

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2024

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

Jeudi 20 juin 2024

Durée de l'épreuve : **4 heures**

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

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

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

Ce sujet comporte 37 pages numérotées de 1/37 à 37/37.

Constitution du sujet :

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

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

Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.

Tous les documents réponses, mêmes vierges, sont à rendre obligatoirement avec la copie.

Téléo
Le téléphérique urbain de Toulouse

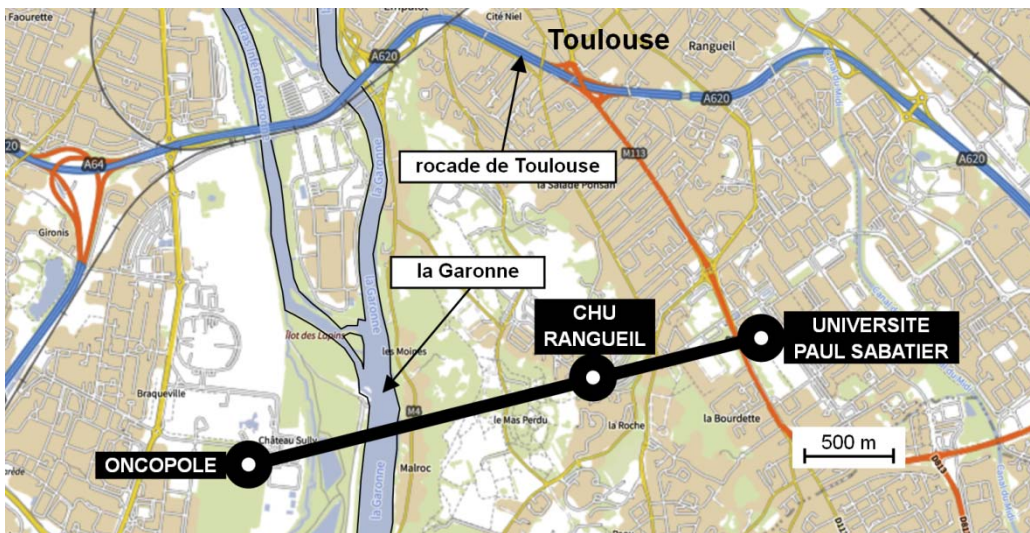


- Présentation de l'étude et questionnement..... pages 3 à 9
- Documents techniques DT1 à DT11 pages 10 à 17
- Documents réponses DR1 à DR6..... pages 18 à 22

Mise en situation

Le projet d'un téléphérique urbain, de 3 km, à Toulouse, reliant l'Oncopole à l'Université Paul Sabatier et passant par le CHU de Rangueil, a été inauguré le 13 mai 2022 sous le nom de Téléo.

Trois gares ont été implantées : une gare motrice au niveau de l'Université Paul Sabatier (UPS), une gare retour à l'Oncopole (ONC) et une gare intermédiaire au CHU de Rangueil (CHU).

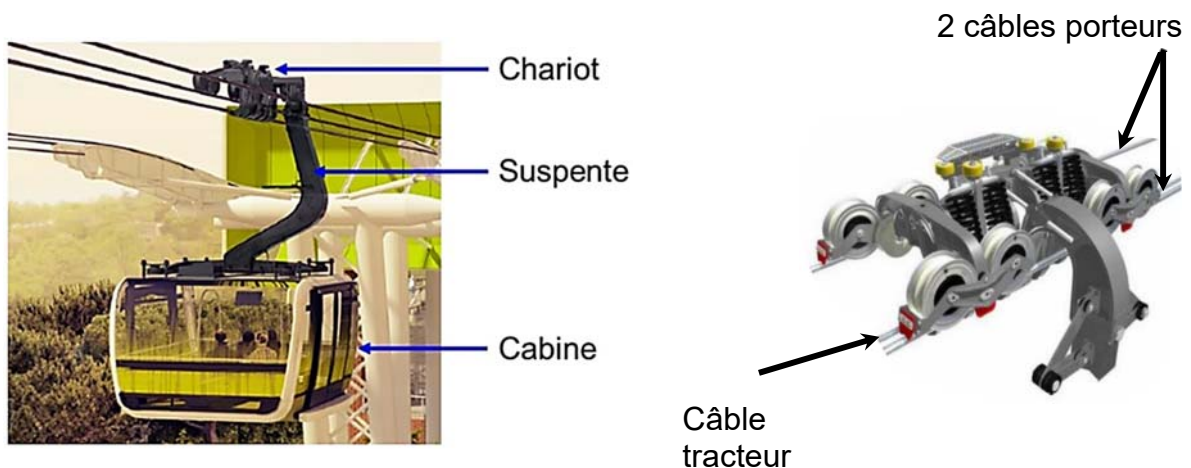


Le choix d'un téléphérique urbain

Le choix d'un téléphérique et le tracé ont été choisis pour proposer une alternative efficace aux véhicules personnels qui circulent sur un réseau saturé. En effet, la rocade de Toulouse est très souvent embouteillée aux heures de pointe.

Particularités du type de téléphérique à câbles retenu

Le téléphérique est de type 3S ; constitué de trois câbles : un câble tracteur et deux câbles porteurs. Le câble tracteur met en mouvement les cabines et les deux câbles porteurs supportent le déplacement de l'ensemble chariot, suspente et cabine.



Travail demandé

Partie 1 : le téléphérique de Toulouse Téléo est-t-il une solution de mobilité urbaine durable et environnementale ?

Question 1.1
DT2

Citer le moyen de transport qui reste majoritairement utilisé en France métropolitaine pour les déplacements en 2019.

Indiquer l'évolution des parts des modes de transports de la voiture et des transports en commun entre 2008 et 2019.

Question 1.2
DT1, DT3

Relever toutes les valeurs associées à l'exigence « besoin performance » concernant le débit attendu de passagers.

Justifier la typologie de télécabines à mouvement unidirectionnel continu retenue pour le téléphérique de Toulouse.

En voiture, le trajet de 7,4 km entre la gare de l'Université Paul Sabatier (UPS) et la gare de l'Oncopole, dure en moyenne 14 minutes en temps normal et 28 minutes en heures de pointe. La distance parcourue par le téléphérique entre la gare de l'Université Paul Sabatier et la gare Oncopole est de 3 km.

Question 1.3

Calculer, en minutes, la durée du trajet en téléphérique entre l'Université Paul Sabatier et l'Oncopole à la vitesse de $7,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et en tenant compte d'un arrêt de 20 s en gare du CHU de Rangueil.

Calculer, en minutes, pour le même parcours, le gain de temps réalisé par rapport au transport en voiture en temps normal et en heures de pointe.

Question 1.4
DT4, DT5

Calculer le rapport des émissions de gaz à effet de serre du mode de transport par voiture sur le mode de transport par téléphérique.

Comparer la valeur trouvée précédemment avec la valeur communiquée par TISSEO.

Question 1.5

Justifier l'utilité du téléphérique de Toulouse, d'un point de vue fonctionnel et environnemental.

Partie 2 : quelles solutions mettre en œuvre pour optimiser la consommation énergétique du téléphérique ?

La variation de la vitesse des cabines en fonction des heures d'affluence et l'optimisation du rendement du système d'entraînement principal du câble tracteur sont deux des solutions envisagées afin de réduire la consommation énergétique du téléphérique.

Question 2.1

DT6

Indiquer le nombre de moteurs installés sur le système d'entraînement principal du câble tracteur.

Indiquer le nombre total de poulies en contact avec le câble tracteur.

Parmi toutes les poulies, **indiquer** le nombre de poulies qui peuvent être motrices.

Pour la suite, l'étude porte sur le cas où un seul moteur actionne le système d'entraînement principal du câble tracteur par l'intermédiaire d'une poulie.

- Choix du système d'entraînement principal du câble tracteur :

Deux typologies de systèmes motorisés et pilotés par un variateur de vitesse ont été envisagées par le bureau d'études pour l'entraînement principal du câble tracteur :

- Système d'entraînement principal 1 : un moteur asynchrone associé à un réducteur de vitesse entraîne la poulie motrice.
- Système d'entraînement principal 2 : un moteur brushless est en prise directe avec la poulie motrice (Direct Drive).

Question 2.2

DR1

Compléter les diagrammes ibd partiels des systèmes d'entraînement principaux 1 et 2, en précisant la nature des flux d'énergies en utilisant les termes suivants :

énergie électrique modulée – énergie mécanique de rotation adaptée
– énergie mécanique de rotation – énergie électrique

Question 2.3

À partir du DR1, **calculer** les rendements globaux r_1 et r_2 des systèmes d'entraînement principaux 1 et 2.

En déduire le système d'entraînement principal le plus avantageux concernant l'optimisation de la consommation d'énergie.

- Étude de l'influence du choix de la variation de vitesse selon des plages horaires :

Le bureau d'études a choisi de mettre en place le système d'entraînement motorisé en prise directe avec la poulie motrice (Direct Drive) et de limiter la vitesse de déplacement des cabines en fonction des plages horaires :

- **Vitesse 1** : vitesse de fonctionnement en heures normales.
- **Vitesse 2** : vitesse de fonctionnement en heures de pointe.

Question 2.4 | **Relever** la vitesse maximale et la durée du trajet en secondes pour le fonctionnement à vitesse 2 entre les gares UPS et Oncopole.
DT7
DR3 | **Comparer** la durée du trajet UPS-Oncopole en téléphérique à la durée du même trajet en voiture qui est de 14 minutes en temps normal.
Compléter les trois premières lignes du document réponses DR3.

Le document technique DT6 présente le système d'entraînement principal. Le diamètre d'une poulie motrice est de 4,55 m.
Les vitesses des cabines sont de $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ pour V1 et de $6,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ pour V2.

Question 2.5 | **Calculer** la vitesse angulaire d'une poulie motrice en $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ pour la vitesse 2. **Reporter** la valeur sur le DR3.
DT6
DR3

Le couple de la poulie motrice est égal à $307 \text{ kN}\cdot\text{m}$ quelle que soit la vitesse des cabines.

Question 2.6 | **Vérifier** que la puissance mécanique fournie par le moteur pour la vitesse 2 est $917,6 \text{ kW}$.

Le rendement global variateur-moteur est de 95% pour les deux plages horaires.

Question 2.7 | **Calculer** la puissance électrique consommée par le moteur en kW pour la vitesse 2. **Reporter** la valeur sur le DR3.
DR3

La durée de fonctionnement à la vitesse 2 est de 2 heures par jour.

Question 2.8 | **Calculer** l'énergie totale consommée en une journée par le moteur en $\text{kW}\cdot\text{h}$ pour la vitesse 2. **Reporter** la valeur sur le DR3.
DR3

Lorsque la vitesse des cabines est fixée à sa valeur maximale, l'énergie consommée en une journée par le moteur est de $19\,200 \text{ kW}\cdot\text{h}$.

Lorsque le déplacement des cabines est géré en fonction des deux vitesses V1 et V2, l'énergie consommée en une journée par le moteur est de $15\,569 \text{ kW}\cdot\text{h}$.

Question 2.9 | En sachant que le prix TTC du $\text{kW}\cdot\text{h}$ est de $0,075 \text{ €}$, **calculer** l'économie journalière en euros réalisée par la mise en œuvre d'une variation de vitesse des cabines. **Reporter** la valeur sur le DR3.
DR3

Question 2.10 | **Conclure** sur les moyens mis en œuvre pour réduire la consommation énergétique du système motorisé d'entraînement principal du câble tracteur, tout en gardant un service rendu satisfaisant à l'utilisateur.

Partie 3 : comment faciliter l'accès du Téléo aux personnes à mobilité réduite (P.M.R.) ?

Tous les moyens de transport, y compris les téléphériques, doivent être accessibles aux personnes en situation de handicap.

- Zone « parking » Oncopole :

Question 3.1

DT8
DR4

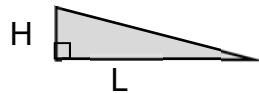
Vérifier la conformité du parking vis-à-vis des quatre exigences manquantes de la réglementation à savoir : situation, nombre, caractéristiques dimensionnelles, atteintes et usages.

- Rampe d'accès nord de la gare Oncopole :

Question 3.2

DT9

Calculer la pente moyenne en % entre les profils 1N et 6N.



$$\text{Pente en \%} = 100 \times \frac{H}{L}$$

Lorsqu'une dénivellation ne peut être évitée, un plan incliné de pente inférieure ou égale à 6 % doit être aménagé afin de la franchir.

Question 3.3

Conclure quant à la conformité de la zone « parking Oncopole » y compris la rampe d'accès nord vis-à-vis de la réglementation.

Partie 4 : comment identifier une personne à distance ?

Le site comprend 280 caméras connectées au réseau informatique local.

- Configuration du réseau informatique :

Le document réponses DR2 représente de manière simplifiée le réseau de vidéoprotection limité à quatre caméras par gare.

Rappel : un masque de sous réseau 255.255.0.0 peut aussi s'écrire « /16 »

Question 4.1

DR2

Compléter le DR2 en proposant des adresses IP compatibles avec leurs masques de sous-réseau associés pour les caméras de la gare CHU.

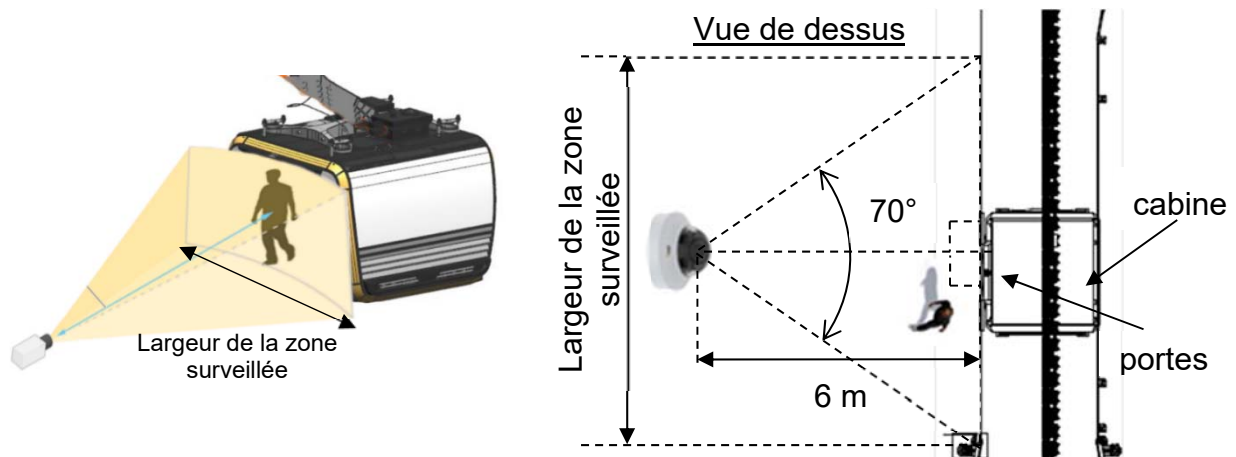
Question 4.2

Déterminer le nombre maximal de clients que l'on peut adresser sur ce réseau.

Valider le choix d'un masque « /16 » pour adresser l'ensemble des 280 caméras du site.

- Identification de la personne :

Le schéma simplifié ci-dessous représente la zone surveillée par la caméra V_CHU01 :



Quand une cabine se présente à la gare CHU, le quai est filmé par une caméra positionnée à une distance de 6 mètres face aux portes de la cabine. Son angle de vue horizontal est de 70°.

Question 4.3 | À partir du schéma simplifié en vue de dessus, **calculer** la largeur de la zone surveillée en m.

La largeur de la zone surveillée est de 8,5 mètres.

Question 4.4 | En sachant que la caméra a une résolution horizontale de 2 688 pixels, **calculer** la largeur en cm que représente 1 pixel sur l'image captée par la caméra.

Question 4.5 | **Citer** le type de besoin opérationnel imposé par le cahier des charges fonctionnel concernant la vidéoprotection.
DT1, DT10
En déduire le nombre minimum de pixels horizontaux pour filmer un visage.

La largeur d'un pixel sur l'image captée représente 0,32 cm.

Question 4.6 | En considérant qu'une personne a une largeur de visage de 16 cm, **justifier** par un calcul et une comparaison que l'exigence sur l'identification des personnes est bien validée.

Partie 5 : comment assurer le confort thermique des passagers d'une cabine ?

