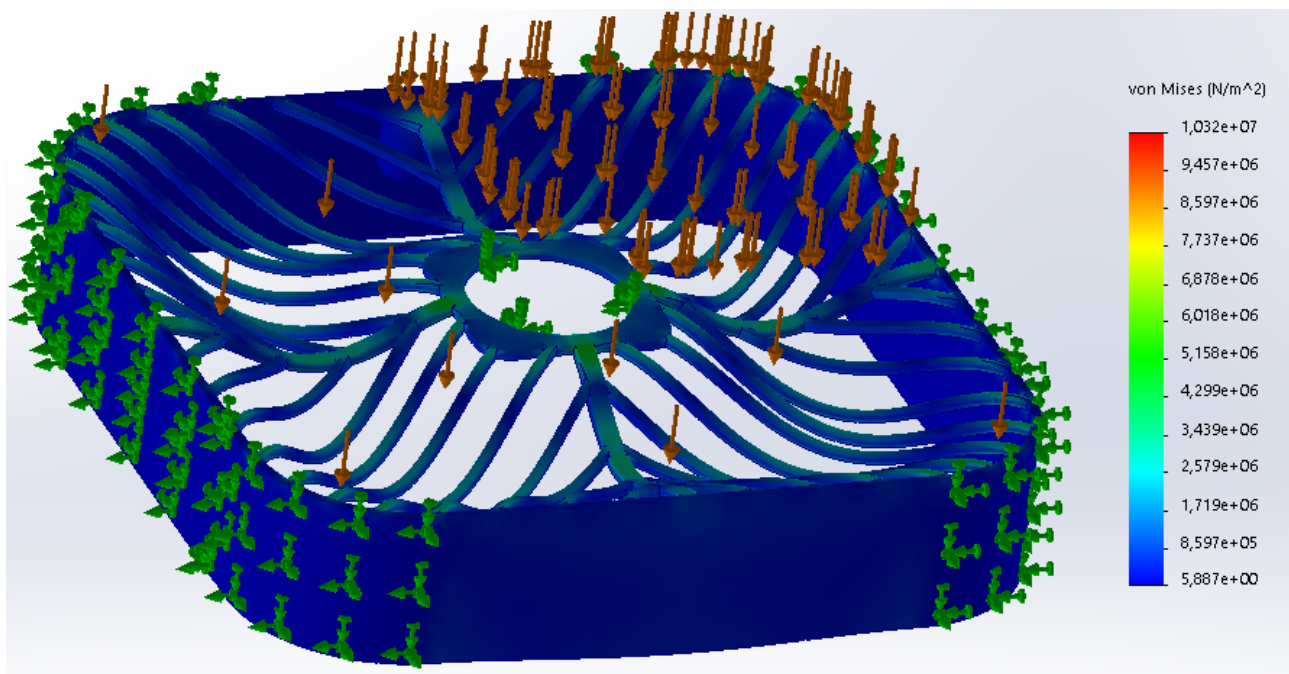
$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

DTS2.5 - Grilles de protection des hélices : simulation numérique des déplacements et des contraintes

