

# 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 collège » est autorisé.*

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

Ce sujet comporte 36 pages numérotées de 1/36 à 36/36.

**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)**

# **Complexe International Multisports et Escalade C.I.M.E.**



- **Présentation de l'étude et questionnement**..... pages 3 à 12
- **Documents techniques**..... pages 13 à 21
- **Documents réponses** ..... pages 23 à 25

## **Mise en situation**

Afin de poursuivre sa démarche de développement du sport, et singulièrement, de l'handisport dans l'Aube, le Département a construit le Complexe International Multisports et Escalade (CIME) sur la Technopole de l'Aube en Champagne.

Ce nouveau pôle d'excellence d'une superficie de 5000 m<sup>2</sup> est doté de l'équipement d'escalade fixe le plus important du territoire national et d'une aire d'évolution multisports adaptée au handisport.

Ce complexe sportif s'inscrit pleinement dans la stratégie territoriale développée autour des Jeux Olympiques et Paralympiques de Paris 2024.

Le bâtiment CIME comporte une aire de compétition d'escalade regroupant les trois disciplines (difficulté, bloc, vitesse) au travers d'une Structure Artificielle d'Escalade (SAE) de niveau international d'une hauteur de 18 mètres.



Pour la construction de ce complexe, l'utilisation de matériaux à haute performance énergétique et respectueux de l'environnement est privilégiée. Afin de limiter l'impact environnemental, les circuits courts d'approvisionnement ont été favorisés permettant ainsi de minimiser la quantité de dioxyde de carbone rejeté dans l'atmosphère.

Le fait d'accueillir les équipes pour des stages d'entraînement ou des compétitions sportives permet de dynamiser l'économie locale (hébergement, restauration, tourisme...).

Conçu en lien avec le milieu sportif, cet investissement constitue un atout précieux pour l'attractivité durable du territoire.

### Le complexe sportif « CIME » permet :

- de développer la pratique de l'escalade dans l'Aube ;
- d'organiser des compétitions et accueillir des stages d'entraînement pour différentes équipes nationales ou internationales ;
- de développer et pérenniser la pratique du sport chez les Auboisiens, même après les Jeux Olympiques de Paris 2024 ;
- d'encourager la pratique du handisport de haut niveau.

L'espace du bâtiment « CIME » est réparti de la façon suivante :

- une halle sportive principale comprenant une aire d'escalade pour l'échauffement des sportifs de tous niveaux, les épreuves de différentes disciplines lors des compétitions, et des entraînements simultanés;
- une aire d'évolution sportive 44 m x 24 m (1056 m<sup>2</sup>) pour la pratique multisports, dédiée particulièrement au handisport ;
- des tribunes pouvant accueillir jusqu'à 500 personnes (350 m<sup>2</sup>), offrant aux spectateurs des conditions optimales pour assister aux compétitions sportives, comprenant 50 places adaptées aux personnes à mobilité réduite et 20 places équipées pour la presse ;
- pour les événements internationaux dans le domaine de l'escalade, la capacité d'accueil des spectateurs sera complétée par des installations de sièges sur l'aire d'évolution multisports, portant ainsi le nombre de places assises à 3000 ;
- des installations supplémentaires de 350 m<sup>2</sup> sont prévues pour les vestiaires, les sanitaires et les douches, facilitant le changement de tenue des sportifs et offrant des casiers pour le stockage de leurs équipements. Des zones distinctes sont aménagées pour les sportifs et les arbitres, le tout étant accessible aux personnes à mobilité réduite.

## **Travail demandé**

### **Partie 1 : comment le projet du complexe sportif « CIME » s'inscrit-il dans une démarche de développement durable ?**

---

**Objectif :** positionner le complexe sportif « CIME » dans le cadre du développement durable ; choisir un mode de transport des athlètes à la fois économique et respectueux de l'environnement.

Question 1.1

Mise en situation

DT1

**Identifier** pour chacun des trois piliers du développement durable, un argument inscrivant la construction et l'exploitation du complexe sportif dans :

- une démarche environnementale ;
- une démarche sociétale ;
- une démarche économique.

#### Comparaison des impacts environnementaux et économiques de plusieurs modes de transport.

Dans cette partie, nous allons comparer les impacts environnementaux et économiques liés à l'utilisation d'un car ou d'un van électrique pour transporter la délégation d'athlètes de Troyes au Bourget.

En effet, si les entraînements de la délégation se font sur le site du « CIME » à Troyes, les compétitions d'escalade s'effectuent au Bourget. La distance par route entre Troyes et Le Bourget est de 186 km. La délégation est constituée de 91 personnes (athlètes, entraîneurs et staff médical).

On se propose, à l'aide du tableau ci-dessous, de comparer pour le transport de la délégation entre Troyes et Le Bourget :

- le coût en énergie ;
- la consommation d'énergie primaire ;
- l'émission de gaz à effet de serre (GES).

Modes de transport		
Type de véhicule	Car	Van électrique
Énergie	Gazole	Électricité
Consommation moyenne	30,5 l pour 100 km	20,8 KW·h pour 100 km
Émissions de gaz à effet de serre en phase utilisation	1409 g Eq CO <sub>2</sub> / km	0 g Eq CO <sub>2</sub> / km
Nombre de places	61	7
Coût	1,9 euros par litre	0,2062 euro par kW·h
Consommation en énergies primaires	?	0,71 kWhep·km <sup>-1</sup>

Question 1.2 | **Calculer** la consommation en litres pour le car et en kW·h pour le van électrique lors d'un trajet entre Troyes et Le Bourget.

Question 1.3 | **Calculer** le nombre de car(s) requis puis le nombre de van(s) électrique(s) nécessaire(s) pour assurer le déplacement de la délégation entre Troyes et Le Bourget, en arrondissant à l'unité supérieure.  
En **déduire** le coût en euros pour les deux modes de transport sur le trajet entre Troyes et Le Bourget.

On considère:

- 1 litre de gazole est équivalent à 9,82 kWh. l<sup>-1</sup> ;
- le rendement de la transformation en raffinerie pour obtenir du gazoil est de 94%.
- 1 kWhep correspond à 1 kW·h d'énergie primaire.

Question 1.4 | **Calculer** la consommation en énergie primaire par kilomètre (kWhep·km<sup>-1</sup>) pour le trajet en car entre Troyes et Le Bourget.  
En **déduire** la consommation en énergies primaires par passager (kWhep·km<sup>-1</sup>) pour les deux modes de transport.

Question 1.5 | **Calculer** la consommation en énergies primaires (kWhép) pour les deux modes de transport afin d'assurer le déplacement de la délégation entre Troyes et Le Bourget.

Question 1.6 | **Conclure** en considérant les divers critères évalués tels que le coût énergétique, la consommation d'énergie primaire et les émissions de gaz à effet de serre (GES) en phase d'utilisation.  
**Identifier** le mode de transport le plus économique et respectueux de l'environnement.  
**Citer** d'autres facteurs qui auraient pu favoriser ou qui favoriseront la réduction des impacts environnementaux liés au transport.

## Partie 2 : comment choisir, dans une démarche d'éco-conception, les matériaux afin de réduire l'impact environnemental de la construction du bâtiment « CIME » ?

**Objectif** : valider le choix du matériau d'un des poteaux de la structure porteuse du bâtiment « CIME ».



Figure 1 : visuel du bâtiment "CIME"

La structure du bâtiment « CIME » (figure 1 ci-dessus) repose sur une ossature en bois lamellé collé. Ce matériau est réalisé en collant des planches de bois en longueur et en épaisseur ce qui permet d'obtenir des éléments de charpente plus massifs et plus longs que ceux réalisés avec du bois massif.

Les planches constituant la pièce de charpente sont collées dans le sens du fil du bois.

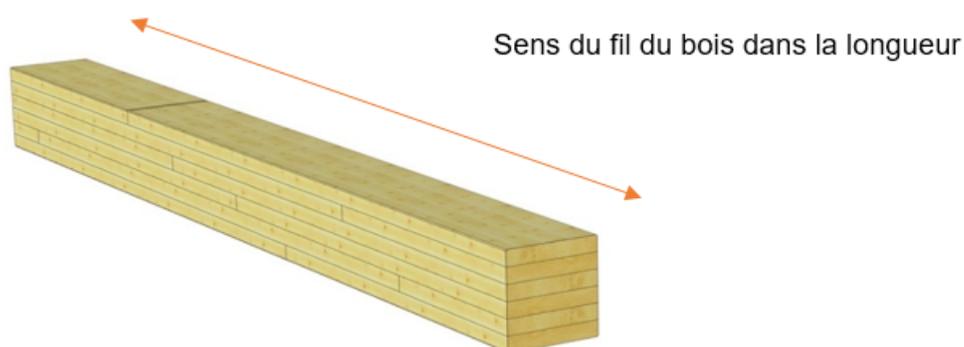


Figure 2 : pièce de charpente en lamellé collé

Question 2.1 | Un poteau a une longueur de 12 m. **Justifier**, à l'aide du document DT2, pourquoi le choix s'est porté sur une ossature en bois lamellé collé plutôt que sur du bois massif.

L'étude porte sur un poteau porteur de la structure. Nous allons vérifier, dans une démarche d'éco-conception, pourquoi le bois a été choisi par le bureau d'étude structure.

Nous allons le comparer au béton armé et à l'acier au niveau des caractéristiques de performances mécaniques et sur des critères d'éco-conception. Chaque matériau amènera une section différente au poteau (voir document réponses DR1).

Afin de simplifier l'étude, nous considérerons que le poteau est uniquement soumis à un effort de compression (le flambement et les sollicitations de flexion dues aux charges climatiques ne seront pas abordés ici). La figure 3 ci-dessous schématise le cas étudié.

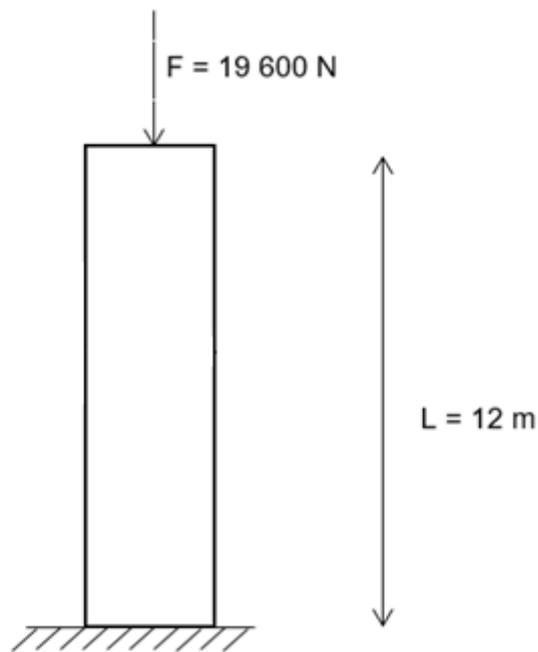


Figure 3 : modélisation des efforts du poteau

Question 2.2 | Sur le document réponses DR1, **calculer** le volume et la masse du poteau pour chaque matériau (bois, béton armé, acier).

La contrainte en compression est donnée par la relation suivante :

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

Avec :

- $\sigma$  : la contrainte en compression en MPa ;
- $F$  : la force appliquée sur le poteau en N ;
- $S$  : la section du poteau en  $\text{mm}^2$ .

Question 2.3 | Sur le document DR1, **calculer** la contrainte ( $\sigma$ ) en MPa pour chacun de ces matériaux sans oublier de prendre en compte le poids propre du poteau.  
DR1

Question 2.4 | Avec un coefficient de sécurité de 2 et en utilisant les données du tableau du document réponses DR1, **vérifier** la performance des matériaux en termes de résistance mécanique.  
DR1  
**Expliquer** pourquoi la résistance mécanique n'est pas le seul critère de choix d'un matériau pour un poteau.

Le document réponses DR1 présente également des caractéristiques autres que mécaniques des trois matériaux étudiés.

Question 2.5 | **Classer** sur le document réponses DR2, les matériaux étudiés en fonction des critères établis dans l'étude précédente.  
DR1  
DR2

Question 2.6 | **Justifier** le choix du matériau du poteau retenu par le bureau d'étude en vérifiant qu'il s'agit du meilleur compromis en termes de masse, de performances mécaniques et de bilan carbone.  
DR2

### Partie 3 : comment assurer efficacement le renouvellement d'air dans le bâtiment « CIME » ?

---

**Objectif** : vérifier si la centrale de traitement de l'air (CTA) est adaptée au bâtiment « CIME ».

#### Les menaces potentielles pour la santé dans les salles multisports

Plus l'exercice est intense, plus il y a besoin d'air pour respirer. Comme le montrent certaines études, plus il y a de monde, plus les niveaux de pollution de l'air augmentent. Les sources de cette mauvaise qualité de l'air intérieur peuvent être diverses : les occupants, les produits chimiques utilisés par les agents de nettoyage, les matériaux de construction ou encore lors d'une défaillance du système de chauffage, de ventilation et de filtration de l'air.

Dans les salles d'escalade, les grimpeurs respirent un air contenant des particules fines, principalement constituées de magnésie. Pendant les heures de pointe, la concentration totale de particules mesurée dans la salle d'escalade atteint des niveaux de pollution par la poussière similaires à ceux observés dans des locaux industriels.

Le choix pour le renouvellement de l'air s'est porté sur une solution centrale de traitement d'air (CTA) réversible, englobant la ventilation, le chauffage, et le rafraîchissement.

On rappelle que la salle multisports est équipée de tribunes pouvant accueillir jusqu'à 500 personnes. Pour des événements internationaux dans le domaine de l'escalade, la capacité d'accueil des spectateurs est complétée par des installations de sièges sur l'aire d'évolution multisports, portant ainsi le nombre de places assises à 3000.

Question 3.1 | Sur le document réponses DR3, **calculer** le volume d'air neuf nécessaire dans les différents cas d'utilisation de la salle multisports et **indiquer** le volume d'air renouvelé retenu.

DT3  
DR3

La solution technique retenue devra minimiser l'utilisation de caissons de filtration tout en assurant le renouvellement d'air de  $60\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ , pour compenser les pertes de charge.

Question 3.2 | **Déterminer** la référence du modèle des caissons de filtration afin d'en minimiser le nombre. **Indiquer** le nombre de caissons installés.

DT4

Une vitesse de circulation d'air trop élevée dans les conduits de ventilation peut entraîner une nuisance sonore perturbante pour les spectateurs, mais surtout pour les sportifs à déficience visuelle.

Les conduits de ventilation et les caissons de filtration choisis ont pour dimensions internes en millimètre :  $2550 \times 935$  (L x H).

Question 3.3 | **Calculer** la vitesse du fluide dans un caisson. **Justifier** si l'équipement est susceptible de perturber les rencontres sportives.

DT5

La magnésie est de l'oxyde (ou hydroxyde) de magnésium. La magnésie se présente sous la forme d'une poudre blanche que l'on obtient par calcination de magnésium. Cet élément chimique est utilisé par les sportifs pour augmenter l'adhérence de leurs mains. Les particules typiques de magnésie, comme on les trouve dans la poussière des salles d'escalade, ont une dimension inférieure à 10 micromètres. Le filtre ne doit pas entraîner une perte de charge supérieure à 100 Pa.

Question 3.4 | **Choisir et justifier** la référence du filtre à utiliser.

DT6

Question 3.5 | **Conclure** sur les solutions retenues pour le traitement de l'air.

## Partie 4 : comment matérialiser sur l'aire multisports du bâtiment « CIME » un marquage au sol adapté au handisport ?

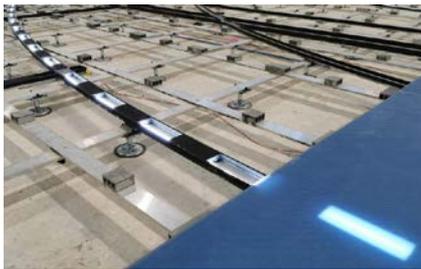
**Objectif :** quantifier les différents éléments équipant le plancher lumineux puis analyser la chaîne d'acquisition et de traitement de l'information relative au pilotage du marquage au sol.

La grande majorité des salles de sport polyvalentes offre une multitude de marquages au sol afin de pouvoir accueillir des matchs de basket, d'handball, de volley-ball, de badminton, de foot en salle, etc. Des lignes droites, courbes, des couleurs diverses et variées, tout cela peut vite amener un peu de confusion chez les sportifs, mais également chez les spectateurs.

Des rubans de diodes électroluminescentes (DEL ou LED en anglais) encastrés dans le plancher permettent d'afficher le marquage au sol et de le changer sur demande pour l'adapter au sport pratiqué.

La modification des tracés est pilotable depuis une interface homme / machine. Cette technologie offre l'avantage de n'afficher qu'un seul marquage à la fois tout en restant polyvalente.

La surface du plancher laisse passer la lumière des DELs sans éblouir les sportifs.



Source : <https://www.realsport.ch>



Source : <https://asbsquash.com>

Les longueurs des rubans DEL pour le balisage lumineux des aires de jeux handisport sont données ci-dessous.

### Aires de jeux handisport :

- foot fauteuil électrique : 156 m de rubans DEL ;
- basket fauteuil : 258 m de rubans DEL ;
- hand fauteuil : 217 m de rubans DEL ;
- tennis fauteuil : 147 m de rubans DEL.

Question 4.1 | **Préciser** l'intérêt de matérialiser un marquage lumineux au sol sur l'aire multisports du bâtiment « CIME ».

Question 4.2 | Sur le document réponses DR4, **calculer** :

DT7, DT8  
DR4

- le nombre de DELs ainsi que le nombre rubans DEL nécessaires au balisage lumineux de chaque aire de jeux handisport ;
- la puissance électrique consommée par les rubans DEL de chaque aire de jeux handisport ( $P_{\text{FOOT}}$ ,  $P_{\text{BASKET}}$ ,  $P_{\text{HAND}}$  et  $P_{\text{TENNIS}}$ ) ;
- le nombre de blocs alimentations 24 V / 400 W (puissance maximale disponible auprès du constructeur) nécessaires au balisage lumineux de chaque aire de jeux handisport.

Question 4.3 | **Déterminer** la valeur de la tension ( $V_{\text{Stop}}$ ) et du niveau logique ( $NL_{\text{Stop}}$ ) en sortie du bouton poussoir « Stop » lorsque que celui-ci est relâché ou appuyé.

DT9, DT10

Remarque :

- un niveau logique 0 correspond à une tension de 0 V;
- un niveau logique 1 correspond à une tension de 5 V.

Question 4.4 | **Compléter** sur le document réponses DR5, les deux algorigrammes de programmation du plancher lumineux.

DT11

DR5

Question 4.5 | Pour conclure :

- **proposer** un paramètre sur lequel il serait possible d'agir afin de diminuer le nombre de blocs alimentations.
- le pilotage de la modification des tracés se fait actuellement, par un pupitre équipé de boutons poussoirs. **Proposer** une technologie plus innovante pour l'interface homme/machine permettant de piloter le plancher lumineux du bâtiment « CIME ».

## **Partie 5 : comment le réseau informatique contribue au fonctionnement des différents systèmes pluri technologiques du bâtiment « CIME » ?**

**Objectif :** vérifier que les différents équipements techniques du bâtiment « CIME » sont capables de communiquer entre eux.

Le schéma du réseau informatique est donné sur le document technique DT12. Les automates du sous-réseau gestion des équipements d'automatisation communiquent sur le réseau via le protocole Modbus TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol). Le protocole Modbus TCP/IP est destiné à la supervision et au contrôle des équipements d'automatisation. Il combine un réseau physique (Ethernet) avec une norme de réseau (TCP/IP) et une méthode de représentation des données (Modbus).

Sous-réseau « gestion des équipements d'automatisation »

L'adresse IP du sous-réseau gestion des équipements d'automatisation est : 172.16.3.0

Le masque de sous-réseau est : 255.255.255.0

Question 5.1 | Pour chaque matériel connecté à ce sous-réseau, **proposer** une adresse IP afin que les équipements cités ci-dessous puissent communiquer entre eux :

DT12

- automate dédié au traitement de l'air ;
- automate dédié au chauffage ;
- automate dédié au plancher lumineux ;
- automate dédié à l'éclairage ;
- automate dédié au contrôle d'accès au site ;
- console de supervision des automates.

Question 5.2 | **Déterminer** en justifiant votre réponse, le nombre d'adresses IP restant disponibles pour le sous-réseau gestion des équipements d'automatisation.  
DT12

Sous-réseau « sécurité »

Le masque de sous-réseau est : 255.255.255.0

Question 5.3 | **Déterminer** l'adresse IP du sous-réseau sécurité ainsi que son adresse IP de diffusion (broadcast : message transmis à tous les participants d'un réseau ne nécessitant pas de réponse).  
DT12

Sous-réseau « ordinateurs + imprimante »

L'adresse IP du sous-réseau ordinateurs + imprimante est : 172.16.1.0

Le masque de sous-réseau est : 255.255.255.0

Suite à un problème technique, il n'est plus possible d'imprimer des documents. Un technicien a réalisé une commande « ping » sur ce sous-réseau entre son ordinateur portable connecté en Wi-Fi (protocole de communication sans fil régi par les normes du groupe IEEE 802.11) et l'imprimante afin de vérifier le bon fonctionnement de la connectique du sous-réseau.

La commande « ping » permet de tester la présence d'un hôte distant via une trame de type ICMP. Le protocole ICMP (Internet Control Message Protocol) est très utile sur les réseaux IP. En cas de problème d'émission d'un paquet, il est capable d'informer l'émetteur du paquet d'une erreur de transmission.

Question 5.4 | **Relever** pour l'ordinateur du technicien :  
DT12, DT13

- son adresse MAC (Media Access Control) en hexadécimal ;
- son adresse IP en hexadécimal et la convertir en décimal.

L'administrateur du réseau missionne un technicien afin qu'il expertise le fonctionnement du réseau informatique.