La cabine ne dispose pas de fenêtres ouvrantes. En cas d'arrêt prolongé en plein soleil, la température intérieure peut atteindre des valeurs difficilement supportables pour les passagers.

Question 5.1 | **Citer** l'exigence imposée concernant le confort thermique de la cabine
DT1 | en fonctionnement normal et en arrêt prolongé par temps chaud.

- Principe de fonctionnement de la ventilation :

Le principe de la ventilation de la cabine est présenté sur le DT11. Quatre fonctionnements sont possibles :

- En fonctionnement NORMAL, la cabine est en mouvement et elle se ventile naturellement grâce aux grilles d'aération hautes et basses. Sans passager, tous les ventilateurs sont arrêtés. En présence de passager(s), les ventilateurs bas (VB) fonctionnent et tout l'air est rejeté à l'arrière de la cabine du fait de son déplacement.
- En fonctionnement ARRET PROLONGÉ, sans passager, tous les ventilateurs sont arrêtés. En présence de passager(s), les ventilateurs bas (VB) fonctionnent tout comme le ventilateur d'extraction (VEX) qui extrait l'air de la cabine entrant par les grilles d'aération.
- En fonctionnement EXTRACTION, avec ou sans passager(s), tous les ventilateurs fonctionnent.
- En fonctionnement PARKING, tous les ventilateurs sont arrêtés.

Question 5.2 | **Compléter** le DR5 en représentant avec des flèches les flux d'air
DT11 | entrant et sortant de la cabine en présence de passagers en
DR5 | fonctionnement NORMAL et en ARRET PROLONGÉ.

- Pilotage des ventilateurs de la cabine :

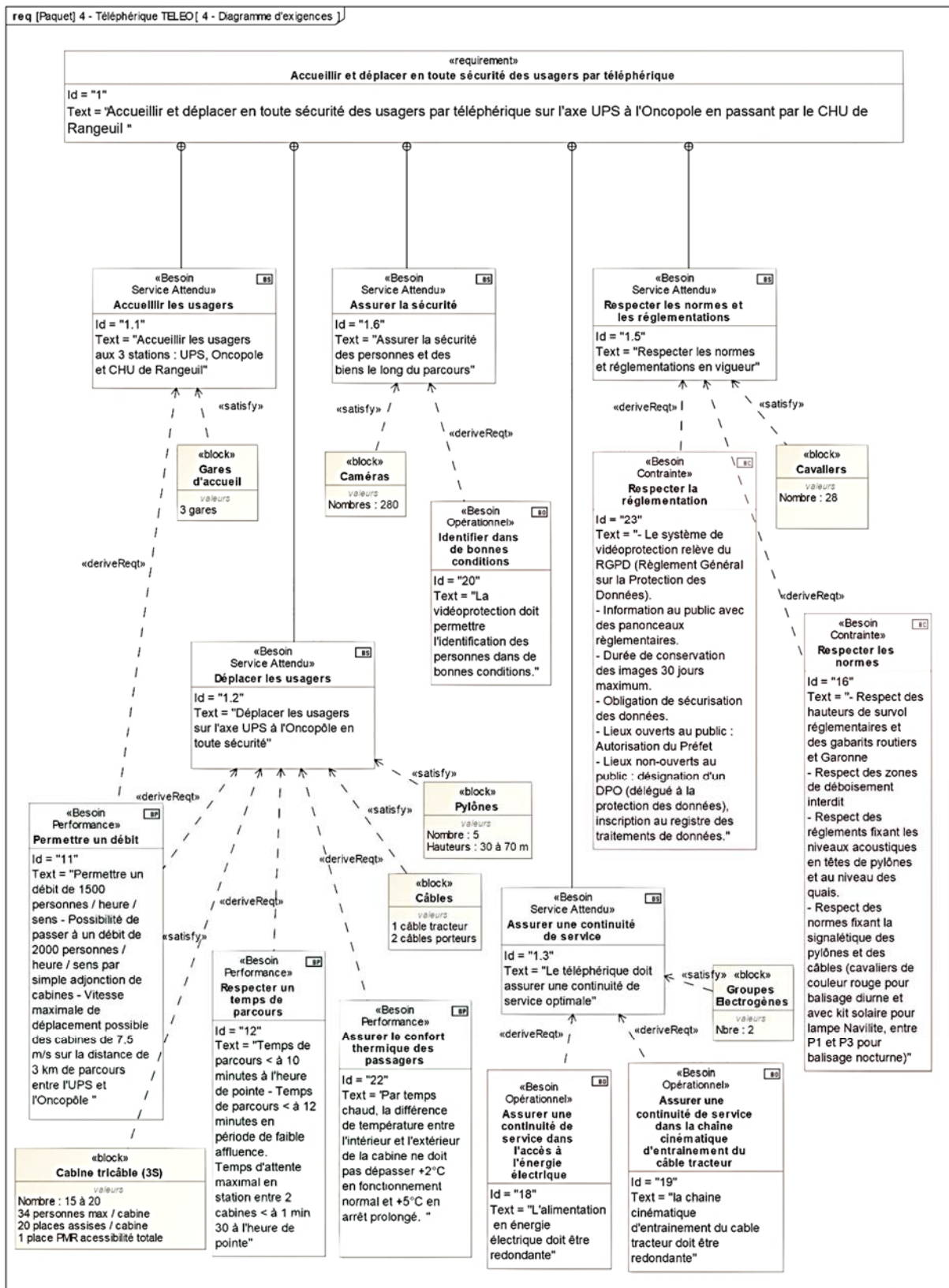
Question 5.3 | **Compléter** la table de vérité de VB sur le document réponses DR5.
DR5

Question 5.4 | **Compléter** l'algorithme du pilotage des ventilateurs en utilisant les
DR6 | termes : activer ou arrêter.

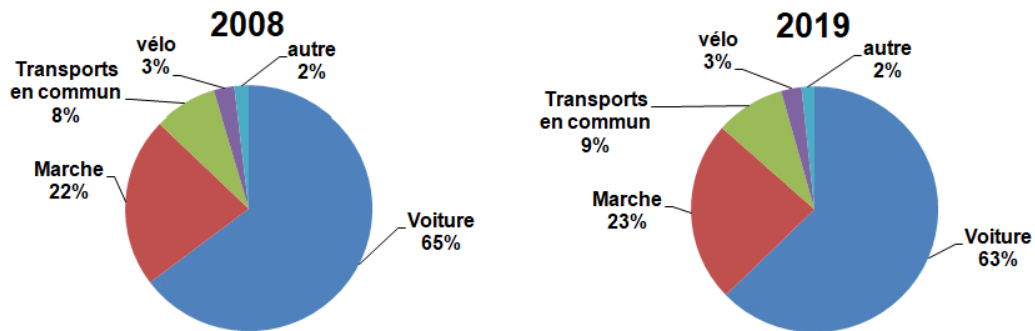
En plus de la ventilation, les concepteurs ont équipé la cabine de deux spoilers, un à l'avant et un à l'arrière.

Question 5.5 | À partir des résultats des tests de confort thermique, **montrer** que seul
DT1, DT11 | ce choix permet de répondre aux exigences de confort imposées.

DT1 : diagramme d'exigences partiel du téléphérique



DT2 : évolution des parts des modes de transport (en nombre de déplacements) en France métropolitaine entre 2008 et 2019

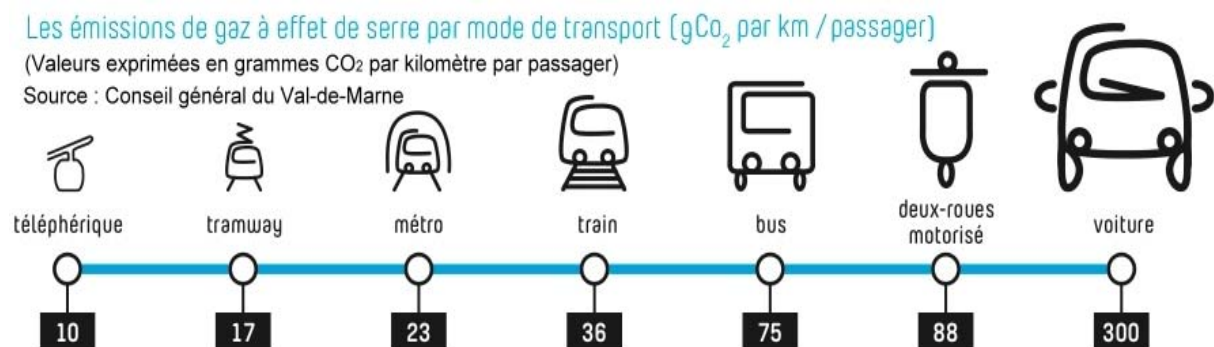


Champ : déplacements des individus âgés de 6 ans ou plus résidant en France métropolitaine. -
 © Sources : SDES, Enquête mobilité des personnes 2018-2019 ; Insee, Enquête nationale transports et déplacements 2007-2008 (SOeS - Insee - Inrets).

DT3 : caractéristiques des différentes typologies des télécabines à mouvement unidirectionnel continu

	Typologie de télécabines à mouvement unidirectionnel continu			
	Les télécabines monocâbles	Les télécabines doubles monocâbles	Télécabines bi-câble (2S1)	Télécabines tri-câble (3S)
Capacité maximale	Jusqu'à 3200 voyageurs par heure et par sens	Jusqu'à 4000 voyageurs par heure et par sens	Jusqu'à 4000 voyageurs par heure et par sens	Jusqu'à 4500 voyageurs par heure et par sens
Capacité des cabines	Jusqu'à 15 places	24 à 30 places au maximum selon les systèmes	Jusqu'à 17 places	Jusqu'à 35 places
Vitesse max. (Réglementaire)	21,6 km/h (6 m/s)	28,8 km/h (8 m/s) - (installations en service : plutôt 6 m/s ou 7 m/s)	27 km/h (7,5 m/s)	27 km/h (7,5 m/s)
longueur maximale du câble	Couramment de 150 m à 300 m	Jusqu'à 800 m pour des installations réalisées en France	1500 m	Jusqu'à 3000m

DT4 : comparatif des émissions de gaz à effet de serre de différents modes de transport

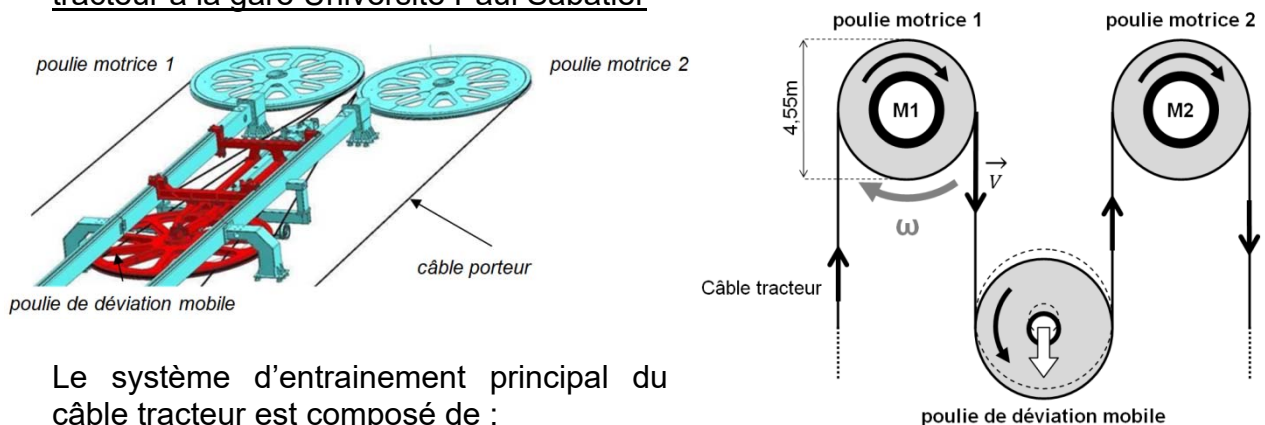


DT5 : document d'informations du téléphérique réalisé par TISSEO



DT6 : système d'entraînement principal du câble tracteur

Représentation schématique simplifiée du système d'entraînement principal du câble tracteur à la gare Université Paul Sabatier



Le système d'entraînement principal du câble tracteur est composé de :

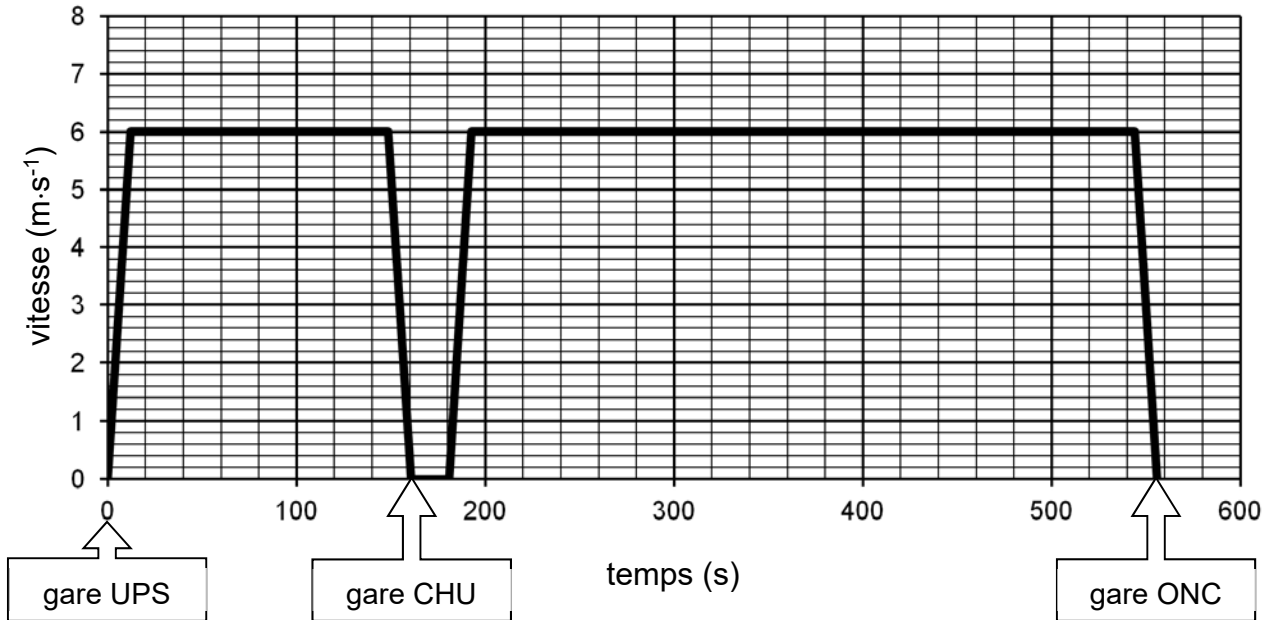
- 2 motorisations d'entraînement :

Les moteurs **M1** et/ou **M2** entraînent le câble à une vitesse maximale de $7,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ via les poulies motrices 1 et 2. Chaque moteur est dimensionné pour pouvoir entraîner seul le câble tracteur. Si le choix est fait d'utiliser les deux moteurs pour entraîner le câble tracteur, alors ils fonctionnent à puissance réduite.