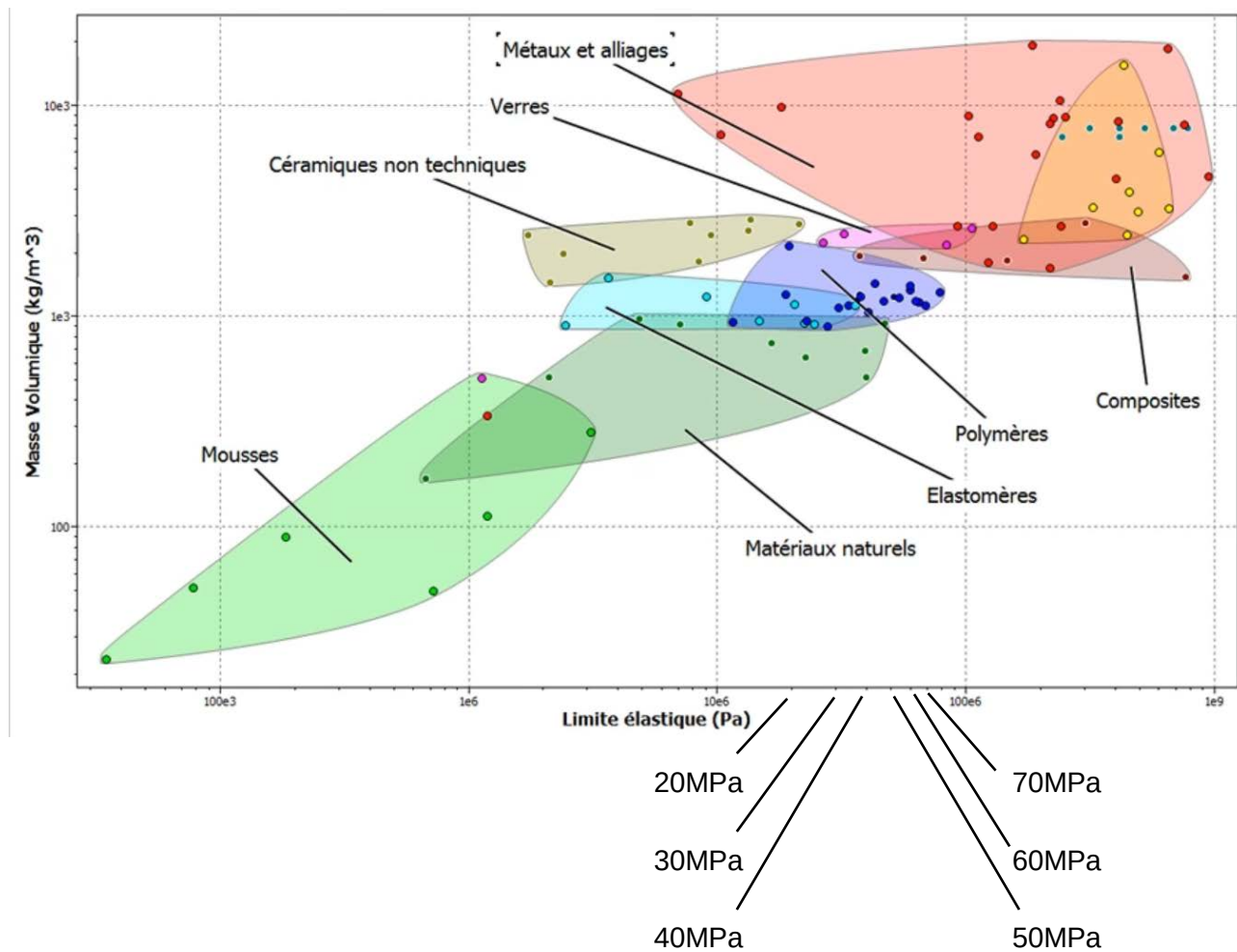
Déplacements :



Contrainte de von Mises



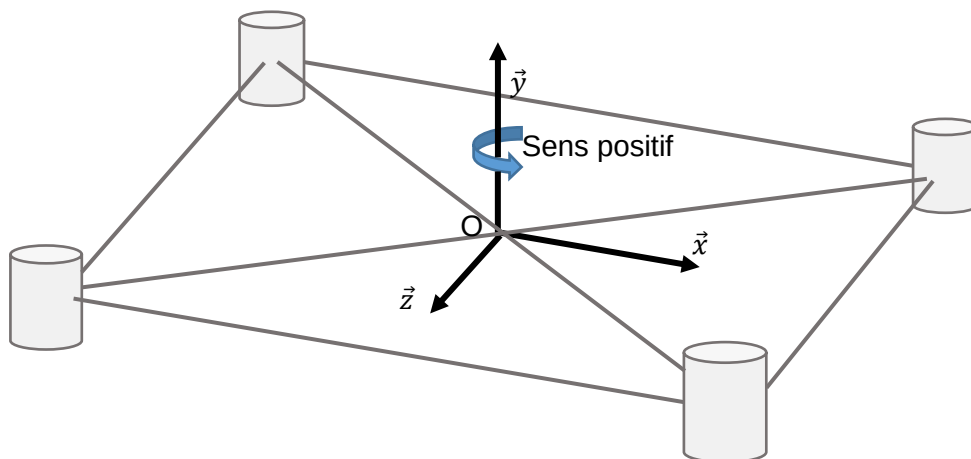
DTS2.6 - Diagramme Masse volumique / Résistance mécanique