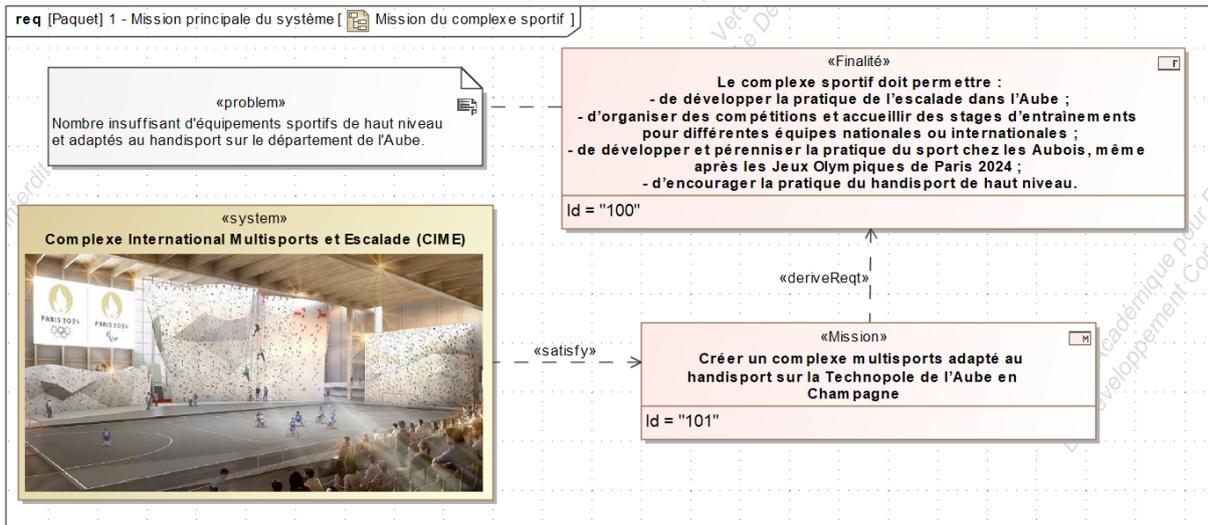
Le rapport d'expertise comporte les éléments suivants :

- tous les équipements informatiques sont sur le même segment Ethernet. Celui-ci ne comporte aucun routeur. Aucun équipement informatique n'est configuré pour remplir cette fonction ;
- le relevé des configurations IP est le suivant :
  - sous-réseau « ordinateurs + imprimante » : 172.16.1.0 /24
  - sous-réseau « sécurité » : 172.16.2.0 /24
  - sous-réseau « gestion des équipements d'automatisation » : 172.16.3.0 /24

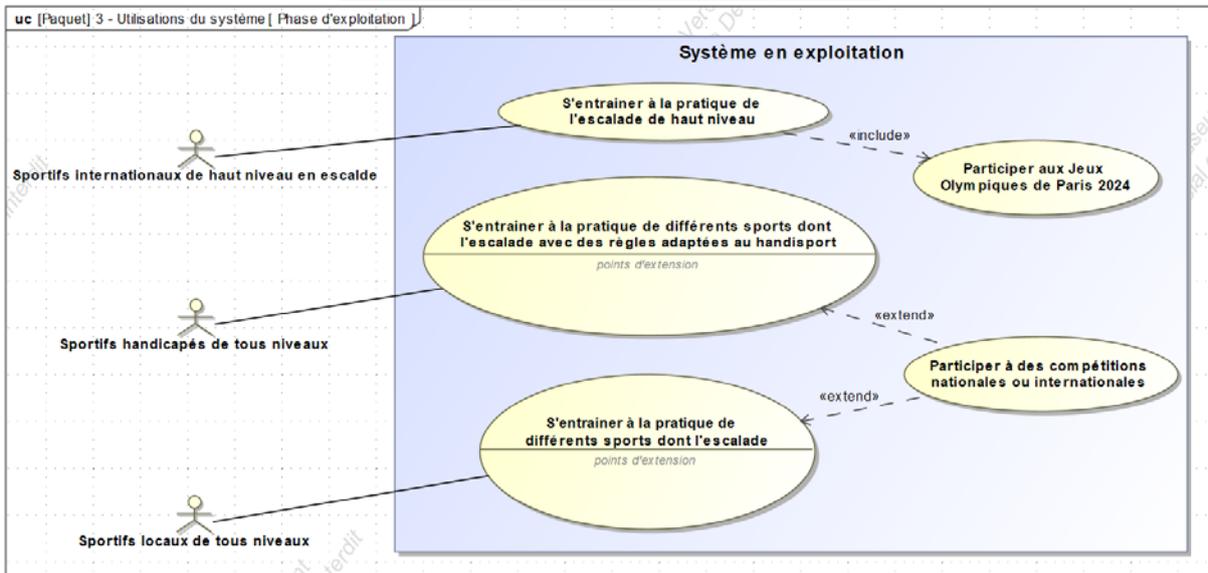
Question 5.5 | Pour conclure, **compléter** le document réponses DR6 en inscrivant dans chaque cellule « OUI » lorsque la communication est possible entre les équipements et « NON » dans le cas contraire.  
DT12  
DR6

# DT1 – Diagrammes SysML du complexe sportif « CIME »

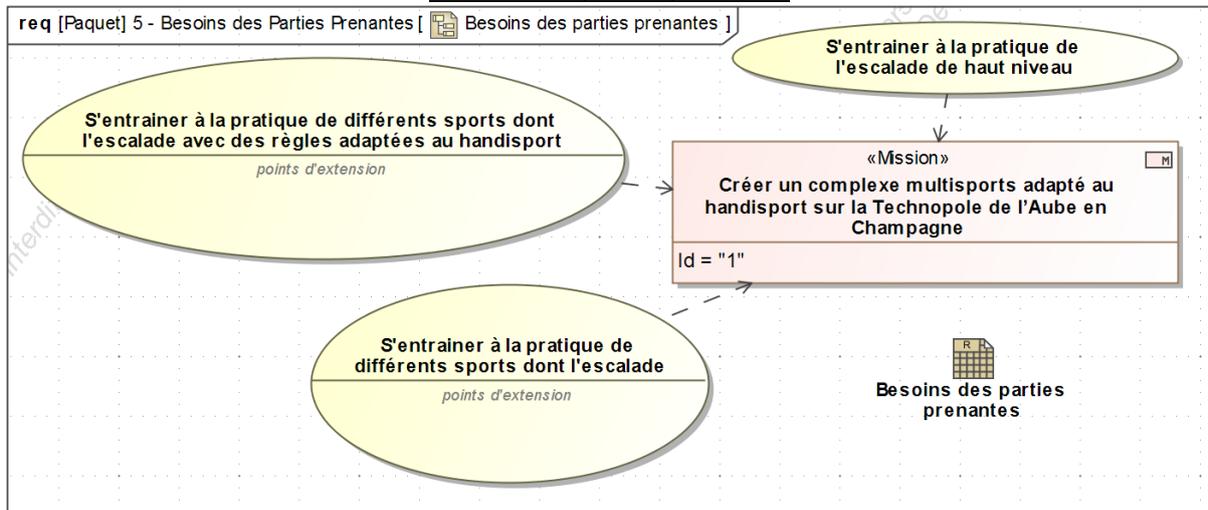
## Mission principale du système



## Utilisation du système en phase d'exploitation



## Besoins des parties prenantes



## DT2 – Comparatif entre le bois massif et le bois lamellé collé

Matériau	Bois massif (Pin)	Bois lamellé collé (Pin)
Longueur maximale du poteau (m)	7	45
Limite élastique (MPa)	30	32
Masse volumique (kg·m <sup>-3</sup> )	550	430
Prix au mètre linéaire (€)	Entre 30 et 50	Entre 40 et 90

## DT3 – Prescriptions minimales d'air neuf et participants lors de rencontres sportives

### Renouvellement d'air en fonction des locaux

Type de locaux	Valeur donnée en m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> par occupant
Locaux de réunion	
Salle de réunion, de spectacle, de culte, clubs, foyers ...	18
Locaux de vente	
Boutiques, supermarchés ...	22
Locaux de restauration	
Cafés, bars, restaurants, cantines, salles à manger ...	22
Locaux à usage sportif	
Par sportif :	
- dans une piscine	22
- dans les autres locaux	25
Par spectateur :	18

### Nombres de joueurs participants aux épreuves sportives

Disciplines sportives classiques			Disciplines sportives handisports		
	Nombre de joueurs	Nombre de remplaçants		Nombre de joueurs	Nombre de remplaçants
Handball	7	7	Hand fauteuil	5	9
Futsal	5	10	Foot fauteuil	4	2
Basket	5	12	Baskets fauteuil	5	12
Tennis	2 ou 4	X	Tennis fauteuil	2 ou 4	X

## DT4 – Caisson de filtration industriel – Type SIE

	Modèle	Débit (m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )	Dimensions L x H x P (mm)	Puissance (W)
	SIE <sub>2</sub>	2 000	500 x 480 x 605	80
	SIE <sub>4</sub>	4 000	500 x 940 x 605	160
	SIE <sub>6</sub>	6 000	1 533 x 480 x 605	240
	SIE <sub>8</sub>	8 000	1 016 x 940 x 605	320
	SIE <sub>12</sub>	12 000	1 533 x 940 x 605	480
	SIE <sub>16</sub>	16 000	2 050 x 940 x 605	640
	SIE <sub>20</sub>	20 000	2 556 x 940 x 605	800

## DT5 – Vitesse maximale d'air dans les conduites en fonction des locaux

$$q_v = S \times v$$

$q_v$  : débit volumique en m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>

S : aire de la section du passage du fluide en m<sup>2</sup>

v : vitesse du fluide en m.s<sup>-1</sup>

Locaux	Restaurants	Bureaux	Écoles	Salle de sport	Bâtiments publics	Résidences
v (m.s <sup>-1</sup> )	4	4	4,5	4	4,5	4
La vitesse de l'air est limitée à 6 m.s <sup>-1</sup> pour les conduits horizontaux et à 5 m.s <sup>-1</sup> pour les conduits verticaux.						

## DT6 – Filtres pour caisson de traitement d'air

---

Les particules en suspension (notées PM en anglais pour Particulate Matter) incluent les matières microscopiques en suspension dans l'air ou dans l'eau. Les particules en suspension dans l'air se nomment aérosol.

Les filtres **PM10** filtrent les particules de diamètre supérieur à 10  $\mu\text{m}$ .

Les filtres **PM2,5** filtrent les particules de diamètre supérieur à 2,5  $\mu\text{m}$ .

Les filtres **PM1** filtrent les particules de diamètre supérieur à 1  $\mu\text{m}$ .



Réf.	Classe ISO 16890	Largeur (mm)	Hauteur (mm)	Profondeur (mm)	Débit ( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ )	Perte de charge initiale (Pa)
A5	PM10	2550	935	600	22500	50
B5	PM10	1250	935	600	11000	50
A7	PM2,5	2550	935	600	22500	85
B7	PM2,5	1250	935	600	11000	85
UF7	PM1	2550	935	600	22500	120
UG7	PM1	1250	935	600	11000	120

## DT7 – Rubans DEL COB (Chip-On-Board)

Ruban DEL COB lumière continue – 8 W·m<sup>-1</sup> - IP65 - Blanc pur - 320 LED·m<sup>-1</sup> – 5 m – 24 V



Le ruban DEL blanc IP65 COB 8 W·m<sup>-1</sup> donne une intensité lumineuse légère. Il est préconisé pour marquer les contours d'une surface ou mettre en valeur une zone par exemple.

L'alimentation 24 V est choisie en fonction de la longueur de ruban DEL installée.

Le ruban DEL est découpable tous les 5 cm et est pré-câblé à chaque extrémité par 30 cm de câble.



### Caractéristiques

Puissance (en Watts)	8 W/mètre
Indice de Protection	IP65
Angle de diffusion (en degré)	180°
Dimmable (variation de la lumière)	Dimmable
Alimentation électrique	24V
Intensité lumineuse max	860 lumens
Température de lumière / long. d'onde	6000K (Blanc pur) / 4000K (Blanc Lumière du jour) / 2800K (Blanc chaud)
Fabricant de la LED	Epistar
Type de LED	COB
Durée de vie des LED (en heures)	50000 h
Indice de rendu des couleurs (IRC)	90
Couleur du ruban	Blanc
Matière / Finition	Cuivre class 6, Circuit imprimé double couche 70 µm
Longueur (en mm)	5000 mm
Largeur (en mm)	8 mm
Épaisseur (en mm)	3 mm
Poids net (en kg)	0.100 kg
Découpable tous les (en cm)	5 cm
Type de fixation	Adhésif double face
Largeur de ruban (en mm)	8,5 (8 mm + protection)
Conformité	CE-RoHS
Garantie	5 ans

## DT8 – Alimentation 24 V DC (Direct Current) pour rubans DEL

Alimentation 24 V compacte – 400 W - IP67



### Caractéristiques

Alimentations 24 V étanche (IP67) et munie de 15 cm de câble.

Primaire : 230 V AC 50/60 Hz

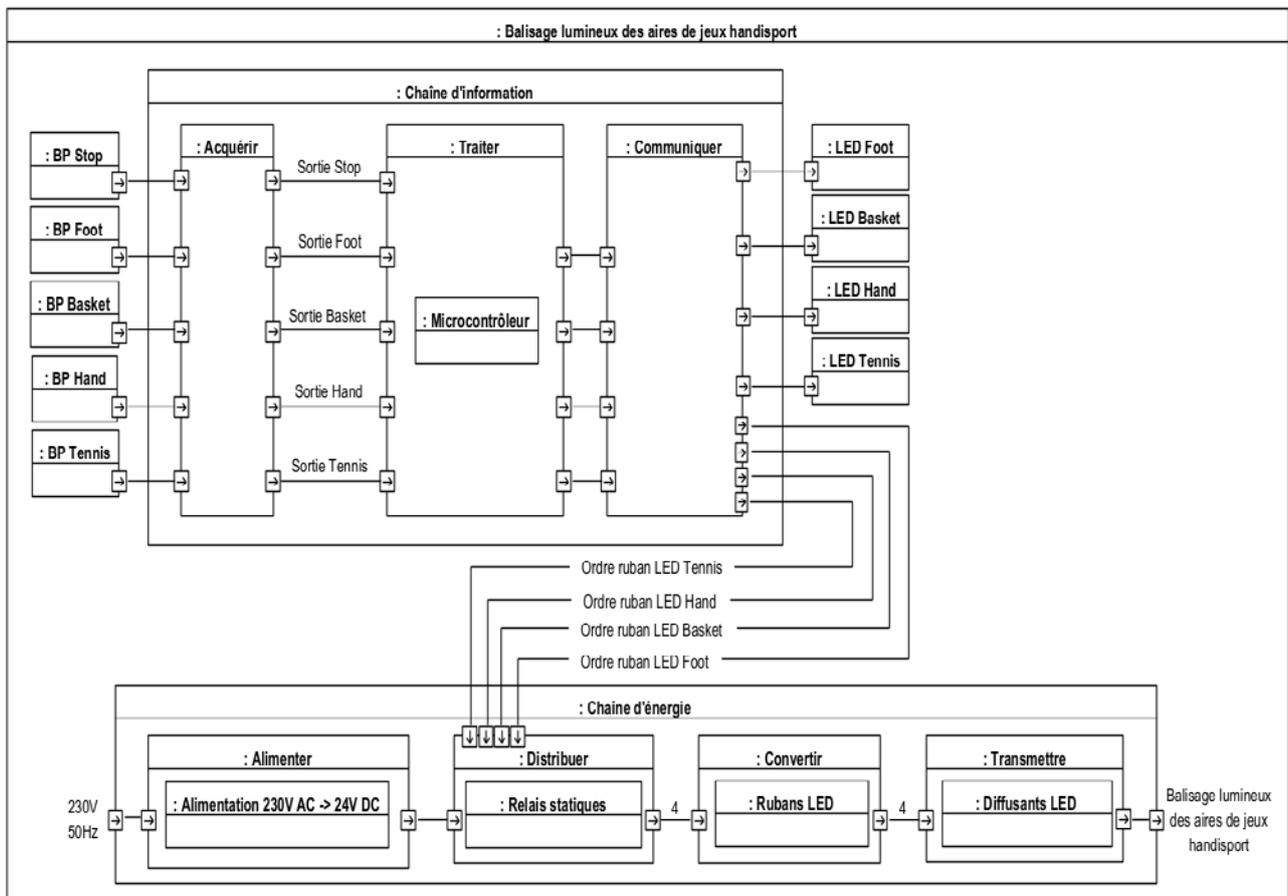
Secondaire : 24 V DC

Puissance : 400 W

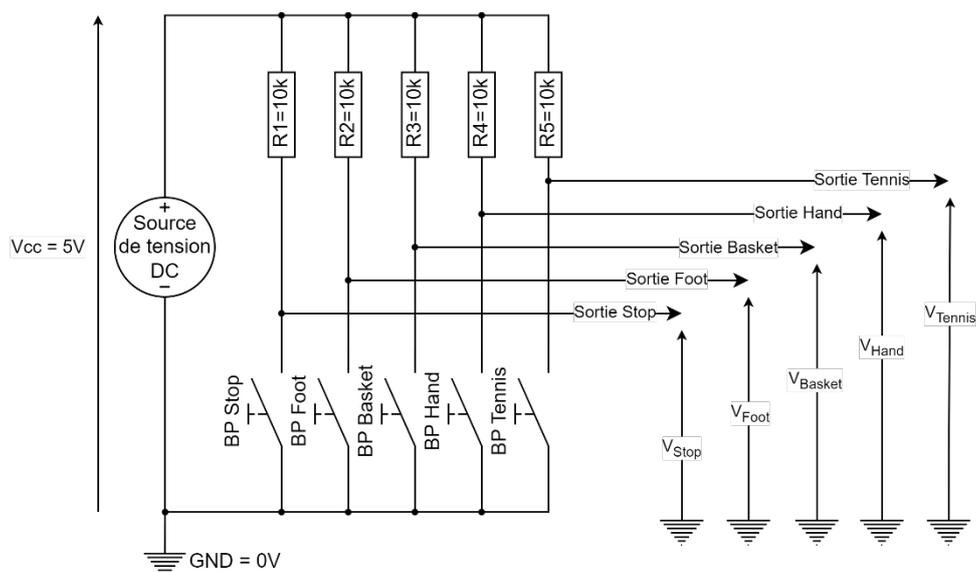
Intensité maximale du courant au primaire : 3,5 A

Intensité maximale du courant au secondaire : 16,5 A

## DT9 – Diagramme de blocs internes du plancher lumineux



## DT10 – Schéma structurel de la fonction acquérir, du plancher lumineux



## DT11 – Algorithmes de programmation du plancher lumineux

---

DEBUT PROGRAMME PRINCIPAL

Éteindre les rubans DEL de toutes les aires de jeux handisport ;

X = 0 ; # Affecter la valeur 0 à la variable temporaire X

Autoriser les interruptions externes ; # Autoriser l'exécution du programme d'interruption lors de l'appui sur le BP Stop

TANT QUE ( 1 ) FAIRE

TANT QUE ( X = 0 ) FAIRE

SI ( BP Foot appuyé ) ALORS

Allumer la DEL Foot ;

Allumer les rubans DEL de l'aire de jeux foot fauteuil ;

X = 1 ;

SINON

SI ( BP Basket appuyé ) ALORS

Allumer la DEL Basket ;

Allumer les rubans DEL de l'aire de jeux basket fauteuil ;

X = 1 ;

SINON

SI ( BP Hand appuyé ) ALORS

Allumer la DEL Hand ;

Allumer les rubans DEL de l'aire de jeux hand fauteuil ;

X = 1 ;

SINON

SI ( BP Tennis appuyé ) ALORS

Allumer la DEL Tennis ;

Allumer les rubans DEL de l'aire de jeux tennis fauteuil ;

X = 1 ; # Affecter la valeur 1 à la variable temporaire X

FINSI

FINSI

FINSI

FINSI

FINTQ

FINTQ

FIN PROGRAMME PRINCIPAL

DEBUT PROGRAMME INTERRUPTION

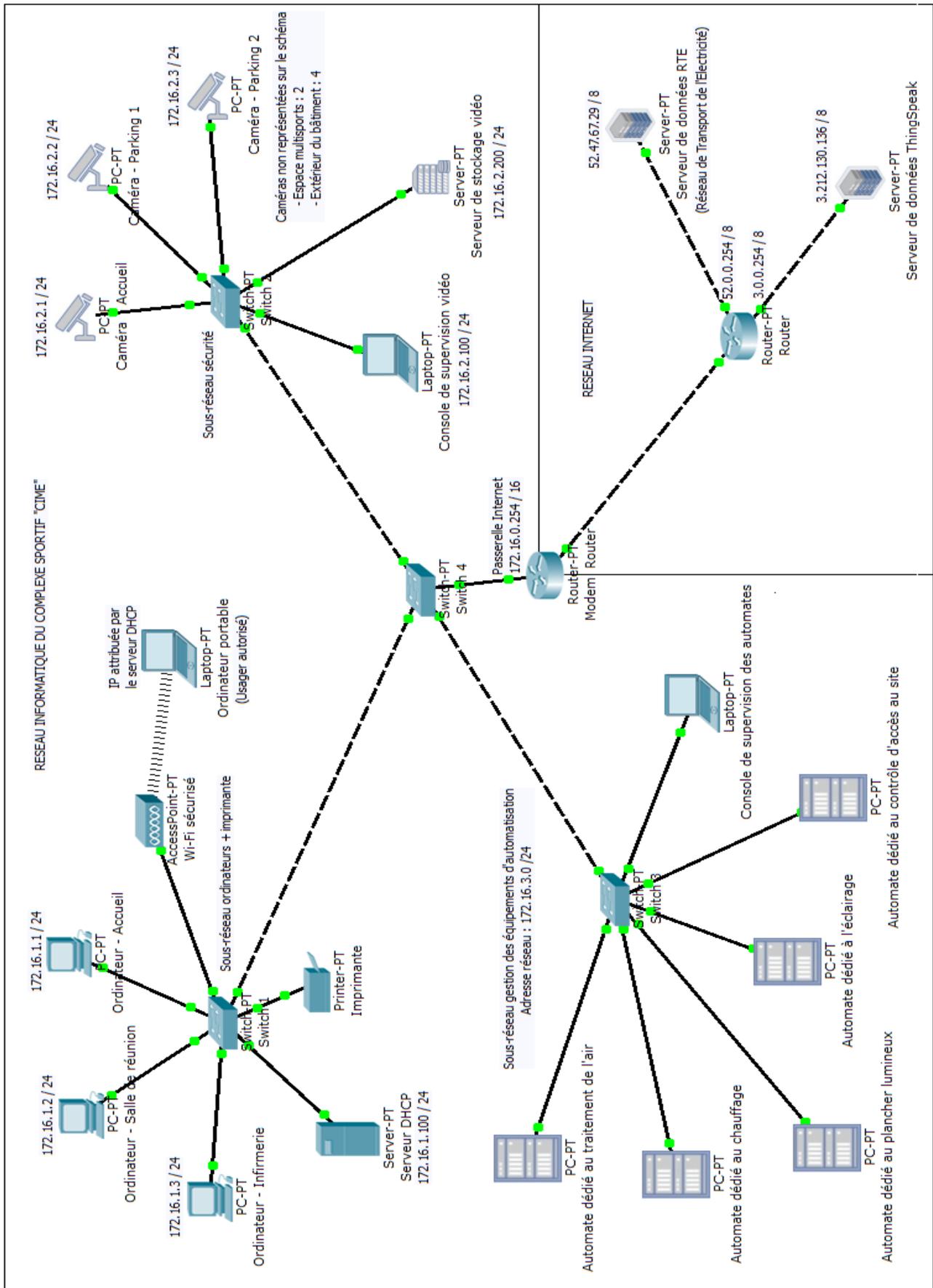
Éteindre toutes les DELs ;

Éteindre les rubans DEL de toutes les aires de jeux handisport ;

X = 0 ; # Affecter la valeur 0 à la variable temporaire X

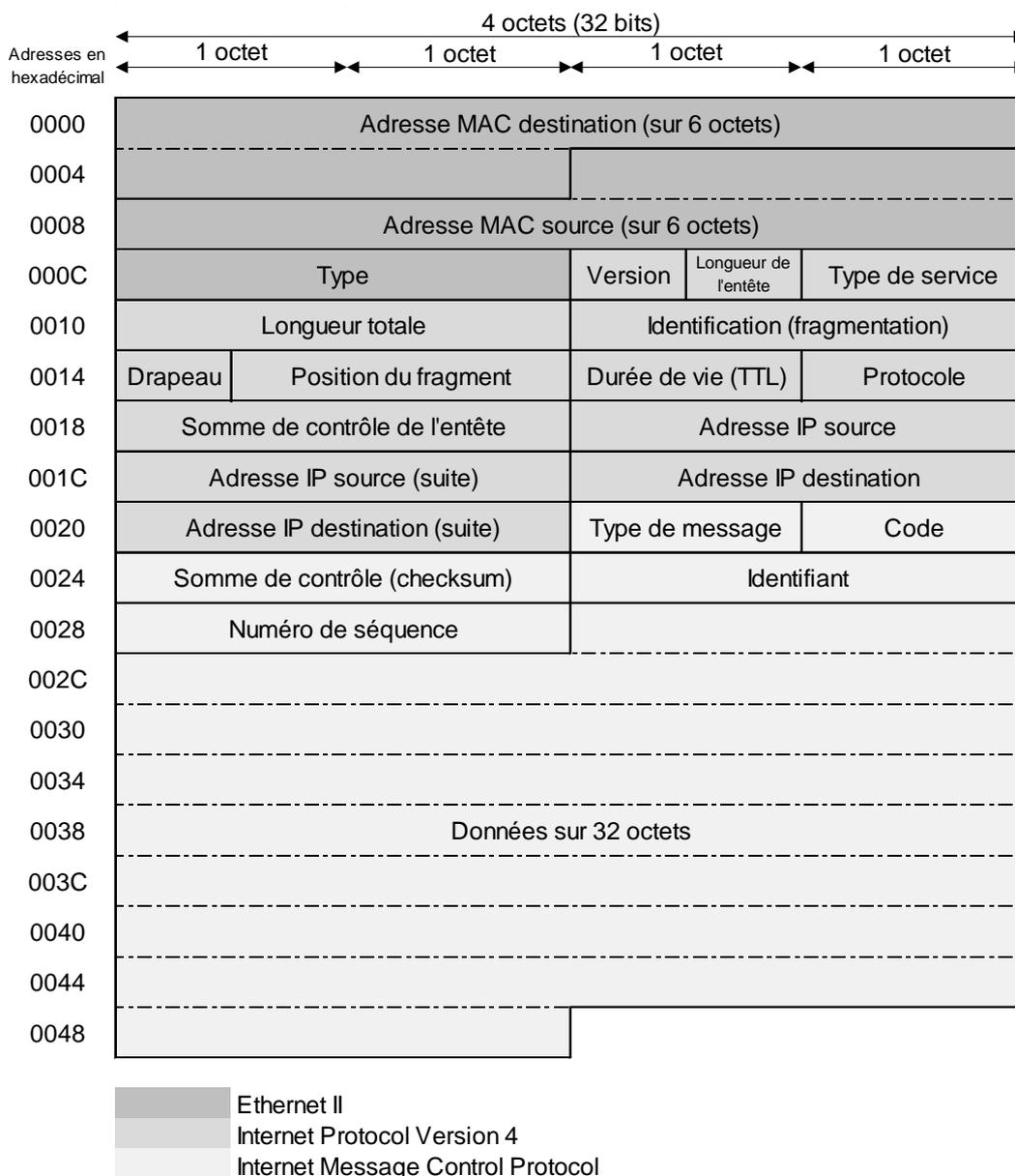
FIN PROGRAMME INTERRUPTION

# DT12 – Schéma du réseau informatique du complexe sportif « CIME »



## DT13 – Trame Ethernet / IP / ICMP d'une commande ping

### Synoptique de la trame Ethernet / IP / ICMP



### Capture de la trame réalisée à l'aide du logiciel « Wireshark » avec le filtre ICMP

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0000	34	64	a9	2a	36	be	54	bf	64	87	72	97	08	00	45	00
0010	00	3c	91	31	00	00	80	01	00	00	ac	10	01	0a	ac	10
0020	01	c8	08	00	4d	52	00	01	00	09	61	62	63	64	65	66
0030	67	68	69	6a	6b	6c	6d	6e	6f	70	71	72	73	74	75	76
0040	77	61	62	63	64	65	66	67	68	69						

Les valeurs sont exprimées en hexadécimal

**PAGE BLANCHE LAISSÉE INTENTIONNELLEMENT.**

**NE RIEN ÉCRIRE DESSUS**

## DR1 – Tableau des caractéristiques liées à l'étude du béton armé, de l'acier de construction et du bois lamellé collé

On rappelle pour la question 2.4 que le coefficient de sécurité est de 2.