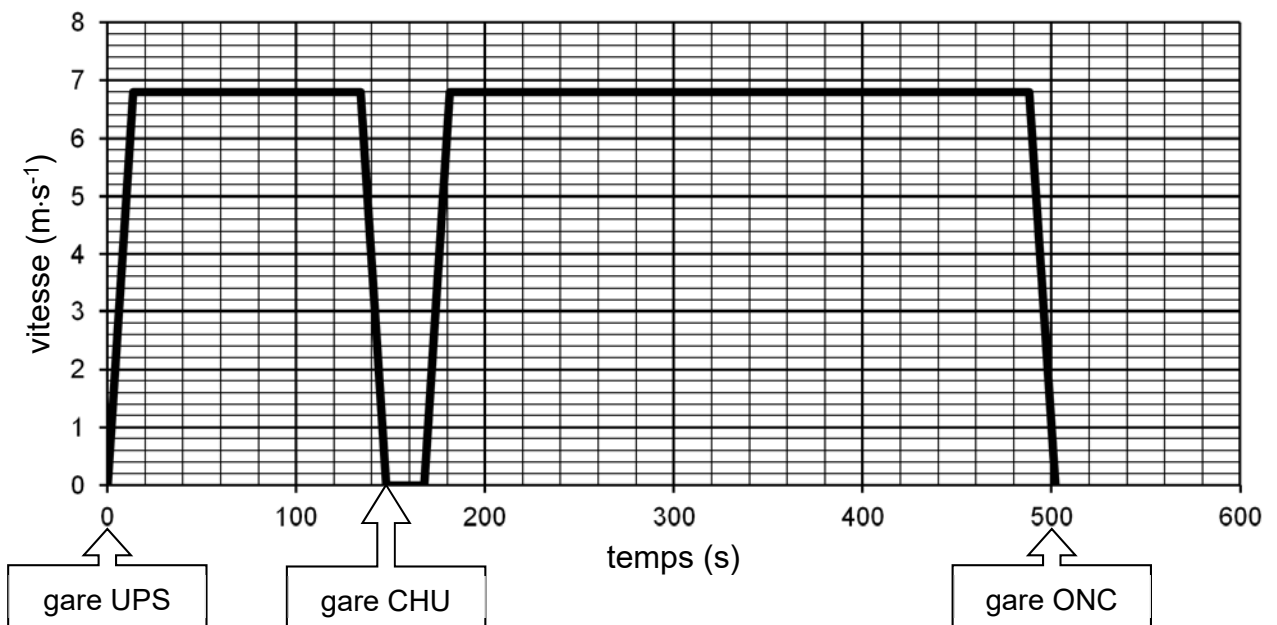
- 1 poulie de déviation permet de contrôler la tension du câble tracteur et garantir son adhérence sur les poulies motrices.

DT7 : vitesse du téléphérique sur le trajet UPS-CHU-Oncopole à Vitesse 1 et à Vitesse 2

Graphe des vitesses – Vitesse 1



Graphe des vitesses – Vitesse 2

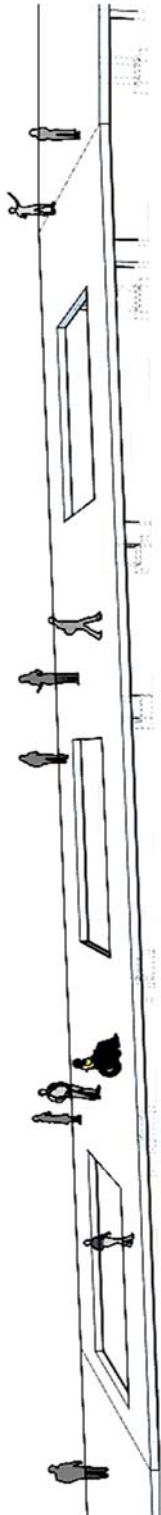


UPS = Université Paul Sabatier
CHU = Centre Hospitalier Universitaire
ONC = Oncopole

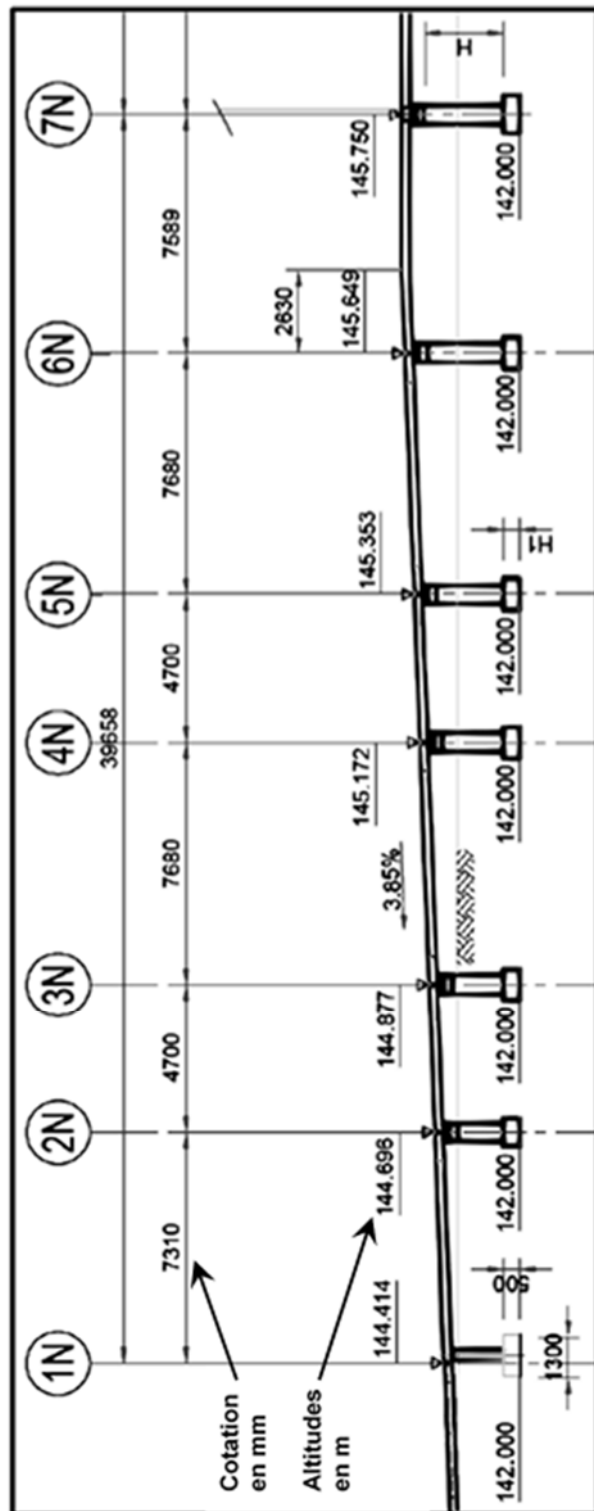
DT8 : extrait du plan d'aménagement du parking Oncopole







DT9 : profil en long de la passerelle nord



La représentation simplifiée ci-dessus est donnée à titre indicatif, elle n'intègre pas les garde-corps et autres éléments architecturaux.



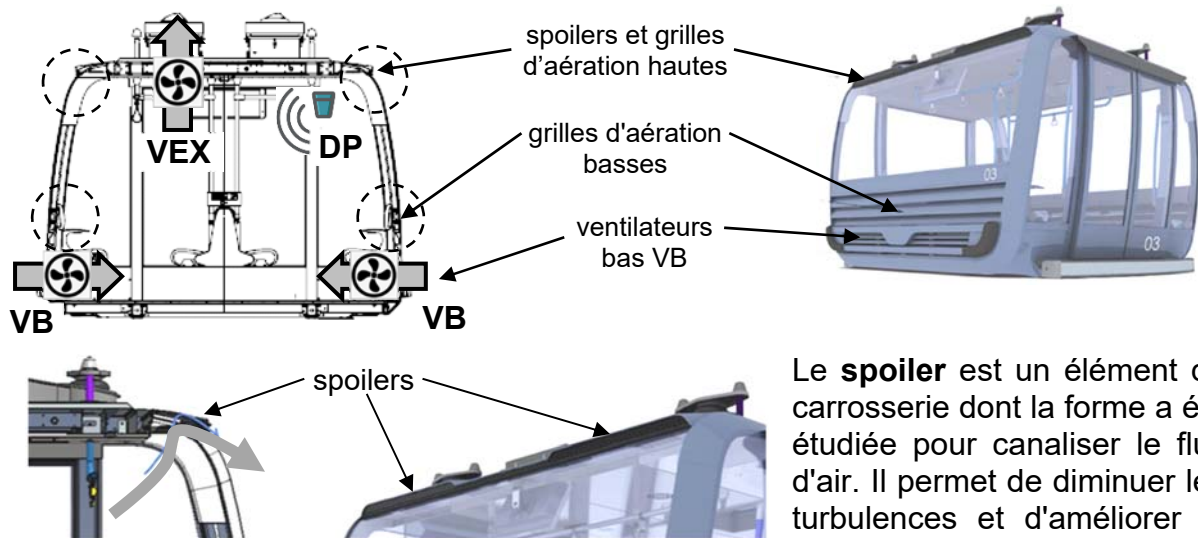
DT10 : besoin en vidéoprotection

Type de besoin	Reconnaissance	Identification dans de bonnes conditions*	Identification en conditions difficiles
Nombre de pixels horizontaux pour la largeur du visage 	20 pixels minimum 	40 pixels minimum 	80 pixels minimum 

* **Bonnes conditions** : les personnes se déplacent à vitesse raisonnable et sous un angle où les détails sont suffisamment visibles, ce qui se produit le plus souvent à l'intérieur, lorsque l'éclairage est uniforme, ou encore à l'extérieur, avec un éclairage supplémentaire.

DT11 : principe de la ventilation de la cabine

La ventilation passive est réalisée grâce à des grilles d'aération en bas et au plafond à l'avant et à l'arrière de la cabine. La ventilation active est réalisée par des ventilateurs situés en bas de la cabine (**VB**) et en toiture (**VEX**). Un détecteur de mouvements fixé au plafond détecte la présence de passagers (**DP**).



Le **spoiler** est un élément de carrosserie dont la forme a été étudiée pour canaliser le flux d'air. Il permet de diminuer les turbulences et d'améliorer le débit d'air.

Résultats des tests de confort thermique :

Date du test : **21 juin 2022**

Température extérieure : **37,5°C**

Relevés des températures ambiantes à l'intérieur de la cabine :

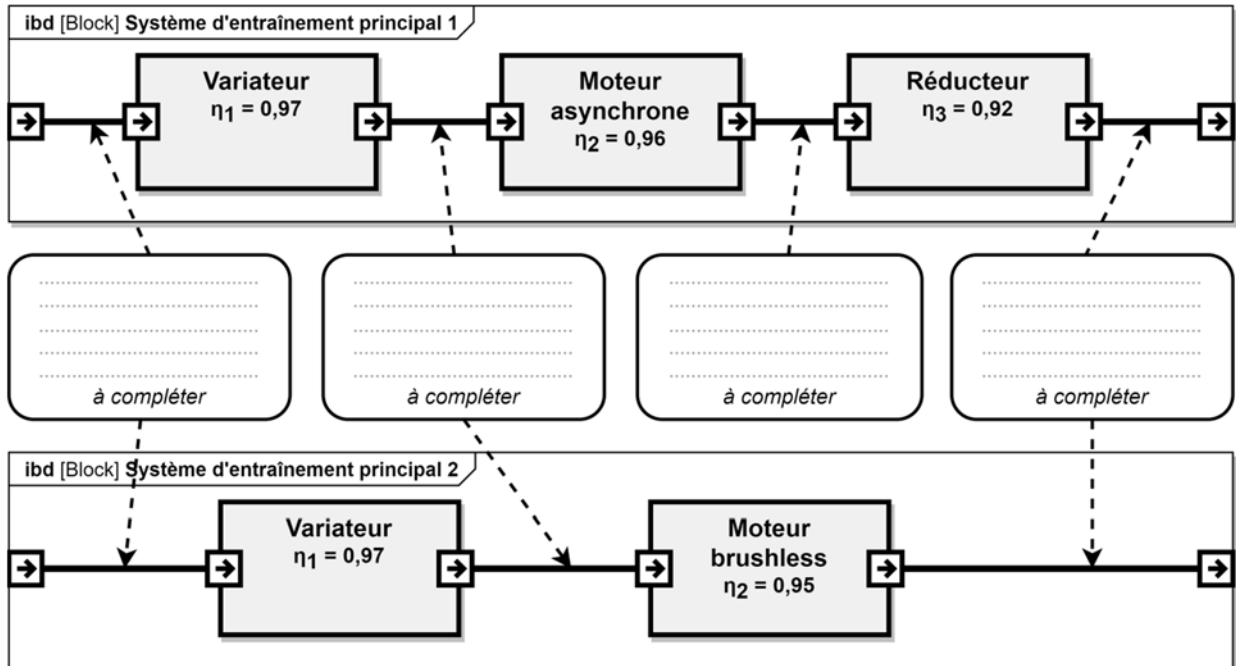
	Spoiler AR	Spoiler AV	Fonctionnement normal	Arrêt prolongé
Test n°1	retiré	retiré	38,5 °C	44 °C
Test n°2	en place	retiré	38 °C	42,7 °C
Test n°3	retiré	en place	38,5 °C	42,7 °C
Test n°4	en place	en place	37,7 °C	42 °C

Spoiler AR = spoiler à l'arrière de la cabine

Spoiler AV = spoiler à l'avant de la cabine

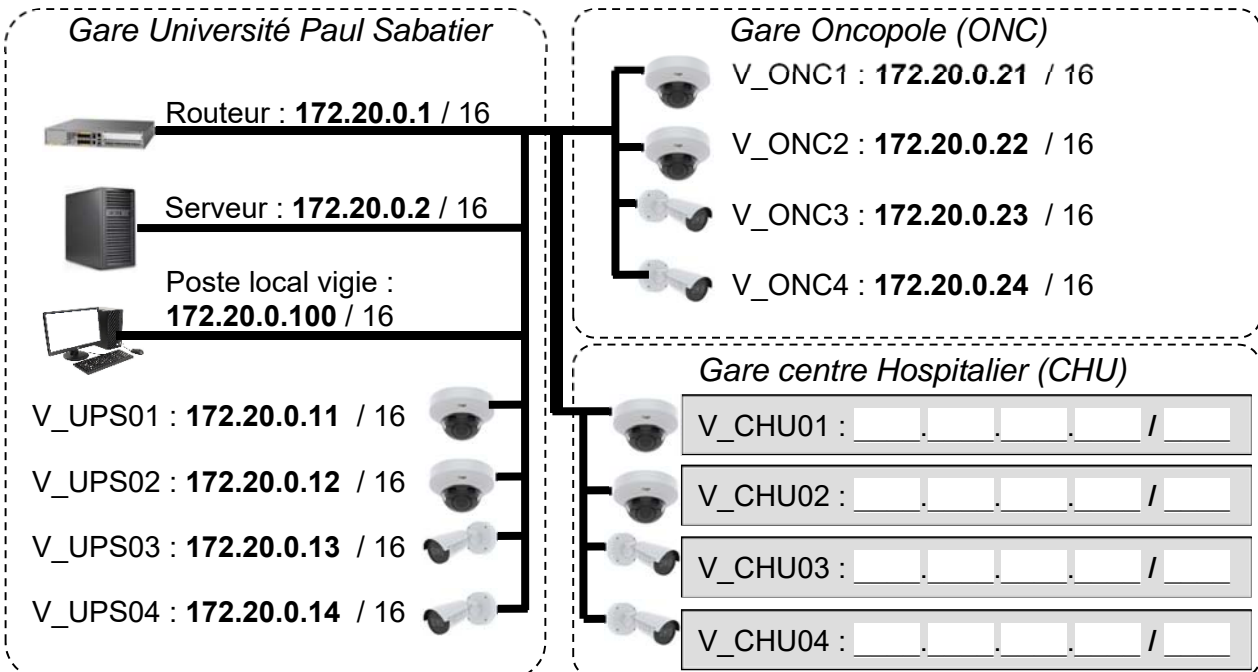
Document réponses DR1

Question 2.2 :



Document réponses DR2

Question 4.1 :



Document réponses DR3

Tableau de synthèse des réponses des questions 2.4 à 2.9 :

Les calculs sont réalisés pour une vitesse constante des cabines.