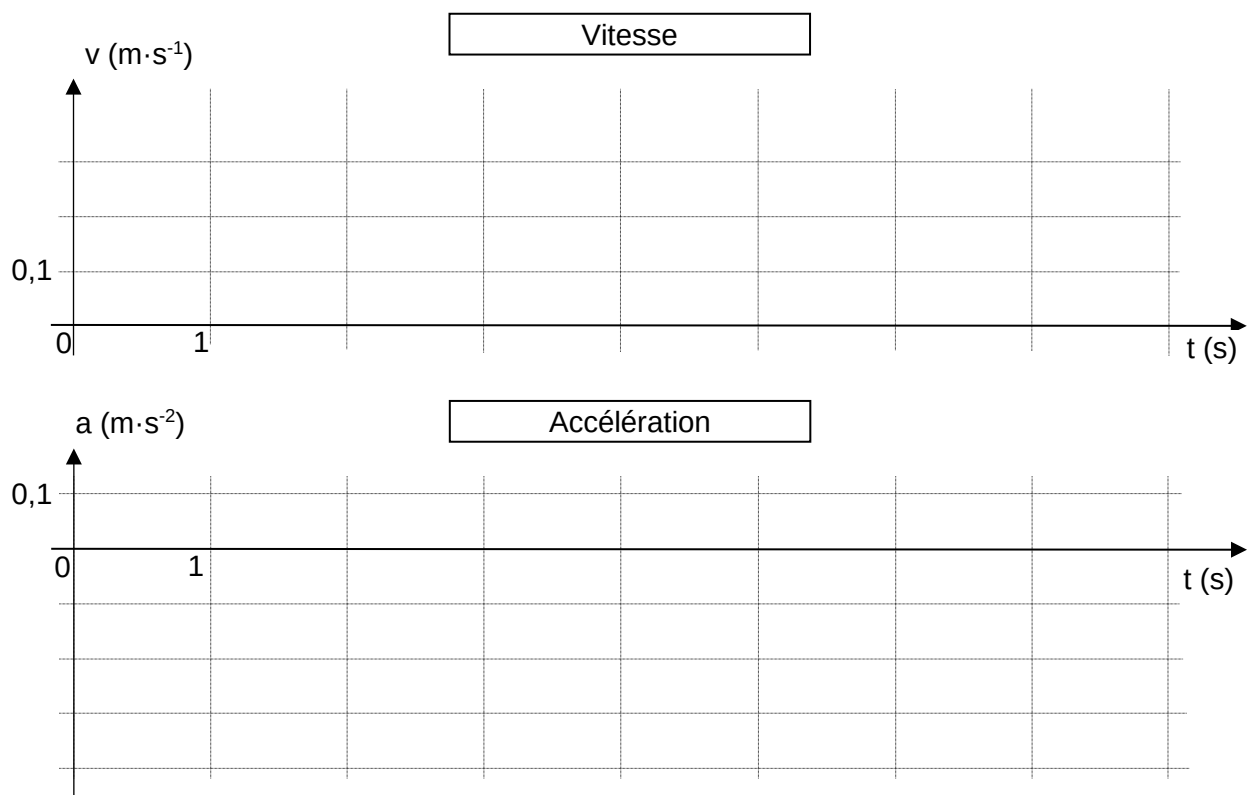
DRS2.1 - Représentation en perspective du schéma cinématique

H1 et H3 tournent dans le sens positif.

H2 et H4 tournent dans le sens négatif.



DRS2.2 - Déplacement du drone à la verticale



DRS2.3 - Chaîne de puissance du drone