Poteau	Masse volumique (kg·m <sup>-3</sup> )	Section (mm <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Masse (kg)	Contrainte de l'étude (MPa)	Limite élastique (MPa)	Bilan carbone (kg eq. CO <sub>2</sub> par tonne)
Bois lamellé collé (section rectangulaire)	430	120000				32	- 47,2
Acier de construction (Section HEA)	7850	8000				295	+ 2211
Béton Armé Ultra Haute Performance (Section rectangulaire)	2500	160000				60	+ 159

## DR2 – Tableau de choix du matériau pour le poteau

Matériau	Critères de choix			
	Masse	Performances mécaniques	Bilan carbone	Total
Bois lamellé collé (section rectangulaire)				
Acier de construction (section HEA)				
Béton Armé Ultra Haute Performance (section rectangulaire)				

Classer les matériaux selon chaque critère en attribuant un certain nombre de points :

- 3 points pour le plus performant ;
- 2 points pour une performance moyenne ;
- 1 point pour le moins performant.



### DR3 – Calcul du renouvellement d'air

Type de sport	Nombre de joueurs et de remplaçants	Volume d'air renouvelé par joueur	Volume d'air total renouvelé pour l'ensemble des joueurs	Nombre de spectateurs	Volume d'air renouvelé par spectateur	Volume d'air renouvelé pour l'ensemble des spectateurs	Volume d'air renouvelé total
		$m^3.h^{-1}$	$m^3.h^{-1}$		$m^3.h^{-1}$	$m^3.h^{-1}$	$m^3.h^{-1}$
Tennis	2 ou 4	25	100	500	18	9000	9100
Basket				500			
Handball				500			
Escalade	4			3000			
Le volume d'air renouvelé retenu sera de : _____ $m^3.h^{-1}$							

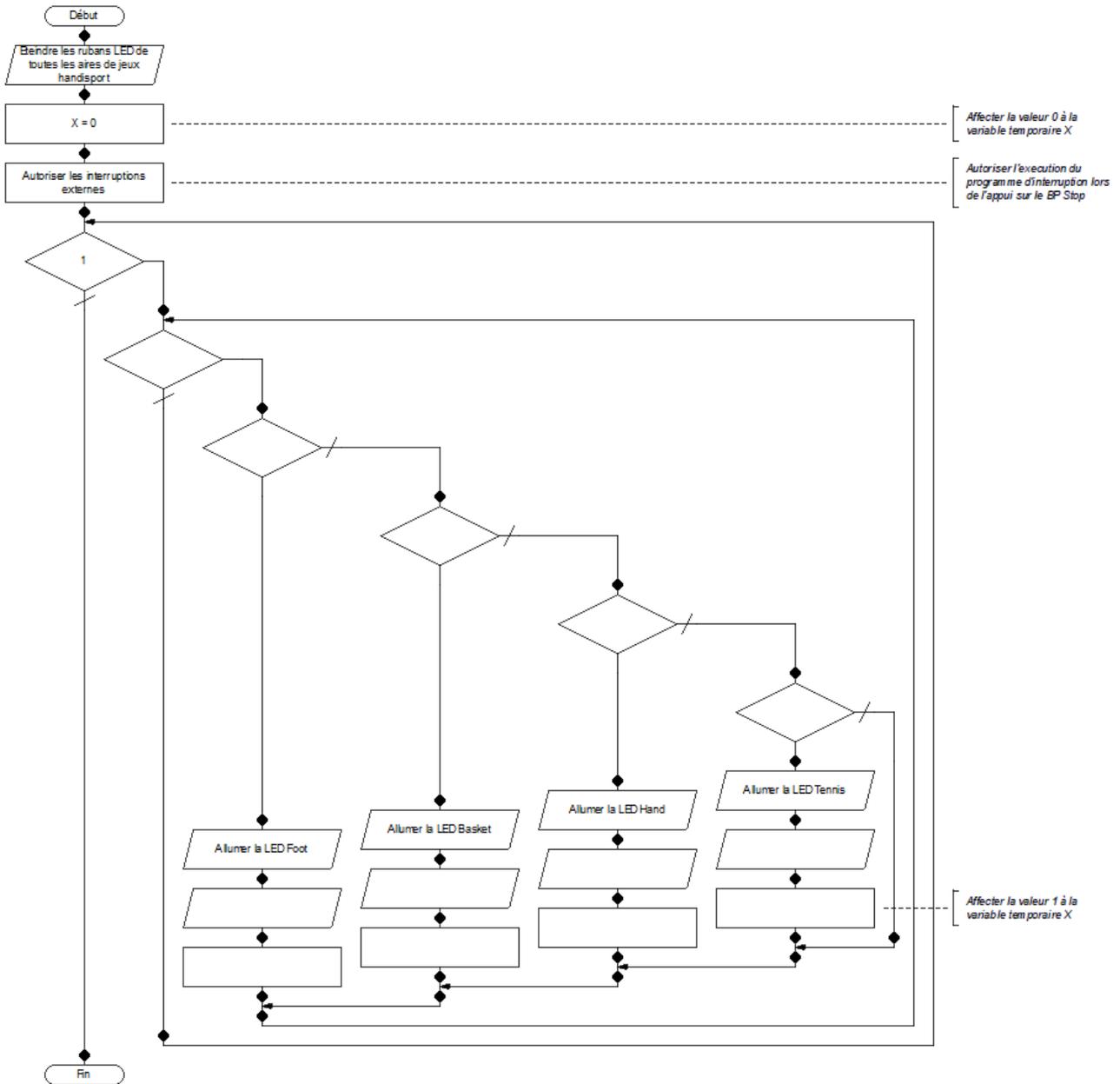
### DR4 – Étude du marquage lumineux au sol

Type de sport	Nombre de DELs	Nombre de ruban DEL	Puissance électrique	Nombre de blocs alimentation
Foot fauteuil				
Basket fauteuil				
Hand fauteuil				
Tennis fauteuil				



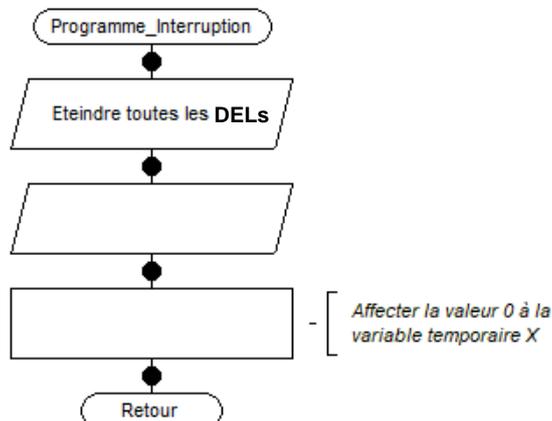
# DR5 – Algorithmes de programmation du plancher lumineux

## Programme principal



## Programme d'interruption

Lorsque le bouton poussoir nommé « BP Stop » est appuyé, le programme d'interruption s'exécute. Lorsque le programme d'interruption est terminé, le programme principal reprend son exécution.





## DR6 – Matrice de communication du réseau informatique local

---

MATRICE DE COMMUNICATION	Ordinateur - Accueil	Console de supervision vidéo	Console de supervision des automates
Imprimante			
Serveur de stockage vidéo			
Automate dédié à l'éclairage			

Compléter par OUI quand la communication est possible et par NON dans le cas contraire



**PARTIE SPÉCIFIQUE (8 points)**

**ARCHITECTURE & CONSTRUCTION**

**C.I.M.E.**

**Complexe International Multisport et Escalade**



- **Présentation de l'étude et questionnaire**..... pages 27 à 30
- **Documents techniques**..... pages 31 à 33
- **Documents réponses** ..... pages 34 à 36

## Mise en situation

Le complexe multisport « CIME » est situé sur la commune de Troyes (10). Il est composé de plusieurs espaces :

- une grande salle multisport comprenant une partie escalade avec deux murs disposés en L, ainsi qu'une aire d'évolution multisport d'une superficie de 44m x 24m (1056 m<sup>2</sup>) pour la pratique multisport, dédiée particulièrement au handisport ;
- des tribunes pour 500 personnes ;
- des vestiaires, avec sanitaires et douches, aux normes PMR (Personnes à Mobilités Réduites), pour les athlètes et les arbitres ;
- d'autres espaces administratifs et techniques pour permettre le bon fonctionnement de la structure.

Ce sujet explore divers aspects liés à la phase de validation de la conformité du bâtiment.

## Partie A : quels matériaux choisir pour respecter la Réglementation Environnementale (RE 2020) ?

---

**Objectif** : mener une étude permettant d'optimiser le choix d'un matériau au regard de la Réglementation Environnementale 2020 (RE 2020).

La Réglementation Environnementale 2020 (RE 2020) impose d'atteindre certains critères de performances énergétiques auxquels les bureaux d'études doivent répondre pour satisfaire à la norme.

Une simulation pour vérifier la conformité de la RE 2020 a été réalisée sur le bâtiment. Elle a permis de déterminer une valeur pour la résistance thermique minimale des parois murales et planchers bas de  $R_{\min \text{ murs/pl bas}} = 6,66 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$  ainsi que pour les planchers hauts de  $R_{\min \text{ pl haut}} = 10,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ .

La réglementation impose la limitation de l'impact carbone sur le cycle de vie des matériaux en définissant un indice carbone  $I_{\text{construction}}$  (en kg eq. CO<sub>2</sub>·m<sup>-2</sup>).

Question A.1 | À l'aide du DTS1, **calculer** la valeur des résistances thermiques des composants de la paroi sur le DRS1.

DTS1

DRS1

Question A.2 | **En déduire** la résistance thermique globale de la paroi.

DRS1

Question A.3 | **Vérifier** si cette résistance thermique est en cohérence avec la valeur simulée  $R_{\min \text{ murs/pl bas}} = 6,66 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ .

**Proposer** plusieurs solutions permettant de respecter ce critère.

L'une des solutions étudiées est d'augmenter l'épaisseur de l'isolant (ici la laine de roche). On prendra une résistance thermique de la paroi murale,  $R_{\text{paroi murale}} = 5,62 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$  pour la suite.

Question A.4 | **Calculer** l'épaisseur minimale de l'isolant en laine de roche afin d'obtenir une résistance thermique au moins égale à la valeur simulée  
DTS1 |  $R_{\text{min murs/pl bas}} = 6,66 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ .

Nous souhaitons maintenant comparer les isolants afin de vérifier si la laine de roche est le meilleur compromis pour répondre aux critères d'écoconception de l'ouvrage. L'objectif est de diminuer l'impact carbone des matériaux du bâtiment « CIME ».

Le DTS2 présente les critères de validité de la RE 2020.

Question A.5 | À la lecture du DTS2, **préciser** les éléments caractérisant l' $I_{\text{cconstruction}}$ .  
DTS2

Dans un souci de dimensionnement de la paroi, l'isolant ne doit pas dépasser les 250 mm d'épaisseur.

Question A.6 | **Relever** sur le DTS3, la valeur de l'impact carbone en kg eq.  $\text{CO}_2 \cdot \text{UF}^{-1}$  de la laine de roche.  
DTS3 | **Justifier** pourquoi la laine de roche n'est pas la solution la plus efficace en terme d'abaissement du bilan carbone. **Proposer** une alternative à cet isolant en veillant à choisir un matériau de résistance thermique au moins équivalente.

Question A.7 | **Expliquer** pourquoi l'isolant choisi contribue à la validation de la RE 2020.  
DTS3

## Partie B : comment limiter la condensation dans une paroi ?

**Objectif** : configurer les parois murales pour limiter la condensation liée à la pratique du sport intensif dans le bâtiment « CIME ».

Le bâtiment « CIME » est un lieu de pratique sportive intense de tous niveaux. L'activité sportive des pratiquants entraîne une hyperventilation et une sudation importante au niveau de leur métabolisme.

Ces facteurs entraînent un taux d'humidité relative (HR) assez élevé dans le bâtiment. Il est donc important d'installer une ventilation performante et de concevoir les parois du bâtiment de façon à ce qu'il n'y ait pas de condensation à l'intérieur de l'enceinte sportive.

Il s'agit dans cette partie, de définir des parois murales pour éviter une humidité relative importante du bâtiment « CIME ». La réglementation impose une humidité relative maximale de 50% dans une enceinte sportive.

Question B.1 | **Identifier** les dommages que peut occasionner une humidité relative trop importante sur les personnes et sur les ouvrages.

Le document DRS2 présente le diagramme air/humide pour une pression atmosphérique moyenne dans la ville de Troyes (10) et à une altitude de 100m (altitude du bâtiment « CIME »).

Question B.2 | Pour un taux d'humidité relative de 50% et la température optimale de la pratique du sport à 18°C, **effectuer** le tracé sur le document DRS2.  
DRS2 | **En déduire** la température du point de rosée.

La température extérieure minimale moyenne dans le département de l'Aube est de 0°C en février. Le DRS4 décrit l'évolution de la température du mur en fonction son épaisseur. On notera que deux couches 110mm de laine de roche ont été installées.

Question B.3 | Selon les conditions décrites ci-dessus, **situer** le point de rosée dans la paroi sur le DRS3 et **indiquer** le matériau concerné.  
DRS3

Question B.4 | **Expliquer** ce qu'il peut se passer si le point de rosée se situe dans l'isolant.  
DTS1 | **Proposer** une solution technique pour protéger la paroi de l'humidité relative intérieure du bâtiment « CIME ».

Question B.5 | À partir du DTS3, **indiquer** le paramètre permettant de limiter au mieux le risque de condensation dans la paroi.  
DTS3 | **Choisir** le matériau isolant en menant une analyse par critère dans l'ordre suivant:  
1 : la résistance thermique ; 2 : le coefficient de diffusion de la vapeur ;  
3 : le bilan carbone.

## Partie C : la réglementation pour l'accessibilité des personnes à mobilité réduite (PMR) est-elle respectée ?

---

**Objectif** : vérifier si les vestiaires répondent aux normes liées aux personnes à mobilité réduite.

Les normes liées aux ERP neufs (Établissements Recevant du Public) et notamment les complexes sportifs, se doivent de répondre aux exigences liées à la mobilité et l'utilisation du bâtiment par les PMR.

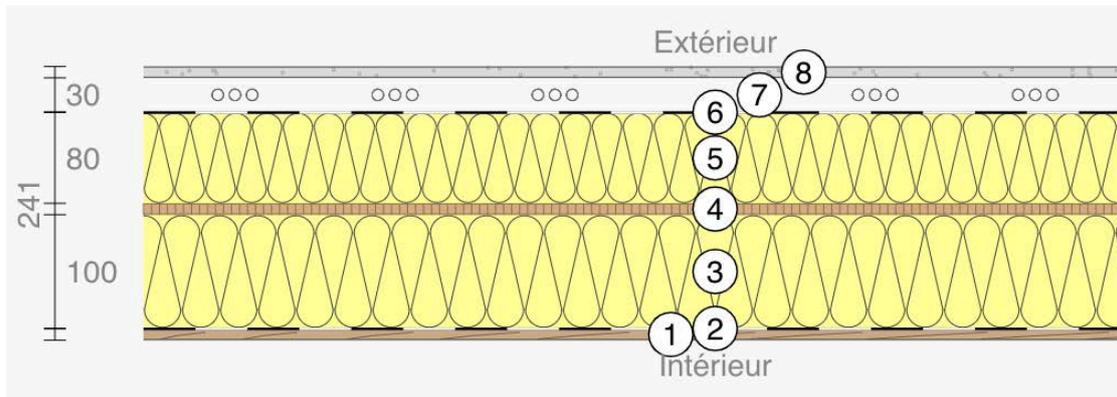
Le complexe « CIME », en plus d'être voué à l'escalade de haut niveau, est un des lieux phares de l'handisport en France. L'aire d'évolution multisport d'une superficie de 44m x 24m (1056 m<sup>2</sup>), est totalement dédiée à sa pratique. Il est donc primordial de dimensionner les vestiaires pour le passage des PMR. Le DTS4 résume les points importants de la réglementation pour les PMR à prendre en compte pour un vestiaire. Le document DRS3 est un des plans qui a été mentionné dans l'étude du projet du bâtiment.

Question C.1 | **Énoncer** deux arguments issus du DTS4, expliquant la non-conformité du vestiaire à la réglementation pour les PMR (voir DRS4).  
DRS4, DTS4

Question C.2 | **Déterminer** l'échelle du plan du DRS4.  
DRS4 | **Déterminer** le nombre de douches réalisables en respect de la réglementation PMR pour le vestiaire, en gardant une longueur de 3m pour l'espace douche.

Question C.3 | **Modifier** le plan sur le document DRS4, pour rendre le vestiaire adapté aux personnes à mobilité réduite.  
DRS4

## DTS1 – Composition de la paroi des murs extérieurs



Description de la composition :

1. Planches de pin ( finition intérieure) :  $\lambda_{pin} = 0,13 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  ;
2. Pare vapeur : épaisseur trop faible pour prendre en compte dans un calcul thermique ;
3. Laine de roche (isolant) :  $\lambda_{LDR} = 0,034 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  ;
4. Plaque d'OSB :  $\lambda_{OSB} = 0,144 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  ;
5. Laine de roche (isolant) :  $\lambda_{LDR} = 0,034 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  ;
6. Pare-pluie : épaisseur trop faible pour prendre en compte dans un calcul thermique ;
7. lame d'air ventilée : à ne pas prendre en compte dans le calcul ;
8. Bardage Aluminium : à ne pas prendre en compte dans le calcul.

	De l'ext. vers l'int.:	<a href="#">inverser</a>	Épaisseur
⋮ 8	Aluminium	▼	10 mm
⋮ 7	Lame d'air ventilée (extérieure)	▼	30 mm
⋮ 6	Pare-pluie sd=0,05m	▼	0,5 mm
⋮ 5	laine de roche	▼	80 mm
⋮ 4	OSB-Platte, OSB/3	▼	10 mm
⋮ 3	laine de roche	▼	100 mm
⋮ 2	Pare vapeur sd=5	▼	0,5 mm
⋮ 1	Pin	▼	10 mm
⋮		▼	mm

## DTS2 – Indices de la Réglementation Environnemental 2020

Paramètres	Indices	Définitions	Critères d'évaluation
Énergie	Bbio (points)	Besoins bioclimatiques	Évaluation des besoins de chaud, de froid (que le bâtiment soit climatisé ou pas) et d'éclairage.
	Cep (kWh <sub>ep</sub> ·m <sup>-2</sup> ·an <sup>-1</sup> )	Consommations d'énergie primaire totale	Évaluation des consommations d'énergie renouvelable et non renouvelable des 5 usages RT 2012 : chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, éclairage, ventilation et auxiliaires  1. éclairage et/ou de ventilation des parkings  2. éclairage des circulations en collectif  3. électricité ascenseurs et/ou escalators
	Cep,nr (kWh <sub>ep</sub> ·m <sup>-2</sup> ·an <sup>-1</sup> )	Consommations d'énergie primaire non renouvelable	
Énergie et carbone	I <sub>Cénergie</sub> (kg eq. CO <sub>2</sub> ·m <sup>-2</sup> )	Impact sur le changement climatique associé aux consommations d'énergie primaire	Introduction de la méthode d'analyse du cycle de vie pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des énergies consommées pendant le fonctionnement du bâtiment, soit 50 ans.
Carbone	I <sub>Cconstruction</sub> (kg eq. CO <sub>2</sub> ·m <sup>-2</sup> )	Impact sur le changement climatique associé aux «composants» + «chantier»	Généralisation de la méthode d'analyse du cycle de vie pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des produits de construction et équipements et leur mise en œuvre : l'impact des contributions «Composants» et «Chantier».
Confort d'été	DH (°C·h)	Degré-heure d'inconfort : niveau d'inconfort perçu par les occupants sur l'ensemble de la saison chaude	Évaluation des écarts entre température du bâtiment et température de confort (température adaptée en fonction des températures des jours précédents, elle varie entre 26 et 28°C).

## DTS3 – Coefficient de diffusion de la vapeur $\mu$

Le coefficient  $\mu$  définit la capacité du matériau à résister à la diffusion de la vapeur. La superstructure à ossature bois oblige à avoir une isolation répartie sur toute l'épaisseur de la paroi murale. Le matériau isolant est donc soumis à l'humidité par l'intérieur (taux élevé d'humidité relative).

Ce critère est donc important pour choisir un isolant.

Matériaux	$\mu$	$\lambda$ (W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> )	Bilan carbone (kg eq. CO2·UF <sup>-1</sup> )
Polystyrène expansé	>200	0,029	22
Polyuréthane	>200	0,021	16
Laine de roche	1	0,034	43
Laine de verre	1	0,032	12
Laine de bois	2	0,038	-4
Laine de chanvre	1	0,038	-1

## DTS4 – Extrait de la réglementation pour les PMR pour un vestiaire

Chaque niveau accessible, lorsque des sanitaires y sont prévus pour le public, doit comporter au moins un sanitaire aménagé pour les personnes handicapées. Si vous possédez des sanitaires séparées pour chaque sexe, un WC accessible doit être aménagé pour chaque sexe.

Le cabinet d'aisance aménagé devra comporter :

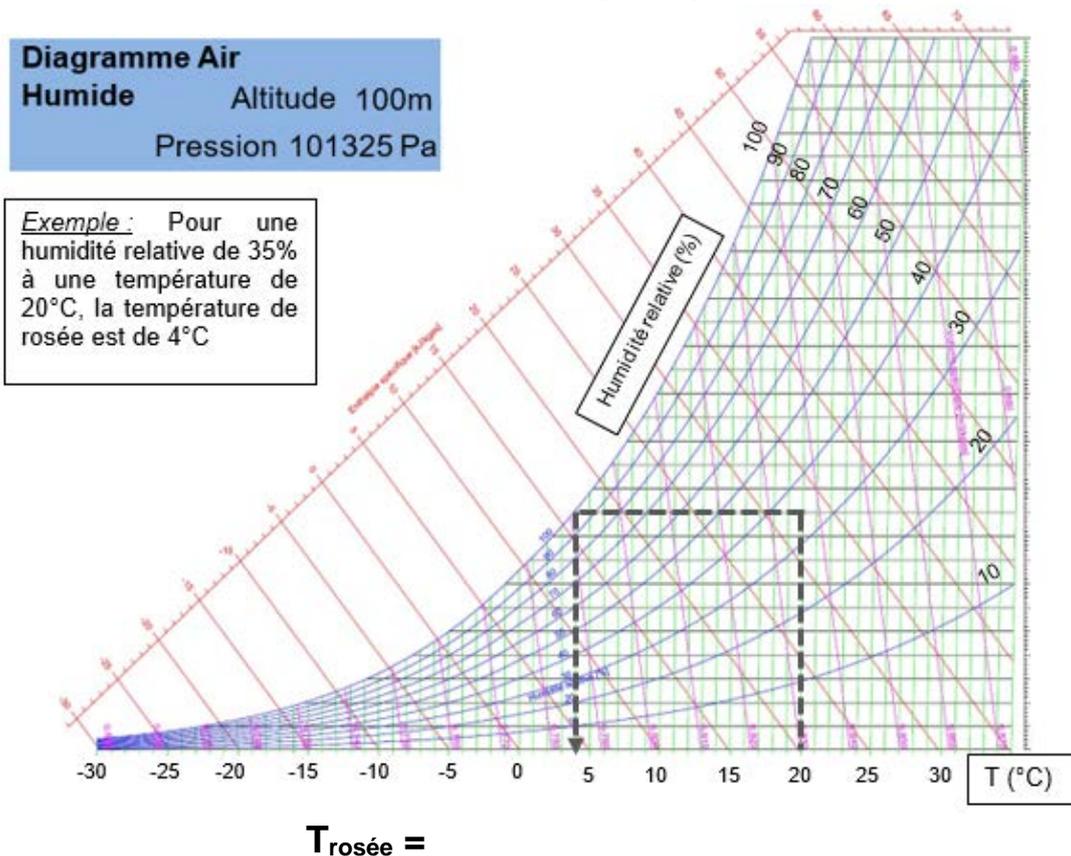
- un espace de manœuvre avec demi-tour de 150 cm ;
- un espace d'usage de 1,30 x 0,80 m situé latéralement par rapport à la cuvette ;
- un lave main à une hauteur de 0,85 m maximum ;
- un WC à une hauteur de 0,45 m (0,50 m abattant compris) ;
- une barre d'appui coudée ou droite (0,70 à 0,80 m) ;
- tous les équipements (savons, sèche-mains, papier toilette...) doivent être à une hauteur maximum de 1,30 m ;
- une entrée avec un espace de 90 cm pour passage d'un fauteuil roulant.