Questions		Vitesse 1	Vitesse 2
Q2.4	Vitesse max atteinte en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	$6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	
	Durée du trajet en s	560 s	
	> ou < au temps normal en voiture	<	
Q2.5	Vitesse angulaire des poulies motrices en $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$	$\omega_{\text{poulie}} = 2,64 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$	
Q2.6	Puissance mécanique fournie par le moteur en kW	$P_1 = 809,67 \text{ kW}$	$P_2 = 917,6 \text{ kW}$
Q2.7	Puissance électrique consommée par le moteur en kW	$P_{a1} = 852,28 \text{ kW}$	
Q2.8	Énergie totale consommée en une journée par le moteur en $\text{kW}\cdot\text{h}$	$E_1 = 13\,636,55 \text{ kW}\cdot\text{h}$	
Q2.9	Économie journalière en euro réalisée		

Document réponses DR4

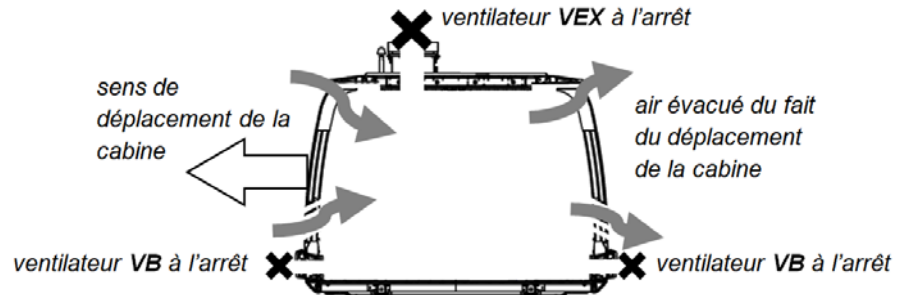
Question 3.1 :

EXIGENCES		OUI/NON	JUSTIFICATION
Situation	Places de stationnement adaptées localisées à proximité d'une entrée		
Repérage	Présence d'un marquage au sol	Oui	Indiqué sur la vue en plan
	Présence d'une signalisation verticale	Oui	Indiqué sur le repérage
Nombre	2% du nombre total de places de parking		
Caractéristiques dimensionnelles	Dévers inférieur ou égal à 2%		
	Largeur minimale des places adaptées est de 3,30m		
	Longueur minimale des places adaptées est de 5 m.		
Atteinte et usage	Appareils d'interphonie munis d'un système permettant de visualiser le conducteur.		

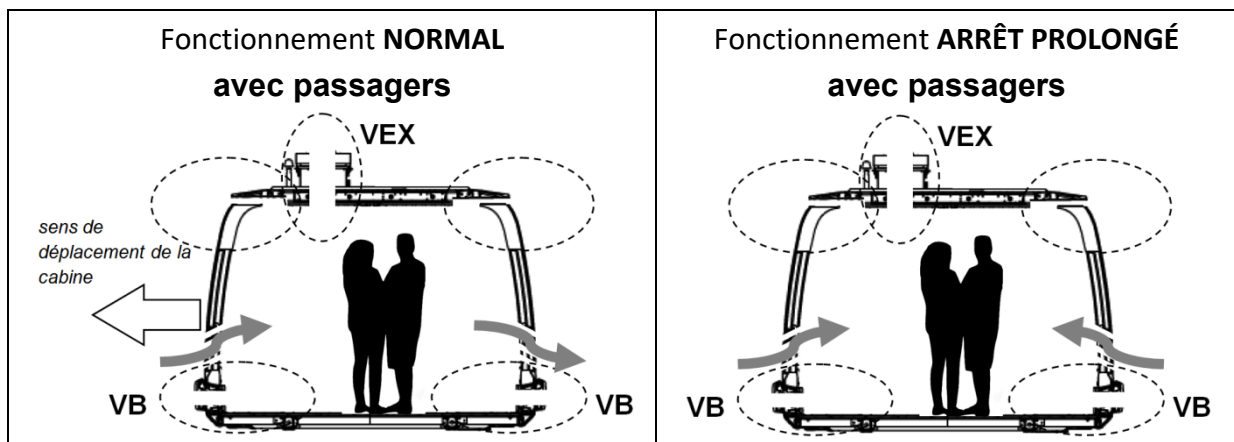
Document réponses DR5

Question 5.2 :

Flux d'air pour le fonctionnement **NORMAL sans passager**



Compléter les zones en pointillés ci-dessous en indiquant le sens des flux d'air.



Question 5.3 :

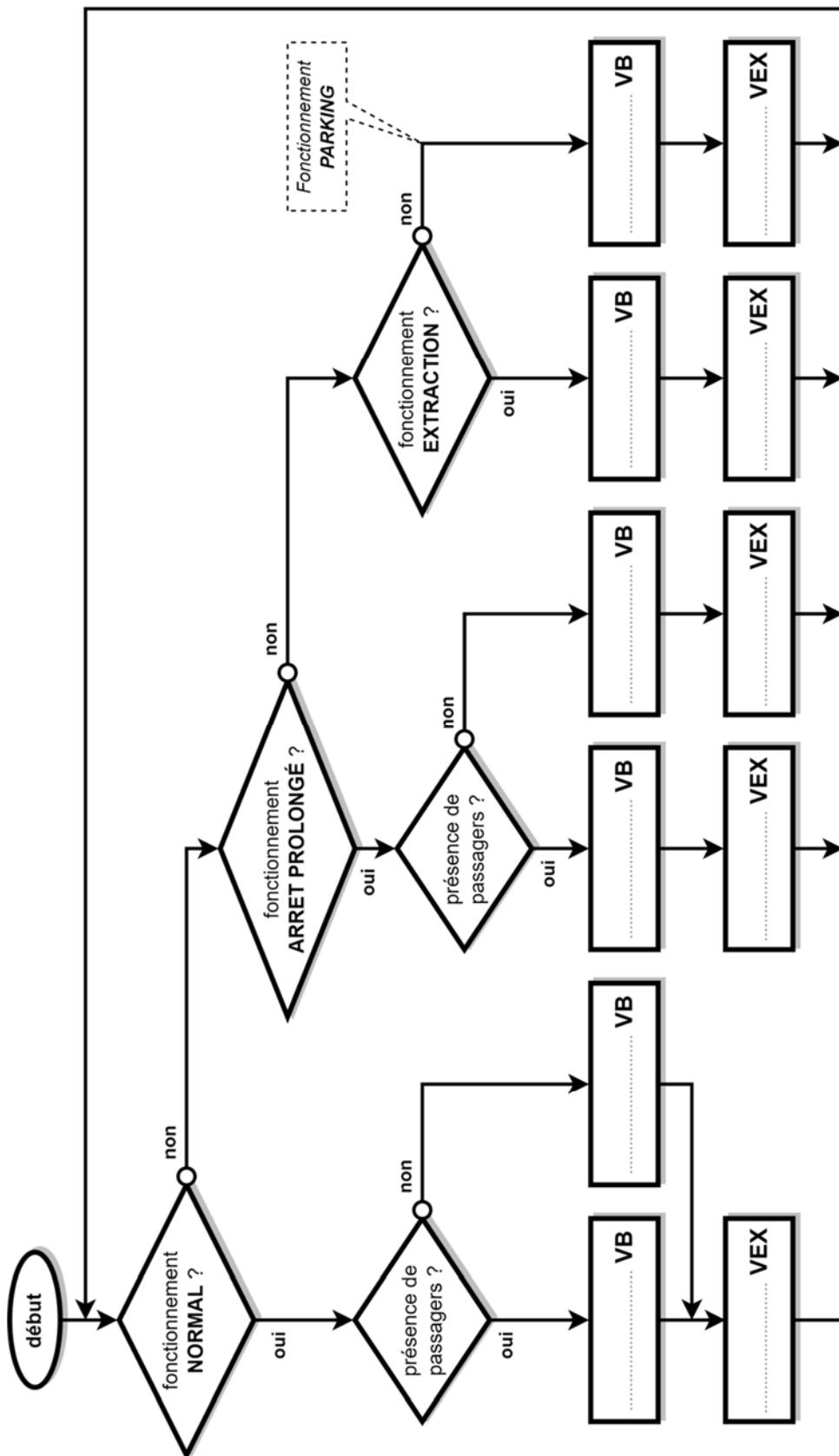
Les bits **B0** et **B1** permettent de coder le mode de fonctionnement de la ventilation.

Un niveau logique 0 sur **VB** ou **VEX** signifie que le ventilateur est à l'arrêt.

Un niveau logique 1 sur **DP** signifie qu'une personne est détectée dans la cabine.

fonctionnement	B1	B0	DP	VB	VEX
NORMAL	0	0	0	0	0
	0	0	1		0
ARRÊT PROLONGÉ	0	1	0		0
	0	1	1		1
EXTRACTION	1	0	0		1
	1	0	1		1
PARKING	1	1	0		0
	1	1	1		0

Question 5.4 :



PARTIE enseignement spécifique (1,5h)..... 8 points

Vous prendrez une nouvelle copie pour traiter cette partie.

Architecture et Construction

TÉLÉPHÉRIQUE de TOULOUSE

Téléo



- Présentation de l'étude et questionnement pages 24 à 27
- Documents techniques DTS1 à DTS8 pages 28 à 35
- Documents réponses DRS1 à DRS2 pages 36 à 37

Mise en situation

La station UPS du téléphérique Téléo de Toulouse est constituée entre autre :

- de la station proprement dite comprenant le système tracteur du téléphérique ;
- d'un garage atelier de maintenance nécessaire à l'entretien des cabines ;
- d'un local de distribution HTA (15 à 30kV), nécessaire à l'alimentation du téléphérique ;
- d'un local vigie permettant la surveillance, le bon fonctionnement du téléphérique et la sécurité des usagers.

Travail demandé

Partie A : comment assurer le confort visuel des utilisateurs du « local vigie » tout en optimisant l'efficacité énergétique de l'éclairage ?

Les obligations du code du travail permettent de s'assurer à la fois de la sécurité et du confort des utilisateurs et des salariés.

Le bureau d'études a opté pour la technologie LED de type SMD (Surface Mounting Device) code 840 utilisant des composants très fins (moins de 1 mm d'épaisseur) montés en surface d'un circuit imprimé. Les LED SMD 840 sont insérées dans quatre luminaires à diffuseur opaque.

Question A.1
DTS1

Relever la plage de valeurs de l'indice de rendu des couleurs IRC des LED SMD 840 et la **comparer** aux valeurs permettant d'assurer un certain confort.

Relever la température de couleur correspondante pour le local vigie et l'éclairage réglementaire.

Définir en justifiant dans quelle zone d'ambiance A, B ou C de la courbe de Kruithof se situe cet éclairage et **conclure**.

La répartition lumineuse ou l'uniformité des niveaux d'éclairage qui caractérise les variations du niveau d'éclairage est définie comme étant le rapport entre l'éclairage minimum et l'éclairage moyen observé sur le plan utile : $U = \frac{E_{\text{minimum}}}{E_{\text{moyen}}}$.

Selon la norme EN 12464-1, les tâches à concentration intensive nécessitent un indice d'uniformité U au moins égal à 0,6.

Question A.2
DTS2

Relever les valeurs minimale et maximale d'éclairage sur la simulation d'éclairage du plan utile.

Relever la valeur de U sur le plan utile.

Justifier la conformité réglementaire de la simulation de l'éclairage du local vis-à-vis de l'éclairage E et de l'uniformité U sur le plan utile.

L'efficacité lumineuse en $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$ est définie par $\eta_v = \frac{\text{flux lumineux de la source } \Phi \text{ (lm)}}{\text{puissance consommée (W)}}$

Question A.3
DTS2

Calculer l'efficacité lumineuse d'une lampe LED SMD840.

Calculer l'efficacité lumineuse d'un luminaire équipé de lampes LED SMD840.

Justifier la différence entre ces deux valeurs.

Actuellement les lampes LED ont une efficacité énergétique maximale de $100 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$.

Question A.4

Calculer le gain (%) d'efficacité énergétique réalisé à l'aide de la technologie SMD par rapport à une technologie LED classique.

Valider le choix du bureau d'études par rapport aux contraintes réglementaires et environnementales.

Partie B : la performance thermique de la station UPS est-elle conforme à la réglementation ?

Le bâtiment est soumis à la RT2012, réglementation relative aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiment. La réalisation de l'étude thermique permet de s'assurer que le projet est conforme aux exigences de la réglementation thermique.

Question B.1
DTS3
DRS1

Calculer les valeurs de la résistance thermique et du coefficient de transmission thermique pour les parois donnant sur l'extérieur ainsi que pour la toiture terrasse puis **reporter** ces valeurs sur le tableau du DRS1.

Question B.2 | **Comparer** toutes les valeurs de U obtenues avec les recommandations des fabricants.
DTS3 | **Indiquer** si ces dernières sont respectées.
DRS1

Question B.3 | **Commenter** les résultats obtenus lors de la simulation du comportement thermique du bâtiment en précisant sur quels pôles il faudrait agir pour réduire les consommations énergétiques.
DTS4

Partie C : la structure porteuse de la station UPS garantit-elle la sécurité et le service attendus ?

La structure de la station UPS est une structure métallique dont le modèle numérique est représenté sur le DTS5. La toiture terrasse supporte une bande végétalisée de 9 m de largeur encadrée par deux zones gravillonnées de 3,53 m de largeur.

L'étude porte sur la résistance mécanique ainsi que sur la déformée d'une traverse intermédiaire constituée d'un profilé métallique de type IPE 140 (DTS7) qui supporte la toiture terrasse partiellement végétalisée.

Les IPE sont espacés de 1,922 m.

Question C.1 | **Calculer** la valeur des charges permanentes en $\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$ dues à la bande végétalisée sur le tableau du DRS2.
DTS6 |
DRS2

Calculer les charges réparties à l'état limite ultime ELU et les **reporter** sur la modélisation des charges mécaniques agissant sur la traverse intermédiaire.

Question C.2 | **Relever** la valeur du module d'inertie plastique de flexion W_{ply} correspondant au profilé retenu et la **convertir** en mm^3 .
DTS7

Question C.3 | **Relever** la valeur du moment fléchissant maximum M_{Ed} subi par la traverse à l'ELU.
DTS8

Question C.4 | **Calculer** la valeur du moment résistant de la traverse $M_{\text{c,Rd}}$.
DTS6 | **Conclure** quant à la condition de résistance.

Le coefficient de sécurité de conception s est défini par : $s = \frac{\text{charge à l'ELU}}{\text{charge à l'ELS}}$

La marge de sécurité m désigne la proportion de charge de conception qui excède la charge spécifiée. Dans le domaine de la construction métallique cette marge est généralement proche de 50% : $m = s - 1$

Question C.5 | **Calculer** la valeur du coefficient de sécurité s au droit de l'appui A.
DRS2 | En **déduire** la valeur de la marge de sécurité m .

| **Conclure** en comparant cette valeur à l'attendu en construction métallique.

Question C.6 | **Relever** la valeur de la flèche maximale f_{\max} en mm obtenue à
DTS6 | l'ELS.
DTS8

La flèche limite retenue par le bureau d'études pour respecter un bon écoulement de l'eau de pluie f_{limite} est 17 mm.

Question C.7 | **Conclure** quant à la conformité de la solution validée par le bureau d'études d'un point de vue de la résistance, de la sécurité et de la déformation (flèche).

DTS1 : réglementation de l'éclairage

Code identifiant le modèle du luminaire :

IRC minimal pour assurer un certain confort : 80. IRC maximal : 100.

L'IRC est souvent indiqué sur les lampes à l'aide d'un **code de trois chiffres** qui combine l'IRC et la **température de couleur**. Seul le **premier chiffre** concerne l'IRC.

Code	IRC Indice couleurs	Température de couleur Teinte de lumière
825	82 à 85	2500K blanc orangé
827	82 à 85	2700K blanc très chaud
830	82 à 85	3000K blanc chaud
840	82 à 85	4000K lumière du jour
930	92 à 98	3000K blanc chaud
940	92 à 98	4000K lumière du jour

Éclairages règlementaires (E_{moy}) :

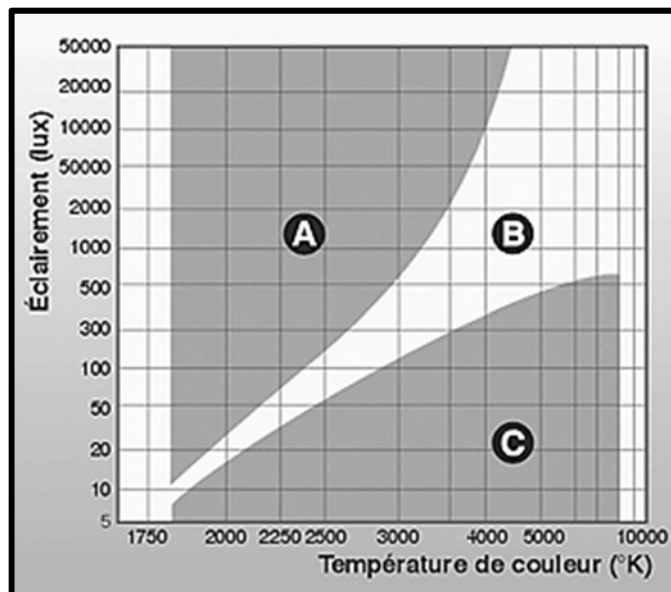
- Circulation, couloirs : 100 Lux
- Bureaux, salles de travail, local vigie: 500 Lux

Courbe de Kruithof :

Elle décrit une zone où les niveaux d'éclairage et les températures de couleur sont considérés comme confortables. Les ambiances en fonction des zones sont les suivantes :

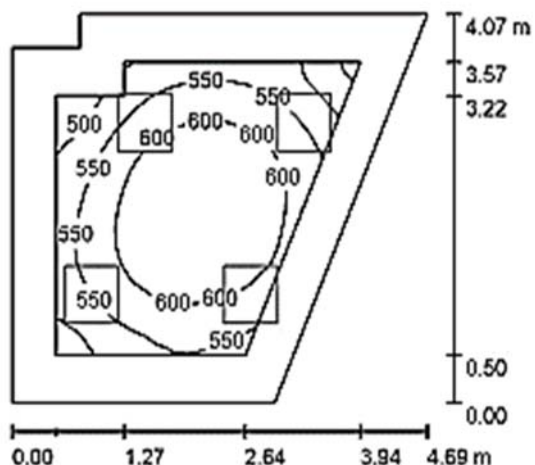
- A : Ambiance lumineuse trop chaude
- B : Zone de confort
- C : Ambiance lumineuse trop froide

L'entrée dans la courbe se fait par la valeur d'éclairage souhaitée et la zone de confort. On en déduit la plage des températures de couleurs possibles.