La douche doit mesurer au minimum 1,20 m x 0,90 m au sol pour une hauteur de 1,80 m au moins.

## DRS1– Calcul de résistance thermique globale de la paroi murale

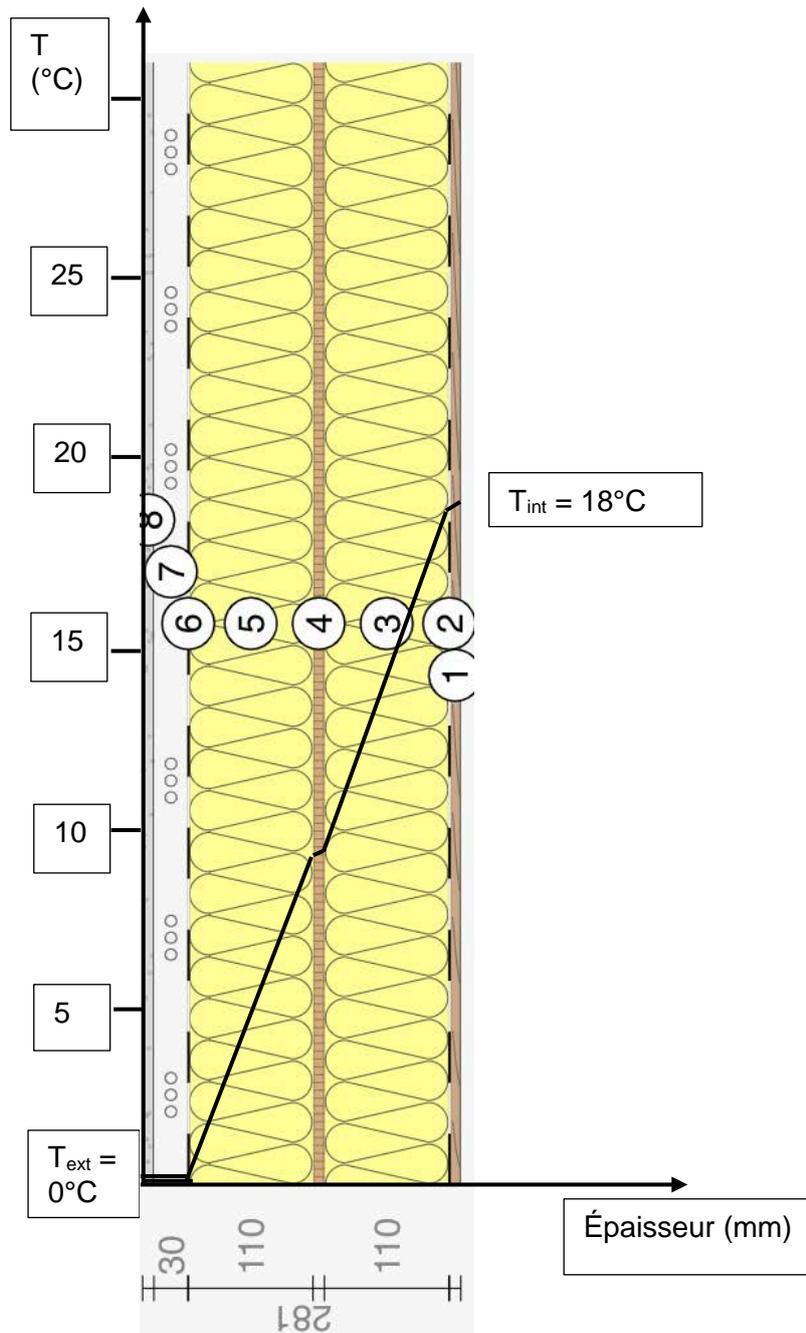
Constituant	Épaisseur en [        ]	Coefficient de conductivité thermique en [        ]	Résistance thermique $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
$R_{se}$	X	X	0,04
Laine de roche			
OSB			
Pin			
$R_{si}$	X	X	0,13
$R_{paroi\ murale} =$			

## DRS2 – Coefficient de diffusion de la vapeur $\mu$





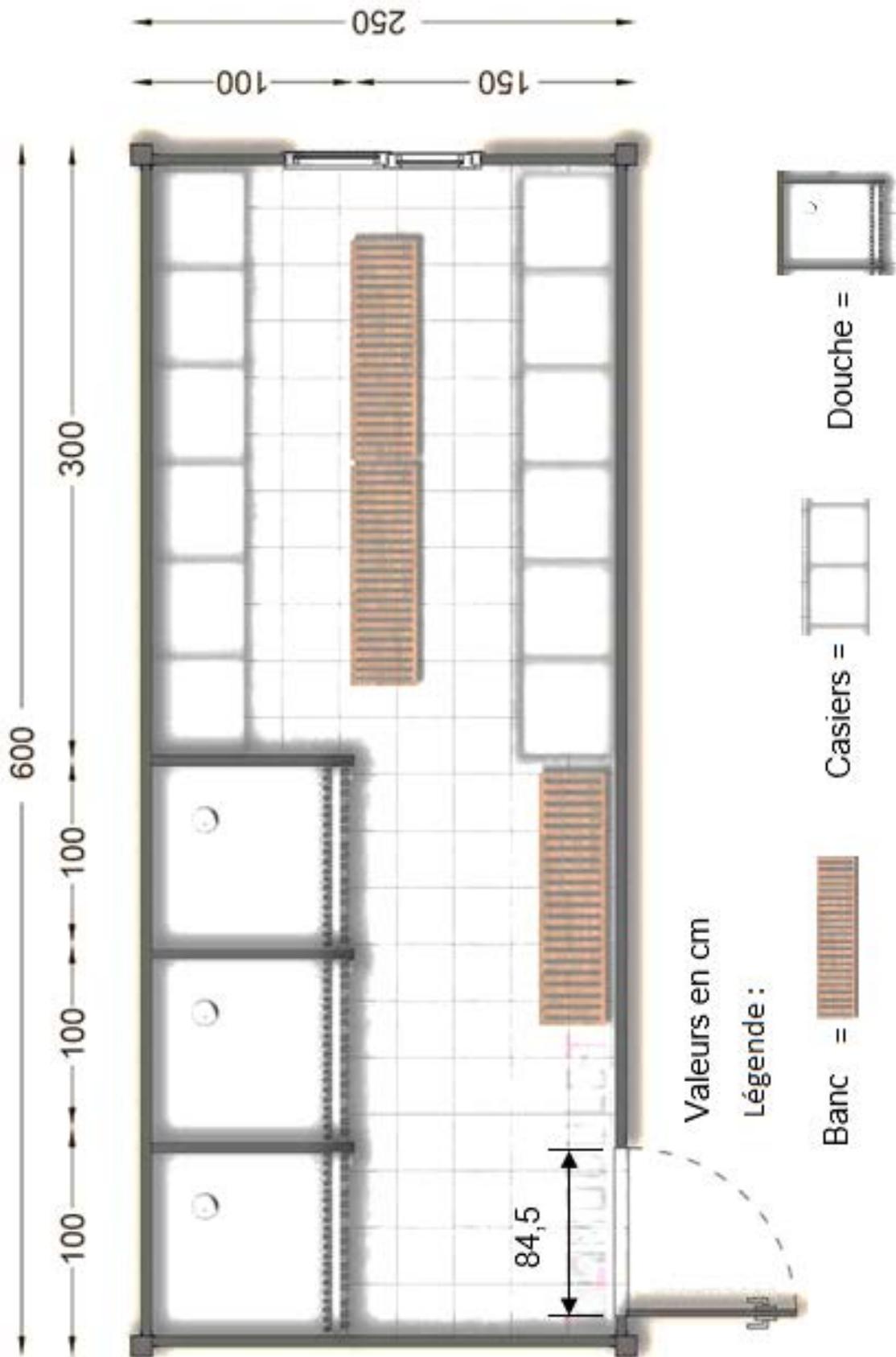
## DRS3– Diagramme de répartition de la température dans la paroi murale



**Matériau concerné :**



# DRS4 – Plan des vestiaires





**PARTIE SPÉCIFIQUE (8 points)**

**ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENT**

**C.I.M.E.**

**Complexe International Multisport et Escalade**



- **Présentation de l'étude et questionnaire**..... pages 27 à 30
- **Documents techniques**..... pages 31 à 36
- **Documents réponses** ..... pages 37 à 38

## Mise en situation

L'aire d'évolution du complexe international multisports et escalade (CIME) permet d'accueillir des disciplines sportives handisport telles que le hand fauteuil, le basket fauteuil, le tennis fauteuil, le foot fauteuil, etc.). Les équipements nécessaires à la pratique de ces sports sont adaptables et amovibles (poteaux, filets, buts, panneaux). Ils ont été spécialement conçus pour le handisport et comprennent :

- des tracés sportifs adaptés lumineux ;
- des points de recharge pour les fauteuils électriques ;
- des revêtements de sol et de mur renforcés, ainsi qu'une base en parquet spécialement conçue pour le basket en fauteuil.

Le foot fauteuil électrique est un sport collectif d'opposition. L'objectif est de marquer un maximum de buts en propulsant le ballon par l'intermédiaire du pare-chocs avant du fauteuil électrique, tout en empêchant l'adversaire d'en faire autant.

Plus de 900 adhérents sont actuellement licenciés. Quatre-vingt-quinze structures, comprenant des clubs, sont affiliées et permettent la pratique du football en fauteuil roulant électrique.



### Règlement partiel du foot fauteuil :

- 2 équipes de 4 joueurs (3 joueurs de champ et 1 gardien de but) s'affrontent pendant 2 périodes de 20 minutes avec la possibilité de 2 périodes de prolongation de 5 minutes en compétition;
- le jeu en marche arrière est autorisé lorsque celle-ci est maîtrisée et n'implique pas d'autres joueurs ;
- la vitesse du fauteuil est limitée à 10 km/h.

Le foot fauteuil électrique se pratique avec un ballon de 33 cm de diamètre, soit 1,5 fois plus grand qu'un ballon de football classique.



### Constitution d'un fauteuil



## Travail demandé

### Partie A : la batterie dimensionnée pour un usage classique permet-elle de jouer un match de foot fauteuil ?

---

**Objectif** : optimiser la chaîne de puissance pour atteindre les performances énergétiques nécessaires à l'alimentation du fauteuil électrique pendant les phases de match.

Question A.1

DTS1  
DRS1

**Compléter** la chaîne de puissance du DRS1 en précisant le composant assurant la fonction de chaque module (voir DTS1), puis **préciser** entre chaque module :

- le type d'énergie mis en jeu (*thermique, électrique, mécanique de translation, mécanique de rotation, chimique*) ;
- la grandeur d'effort associée (*couple, force, débit, tension*) ;
- la grandeur de flux associée (*courant, pression, vitesse angulaire, vitesse linéaire*).

Les caractéristiques du fauteuil sont fournies pour un usage courant. Pour un match de foot fauteuil, il est nécessaire d'ajouter des équipements sur le fauteuil, entraînant ainsi une augmentation de sa masse. Un modèle multiphysique du fauteuil a été réalisé afin de vérifier le comportement de celui-ci lors d'un match de 50 minutes.

Pour cette étude, le modèle multiphysique du fauteuil (DTS2) est élaboré pour une vitesse constante de déplacement de  $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Les phases d'accélération ou décélération ne seront pas prises en compte.

La capacité  $Q$  d'une batterie est  $70 \text{ A}\cdot\text{h}$ . Sa tension  $U$  de sortie est de  $12 \text{ V}$ .

Question A.2

DTS1

**Calculer** la tension ( $U_{\text{bats}}$ ) délivrée par deux batteries assemblées en série. **Calculer** alors l'énergie  $E_{\text{bats}}$  emmagasinée sachant que :  $E = Q \cdot U$

Question A.3

DTS2

**Calculer** la puissance moyenne ( $P_{\text{bat}}$ ) fournie par les batteries pendant un match de 50 minutes ( $0,833 \text{ h}$ ).

**Relever** sur le modèle multiphysique DTS2, le rendement du modulateur d'énergie (hacheur).

**Calculer** la puissance utile disponible en sortie du hacheur ( $P_{\text{u-hach}}$ ).

Pour la suite, l'étude concerne un seul moteur. La puissance disponible pour celui-ci est de  $P_{\text{dispo}} = 900 \text{ W}$ .

Question A.4

DTS2

À l'aide des valeurs simulées relevées dans le modèle multiphysique **calculer** la puissance absorbée par un moteur ( $P_{\text{a-mot}}$ ).

Question A.5

Au regard des écarts constatés, **justifier** si l'énergie stockée dans la batterie permet d'assurer l'alimentation des deux moteurs pendant la totalité d'un match de foot fauteuil.

Afin d'améliorer l'efficacité énergétique de la chaîne de puissance du fauteuil, deux solutions vont être comparées :

- un motoréducteur avec réducteur conique ;
- un motoréducteur avec moteur brushless.

Question A.6 | **Indiquer** le couple nécessaire en sortie du motoréducteur ( $C_{mot}$ ) à partir du diagramme des exigences (requirement diagramme) du DTS3.  
DTS3  
DTS4

**Indiquer** les références des motoréducteurs adaptées au cahier des charges pour les deux solutions.

Question A.7 | Dans le tableau du DRS2, **calculer** la puissance absorbée par les moteurs choisis précédemment ( $P_{abs}$ ).  
DTS4  
DRS2

**Calculer** l'énergie nécessaire pour un match de 50 minutes (0,833 h) ( $E_{abs}$ ).

Question A.8 | **Choisir** et **justifier** la meilleure solution compatible avec l'énergie disponible.  
DTS3  
DRS2

## Partie B : comment paramétrer le modulateur d'énergie pour obtenir les vitesses de déplacement souhaitées ?

---

**Objectif** : paramétrer le modulateur d'énergie (hacheur) afin d'obtenir une vitesse du fauteuil comprise entre 0 et 10 km·h<sup>-1</sup>.

Le choix de la solution s'est porté sur le motoréducteur référence BL 040.

Question B.1 | **Relever** les caractéristiques électriques du motoréducteur BL 040.  
DTS4  
DTS5 | **Indiquer** la référence du modulateur d'énergie permettant d'alimenter les deux motoréducteurs.

Le modulateur d'énergie est alimenté en 24 V DC. La valeur moyenne de sortie est de 24 V quand le rapport cyclique est égal à 1.

Question B.2 | Pour une vitesse de 10 km·h<sup>-1</sup>, le moteur doit être alimenté à 22,5 V, **calculer** pour cette tension la valeur du rapport cyclique du hacheur.  
DTS5

Question B.3 | **Expliquer** comment doit agir le modulateur d'énergie pour faire reculer le fauteuil.  
DTS5

**Calculer** le rapport cyclique pour une vitesse en marche arrière de  $3,2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

**Représenter** l'allure de la tension  $V(t)$  en sortie du modulateur d'énergie pour la vitesse arrière de  $3,2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Échelle, 1 cm pour 12 V et 1 cm pour 0,33 ms, pour une période de signal de 1 ms.

## **Partie C : comment assurer la recharge des fauteuils roulants électriques lors des compétitions de foot fauteuil ?**

---

**Objectif** : vérifier si les performances des chargeurs de batterie installés dans le bâtiment « CIME » permettent la recharge des fauteuils roulants électriques dans un temps contraint.

Dans les conditions de match avec prolongation, la décharge des batteries a été mesurée à 95 %. La capacité des batteries est de 70 A·h.

Question C.1 | **Calculer** la valeur de décharge des batteries ( $Q_{\text{bat}95}$ ) en A·h dans les conditions de match.

En tournoi, les équipes ont la possibilité de recharger les batteries de leurs fauteuils pendant que se déroule un autre match.

Les chargeurs, installés dans le CIME, ont pour référence KC204.

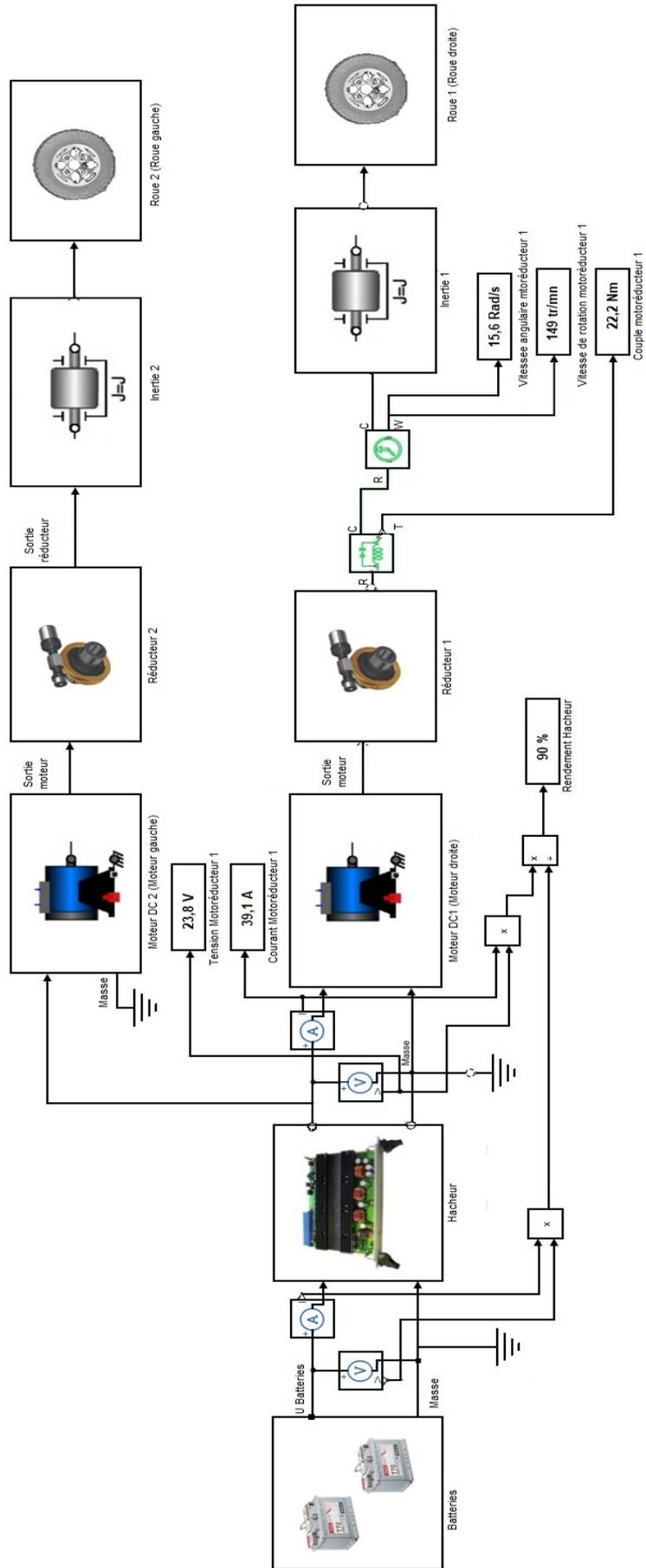
Question C.2 | **Indiquer** les caractéristiques électriques du chargeur. **Calculer** le courant de charge ( $I_{\text{charge}}$ ) que celui-ci peut fournir.

Question C.3 | **Calculer** le temps de charge des batteries ( $t_{\text{charge}}$ ) si celles-ci sont déchargées de 95 % et que le chargeur fournit le courant calculé précédemment.

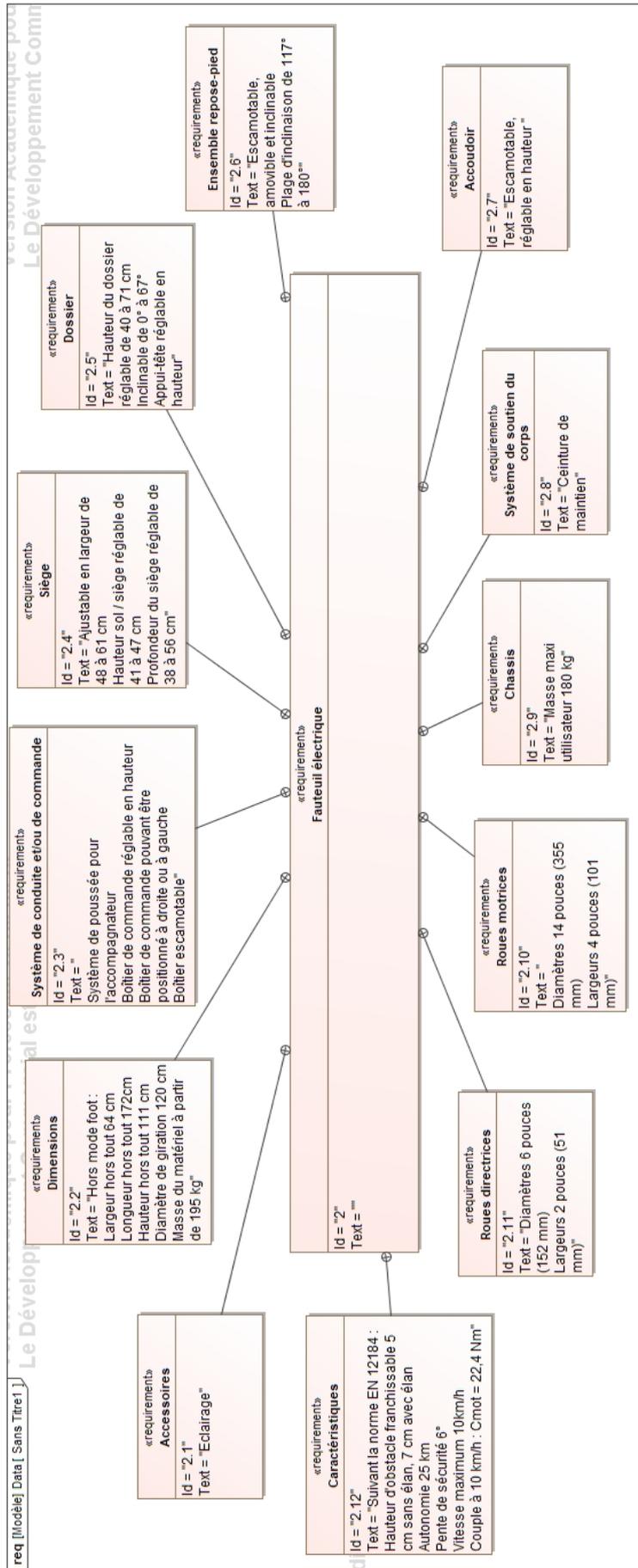
Question C.4 | **Conclure** en vérifiant si le temps d'un match suffit pour recharger les batteries des fauteuils.



# DTS2 – Modèle multi physique d'un fauteuil roulant



# DTS3 – Diagramme des exigences d'un fauteuil roulant



## DTS4 – Résultats des simulations des modèles multi physiques

---

### Résultats des simulations des différents motoréducteurs :

Référence des motoréducteurs	Caractéristiques d'entrée		Caractéristiques de sortie		
	Tension (en V)	Courant (en A)	Vitesse angulaire de sortie (en rad·s <sup>-1</sup> )	Vitesse de rotation de sortie (en tr·mn <sup>-1</sup> )	Couple de sortie (en N·m)
Motoréducteur avec réducteur conique					
CCM 30	24	36,6	15,71	150	20
CCM 40	24	38,6	15,71	150	22,5
CCM 50	24	40,6	15,71	150	24,5
Motoréducteur avec moteur brushless.					
BL 030	22,5	36,6	15,71	150	20
BL 040	22,5	38,6	15,71	150	25
BL 050	22,5	40,6	15,71	150	30

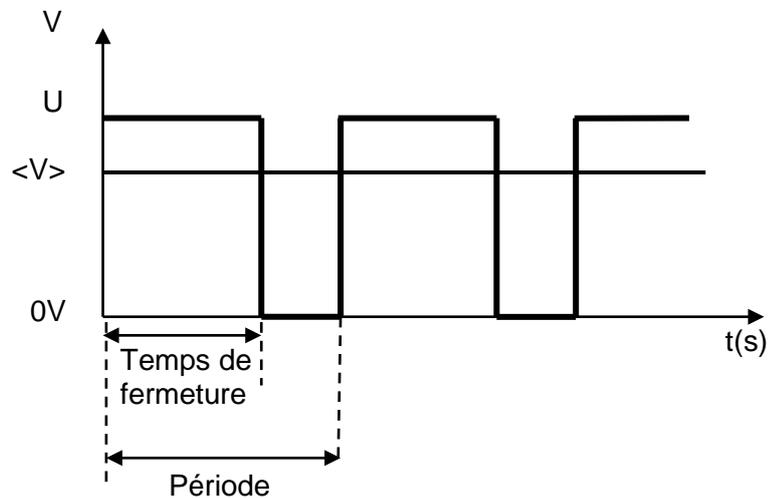
## DTS5 – Modulateur d'énergie (hacheur)

### Systeme électronique polyvalent – Modules de puissance R-NET de PG DRIVES : VR2 POWER MODULE

	Tension d'entrée	Courant total disponible en sortie du module	Courant disponible en sortie pour un actionneur (motoréducteur)	Courant de recharge admissible
	V DC	A	A	A
D50950	24	50	22	50
D50681	24	60	26	60
D50678	24	70	32	70
D51086	24	90	42	90

Protection : IP40

#### Principe de fonctionnement d'un hacheur



Tension moyenne en sortie du hacheur :

$$\langle V \rangle = \alpha \times U \text{ avec } \alpha \text{ rapport cyclique} = \text{temps de fermeture/période}$$

## DTS6 – Chargeur de batterie pour fauteuil roulant électrique

### Chargeur COTEK

La gamme de chargeurs de batteries compacts et légers COTEK CX intègre un microprocesseur pour un chargement rapide et précis des batteries plomb-acide, gel, AGM ou lithium-ion.