DTS2 : synthèse des résultats de la simulation de l'éclairage du local vigie

Simulation d'éclairage sur le plan utile



Luminaires Normalit LX34 Luzerna Avant
600x600 4000K, avec LED SMD 840



Luminaire à
diffuseur opaque

Hypothèses

Hauteur pièce (m)	Hauteur montage (m)	Facteur de maintenance	Hauteur plan utile (m)
3,30	3,34	0,90	0,80

Indice d'uniformité	$U = E_{\min}/E_{\text{moy}}$
Plan utile	0,759
Sol	0,577
Plafond	0,526

Liste des luminaires

N°	Quantité	Désignation	Φ luminaire (lm)	Φ lampe LED (lm)	Puissance consommée (W)
1	4	Luminaires Normalit LX34 Luzerna Avant 600x600 4000K, LED SMD 840	3992	5190	36,0
Total			15968	20760	144,0

DTS3 : formulaire calculs thermiques

U : coefficient de transmission thermique
$$U = \frac{1}{R} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{°C}^{-1}$$

R : résistance thermique, $R = R_{Si} + R_p + R_{Se}$ ($\text{m}^2\cdot\text{°C}\cdot\text{W}^{-1}$) avec $R_p = \sum R_i$ et $R_i = \frac{e_i}{\lambda_i}$

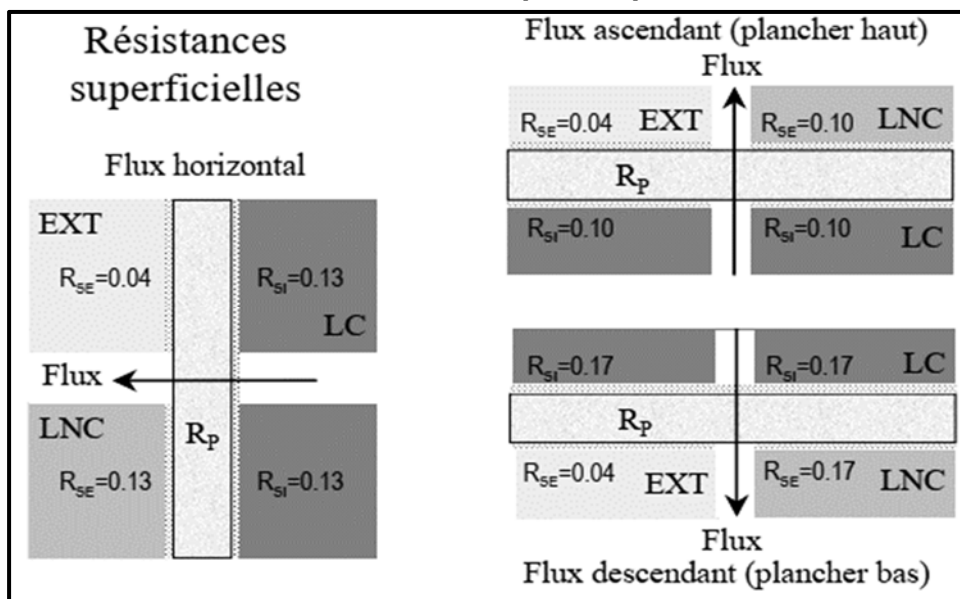
R_{Si} : résistance superficielle intérieure ($\text{m}^2\cdot\text{°C}\cdot\text{W}^{-1}$)

R_{Se} : résistance superficielle extérieure ($\text{m}^2\cdot\text{°C}\cdot\text{W}^{-1}$)

e_i : épaisseur du matériau i (m)

λ_i : conductivité du matériau i ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$)

Résistances thermiques superficielles

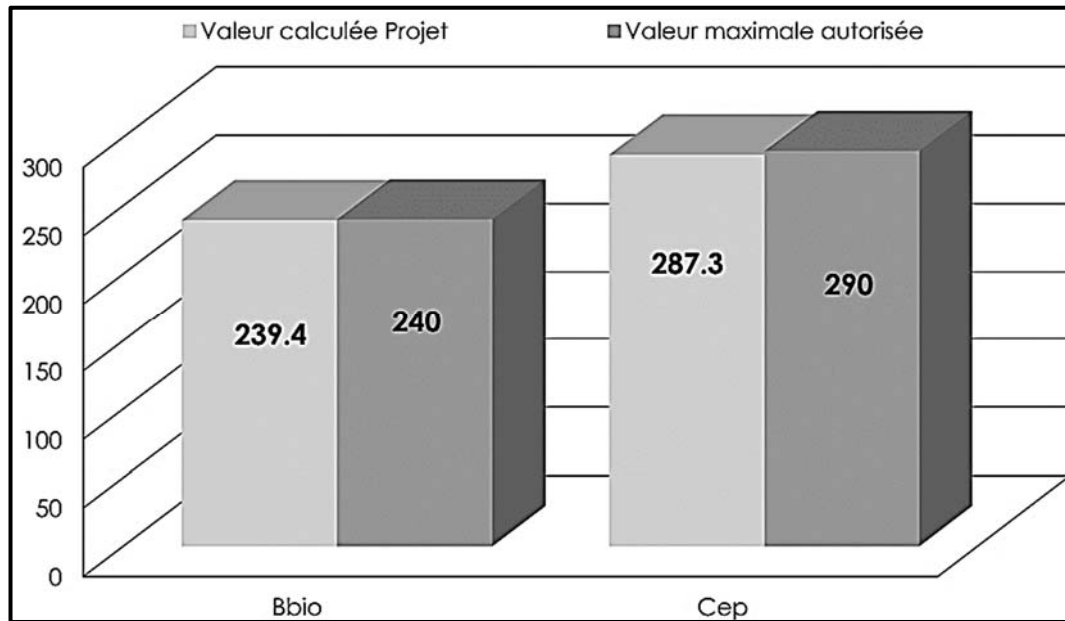


Avec LC = local chauffé et LNC = local non chauffé.

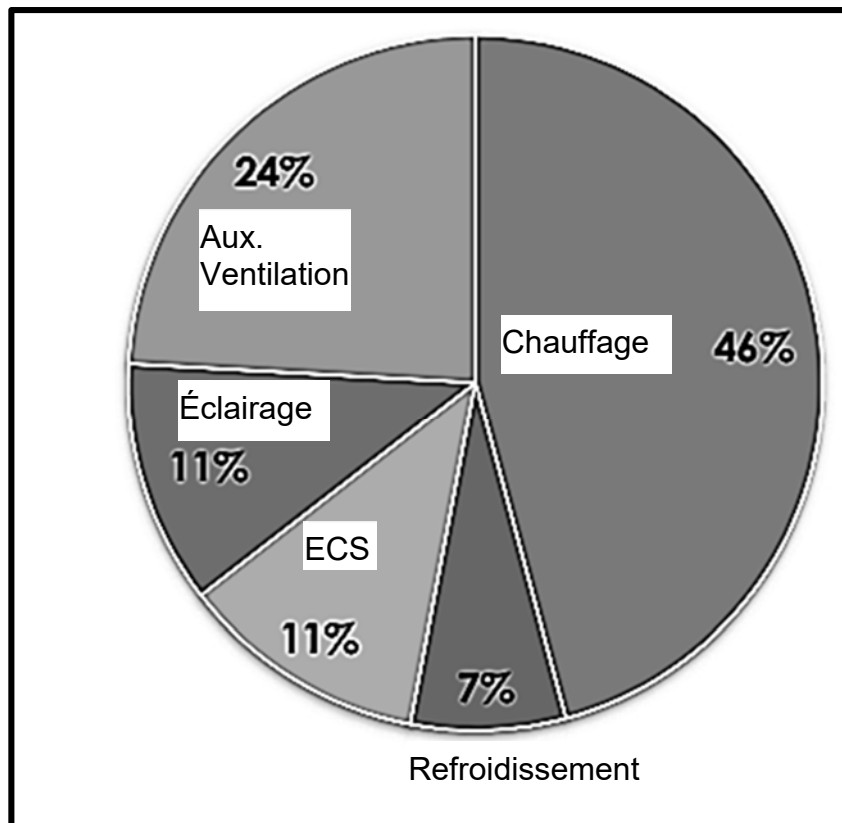
La réglementation RT2012 n'impose pas de garde-fou en ce qui concerne les coefficients de transmission thermique de chaque paroi. Toutefois, les fabricants recommandent des valeurs minimales afin d'optimiser l'atteinte des valeurs réglementaires $B_{bio_{max}}$ et $C_{ep_{max}}$.

Paroi	Coefficient de transmission thermique U ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{°C}^{-1}$)
Paroi verticale donnant sur l'extérieur	≤ 0.25
Paroi horizontale au contact du sol	≤ 0.25
Toiture ou combles	≤ 0.125

DTS4 : résultats de la Simulation Thermique Dynamique (STD) du bâtiment Garage-Atelier

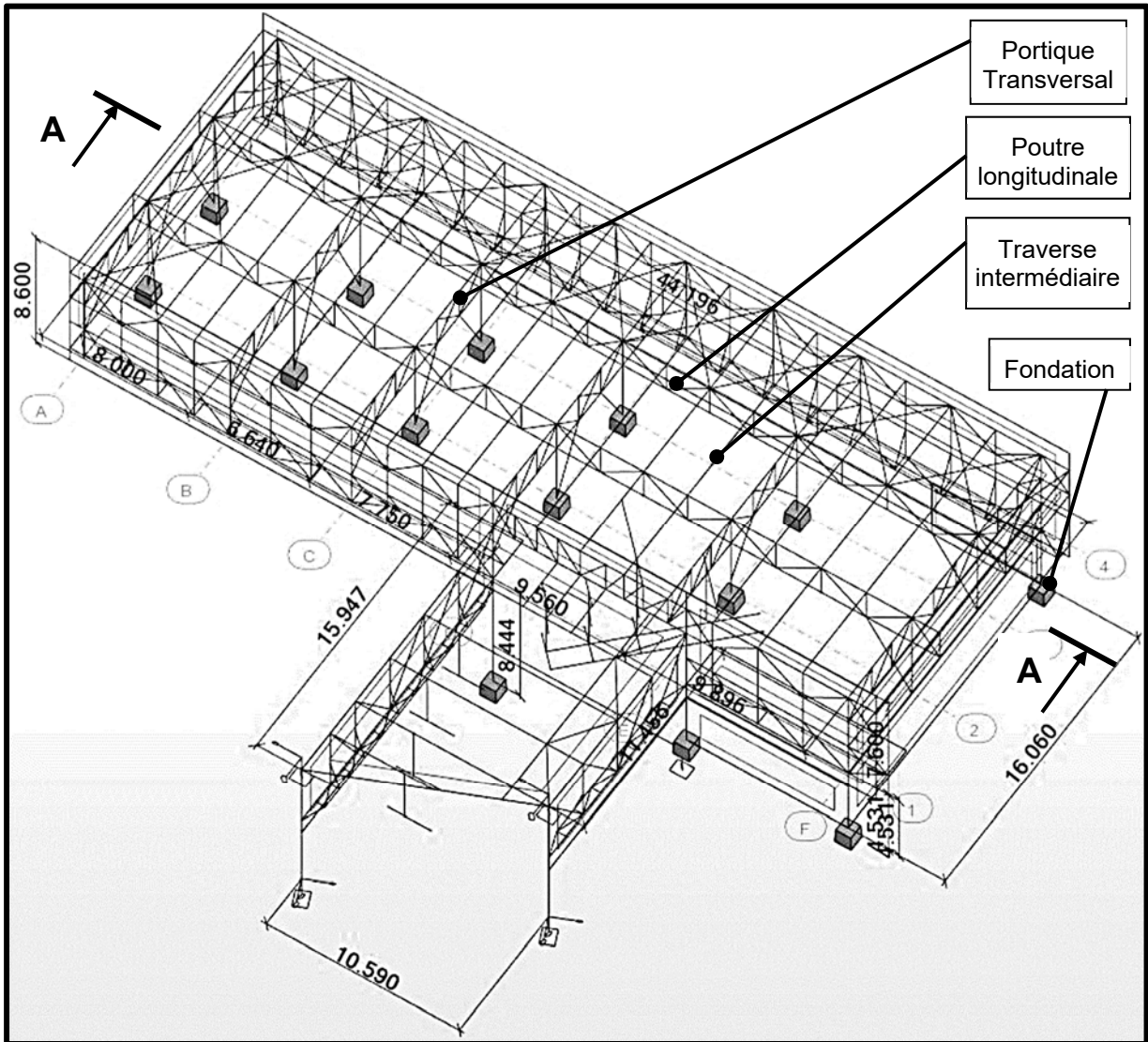


Répartition des consommations

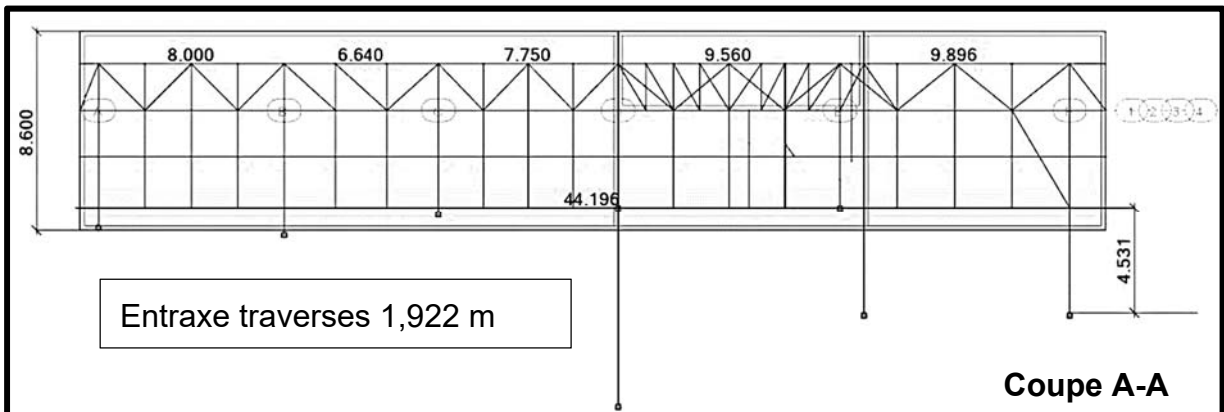


DTS5 : modélisation numérique de la structure de la station UPS

« Cotes en m »



« Cotes en m »



DTS6 : hypothèses de calcul d'une traverse

1. Charges permanentes G

- **Toiture végétalisée**

Nous considérerons une bande centrale de 9,00 m de large correspondant à la bande de toiture végétalisée, chargée à $1,18 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$, et de part et d'autre une bande de gravier chargée à $0,75 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$.

- **Charge de clos et couvert due à l'isolation, au faux plafond, et à la structure complémentaire (casquette)**

$0,39 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$

- **Profilé métallique IPE 140**

$0,127 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$

2. Charges d'exploitation Q

$0,80 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ sur une surface de 10 m^2

3. Surcharge climatique de neige S

$0,36 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$

4. Combinaisons d'actions prépondérantes Eurocode 3 :

État limite ultime ELU : $1,35 \text{ G} + 1,5 \text{ S}$

État limite de service ELS : $\text{G} + \text{S}$

- **Condition de résistance selon l'Eurocode 3:** $\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$

M_{Ed} : Moment fléchissant maximum subit par l'élément de structure en N.mm

$M_{c,Rd}$: Moment résistant de flexion en N.mm $M_{c,Rd} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{Mo}}$

W_{ply} : Module d'inertie plastique de flexion selon l'axe fort en mm^3

f_y : Limite élastique prescrite $235 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$

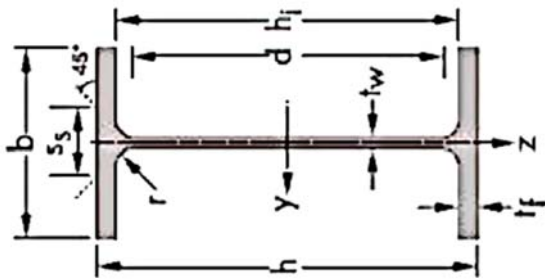
γ_{Mo} : Coefficient partiel de sécurité pris égal à 1

- **Condition de déformation Eurocode 3:** $f_{max} \leq f_{limite}$

f_{max} : flèche maximale subie par l'élément de structure en mm

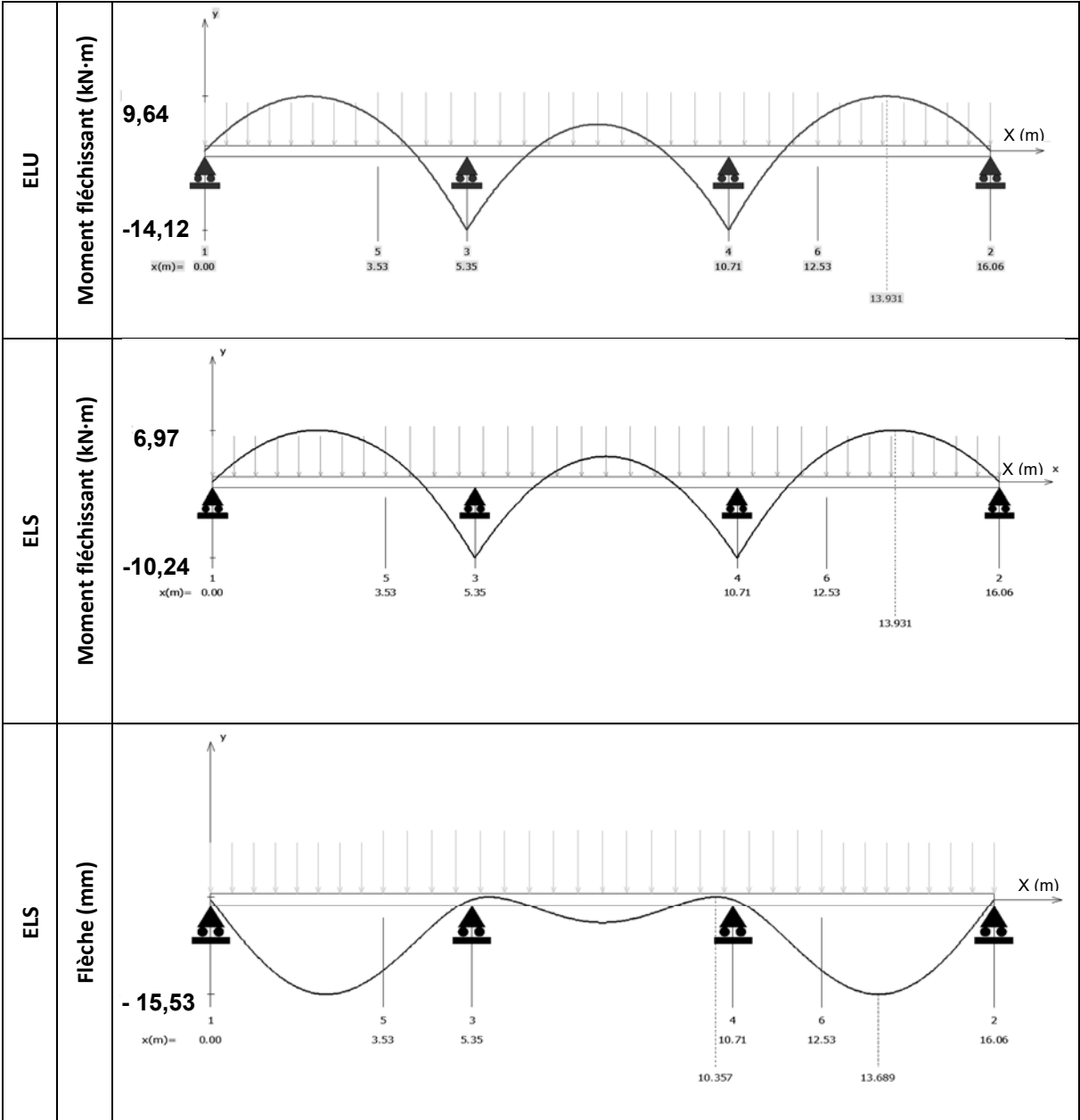
f_{limite} : flèche limite admissible $f_{limite} = \frac{\text{Portée}}{300}$

DTS7 : caractéristiques des profilés IPE



Désignation	G kg.m ⁻¹	Dimensions						A cm ²	Valeurs statistiques							
		h mm	b mm	tw mm	tf mm	r mm	Axe fort				Axe faible					
							Iy cm ⁴		Wely cm ³	Wply cm ³	iy cm	Iz cm ⁴	Welz cm ³	Wplz cm ³	iz cm ⁴	
IPE 80	6	80	46	3,8	5,2	5	7,64	64	16,51	23,21	3,24	8,49	3,69	5,82	1,05	
IPE 100	8,1	100	55	4,1	5,7	7	10,32	171	34,20	39,40	4,07	15,92	5,79	9,15	1,24	
IPE 120	10,4	120	64	4,4	6,3	7	13,21	257	52,97	60,72	4,90	27,67	8,65	13,58	1,45	
IPE 140	12,9	140	73	4,7	6,9	7	16,43	541	77,31	88,34	5,74	44,92	12,31	19,25	1,65	
IPE 160	15,8	160	82	5,0	7,4	9	20,09	689	108,66	123,86	6,58	68,32	15,66	26,10	1,84	
IPE 180	18,8	180	91	5,3	8,0	9	23,95	1317	145,33	166,41	7,42	100,85	22,16	34,60	2,05	
IPE 200	22,4	200	100	5,6	8,5	12	28,48	1943	194,30	220,64	8,26	142,37	28,47	44,61	2,24	
IPE 220	26,2	220	110	5,9	9,2	12	33,37	2772	252,00	285,41	9,11	204,89	37,25	58,11	2,48	

DTS8 : modélisation et simulation du comportement mécanique de la traverse



Document réponses DRS1 : résistances et coefficients de transmission thermiques des différentes parois

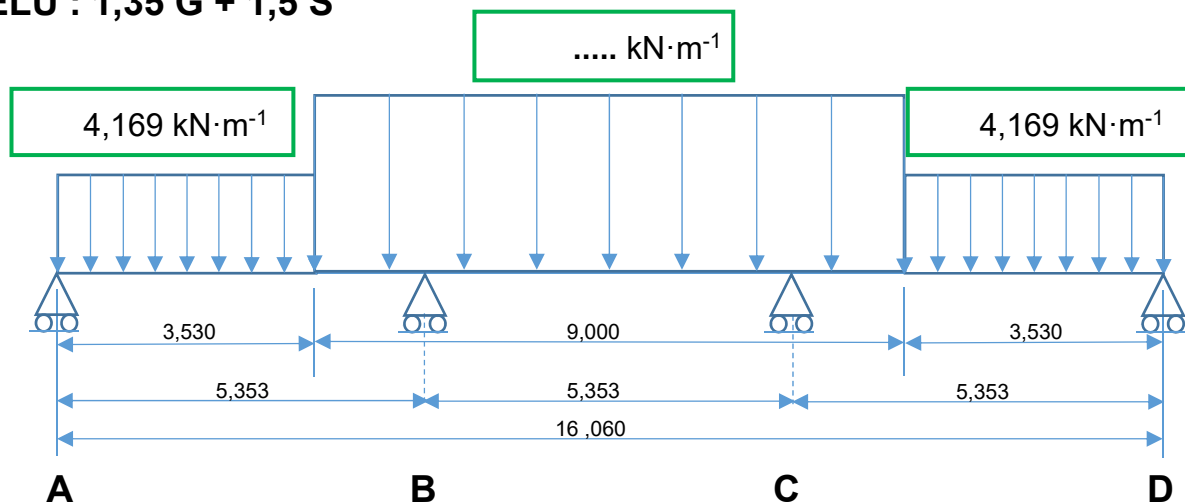
Les résistances thermiques des éléments de finition tels que plâtre, enduits et revêtements sont négligées mais pas les résistances superficielles.

	Matériaux	Épaisseur (cm)	Conductivité thermique λ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$)	Résistance thermique R_i, R_{se}, R_{si} ($\text{m}^2\cdot\text{°C}\cdot\text{W}^{-1}$)	U ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{°C}^{-1}$)
Mur extérieur	Béton armé	20	0,800		
	Laine minérale	14	0,038		
	$R_{si} + R_{se}$				
	R ($\text{m}^2\cdot\text{°C}\cdot\text{W}^{-1}$) :				
Toiture terrasse (plancher haut)	Béton armé	20	0,800		
	Laine minérale	20	0,038		
	$R_{si} + R_{se}$				
	R ($\text{m}^2\cdot\text{°C}\cdot\text{W}^{-1}$) :				

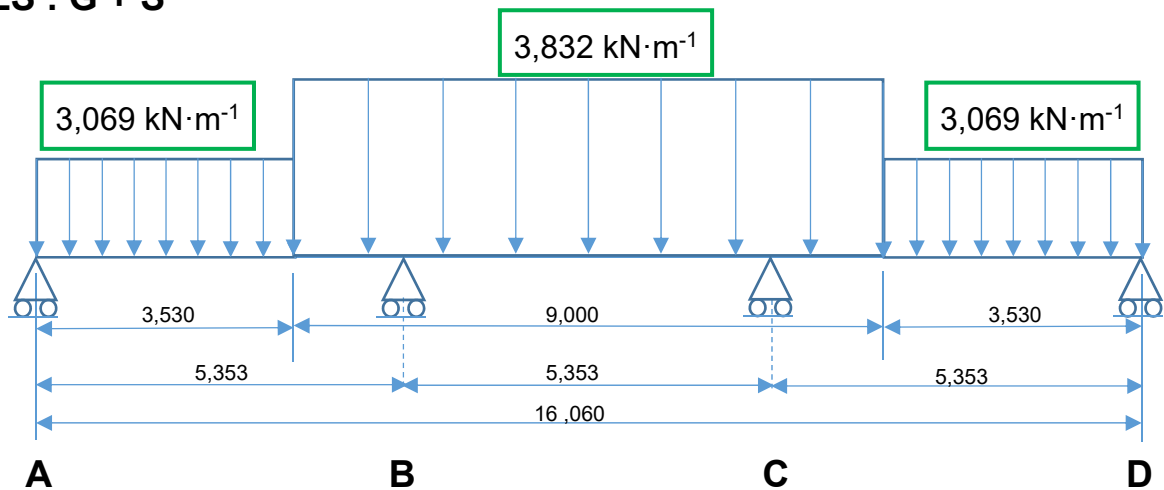
Document réponses DRS2 : modélisation des charges agissant sur une traverse intermédiaire

	Désignation	Détail calcul	$\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$	Application
Charges permanentes G	Bande végétalisée	Centrée appliquée sur une largeur de 9,000 m
	Bande gravillonnée	$0,75 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2} \times 1,922 \text{ m}$	1,442	À chaque extrémité sur une largeur de 3,530 m
	Charge de clos et couvert	$0,39 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2} \times 1,922 \text{ m}$	0,750	Sur toute la longueur
	Poids propre traverse		0,127	Sur toute la longueur
Surcharge climatique S	Surcharge de neige	$0,36 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2} \times 1,922 \text{ m}$	0,692	Sur toute la longueur

ELU : 1,35 G + 1,5 S



ELS : G + S



BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2024

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENT

Jeudi 20 juin 2024

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 38 pages numérotées de 1/38 à 38/38.

Constitution du sujet :

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

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

Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.

Tous les documents réponses, mêmes vierges, sont à rendre obligatoirement avec la copie.

PARTIE enseignement spécifique (1,5h).....8 points

Vous prendrez une nouvelle copie pour traiter cette partie.

Énergies et Environnement

TÉLÉPHÉRIQUE DE TOULOUSE

Téléo



- Présentation de l'étude et questionnaire..... pages 24 à 29
- Documents techniques DTS1 à DTS8 pages 30 à 36
- Documents réponses DRS1 à DRS3..... pages 37 à 38

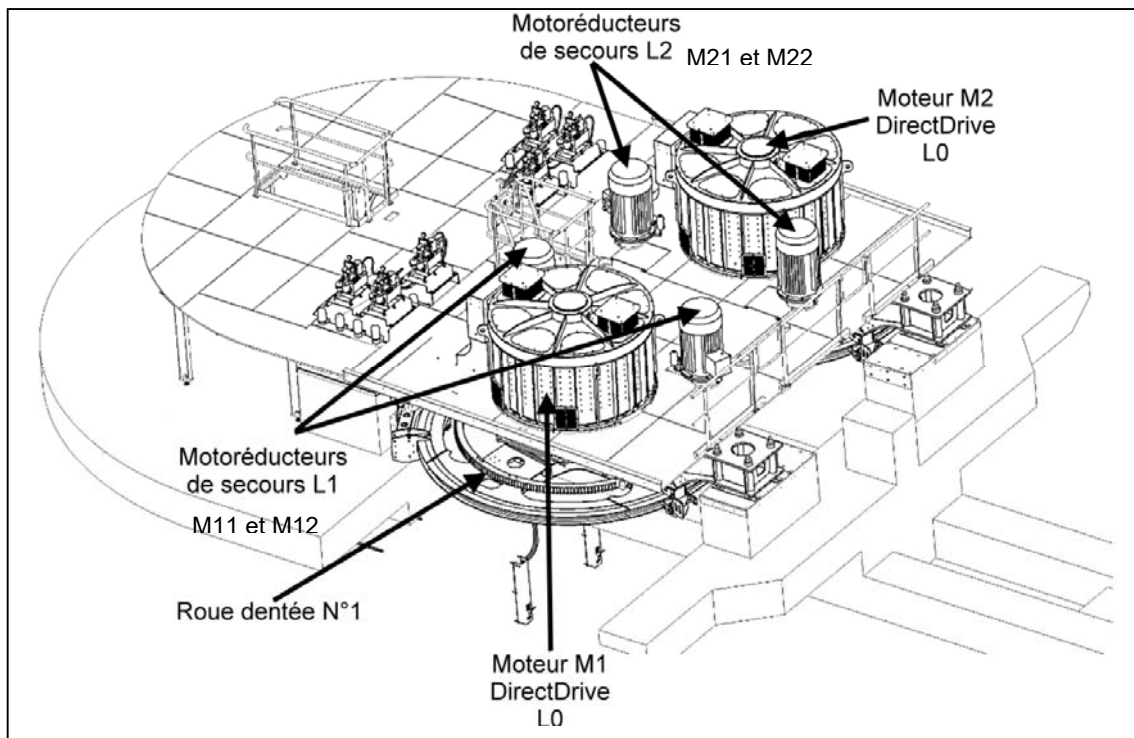
Mise en situation

La continuité de service et la disponibilité d'une source d'alimentation en énergie électrique ont été la priorité des concepteurs du téléphérique. En effet, il faut pouvoir ramener en station tous les usagers en cas de défaillance du système principal motorisé d'entraînement du câble tracteur ou de défaut d'alimentation en énergie électrique principale.

Travail demandé

Partie A : comment ramener en gare les usagers lors d'une défaillance sur le système motorisé principal d'entraînement du câble tracteur ou d'un défaut d'alimentation en énergie électrique ?

Le Téléphérique Urbain Sud (TUS) de Toulouse est doté de trois modes d'entraînement du câble tracteur déplaçant les cabines. Ils sont décrits plus en détails dans le DTS1. Une vue des différentes motorisations est donnée ci-dessous.