*Compact, puissant et polyvalent.*

*Robuste et fiable.*

*Pour batteries plomb-acide, gel, AGM ou lithium-ion.*

*Ventilateur 2 vitesses.*

*Protection : court-circuit – surtension - surchauffe.*

Caractéristiques d'entrée :

Plage de tension : 90-264VAC

Fréquence : 47-63Hz

Facteur de puissance : > 0,92

Rendement à 230VAC : 90%

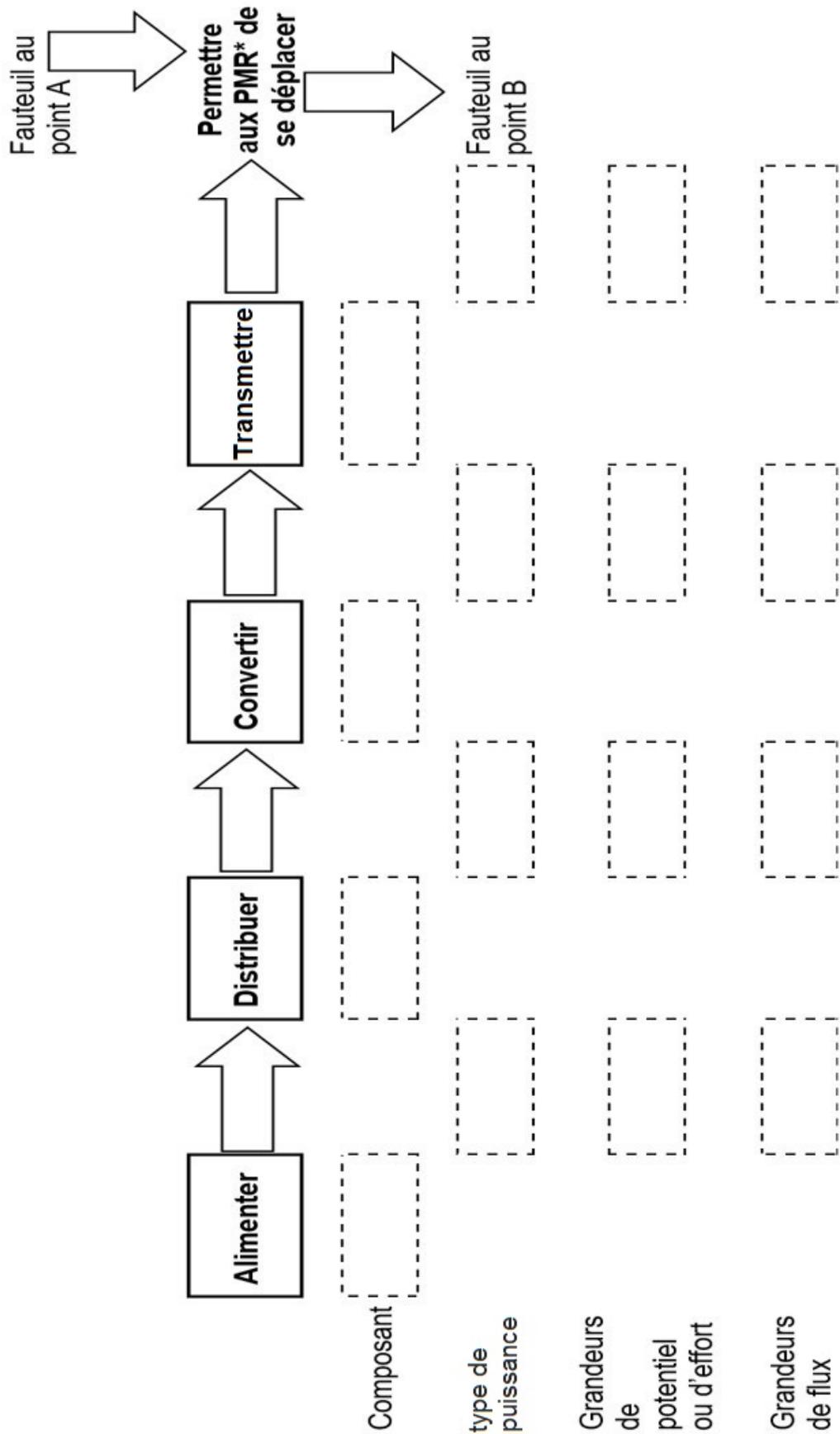
Température de travail : -20°C à +50°C

Humidité de travail : 20 à 90% RH

Référence	Tension batterie (V DC)	Puissance de sortie (W)	Modèle	Dimensions en mm	Masse (kg)
KC211	12	400	01-5021-1204	183x72x243	1,6
KC212	12	600	01-5022-1204	183x72x243	1,7
KC213	12	850	01-5023-1220	183x72x263	1,9
KC201	12	1200	01-5024-1204	272x213x77	3,1
KC203	12	2000	01-5025-1204	312x213x77	4,0
KC214	24	600	01-5022-2404	183x72x243	1,6
KC202	24	1200	01-5022-2404	272x213x77	2,9
KC204	24	2000	01-5026-2404	312x213x77	3,9

**PAGE BLANCHE LAISSÉE INTENTIONNELLEMENT.**

**NE RIEN ÉCRIRE DESSUS**



\*PMR : Personne à Mobilité Réduite



## DRS2 – Calcul de la puissance et de l'énergie des motoréducteurs

---

Référence des motoréducteurs	Tension (en V)	Courant (en A)	Puissance absorbée ( $P_{abs}$ en W)	Temps (en heures)	Energie absorbée ( $E_{abs}$ en W·h)
CCM _ _ _ _	24			0,833	
BL _ _ _ _	22,5			0,833	



**PARTIE SPÉCIFIQUE (8 points)**

**INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET ECO-CONCEPTION**

**C.I.M.E.**

**Complexe International Multisports et Escalade**



- **Présentation de l'étude et questionnement**..... pages 27 à 29
- **Documents techniques**..... pages 30 à 33
- **Documents réponses** ..... pages 34 à 35

## Mise en situation

Le complexe multisport et escalade « CIME » est situé sur la commune de Troyes (Aube). Il comprend une partie escalade avec deux murs disposés en L, ainsi qu'une aire d'évolution multisport d'une superficie de 44m x 24m (1056 m<sup>2</sup>) pour la pratique multisports, dédié particulièrement à l'handisport ;

Ce sujet aborde différents aspects relatifs à la sécurité des biens et des personnes.

## Travail demandé

### Partie A : comment peut-on assurer la sécurité d'un grimpeur ?

**Objectif** : choisir le matériau et établir le processus de fabrication du mousqueton.



Pour cette étude, le modèle poutre est retenu pour la conception préliminaire ;  
La partie design étant prédéfinie, on souhaite déterminer une famille de matériaux respectant les normes en vigueur (DTS1).

Question A.1  
DTS1 ; DTS2  
DRS1

**Relever** l'effort normal maximum en Newton exercé sur le mousqueton dans le cas où le doigt est ouvert.

Sur le DRS1, **entourer** le type de sollicitation exercée sur la poutre.

Question A.2  
DTS3

**Calculer** la section de l'anneau en mm<sup>2</sup>.

La contrainte normale se détermine par  $\sigma = \frac{N}{S}$

$\sigma$  : contrainte normale en MPa (N·mm<sup>-2</sup>)

**N** : effort normal en N

**S** : aire de la section droite en mm<sup>2</sup>

Question A.3 | **Calculer** la contrainte exercée dans la poutre.

La contrainte maximum se détermine par  $\sigma_{max} = \sigma \cdot Cs$

Question A.4  
DTS4  
DRS2

En prenant un coefficient de sécurité  $C_s = 2$ , **déterminer** la contrainte maximum.

Sur le DRS2, **entourer** la famille de matériaux qui conviendrait pour un prix inférieur à 4 euros/kg.

### Conception détaillée (modélisation par éléments finis)

On souhaite choisir un matériau dans la famille retenue permettant de respecter les normes en vigueur.

Question A.5  
DTS5 ; DTS6

**Relever** la contrainte maximum exercée dans le mousqueton et **déterminer** l'alliage d'aluminium qui lui permettra d'admettre cette contrainte.

Question A.6  
DRS3

Sur le DRS3, **entourer** le matériau qui conviendrait.

### Processus de fabrication du mousqueton

Le matériau étant retenu, on souhaite établir le processus de fabrication du mousqueton.

Question A.7  
DRS4

Sur le DRS4, **renseigner** les différentes étapes de fabrication du mousqueton avec les termes suivants : cintrage, forgeage, laminage et sciage.

## Partie B : comment est assurée la sécurité du site du « CIME »

**Objectif** : vérifier que toute la surface de l'esplanade est bien couverte par une caméra de surveillance motorisée.



La caméra de surveillance motorisée est fixée en haut et à gauche, sur la façade sud. Elle est en position neutre. Le capteur est dirigé vers le bas (voir DTS9).

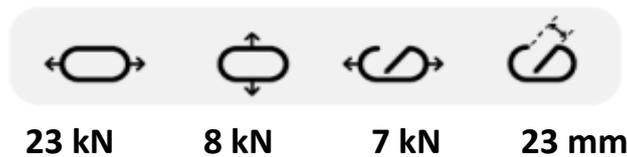
- Question B.1 | À partir du document DTS8, **compléter** la chaîne de puissance sur le DRS5.  
DTS8  
DRS5
- Question B.2 | **Déterminer** le mouvement entre le socle 1 et la coque 6.  
DTS8  
DRS6  
**En déduire** la liaison entre le socle 1 et la coque 6.  
**Représenter** cette liaison sur le DRS6.
- Question B.3 | **Indiquer** et **justifier** la solution technologique optimale à mettre en œuvre entre le socle 1 et la coque 6.  
DTS7
- Question B.4 | **Déterminer** le mouvement entre la coque 6 et la caméra 7.  
DTS8  
DRS6  
**En déduire** la liaison entre la coque 6 et la caméra 7.  
**Représenter** cette liaison sur le DRS6.
- Question B.5 | Entre le socle 1 et la caméra 7, deux rotations sont possibles sans aucune translation. **Indiquer** le nom de la liaison équivalente.  
DTS8
- Question B.6 | **Calculer** l'angle de rotation de la caméra autour de l'axe z permettant de scruter la largeur de l'esplanade.  
DTS8 – DTS9
- Question B.7 | **Calculer** l'angle de rotation de la caméra autour de l'axe y permettant de scruter la longueur de l'esplanade.  
DTS8 – DTS9
- Question B.8 | À l'aide du DRS6, **calculer** le rapport de transmission  $\frac{N_{b\text{ tour } 5}}{N_{b\text{ tour } 2}}$  du réducteur.  
DTS8 – DTS9 – DRS6  
Pour scruter la longueur de l'esplanade, le pignon **2** peut faire jusqu'à 1,3 tour. **En déduire** l'angle de rotation de la caméra.
- Question B.9 | À partir du DTS8, **valider** les données du constructeur et **conclure** si la zone de surveillance de l'esplanade est bien assurée.  
DTS8

## DTS1 – Norme 12275 pour l'escalade et l'alpinisme

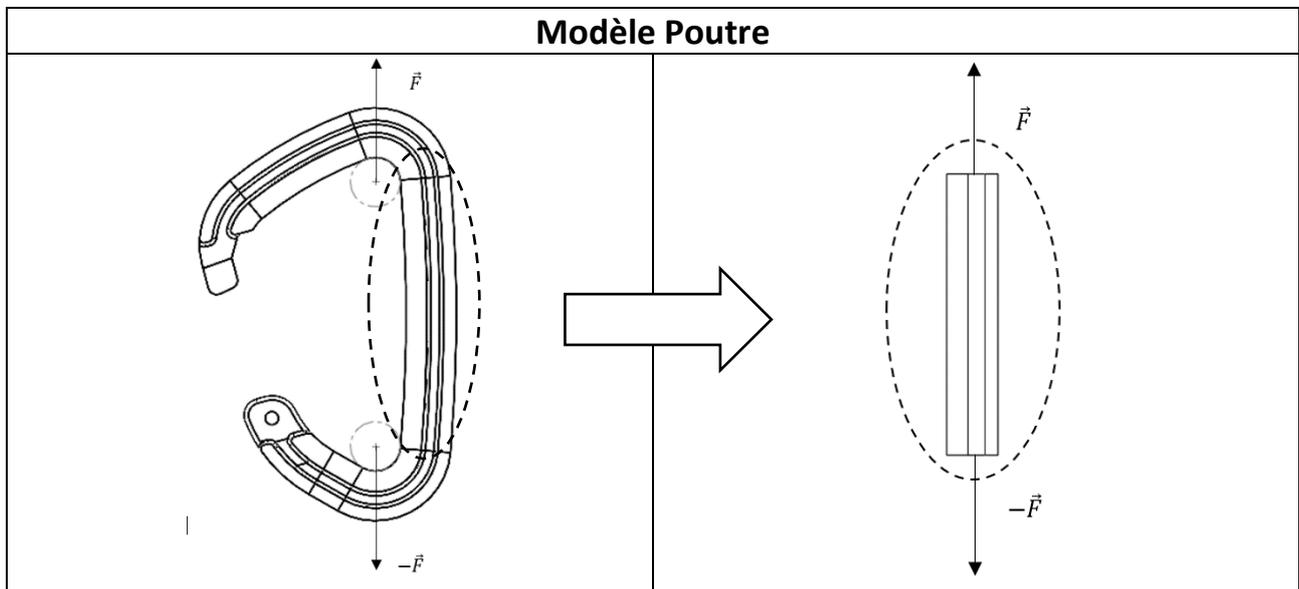
La norme EN 12275 est spécifique aux activités d'escalade, de spéléologie, d'alpinisme, etc. Elle a pour but de définir **la résistance à la rupture minimale** d'un mousqueton.

Ainsi, un mousqueton doit posséder :

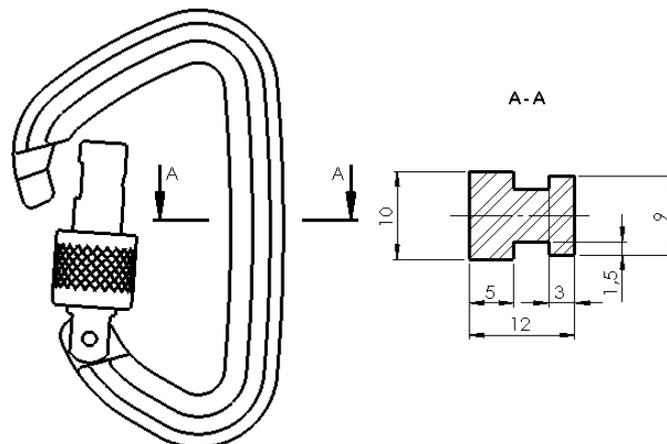
- une résistance à la rupture de 2200-3000 kg quand le doigt est fermé ;
- une résistance à la rupture de 700-1000 kg quand le doigt est ouvert ;
- une résistance à la rupture de 800-1100 kg pour le petit axe.

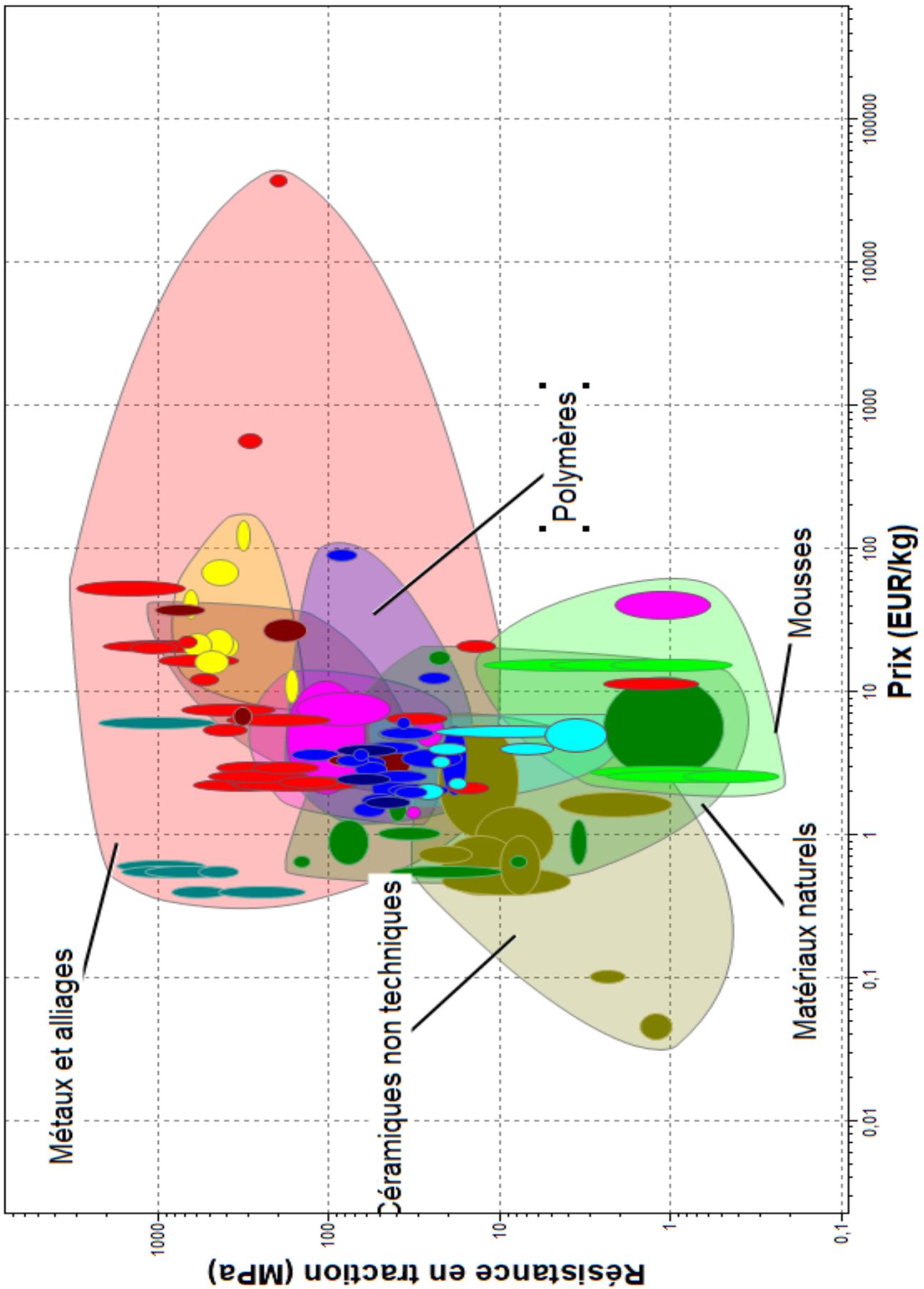


## DTS2 – Modèle poutre

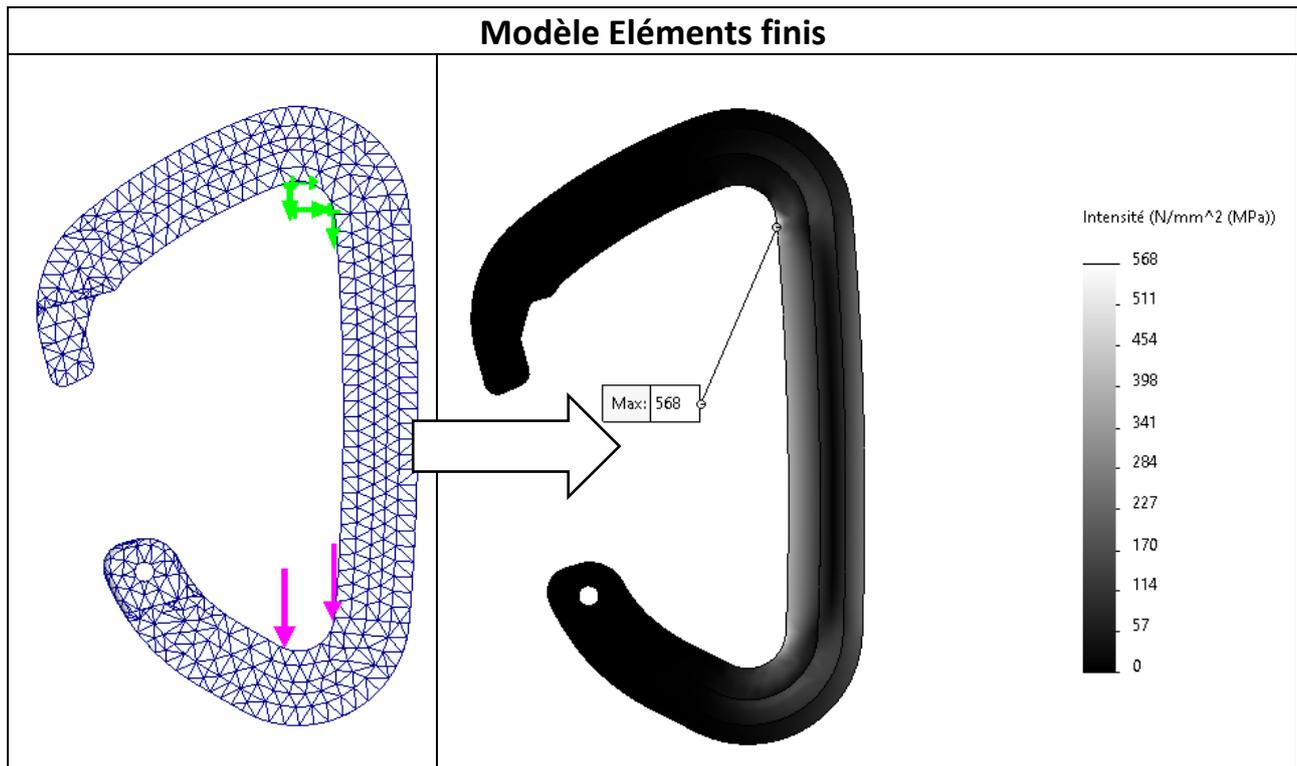


## DTS3 – Plan du mousqueton





## DTS5 – Modèle éléments finis



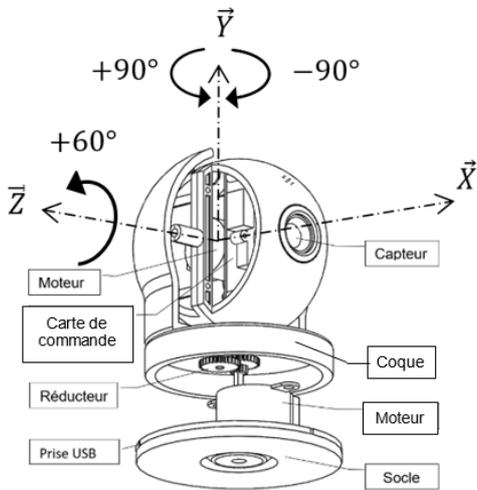
## DTS6 – Résistance à la traction des alliages d'aluminium

	Résistance en traction (MPa)
Alliages d'aluminium pour forgeage et laminage avec traitement thermique	180 - 620
Alliages d'aluminium pour forgeage et laminage sans traitement thermique	70 - 360
Alliages d'aluminium pour fonderie	65 - 386

## DTS7 – Type de guidage en rotation

Type de guidage en rotation	Critères			
	Précision	Vitesse de rotation	Efforts à transmettre	Coût
Par contact direct	-	--	+++	+++
Par interposition de bagues de frottement	+	+	++	-
Par interposition d'éléments roulants	++	++	+	---

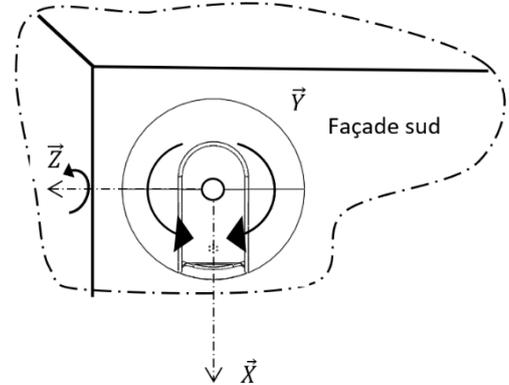
## DTS8 – Caméra



### Données du constructeur

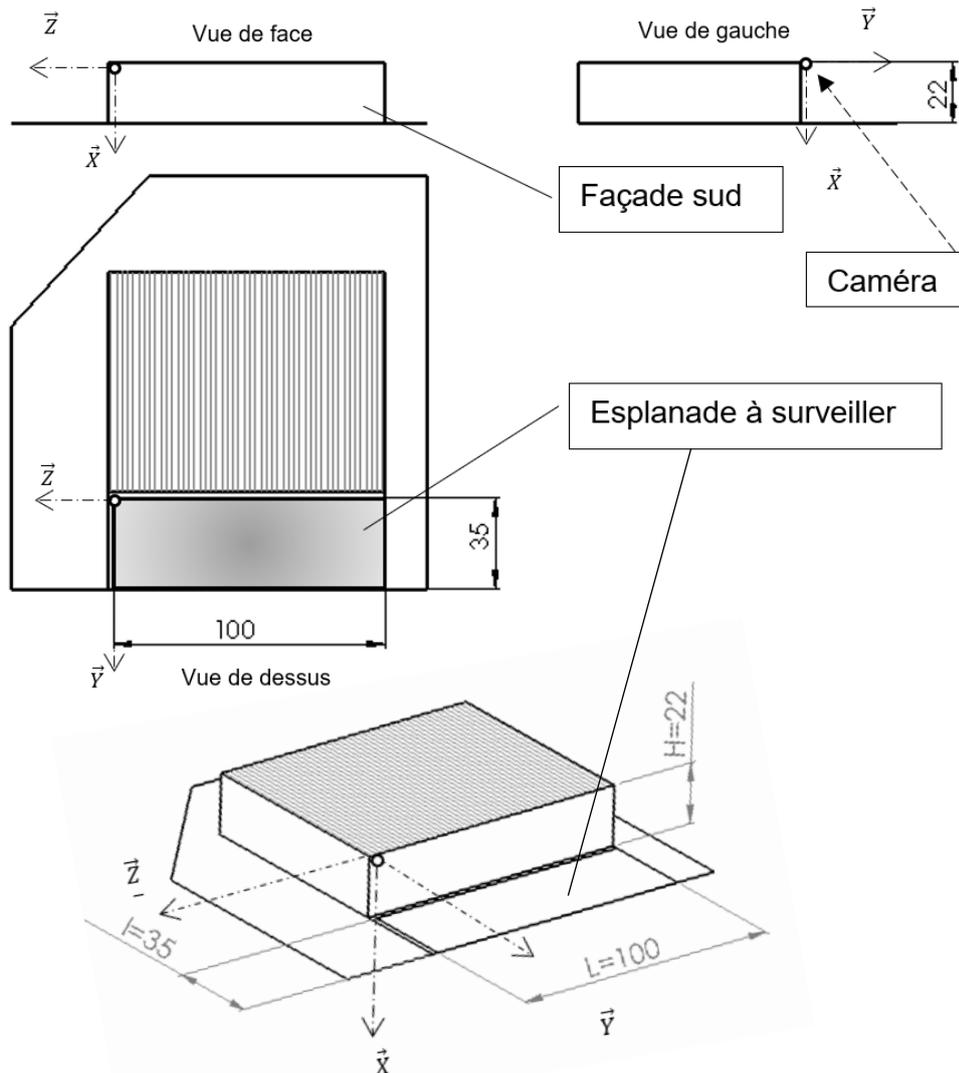
Angle de rotation autour de l'axe  $\vec{Y}$  =  $\pm 90^\circ$

Angle de rotation autour de l'axe  $\vec{Z}$  =  $+60^\circ$



## DTS9 – Accès au site du CIME

Les cotes sont exprimées en mètre.



## DRS1 – Sollicitation

Compression	Traction	Flexion
-------------	----------	---------

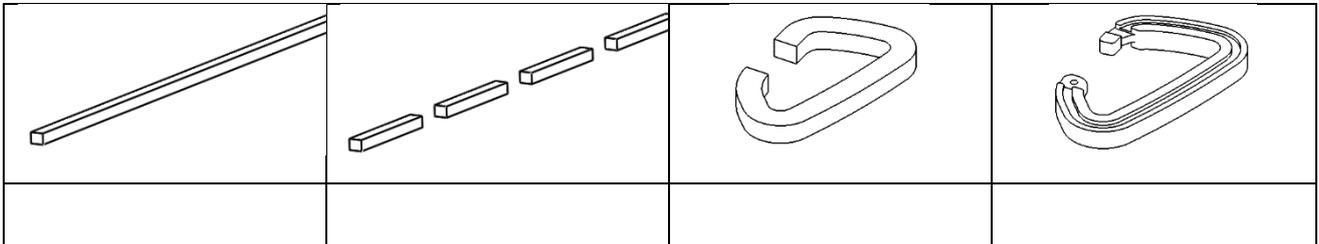
## DRS2 – Familles de matériaux

Mousses	Céramiques non techniques	Métaux et alliages	Polymères
---------	---------------------------	--------------------	-----------

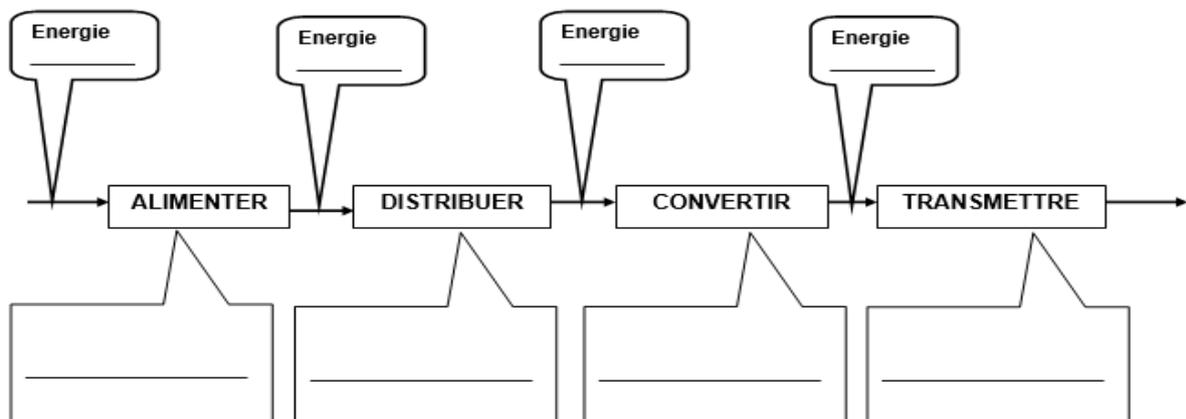
## DRS3 – Matériau retenu

Matériau	2024-T6	1060	7075-T6	3003
Résistance en traction (MPa)	470	69	570	110

## DRS4 – Processus de fabrication

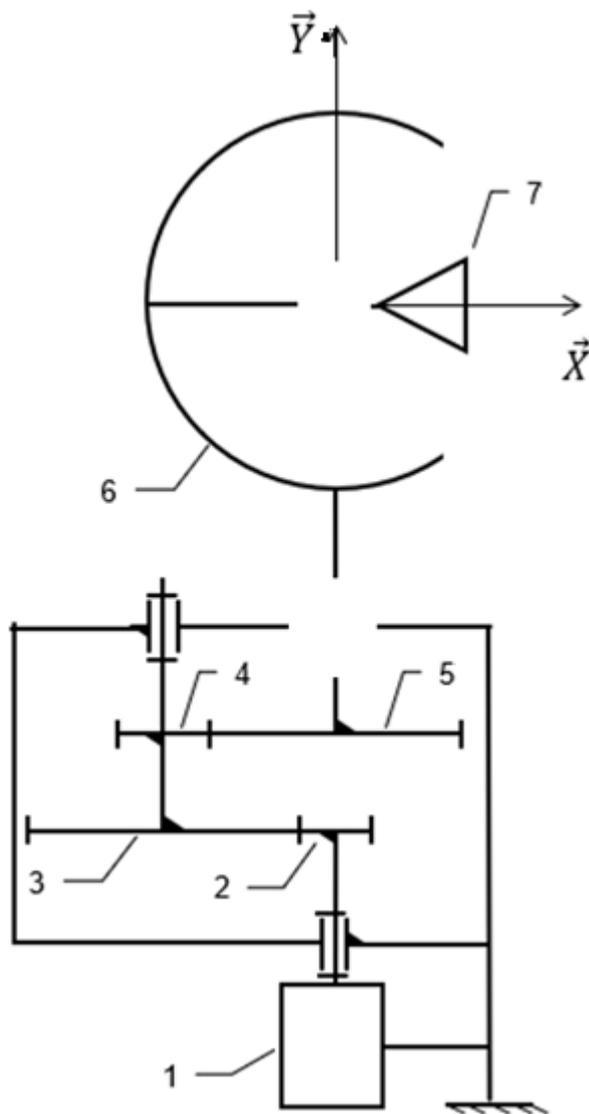


## DRS5 – Chaîne de puissance





## DRS6 – Schéma cinématique



7	Capteur
6	Coque
5	Roue $Z_5=28$
4	Pignon $Z_4=12$
3	Roue $Z_3=28$
2	Pignon $Z_2=12$
1	Bâti
Rep	Désignation



**PARTIE SPÉCIFIQUE (8 points)**

**SYSTEMES D'INFORMATION ET NUMERIQUE**

**Complexe International Multisports et Escalade  
C.I.M.E.**



- **Présentation de l'étude et questionnaire**..... pages 27 à 31
- **Documents techniques**..... pages 32 à 41
- **Documents réponses** ..... pages 42 à 44

## Mise en situation

Pour permettre une pratique sportive dans des conditions thermiques optimales, la température ambiante dans une zone multisports est généralement maintenue à 18 °C.

## Travail demandé

### Partie A : comment élaborer une loi de commande permettant d'optimiser le confort thermique ?

**Objectif** : vérifier que la chaîne d'information produit une loi de commande permettant de piloter l'organe de réglage de la centrale de traitement de l'air (CTA).

La CTA constitue l'élément central du système de chauffage, de ventilation et de climatisation d'un bâtiment.

Son principe de fonctionnement repose sur une prise d'air neuf pour le réchauffer ou le refroidir, le purifier, le déshumidifier. Cet air ainsi traité est ensuite insufflé via un réseau de gaines aérauliques dans les locaux ayant besoin d'un air traité.

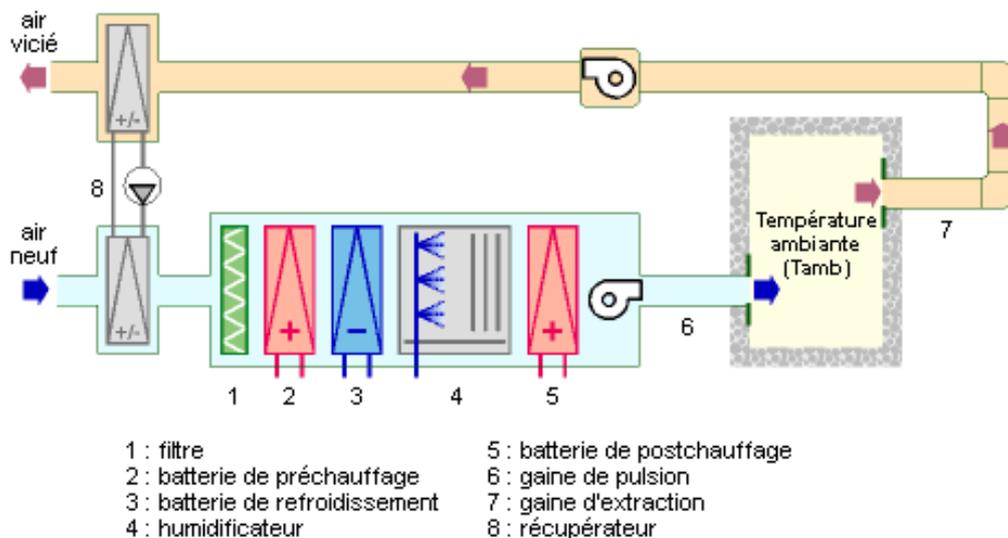


Schéma de principe d'une centrale de traitement de l'air

Pour piloter cette CTA, un régulateur élabore une loi de commande en fonction d'une température de consigne, de la température mesurée, et d'autres paramètres requis. La précision en termes de mesure de température est de  $\pm 0,5$  °C.

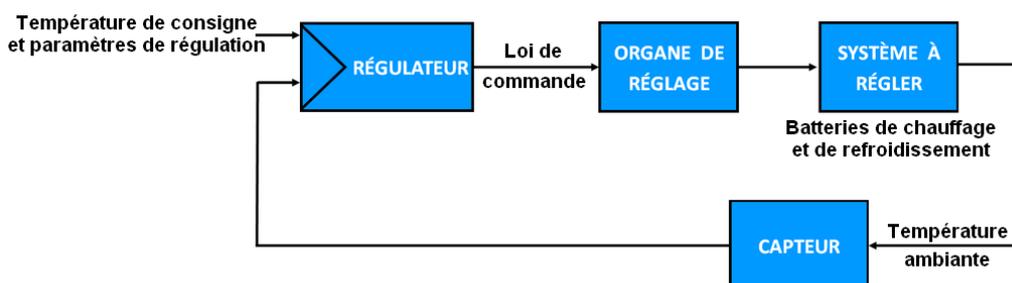


Schéma de principe d'une régulation de température

• **Étude de la structure d'acquisition de la température ambiante notée  $T_{amb}$  (DTS2).**

*Le capteur de température*

Question A.1

DTS1, DTS2

À partir des DTS1 et DTS2, **identifier** le capteur permettant d'acquérir la température ambiante. **Relever** les grandeurs caractéristiques de ce capteur :

- l'étendue de températures mesurables ( $T_{MIN}$  et  $T_{MAX}$ ) ;
- la précision du capteur à une température de 25 °C ;
- la sensibilité du capteur en  $mV \cdot ^\circ C^{-1}$  ( $mV/^\circ C$ ) ;
- l'expression de la tension de sortie  $V_{s1}$  (en V) en fonction de la température ambiante notée  $T_{amb}$  (en °C).
- la plage de variation de la tension  $V_{s1}$ , quand la température notée  $T_{amb}$  varie entre -50 °C et +150 °C.

*L'adaptateur de dynamique*

Question A.2

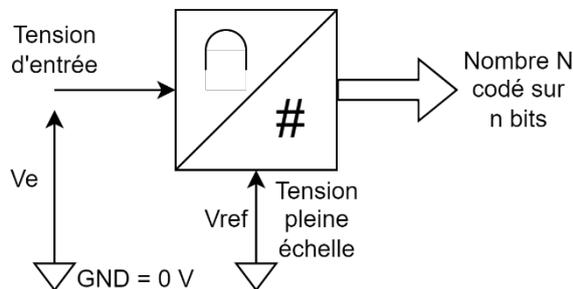
DTS2, DTS3

DRS1

Sur le document réponses DRS1, **représenter** graphiquement les tensions  $V_{s1}$  et  $V_{s2}$  (entrée/sortie de l'adaptateur de dynamique) en fonction de la température ambiante notée  $T_{amb}$ .

*La conversion analogique / numérique (CAN)*

Rappel :



$n$  : résolution du CAN

$V_{ref}$  : tension pleine échelle

$$\text{Quantum} : q = \frac{V_{ref}}{2^{n-1}}$$

$$N = \text{partie entière} \left( \frac{V_e}{q} \right)$$

Question A.3

DTS2, DTS3

DRS2

**Calculer** le quantum du CAN en mV puis **compléter** le document réponses DRS2 en indiquant pour chaque valeur de température ambiante:

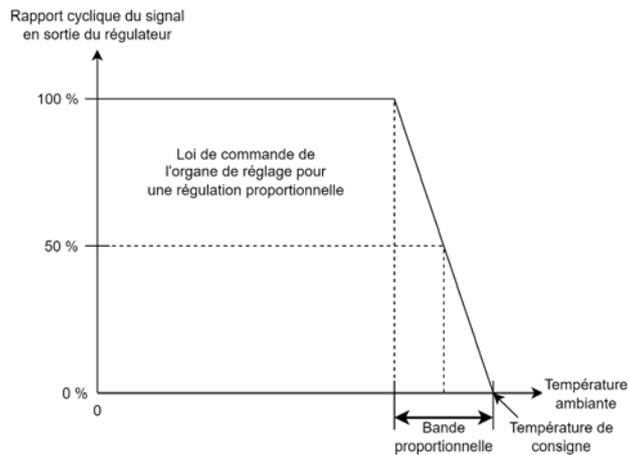
- la tension  $V_{s1}$  en sortie du capteur de température ;
- la tension  $V_{s2}$  en sortie de l'adaptateur de dynamique ;
- la valeur de  $N$  associée à la tension  $V_{s2}$  convertie ;
- la valeur binaire codée sur 10 bits correspondante ;
- la valeur hexadécimale correspondante.

**Calculer**, la précision en °C de l'étage d'acquisition compte tenu de la plage de températures et de la résolution du CAN. **Conclure** sur la capacité du système à respecter la précision de  $\pm 0,5$  °C définie dans le cahier des charges.

• **Étude de la régulation proportionnelle et du convertisseur MLI / Tension** (voir DTS6)

La température de consigne notée  $T_{cons}$  est ajustée à l'aide d'un potentiomètre à 18 °C. La bande proportionnelle notée BP, est réglée à 3 °C. La sortie du régulateur (signal s3) fournit un signal MLI (Modulation par Largeur d'Impulsion) en fonction de la température ambiante, notée  $T_{amb}$ , dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Forme : signal rectangulaire
- Niveaux de tension : 0/5 V
- Fréquence : 1000 Hz
- Rapport cyclique variable :  $0 \leq \alpha \leq 1$  ( $0 \% \leq \alpha \leq 100 \%$ )



Question A.4

DTS3, DTS4, DTS6, DRS3

**Compléter** le tableau figurant sur le document réponses DRS3.

• **Étude de la sauvegarde des données de régulation sur la carte microSD**

Les températures ambiantes et les valeurs de consigne correspondantes sont enregistrées toutes les 15 minutes tout au long de l'année sur une carte microSD de 8 Go (1 gigaoctet =  $10^9$  octets). La carte microSD utilise le système de fichiers FAT32 (File Allocation Table). Avec un système de fichiers FAT32, la taille maximale d'un fichier est de 4 Go. Toutes les données sont stockées dans un fichier au format CSV (Comma Separated Value). Un fichier CSV est une base de données recueillies sans formatage particulier. Chaque champ est séparé par un point-virgule.

Question A.5

DTS2, DTS3, DTS5

**Calculer** sur une année, le nombre de sauvegardes réalisées puis la taille en octets du fichier « températures.csv ».

**Calculer** le nombre d'années complètes de sauvegarde pouvant être enregistrées dans le fichier « températures.csv ».

Question A.6

DTS6

**Conclure** sur l'intérêt de produire une loi de commande proportionnelle plutôt qu'une loi de commande tout ou rien afin d'optimiser le confort thermique dans le bâtiment « CIME ».

## **Partie B : comment mettre en œuvre un système de communication fiable pour avertir le service de maintenance d'une défaillance technique ?**

**Objectif** : vérifier le processus de transmission lors de l'envoi d'un SMS (Short Message System) lorsqu'un dysfonctionnement intervient sur l'un des équipements techniques du bâtiment « CIME ».

Question B.1 | **Déterminer** les caractéristiques du terminal Siemens TC35i suivantes :  
DTS7

- les deux bandes de fréquence GSM (Global System for Mobile Communication) utilisées ;
- la puissance de sortie pour chacune des bandes de fréquence GSM ;
- le type de commandes utilisées pour contrôler le terminal TC35i ;
- le protocole utilisé pour les signaux TX3 et RX2 du terminal TC35i.

Question B.2 | **Déterminer** les commandes AT que doit utiliser le terminal TC35i pour :  
DTS8

- retourner l'état de la carte SIM et permettre de saisir le code PIN ;
- définir le format de présentation des SMS ;
- définir le type d'encodage des caractères ;
- envoyer un SMS sur le téléphone mobile du destinataire.

*Le paramétrage des liaisons séries asynchrones est le suivant :*

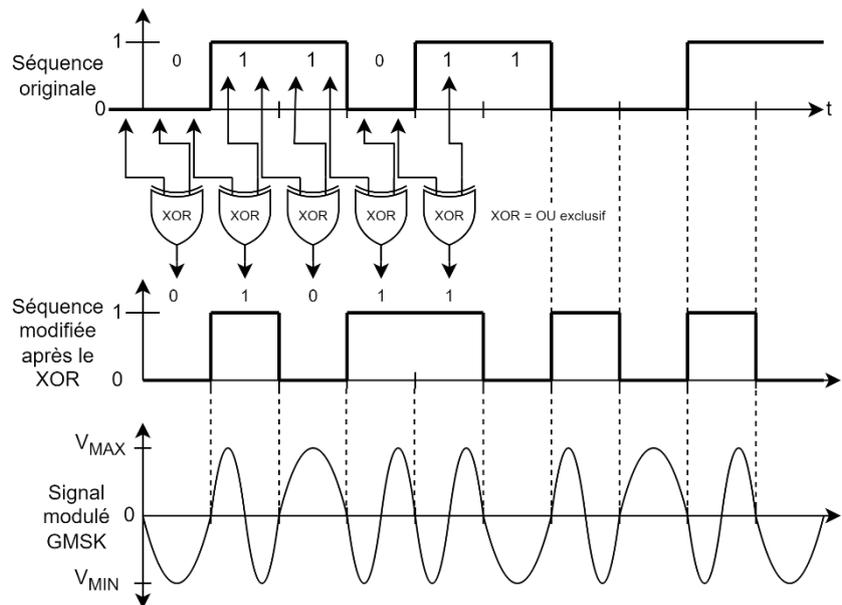
Débit : 9600 bps (bits par seconde) - Données codées sur 8 bits - Aucun bit de parité  
1 bit de stop - Pas de contrôle de flux.

Question B.3 | **Tracer**, sur le document réponses DRS4, le chronogramme des signaux TX1 et TX2 lorsque la carte microcontrôleur envoie la commande AT seule (le caractère A est envoyé en premier suivi dans la foulée du caractère T).  
DTS7, DTS9, DTS10  
DRS4

**Calculer** la durée de transmission :

- d'un bit notée  $\Delta t_{\text{bit}}$  ;
- de la trame liée au caractère A notée  $\Delta t_{\text{trame-A}}$  ;
- de la commande AT notée  $\Delta t_{\text{commande AT}}$ .

La technique de modulation utilisée pour porter le signal à haute fréquence (900/1800 MHz) est la modulation par décalage minimum gaussien, GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying). La modulation GMSK est une variante de la modulation FSK (Frequency Shift Keying). La modulation GMSK consiste en une modulation de fréquence à deux états portant non pas sur la séquence originale mais sur une nouvelle séquence dont le bit n est produit comme le résultat de la fonction du OU exclusif (XOR) entre le bit courant et le bit précédent. Après application du XOR, le signal est modulé en fréquence.

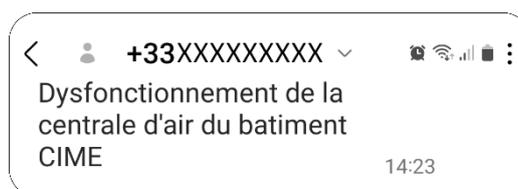


*Création d'un signal modulé par GMSK au départ d'un train binaire*

- Question B.4 | **Tracer**, sur le document réponses DRS5, les signaux suivants :
- signal relatif à la séquence modifiée après le OU exclusif (XOR) ;
  - signal relatif à la modulation de type GMSK.

DRS5

En cas de dysfonctionnement de la centrale de traitement de l'air du bâtiment « CIME », le responsable du service maintenance est prévenu en temps réel par l'envoi d'un SMS sur son téléphone portable.



*Exemple de SMS envoyé au responsable du service maintenance*

- Question B.5 | **Compléter**, sur le document réponses DRS6, les cases grisées du programme rédigé en langage C++.

DTS11

DRS6

- Question B.6 | **Conclure** sur la fiabilité de cette transmission via une liaison sérielle de type RS-232 en fonction du paramétrage retenu. Une fiabilité accrue serait-elle souhaitable au regard du contexte du complexe sportif ?