Question A.1 | Pour chaque mode de fonctionnement (L0, L1 et L2), **indiquer** les moteurs qui peuvent entraîner le câble tracteur (remarque : dans le mode L0, il y a plusieurs solutions possibles).
DTS1

Question A.2 | À partir de l'analyse du schéma électrique de distribution, **nommer** toutes les sources d'énergie électrique pouvant alimenter les différents moteurs d'entraînement du câble tracteur.
DTS2

Question A.3 | **Compléter** les cases vides du tableau du DRS1 en indiquant la position ouvert ou fermé des disjoncteurs pour chaque mode de fonctionnement.
DTS2, DRS1

Question A.4 | **Indiquer** à quelle exigence de type « besoin service attendu » répond le fait d'avoir plusieurs sources d'énergie à disposition et plusieurs systèmes d'entraînement du câble tracteur.
DTS3

Appliquée à un système technique, la **redondance** est un principe utilisé afin de sécuriser la fonction à réaliser : elle consiste à multiplier les systèmes techniques qui assurent la même fonction. Tous ces systèmes techniques permettent que la fonction à réaliser puisse se concrétiser même en cas de défaillance d'un système technique.

Question A.5 | Afin de répondre à la problématique de la partie A, **conclure** sur l'intérêt d'avoir choisi plusieurs solutions technologiques d'entraînement du câble tracteur et plusieurs sources d'énergie électrique.

Partie B : comment déterminer la valeur de la super-capacité de stockage de l'énergie électrique à embarquer dans la cabine ?

Certains matériels embarqués dans la cabine nécessitent un apport en énergie électrique en continu. Lorsque les cabines emmènent les passagers d'une station à une autre, cet apport ne pouvant pas se faire de manière continue, il est nécessaire de prévoir un stock-tampon de l'énergie permettant à ces matériels électriques de rester opérationnels. Le schéma électrique simplifié de l'alimentation d'une cabine lors de son passage en gare est donné dans le DRS2.

- Un redresseur, situé en amont de l'ensemble rails en gare, permet de convertir la tension monophasée $400V_{AC}$ à une tension continue de $69V_{DC}$ sur les collecteurs présents sur les cabines. Cette même tension de $69V_{DC}$ est donc présente sur la super-capacité. Les rails fixes, les frotteurs et les prises débrochables permettent de récupérer l'énergie à embarquer dans la cabine lors du passage en gare de la cabine.

- Un régulateur de tension continue permet de passer de la tension aux bornes de la super-capacité ($69V_{DC}$ max) à une tension de $27,2V_{DC}$ nécessaire à la charge de la batterie.

- Un régulateur continu permet d'alimenter en $24V_{DC}$ les composants électroniques nécessitant un niveau de tension régulé : Composants du Réseau de communication Sol Embarqué (CRSE) et composants du Réseau informatique MultiServices (RMS).

Question B.1 | **Compléter** le document réponse DRS2 en indiquant la nature de la tension AC ou DC en entrée et sortie des convertisseurs et régulateurs puis **indiquer** les valeurs de tensions présentes sur ces mêmes entrées-sorties.
DRS2

La super-capacité assure l'alimentation en énergie électrique de matériels embarqués dans la cabine lors du fonctionnement en mode Normal L0.

Ainsi, le bureau d'études a fixé que la valeur de la super-capacité doit être dimensionnée pour :

- fournir l'énergie E1 en mode Normal sur le temps le plus long entre deux gares, ce qui correspond à un fonctionnement à vitesse d'exploitation de $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;

et

- fournir l'énergie E2 pour le rechargement en continu de la batterie sur le temps le plus long entre deux gares.

Question B.2 | **Relever** le temps le plus long entre deux gares lors d'un
DTS4 | fonctionnement à vitesse d'exploitation de $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

On rappelle la relation liant l'énergie E (exprimée en Joule), la tension U (exprimée en Volt) et l'intensité I (exprimée en Ampère) et le temps Δt (exprimé en seconde) :

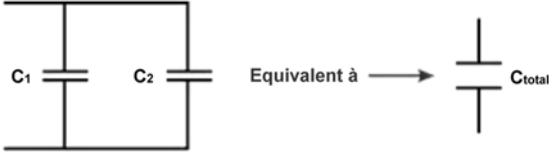
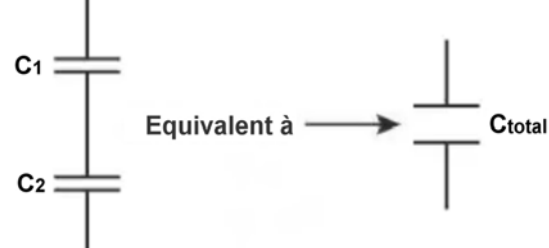
$$E_{(J)} = U_{(V)} \times I_{(A)} \times \Delta t_{(s)}$$

Question B.3 | **Calculer** l'énergie E1, en kilojoules (kJ), à fournir par la super-
DTS5 | capacité en mode Normal lors du temps le plus long entre deux gares pour alimenter l'ensemble des récepteurs.

L'énergie E2 pour le rechargement en continu de la batterie sur le temps le plus long entre deux gares est égale à 6,74 kJ.

Question B.4 | **Calculer** l'énergie totale que doit fournir la super-capacité.

La valeur de la capacité totale de deux super-condensateurs se calcule de la manière suivante selon leur disposition :

Super-capacités en parallèle		$C_{\text{total(F)}} = C_{1(\text{F})} + C_{2(\text{F})}$
Super-capacités en série		$\frac{1}{C_{\text{total(F)}}} = \frac{1}{C_{1(\text{F})}} + \frac{1}{C_{2(\text{F})}}$

La super-capacité placée sur une cabine est constituée de deux super-condensateurs identiques.

Question B.5
DTS6

Relever la valeur de la capacité d'un super-condensateur et **préciser** la disposition (série ou parallèle).
Calculer alors la capacité totale de la super-capacité réellement installée.

Le bureau d'études a évalué la valeur totale de la super-capacité à 206 Farads (F).

Question B.6

La valeur de la capacité en Farad d'un super-condensateur dépend des conditions d'utilisations ; la température par exemple. Le constructeur garantit pendant 10 ans une valeur minimale de capacité égale à 80% de la valeur initiale du super-condensateur.
Conclure quant au choix effectué de la super-capacité.

Partie C: comment justifier le choix des batteries embarquées dans la cabine ?

Le parc batteries assure l'alimentation en énergie électrique de matériels embarqués dans la cabine lors du fonctionnement en mode Secours et en cas d'arrêt prolongé d'exploitation. Ainsi, le bureau d'études a fixé que la capacité du parc batteries doit être dimensionnée pour :

- fournir la capacité énergétique Q1 en A·h en mode Secours, mode où les cabines restent en ligne (décharge de la batterie sans possibilité de recharger au passage en gare) pendant un temps correspondant à la durée maximale fixée pour la récupération des passagers de 1h45min ;

et

- fournir la capacité énergétique Q2 en A·h consommée par le client Wifi et l'automate GTB lors de l'interruption de l'exploitation de 0h30 à 5h15; ceci pour permettre de gérer la mise hors / sous tension de la cabine à distance par télécommande depuis le sol.

Question C.1
DTS5

Calculer la capacité Q1 en A·h à fournir par le parc batteries en mode Secours pour la durée maximale de récupération des passagers fixée à 1 h 45 min. Arrondir le résultat à l'unité supérieure.

La capacité Q2 est égale à 9 A·h.

Question C.2

Justifier par calcul, que la capacité totale du parc batteries doit être de 67 A·h pour satisfaire le besoin en énergie.

Le parc batteries est constitué de 2 batteries LIFEPO4 disposées en série.

Question C.3
DTS6

Relever la valeur de la tension et de la capacité d'une batterie.
Justifier la disposition des batteries qui sont en série.

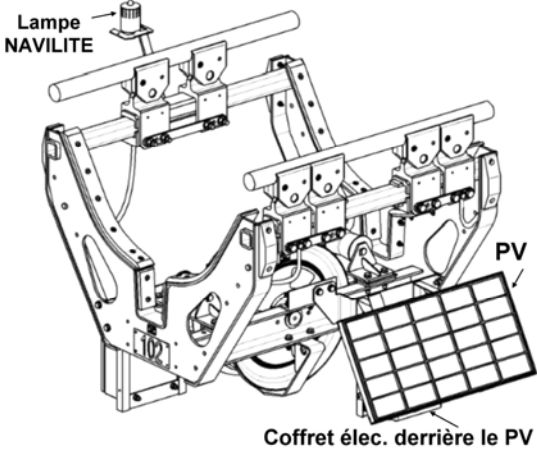
Question C.4

Indiquer la valeur de la capacité totale du parc batteries.

L'énergie stockée dans les batteries jouant un rôle essentiel de sécurité, le dimensionnement de la capacité totale du parc batterie calculée initialement est majorée d'un rapport égal à 50%.

Question C.5 | **Conclure** quant au choix effectué du parc batteries.

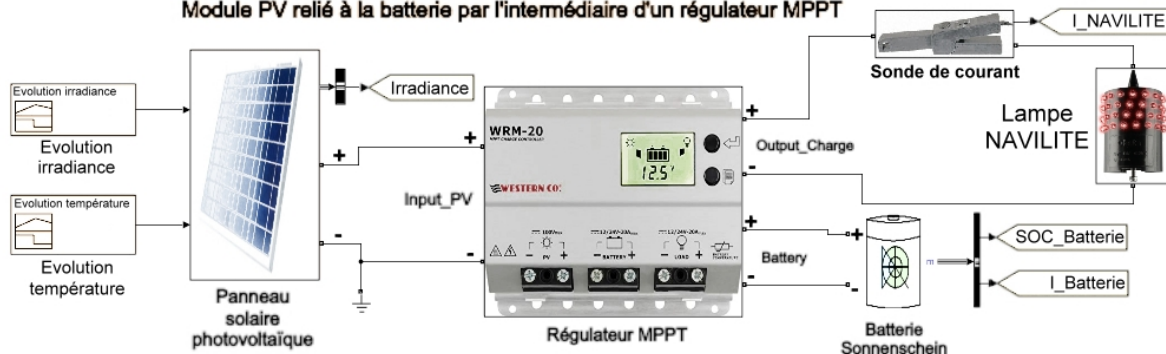
Partie D : comment fournir l'alimentation en énergie électrique de l'éclairage de sécurité installé sur les cavaliers servant de balisage de câbles ?

<p>Les cavaliers permettent de maintenir les distances entre les câbles porteurs et de supporter le câble tracteur afin d'en limiter la flèche sur le tracé.</p> <p>Ils permettent également de baliser les câbles pour prévenir l'aviation civile : ils sont de couleur rouge pour le balisage diurne (en journée) et certains comportent un éclairage de sécurité « NAVILITE » (balisage nocturne). L'alimentation en énergie électrique de l'éclairage de sécurité est un kit solaire autonome en énergie car il n'est pas possible de se raccorder au réseau électrique pour le balisage nocturne entre certains pylônes.</p>	<p>Cavalier avec éclairage nocturne et kit solaire</p> 
---	--

La description du kit solaire photovoltaïque de balisage nocturne placé sur les cavaliers du téléphérique de Toulouse est donné dans le DTS7.

Le bureau d'études a réalisé un modèle multiphysique pour vérifier que le kit solaire permet bien de récupérer en une journée, même dans les conditions météorologiques défavorables, la quantité d'énergie journalière consommée par la lampe « NAVILITE » la nuit. Le modèle multiphysique est donné ci-dessous.

Modélisation multiphysique du KIT solaire pour lampe Navilite présent sur les cavaliers de nappe de câbles
Modélisation de la recharge de la batterie du KIT sur une journée type au mois de janvier
Module PV relié à la batterie par l'intermédiaire d'un régulateur MPPT



Question D.1 | **Compléter** les paramètres du modèle multiphysique concernant le panneau solaire photovoltaïque sur le document réponse DRS3.
DTS8
DRS3

Pour la simulation, le paramètre de l'état de charge de la batterie (SOC : State Of Charge) sera initialement réglé à 100%.

Question D.2 | **Compléter** les paramètres du modèle multiphysique concernant la batterie sur le document réponse DRS3.
DTS7
DRS3

Le modèle équivalent sous SIMULINK de la lampe NAVILITE peut être une résistance soumise à une tension provenant de la batterie.

Question D.3 | À l'aide de la loi d'ohm, **calculer** la valeur de la résistance équivalente lorsque la lampe NAVILITE est allumée. **Compléter** le paramètre du modèle multiphysique concernant la lampe NAVILITE sur le document réponse DRS3.
DTS7
DRS3

Les résultats de la simulation du modèle multiphysique dans les conditions météorologiques défavorables, c'est-à-dire pour une journée au mois de janvier à Toulouse, sont donnés dans le DTS9. L'origine de la simulation commence à 16h00. Le kit solaire doit permettre de récupérer en un jour, une quantité d'énergie électrique au moins égale à la quantité d'énergie électrique consommée par la lampe NAVILITE la nuit.

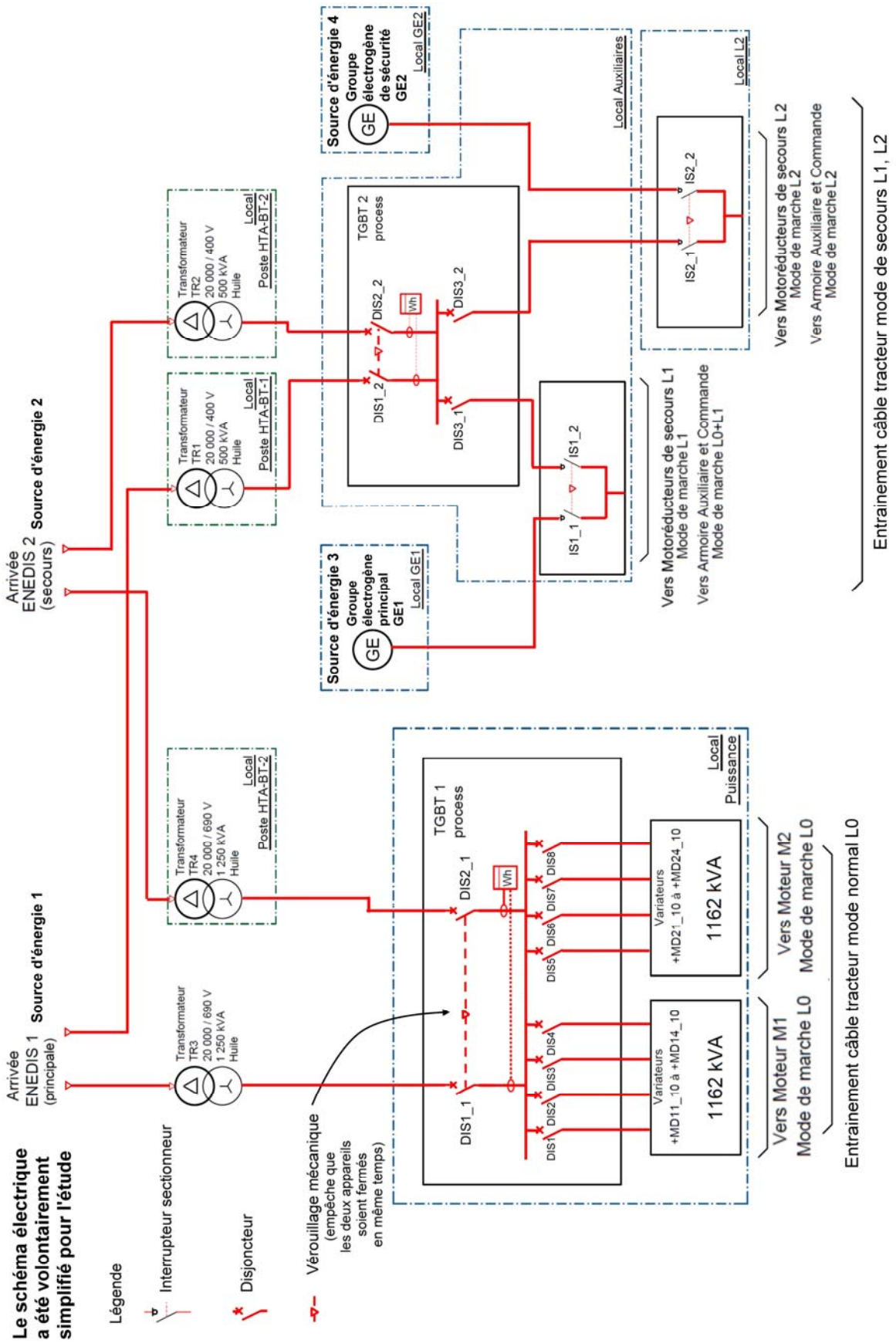
Question D.4 | **Relever** l'état de la charge de la batterie (SOC : State Of Charge) à l'origine de la simulation et à la fin de la simulation.
DTS9
Conclure quant au choix du kit solaire comme source d'énergie autonome de la lampe Navilite.