# DTS1 – Fiche technique du capteur de température LM35

## LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

### Features

- Calibrated Directly in Celsius (Centigrade)
- Linear 10 mV/°C Scale Factor
- ±0.5°C Ensured Accuracy (at 25°C)
- Rated for Full -50°C to 150°C Range
- Suitable for Remote Applications
- Low-Cost Due to Wafer-Level Trimming
- Operates From 4 V to 30 V (Supply Voltage (+V<sub>S</sub>))
- Less Than 60µA Current Drain
- Low Self Heating, 0.08°C in Still Air
- Non Linearity Only ±¼°C Typical
- Low Impedance Output, 0.1 Ω for 1mA Load

### LM35 Transfer Function

The accuracy specifications of the LM35 are given with respect to a simple linear transfer function :

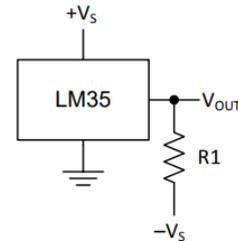
$$V_{OUT} = 10 \text{ mV/}^\circ\text{C} \times T$$

where

- V<sub>OUT</sub> is the LM35 output voltage
- T is the temperature in °C

### Description

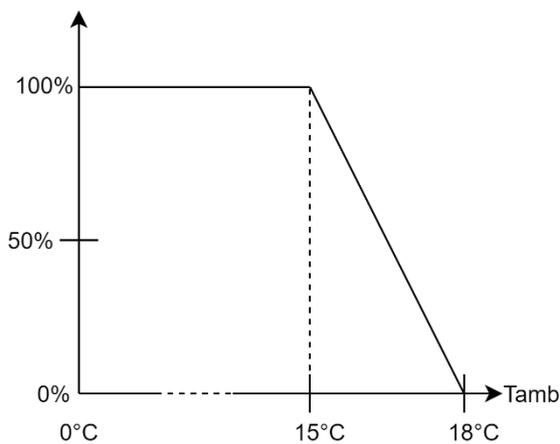
#### Full Range Centigrade Temperature Sensor



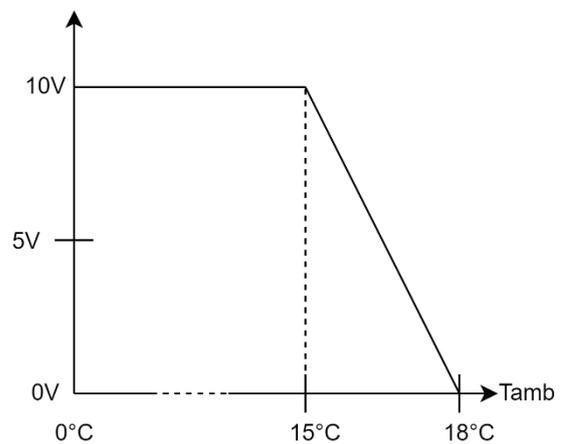
Choose  $R_1 = |-V_S| / 50 \mu\text{A}$   
 $V_{OUT} = 1500 \text{ mV at } 150^\circ\text{C}$   
 $V_{OUT} = 250 \text{ mV at } 25^\circ\text{C}$   
 $V_{OUT} = -500 \text{ mV at } -50^\circ\text{C}$

# DTS4 – Caractéristiques d'entrée / sortie du convertisseur MLI / Tension

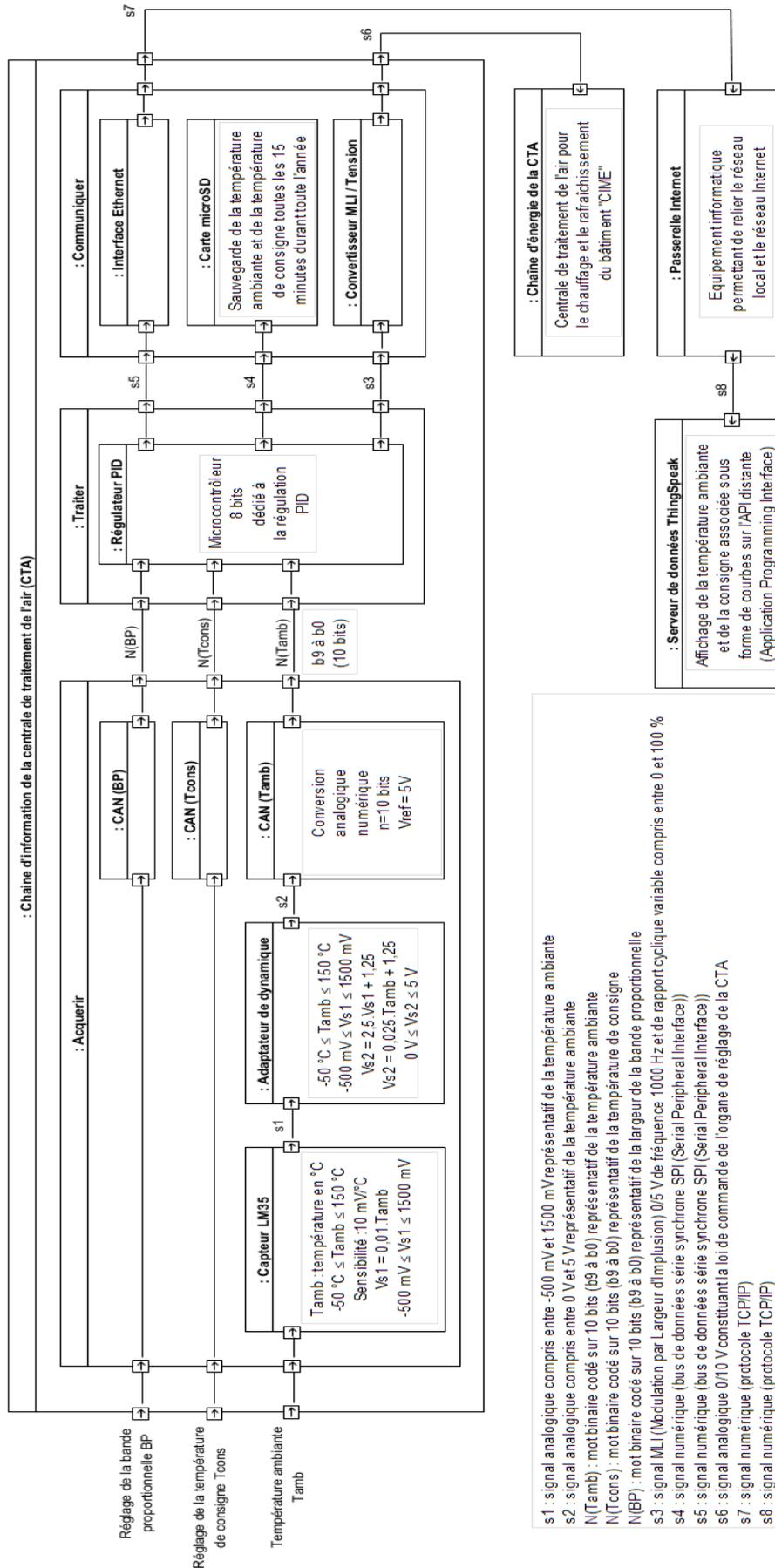
Rapport cyclique  $\alpha$   
du signal d'entrée s3



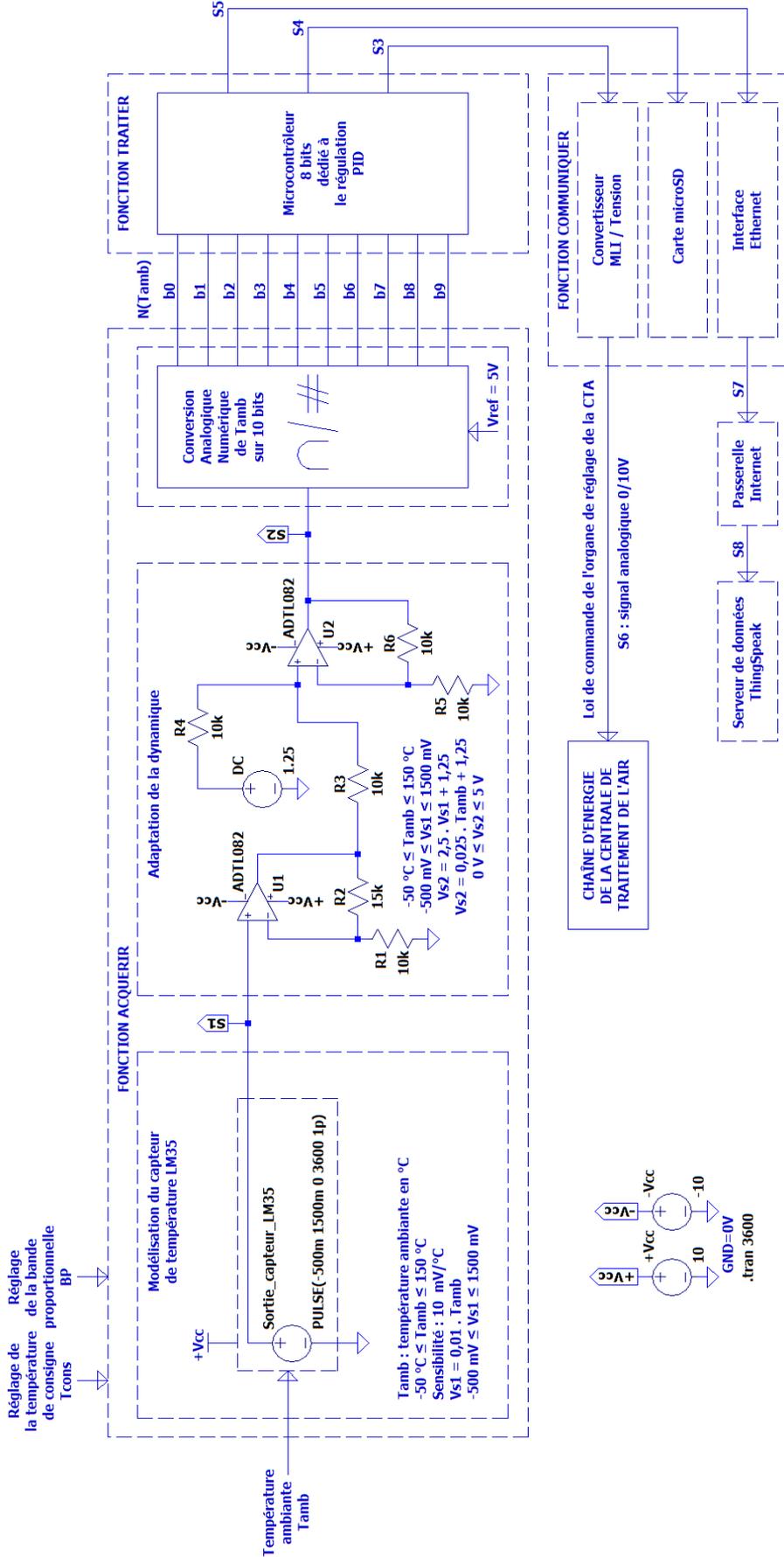
Tension du signal  
de sortie s6



# DTS2 – IBD partiel de la chaîne d'information de la CTA



# DTS3 – Schéma structurel partiel de la chaîne d'information de la CTA



# DTS5 – Extrait du fichier de sauvegarde des températures

Extrait du fichier "températures.csv" ouvert avec le tableur Excel

	A	B	C	D	E	F	G
1	Années	Mois	Jours	Heures	Minutes	Tcons	Tamb
2	2023	10	25	16	00	18,0	17,0
3	2023	10	25	16	15	18,0	17,0
4	2023	10	25	16	30	18,0	17,5
5	2023	10	25	16	45	18,0	17,5
6	2023	10	25	16	00	18,0	17,5
7	2023	10	25	16	15	18,0	17,5
8	2023	10	25	16	30	18,0	18,0
9	2023	10	25	16	45	18,0	18,0

Extrait du fichier "températures.csv" ouvert avec l'éditeur de texte Notepad++

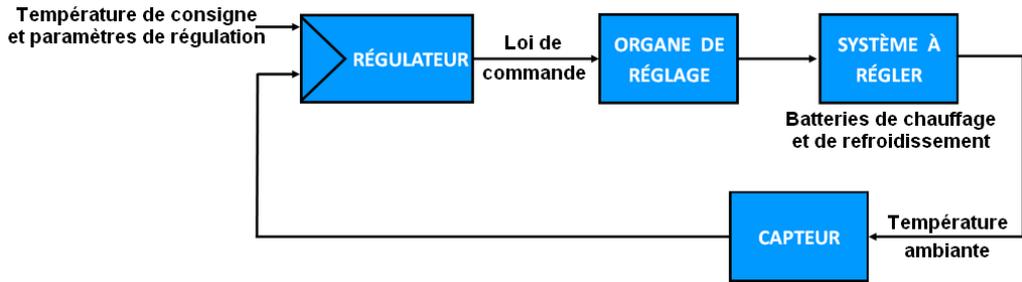
La première ligne est codée sur 45 octets  
 - 1 octet par caractère --> 43 octets  
 - 1 octet pour le retour chariot CR  
 - 1 octet pour le saut de ligne LF

Toutes les autres lignes sont codées sur 28 octets  
 - 1 octet par caractère --> 26 octets  
 - 1 octet pour le retour chariot CR  
 - 1 octet pour le saut de ligne LF

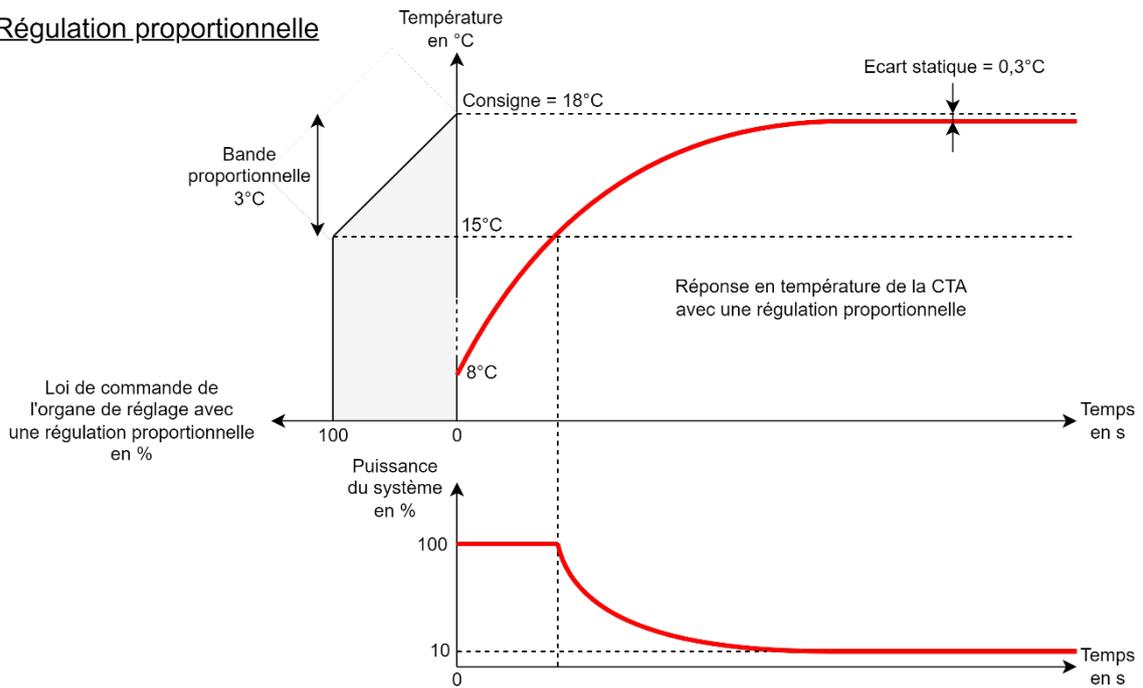
Extrait du fichier "températures.csv" ouvert avec l'éditeur hexadécimal Hex Editor Neo

	Code hexadécimal CR																Code hexadécimal LF																
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0a	0b	0c	0d	0e	0f	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0a	0b	0c	0d	0e	0f	
00000000	41	6e	6e	e9	65	73	3b	4d	6f	69	73	3b	4a	6f	75	72	41	6e	6e	e9	65	73	3b	4d	6f	69	73	3b	4a	6f	75	72	Années;Mois; Jour
00000010	73	3b	48	65	75	72	65	73	3b	4d	69	6e	75	74	65	73	73	3b	48	65	75	72	65	73	3b	4d	69	6e	75	74	65	73	s;Heures;Minutes
00000020	3b	54	63	6f	6e	73	3b	54	61	6d	62	0d	0a	32	30	32	3b	54	63	6f	6e	73	3b	54	61	6d	62	0d	0a	32	30	32	;Tcons;Tamb..202
00000030	33	3b	31	30	3b	32	35	3b	31	36	3b	30	30	3b	31	38	33	3b	31	30	3b	32	35	3b	31	36	3b	30	30	3b	31	38	3;10;25;16;00;18
00000040	2c	30	3b	31	37	2c	30	0d	0a	32	30	32	33	3b	31	30	2c	30	3b	31	37	2c	30	0d	0a	32	30	32	33	3b	31	30	,0;17,0..2023;10
00000050	3b	32	35	3b	31	36	3b	31	35	3b	31	38	2c	30	3b	31	3b	32	35	3b	31	36	3b	31	35	3b	31	38	2c	30	3b	31	;25;16;15;18,0;1
00000060	37	2c	30	0d	0a	32	30	32	33	3b	31	30	3b	32	35	3b	37	2c	30	0d	0a	32	30	32	33	3b	31	30	3b	32	35	3b	7,0..2023;10;25;
00000070	31	36	3b	33	30	3b	31	38	2c	30	3b	31	37	2c	35	0d	31	36	3b	33	30	3b	31	38	2c	30	3b	31	37	2c	35	0d	16;30;18,0;17,5.
00000080	0a	32	30	32	33	3b	31	30	3b	32	35	3b	31	36	3b	34	0a	32	30	32	33	3b	31	30	3b	32	35	3b	31	36	3b	34	.2023;10;25;16;4
00000090	35	3b	31	38	2c	30	3b	31	37	2c	35	0d	0a	32	30	32	35	3b	31	38	2c	30	3b	31	37	2c	35	0d	0a	32	30	32	5;18,0;17,5..202
000000a0	33	3b	31	30	3b	32	35	3b	31	36	3b	30	30	3b	31	38	33	3b	31	30	3b	32	35	3b	31	36	3b	30	30	3b	31	38	3;10;25;16;00;18
000000b0	2c	30	3b	31	37	2c	35	0d	0a	32	30	32	33	3b	31	30	2c	30	3b	31	37	2c	35	0d	0a	32	30	32	33	3b	31	30	,0;17,5..2023;10
000000c0	3b	32	35	3b	31	36	3b	31	35	3b	31	38	2c	30	3b	31	3b	32	35	3b	31	36	3b	31	35	3b	31	38	2c	30	3b	31	;25;16;15;18,0;1
000000d0	37	2c	35	0d	0a	32	30	32	33	3b	31	30	3b	32	35	3b	37	2c	35	0d	0a	32	30	32	33	3b	31	30	3b	32	35	3b	7,5..2023;10;25;
000000e0	31	36	3b	33	30	3b	31	38	2c	30	3b	31	38	2c	30	0d	31	36	3b	33	30	3b	31	38	2c	30	3b	31	38	2c	30	0d	16;30;18,0;18,0.
000000f0	0a	32	30	32	33	3b	31	30	3b	32	35	3b	31	36	3b	34	0a	32	30	32	33	3b	31	30	3b	32	35	3b	31	36	3b	34	.2023;10;25;16;4
00000100	35	3b	31	38	2c	30	3b	31	38	2c	30	0d	0a	..	..	..	35	3b	31	38	2c	30	3b	31	38	2c	30	0d	0a	..	..	..	5;18,0;18,0..

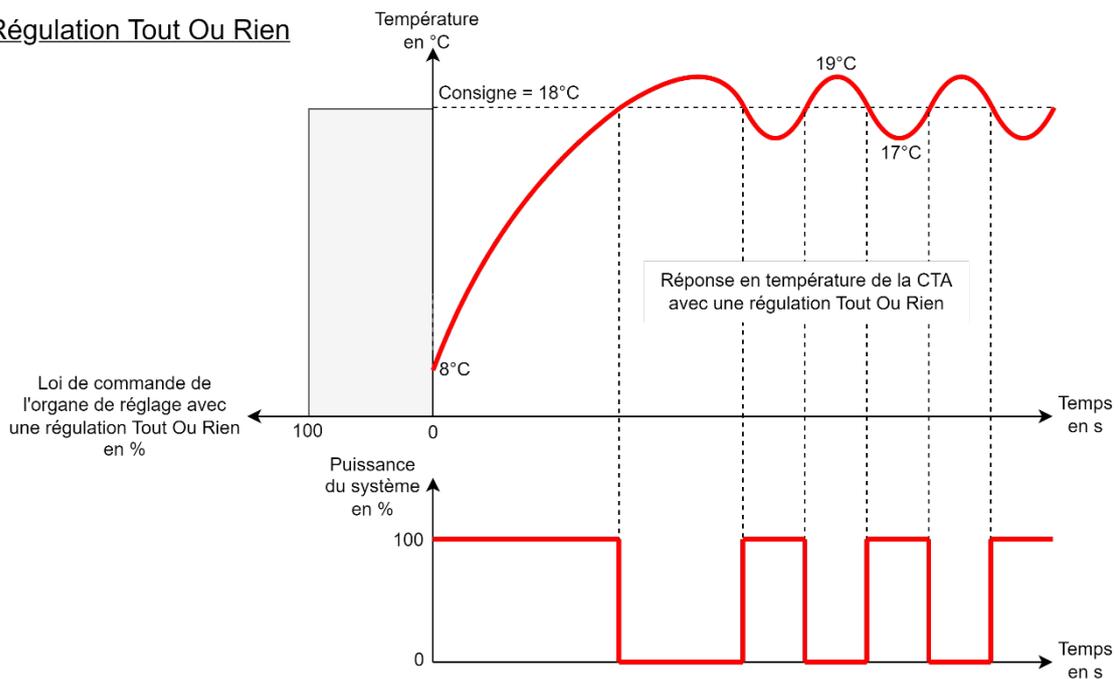
# DTS6 – Réponse en température de la centrale de traitement de l'air



## Régulation proportionnelle

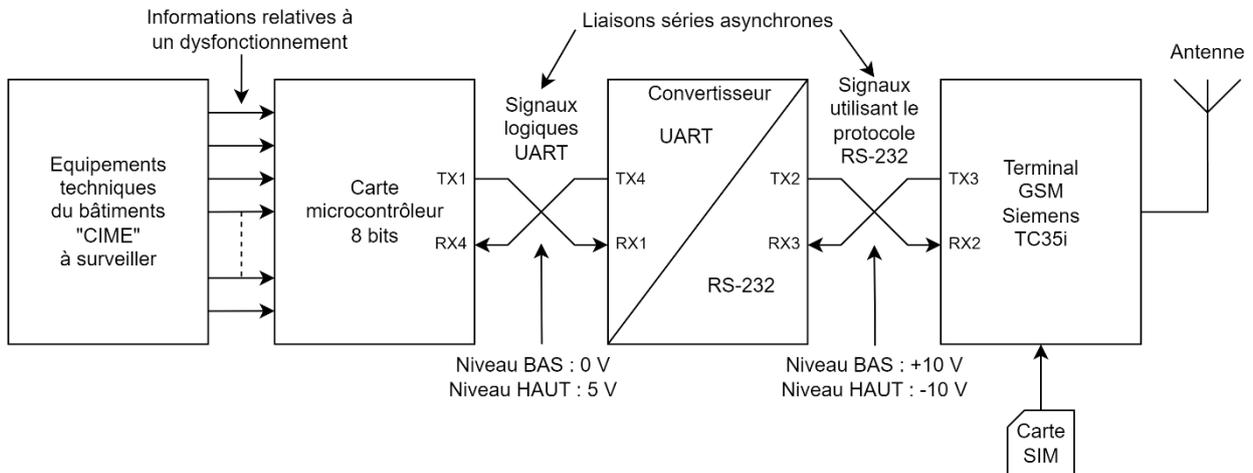


## Régulation Tout Ou Rien



## DTS7 – Schéma synoptique - Terminal Siemens TC35i

### Schéma synoptique de la gestion des dysfonctionnements



### Description du terminal TC35i

Le terminal TC35i est un appareil bi-bande spécialement conçu pour les communications voix et les applications transmettant un faible volume de données. L'unité de communication sans fil est protégée par un boîtier industriel robuste qui comprend également une série de connecteurs standard et un porte-cartes SIM.

En tant qu'appareil autonome, cette solution plug-and-play est équipée de connecteurs standards pour l'alimentation, l'antenne et le port série asynchrone au format RS-232. Le Terminal TC35i est particulièrement adapté aux applications M2M (Machine to Machine) avec un faible volume de transfert de données. Cela en fait un produit qui peut être utilisé dans un large éventail de domaines d'activité : comptage, télésurveillance, maintenance, transport et logistique, systèmes de circulation, distributeurs automatiques, sécurité et gestion des installations.



## DTS8 – Commandes AT

Les commandes AT sont définies dans la norme GSM 07.05 pour les SMS. AT est l'abréviation de ATtention. Ces deux caractères sont toujours présents pour commencer une ligne de commande sous forme de texte (code ASCII). Les commandes permettent la gestion complète du terminal GSM TC35i.

### *Liste des principales commandes AT*

Commande AT	Description
<b>AT+CGMI</b>	Retourne l'identité du constructeur
<b>AT+CGMM</b>	Retourne l'identité du modèle du fabricant
<b>AT+CGMR</b>	Retourne l'identité du modèle ainsi que la révision du module
<b>AT+CGPADDR</b>	Affiche l'adresse IP de l'interface mobile WAN
<b>AT+CGSN</b>	Retourne le numéro de série du produit
<b>AT+CIMI</b>	Retourne le IMSI - International Mobile Subscriber Identity number
<b>AT+CMGD</b>	Supprime les messages
<b>AT+CMGF</b>	Définit le format de présentation des SMS {0 : mode PDU - 1 : mode texte}
<b>AT+CMGL</b>	Liste les messages qui ont un certain statut à partir d'un stockage
<b>AT+CMGR</b>	Lit un message à partir d'un stockage
<b>AT+CMGS</b>	Envoi un SMS au numéro de téléphone
<b>AT+CMGW</b>	Ecrit un SMS dans le stockage de la carte SIM
<b>AT+CMSS</b>	Envoi un message à partir du stockage de la SIM
<b>AT+CNUM</b>	Retourne le numéro de téléphone (si il est disponible) à partir de la SIM
<b>AT+COPS?</b>	Liste les différents réseaux d'opérateurs mobiles disponibles
<b>AT+CPIN</b>	Retourne l'état de la carte SIM et permet de saisir un code de carte SIM
<b>AT+CPMS</b>	Sélectionne le type de stockage à utiliser pour envoyer un SMS
<b>AT+CREG</b>	Affiche le statut des enregistrements dans les réseaux
<b>AT+CSCA</b>	Définit le numéro de short message service centre (SMSC)
<b>AT+CSCS</b>	Définit le type d'encodage de caractères {GSM - HEX - IRA - PCDN - UCS2 - UTF-8}
<b>AT+CSQ</b>	Retourne la qualité du réseau sélectionné
<b>AT+GMI</b>	Retourne l'identité du constructeur
<b>AT+GMM</b>	Retourne l'identité du modèle du fabricant
<b>AT+GMR</b>	Retourne l'identité du modèle ainsi que la révision du module
<b>AT+GSN</b>	Retourne le numéro de série du produit

## DTS9 – Code ASCII

Le code ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) est une norme informatique pour le codage des caractères. En adoptant le même codage, les systèmes numériques conçus par n'importe quel fabricant savent ainsi échanger du texte, des nombres, des signes de ponctuation et bien d'autres symboles.

Exemple de codage de la commande AT suivante :

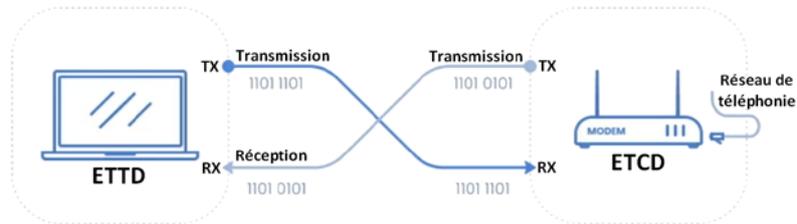
AT+CSQ (retourne la qualité du réseau sélectionné)

	Caractères					
	A	T	+	C	S	Q
Décimal	65	84	43	67	83	81
Hexadécimal	41	54	2B	43	53	51
Binaire (8 bits)	0100 0001	0101 0100	0010 1011	0100 0011	0101 0011	0101 0001

Dec	Hex	Char		Dec	Hex	Char		Dec	Hex	Char		Dec	Hex	Char	
0	00	<b>NUL</b>	(null)	32	20	<b>Space</b>		64	40	<b>@</b>		96	60	<b>`</b>	
1	01	<b>SOH</b>	(start of header)	33	21	<b>!</b>		65	41	<b>A</b>		97	61	<b>a</b>	
2	02	<b>STX</b>	(start of text)	34	22	<b>"</b>		66	42	<b>B</b>		98	62	<b>b</b>	
3	03	<b>ETX</b>	(end of text)	35	23	<b>#</b>		67	43	<b>C</b>		99	63	<b>c</b>	
4	04	<b>EOT</b>	(end of transmission)	36	24	<b>\$</b>		68	44	<b>D</b>		100	64	<b>d</b>	
5	05	<b>ENQ</b>	(enquiry)	37	25	<b>%</b>		69	45	<b>E</b>		101	65	<b>e</b>	
6	06	<b>ACK</b>	(acknowledge)	38	26	<b>&amp;</b>		70	46	<b>F</b>		102	66	<b>f</b>	
7	07	<b>BEL</b>	(bell)	39	27	<b>'</b>		71	47	<b>G</b>		103	67	<b>g</b>	
8	08	<b>BS</b>	(backspace)	40	28	<b>(</b>		72	48	<b>H</b>		104	68	<b>h</b>	
9	09	<b>TAB</b>	(horizontal tab)	41	29	<b>)</b>		73	49	<b>I</b>		105	69	<b>i</b>	
10	0A	<b>LF</b>	(line feed)	42	2A	<b>*</b>		74	4A	<b>J</b>		106	6A	<b>j</b>	
11	0B	<b>VT</b>	(vertical tab)	43	2B	<b>+</b>		75	4B	<b>K</b>		107	6B	<b>k</b>	
12	0C	<b>FF</b>	(form feed)	44	2C	<b>,</b>		76	4C	<b>L</b>		108	6C	<b>l</b>	
13	0D	<b>CR</b>	(carriage return)	45	2D	<b>-</b>		77	4D	<b>M</b>		109	6D	<b>m</b>	
14	0E	<b>SO</b>	(shift out)	46	2E	<b>.</b>		78	4E	<b>N</b>		110	6E	<b>n</b>	
15	0F	<b>SI</b>	(shift in)	47	2F	<b>/</b>		79	4F	<b>O</b>		111	6F	<b>o</b>	
16	10	<b>DLE</b>	(data link escape)	48	30	<b>0</b>		80	50	<b>P</b>		112	70	<b>p</b>	
17	11	<b>DC1</b>	(device control 1)	49	31	<b>1</b>		81	51	<b>Q</b>		113	71	<b>q</b>	
18	12	<b>DC2</b>	(device control 2)	50	32	<b>2</b>		82	52	<b>R</b>		114	72	<b>r</b>	
19	13	<b>DC3</b>	(device control 3)	51	33	<b>3</b>		83	53	<b>S</b>		115	73	<b>s</b>	
20	14	<b>DC4</b>	(device control 4)	52	34	<b>4</b>		84	54	<b>T</b>		116	74	<b>t</b>	
21	15	<b>NAK</b>	(negative acknowledge)	53	35	<b>5</b>		85	55	<b>U</b>		117	75	<b>u</b>	
22	16	<b>SYN</b>	(synchronous idle)	54	36	<b>6</b>		86	56	<b>V</b>		118	76	<b>v</b>	
23	17	<b>ETB</b>	(end of tr. block)	55	37	<b>7</b>		87	57	<b>W</b>		119	77	<b>w</b>	
24	18	<b>CAN</b>	(cancel)	56	38	<b>8</b>		88	58	<b>X</b>		120	78	<b>x</b>	
25	19	<b>EM</b>	(end of medium)	57	39	<b>9</b>		89	59	<b>Y</b>		121	79	<b>y</b>	
26	1A	<b>SUB</b>	(substitute)	58	3A	<b>:</b>		90	5A	<b>Z</b>		122	7A	<b>z</b>	
27	1B	<b>ESC</b>	(escape)	59	3B	<b>;</b>		91	5B	<b>[</b>		123	7B	<b>{</b>	
28	1C	<b>FS</b>	(file separator)	60	3C	<b>&lt;</b>		92	5C	<b>\</b>		124	7C	<b> </b>	
29	1D	<b>GS</b>	(group separator)	61	3D	<b>=</b>		93	5D	<b>]</b>		125	7D	<b>}</b>	
30	1E	<b>RS</b>	(record separator)	62	3E	<b>&gt;</b>		94	5E	<b>^</b>		126	7E	<b>~</b>	
31	1F	<b>US</b>	(unit separator)	63	3F	<b>?</b>		95	5F	<b>_</b>		127	7F	<b>DEL</b>	

## DTS10 – Liaison série asynchrone (UART) et protocole RS-232

La spécification formelle du protocole RS-232 le définit comme une interface de transmission de données binaires série entre un ETTD et un ETCD. L'ETTD, ou Équipement Terminal de Traitement de Données tel qu'un ordinateur, se trouve à l'une des extrémités de la connexion série RS-232. L'ETCD (Équipement Terminal de Circuit de Données), est par exemple un modem situé à l'autre extrémité de la connexion.



### Niveaux de tensions :

Etat logique	Niveaux physiques UART	Niveaux physiques RS-232
0	0 V	+ 3 V à + 25 V
1	5 V	-3 V à -25V

### Vitesse de transmission :

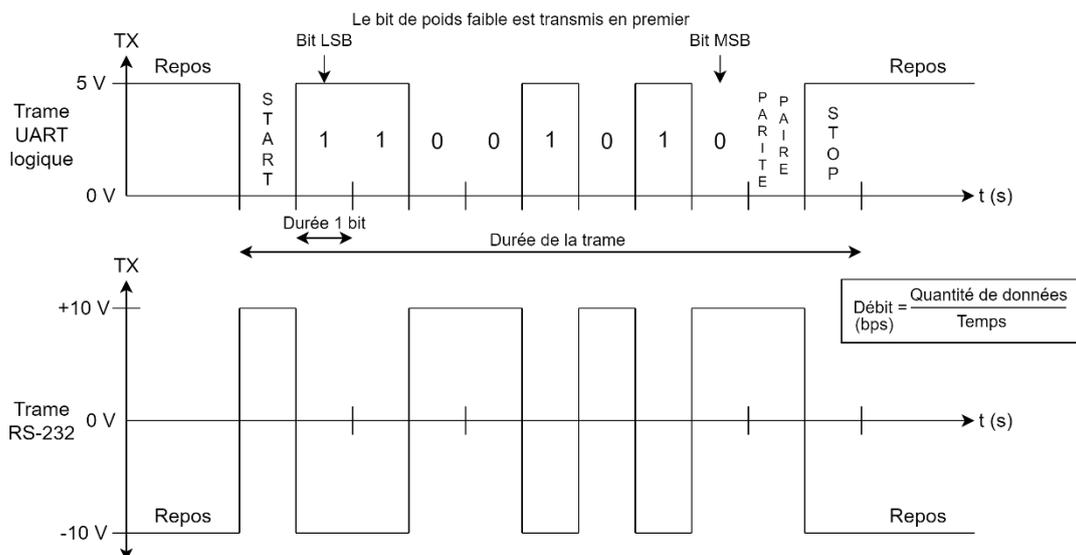
La vitesse de transmission correspond au nombre de bits binaires transmis par seconde. Pour le protocole RS-232, des vitesses de transmission de 110 à 230400 sont supportées, les plus courantes étant 1200, 4800, 9600 et 115200. La vitesse de transmission détermine la rapidité à laquelle s'effectue la transmission. Elle doit être la même aux deux extrémités d'une communication.

### Protocole de transmission :

La transmission étant du type asynchrone, des bits supplémentaires sont indispensables au fonctionnement : chaque mot est encapsulé pour former une trame.

Bit de Start	Données	Bit de parité	Bit(s) de Stop
1 bit	7 ou 8 bits	0 ou 1 bit	1 ou 1,5 ou 2 bits

### Format d'une trame :



# DTS11 – Algorithme de surveillance de la CTA

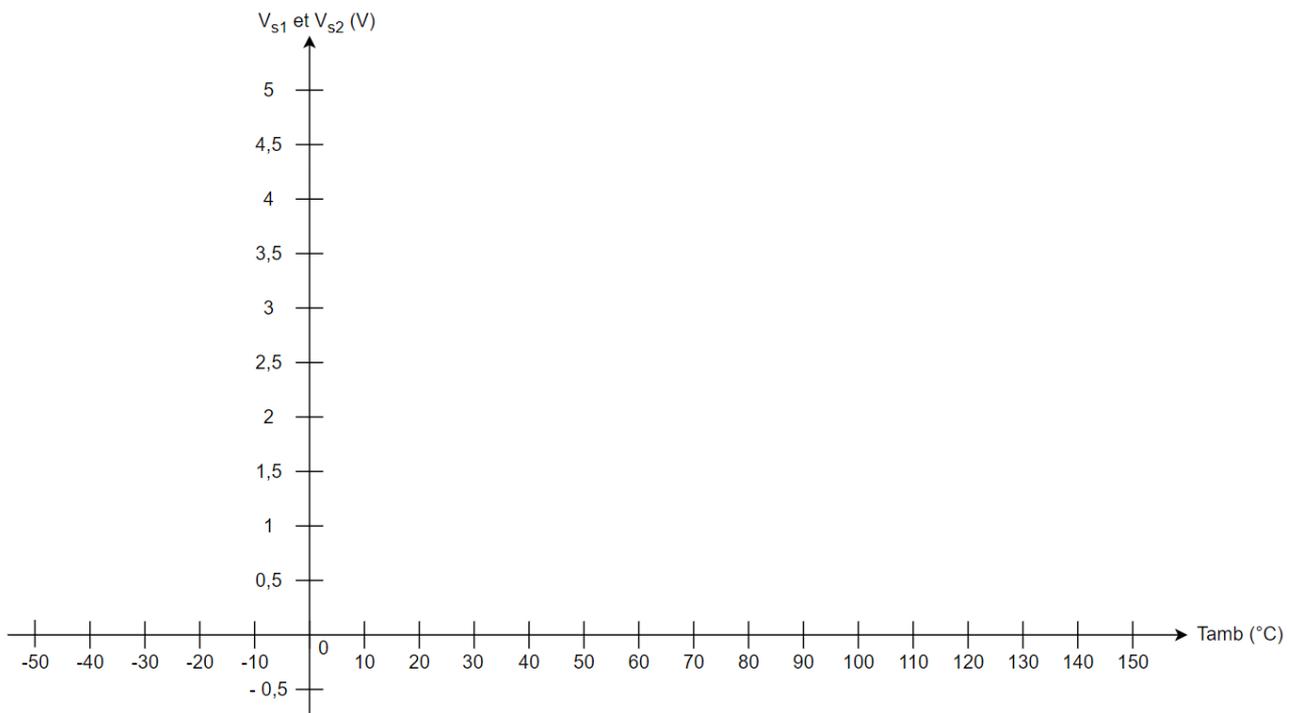
```
Programme IC35i_Send_SMS ;
# annonces de sous-programmes
PROCEDURE updateIC35iSerial
PROCEDURE setup

PROCEDURE updateIC35iSerial ;
DEBUT
  REPETER
  JUSQU'A CE QUE ( 100 ms écoulées ) ;
  TANT QUE ( Données disponibles sur le port Serial ) FAIRE
    TRANSMETTRE les données du port Serial au port IC35iSerial ;
  FINIQ
  TANT QUE ( Données disponibles sur le port IC35iSerial ) FAIRE
    TRANSMETTRE les données du port IC35iSerial au port Serial ;
  FINIQ
FIN

PROCEDURE setup ;
DEBUT
  Paramétrer le débit du port Serial à 9600 bps ;
  Paramétrer le débit du port IC35iSerial à 9600 bps ;
  AFFICHER "Initialisation du terminal IC35i" ; # Moniteur série de l'IDE du microcontrôleur
  EMETTRE la commande "AT" ; # Emetteur la commande AT pour tester la liaison RS-232
  updateIC35iSerial ; # Sous-programme de gestion des liaisons séries asynchrones entre le microcontrôleur et le terminal IC35i
  EMETTRE la commande "AT+CPIN=\"1234\""; # Emetteur la commande AT pour entrer le code PIN de la carte SIM
  updateIC35iSerial ;
  REPETER
  JUSQU'A CE QUE ( 4000 ms écoulées ) ;
  EMETTRE la commande "AT+CMGF=1" ; # Emetteur la commande AT pour paramétrer le formant du SMS en mode texte
  updateIC35iSerial ;
  Emetteur la commande "AT+CSCS=GSM" ; # Emetteur la commande AT pour sélectionner la table de caractères GSM
  updateIC35iSerial ;
  AFFICHER "En attente d'un dysfonctionnement de la CTA" ; # Moniteur série de l'IDE du microcontrôleur
FIN

DEBUTPROG
  setup ; # Sous-programme d'initialisation
  TANT QUE ( 1 ) FAIRE
    ACQUERIR l'état de l'entrée pinDefaultCTA ; # Acquérir l'information relative au dysfonctionnement de la CTA
    stateDefaultCTA <- pinDefaultCTA ; # La variable stateDefaultCTA contient l'information relative au dysfonctionnement de la CTA
    SI ( stateDefaultCTA=1 ) ALORS
      stateDefaultCTA <- 0 ; # Remette à zéro la variable stateDefaultCTA
      EMETTRE la commande "AT+CMGS="+33xxxxxxxxxxx\""; # Emetteur la commande AT pour envoyer un SMS (xxxxxxxx : numéro de téléphone du destinataire)
      updateIC35iSerial ;
      ENVOYER "Dysfonctionnement de la CTA" ; # Texte du message SMS à envoyer
      updateIC35iSerial ;
      EMETTRE le code 26 pour valider l'envoi du SMS ; # Emetteur le code 26 en décimal pour valider l'envoi du SMS
      updateIC35iSerial ;
    SINON
      updateIC35iSerial ; # Sous-programme de gestion des liaisons séries asynchrones entre le microcontrôleur et le terminal IC35i
    FINSI
  FINIQ
FINPROG
```

## DRS1 – Tensions $V_{s1}$ et $V_{s2}$ en fonction de la température ambiante



## DRS2 – Conversion analogique /numérique de la température ambiante

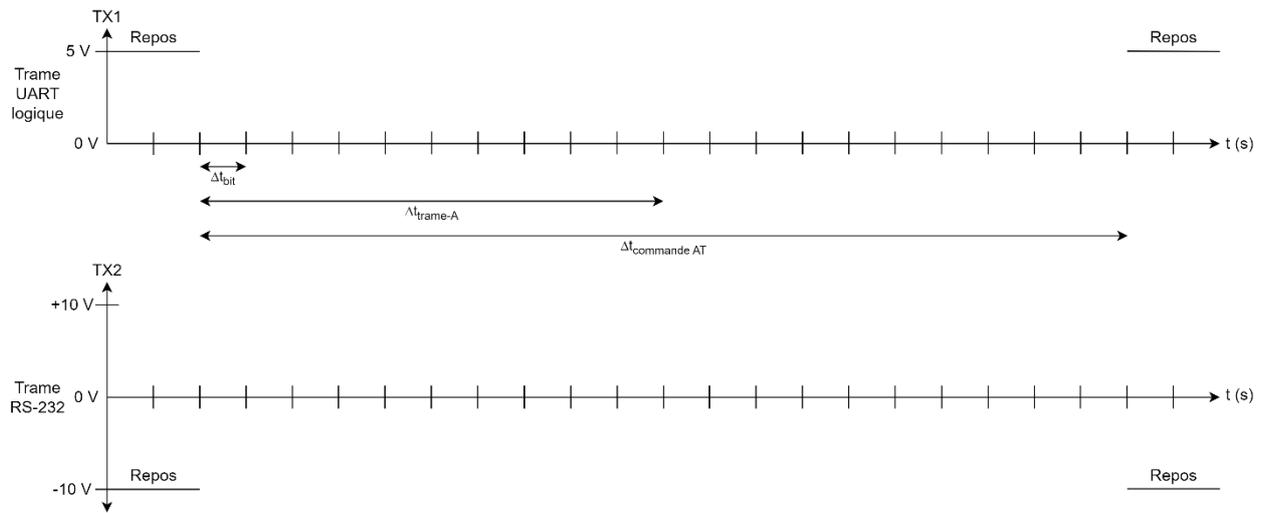
Température ambiante $T_{amb}$ ( $^{\circ}$ C)	$V_{s1}$ (V)	$V_{s2}$ (V)	Partie entière de $N(T_{amb})$ (décimal)	$N(T_{amb})$ (binaire)										$N(T_{amb})$ (hexadécimal)	
				b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0		
8															
18															
23															

## DRS3 – Conversion MLI / Tension

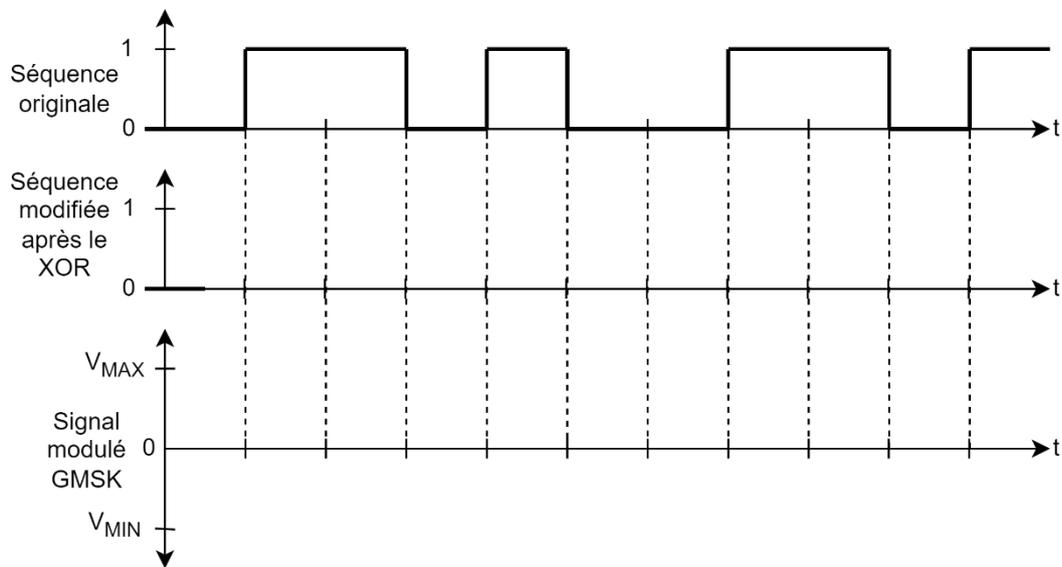
Température ambiante $T_{amb}$ ( $^{\circ}$ C)	Convertisseur MLI / Tension	
	Entrée	Sortie
	Rapport cyclique $\alpha$ du signal $s3$ (%)	Tension du signal $s6$ (V)
14		
16		
18		



## DRS4 – Trames d'une requête AT



## DRS5 – Modulation GMSK





```

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial TC35iSerial(2,3); //RX --> pin 2 ; TX --> pin 3
#define pinDefaultCTA 4 //Port D4 dédié à l'acquisition d'un dysfonctionnement CTA

void updateTC35iSerial() { //Sous-programme de gestion des liaisons séries asynchrones entre le microcontrôleur et le terminal TC35i
    delay(100);
    while (Serial.available()) {
        TC35iSerial.write(Serial.read()); //Les données reçues par la liaison série Serial sont transmises à la liaison série TC35iSerial
    }
    while(TC35iSerial.available()) {
        Serial.write(TC35iSerial.read()); //Les données reçues par la liaison série TC35iSerial sont transmises à la liaison série Serial
    }
}

void setup() { //Sous-programme d'initialisation
    Serial.begin(9600); //Débit = 9600 bps
    TC35iSerial.begin(9600); //Débit = 9600 bps
    Serial.println("Initialisation du Terminal TC35i");
    TC35iSerial.println(""); //Commande AT pour tester la liaison RS-232
    updateTC35iSerial();
    TC35iSerial.println(""); //Commande AT pour entrer le code PIN de la carte SIM
    updateTC35iSerial();
    delay(4000);
    TC35iSerial.println(""); //Commande AT pour paramétrer le format du SMS en mode texte
    updateTC35iSerial();
    TC35iSerial.println(""); //Commande AT pour sélectionner la table de caractères GSM
    updateTC35iSerial();
    Serial.println("En attente d'un dysfonctionnement de la CTA");
}

void loop() { //Programme principal
    bool stateDefaultCTA=digitalRead(pinDefaultCTA); //Acquisition de l'information relative au dysfonctionnement de la CTA
    if(!stateDefaultCTA == 1) {
        stateDefaultCTA=0;
        TC35iSerial.println(""); //Commande AT pour envoyer un SMS
        updateTC35iSerial();
        TC35iSerial.println("");
        updateTC35iSerial();
        TC35iSerial.write(""); //Code décimal (26) correspondant à la touche Ctrl+z pour valider l'envoi du SMS
        updateTC35iSerial();
    }
    else {
        updateTC35iSerial();
    }
}

```