Question D.5 | **Relever** le taux de décharge de la batterie en % lors de l'intervalle de temps pendant lequel la lampe NAVILITE est restée allumée.
DTS9
Conclure quant au choix du kit solaire comme source d'énergie autonome de la lampe NAVILITE qui doit permettre une autonomie de 6 jours minimum.

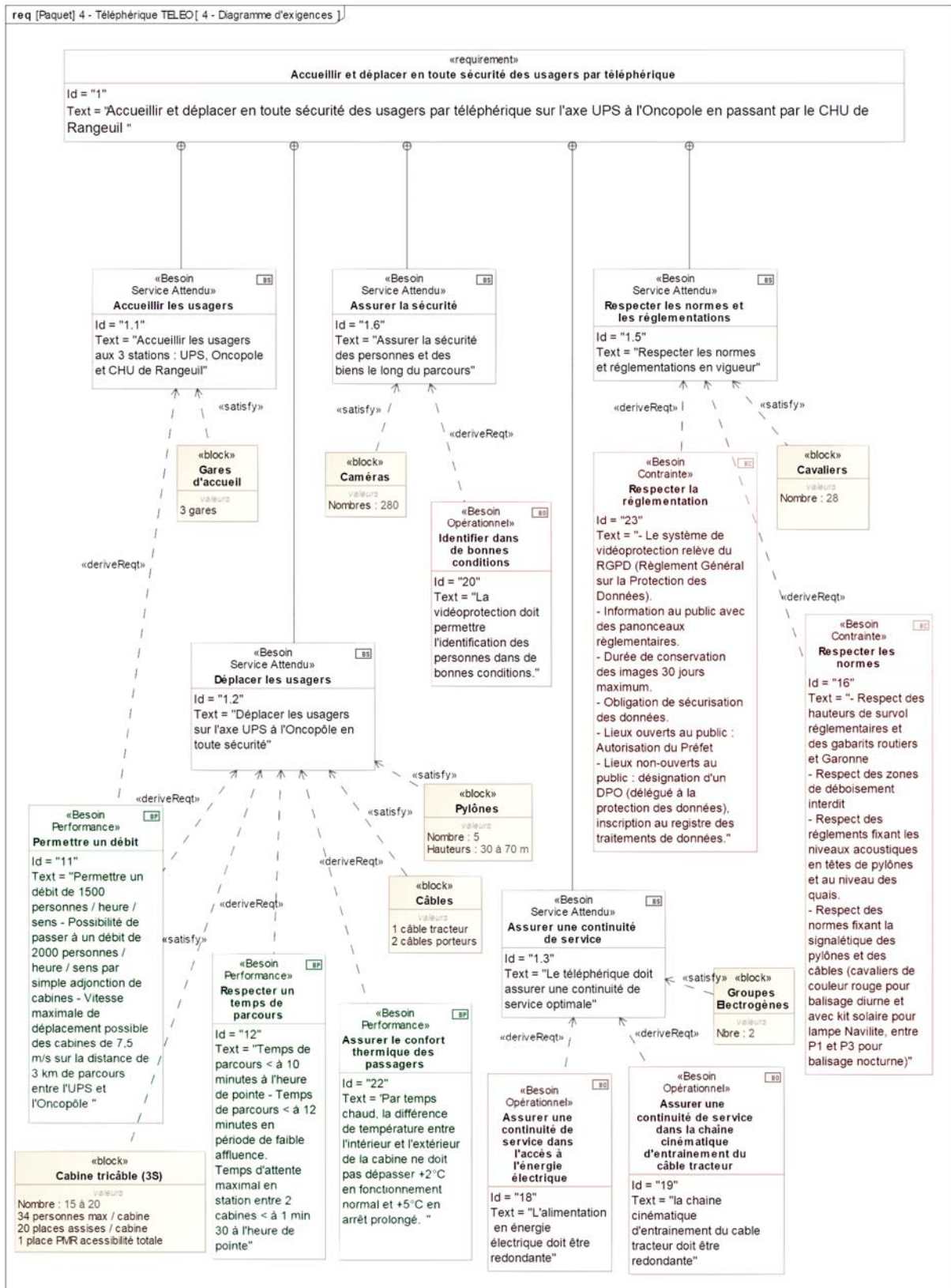
Document technique DTS1 : description des systèmes d'entraînement du câble tracteur et de leurs alimentations possibles selon le mode de fonctionnement

Mode	Description des systèmes d'entraînement mécanique du câble tracteur et de la motorisation associée	Alimentations possibles				
<p>Mode de fonctionnement principal</p> <p>Mode L0</p>	<p>2 moteurs M1 et M2 « Direct Drive » alimentés chacun par 4 modules variateurs « LeitDrive ».</p> <p>Le moteur M1 entraîne directement la poulie N°1.</p> <p>Le moteur M2 entraîne directement la poulie N°2.</p> <p>Possibilité de fonctionner avec M1 seul ou M2 seul ou M1+M2 à puissance réduite.</p> <p>Valeurs motrices unitaires :</p> <table border="1" data-bbox="576 831 683 1912"> <tr> <td>Puissance : 1012 kW</td> <td>Vitesse : 31,48 tr.mn⁻¹</td> </tr> <tr> <td>Couple : 307 kNm</td> <td>Rendement proche de 95%</td> </tr> </table>	Puissance : 1012 kW	Vitesse : 31,48 tr.mn ⁻¹	Couple : 307 kNm	Rendement proche de 95%	<p>Par Arrivée Enedis 1 (alimentation principale en 20kV) et transformateur 20kV/690V (TR3)</p> <p>Ou</p> <p>Arrivée Enedis 2 (alimentation de secours en 20kV) et transformateur 20kV/690V (TR4)</p>
Puissance : 1012 kW	Vitesse : 31,48 tr.mn ⁻¹					
Couple : 307 kNm	Rendement proche de 95%					
<p>Mode de fonctionnement secours</p> <p>Mode L1</p>	<p>Deux motoréducteurs électriques M11 et M12 (moteur + réducteur) entraînent la poulie motrice n°1 par le biais d'une solution pignon/couronne.</p> <p>Système d'accouplement manuel qui approche le pignon moteur de la couronne dentée montée sur l'axe de la poulie motrice n°1. Chaque motoréducteur est alimenté par un variateur de vitesse. Le moteur accélère progressivement le câble pour atteindre une vitesse de 1,5 m/s.</p> <p>Puissance motrice unitaire : 110 kW</p>	<p>Par Arrivée Enedis 1 (alimentation principale en 20kV) et transformateur 20kV/400V (TR1)</p> <p>Ou</p> <p>Arrivée Enedis 2 (alimentation de secours en 20kV) et transformateur 20kV/690V (TR2)</p> <p>Ou</p> <p>par un groupe électrogène dédié à la marche Secours du Système (Groupe électrogène du mode « L1 » ; GE1)</p>				
<p>Mode de fonctionnement secours</p> <p>Mode L2</p>	<p>Deux motoréducteurs électriques M21 et M22 (moteur + réducteur) entraînent la poulie motrice n°2 par le biais d'une solution pignon/couronne.</p> <p>Système d'accouplement manuel qui approche le pignon moteur de la couronne dentée montée sur l'axe de la poulie motrice n°2. Chaque motoréducteur est alimenté par un variateur de vitesse. Le moteur accélère progressivement le câble pour atteindre une vitesse de 1,5 m/s.</p> <p>Puissance motrice unitaire : 110 kW</p>	<p>Par Arrivée Enedis 1 (alimentation principale en 20kV) et transformateur 20kV/400V (TR1)</p> <p>Ou</p> <p>Arrivée Enedis 2 (alimentation de secours en 20kV) et transformateur 20kV/690V (TR2)</p> <p>Ou</p> <p>par un groupe électrogène dédié à la marche Secours du Système (Groupe électrogène du mode « L2 » ; GE2).</p>				

Document technique DTS2 : schéma électrique de distribution

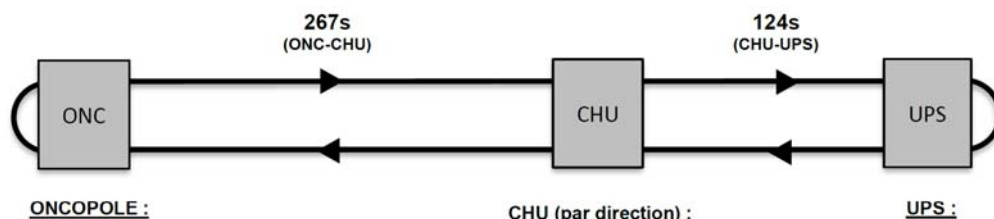


Document technique DTS3 : diagramme d'exigences partiel du Téléphérique

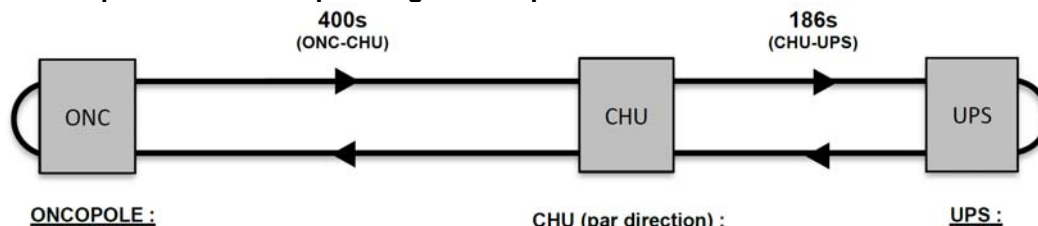


Document technique DTS4 : répartition des temps en ligne en exploitation continue (mode Normal)

Répartition des temps en ligne en exploitation à une vitesse max de $7,5 \text{ m.s}^{-1}$



Répartition des temps en ligne en exploitation à une vitesse de 5 m.s^{-1}



Document technique DTS5 : bilan des consommations énergétiques des composants d'une cabine

Les bilans de consommation énergétique des matériels embarqués dans une cabine qui nécessitent un apport en énergie sont donnés ci-dessous selon les deux cas :

- l'exploitation continue (mode Normal)
- l'arrêt en ligne nécessitant une récupération des passagers dans un temps donné (mode Secours)

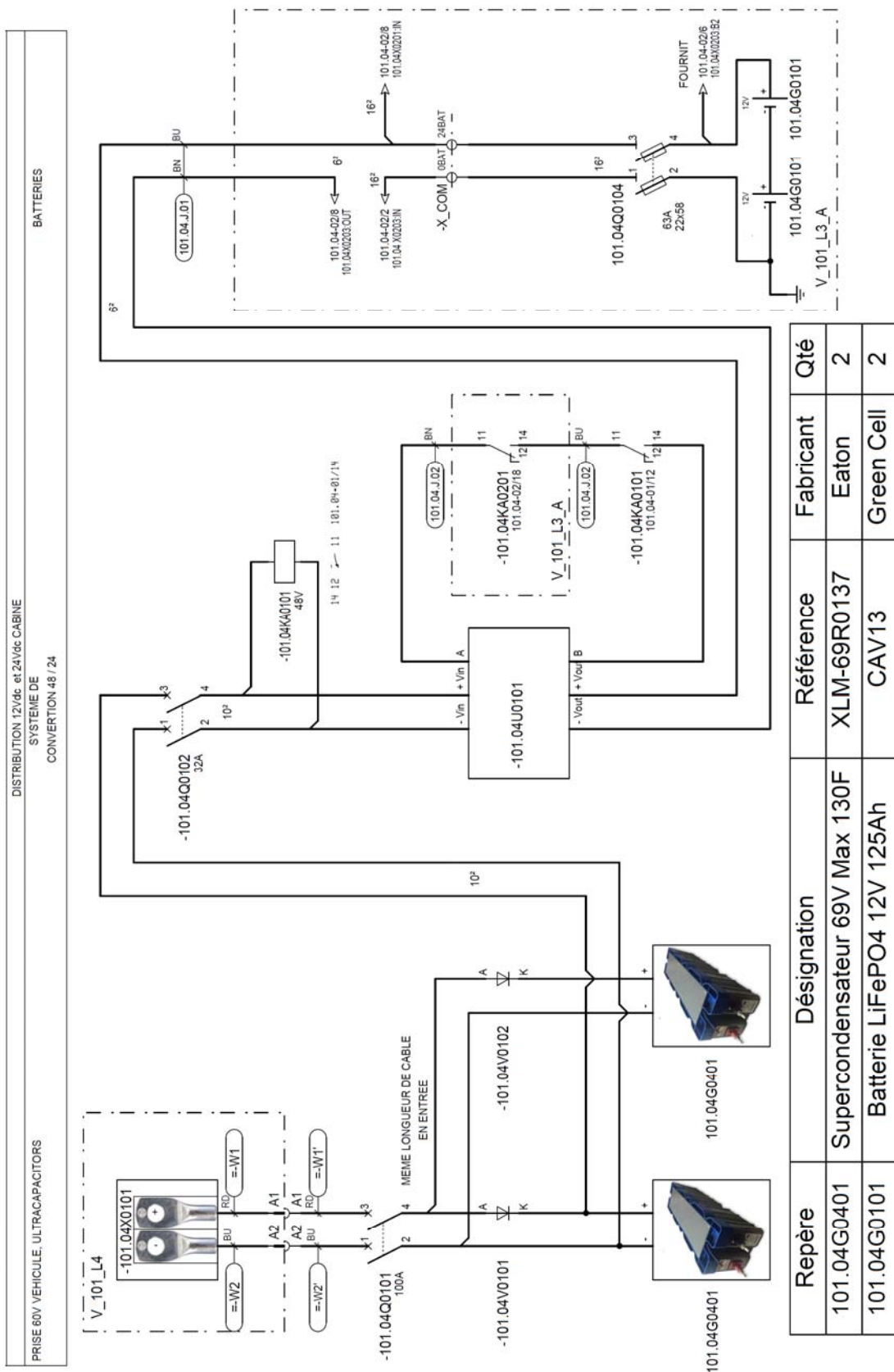
Energie embarquée / Bilan de consommation en mode Normal		
Consommateur	Courant moyen A_{DC}	Tension moyenne V_{DC}
Ventilation	8,75 A_{DC}	27,2 V_{DC}
Eclairage	1,9 A_{DC}	
Autres composants CRSE + RMS	3,8 A_{DC}	24 V_{DC}
Client Wifi + Automate Cabine	1,9 A_{DC}	

Energie embarquée / Bilan de consommation en mode Secours		
Consommateur	Courant moyen A_{DC}	Tension moyenne V_{DC}
Ventilation	25,8 A_{DC}	24 V_{DC}
Eclairage	1,2 A_{DC}	
Autres composants CRSE + RMS	3,8 A_{DC}	24 V_{DC}
Client Wifi + Automate Cabine	1,9 A_{DC}	

CRSE : Composants du Réseau de communication Sol Embarqué

RMS : Réseau informatique MultiServices

Document technique DTS6 : extrait des schémas électriques d'une cabine



Document technique DTS7 : description du kit solaire photovoltaïque de balisage nocturne placé sur les cavaliers

Le kit solaire photovoltaïque de balisage nocturne placé sur les cavaliers est composé des éléments suivants :

- 1 panneau solaire photovoltaïque monocristallin 50Wc,
- 1 régulateur de charge avec détection crépusculaire (mesure de la tension du PV),
- 1 batterie acide-plomb 12V_{DC} – 32 A.h,
- 1 lampe BI-A type « NAVILITE » de type et couleur rouge fixe. Tension : 12V_{DC}, puissance : 3W, courant : 250mA,
- 1 coffret électrique pré-câblé et le support mécanique de liaison au cavalier.

Document technique DTS8 : Panneau solaire 50Wc du kit solaire NAVILITE



J-Series 50W PV Module SPM050P-BP



Applications

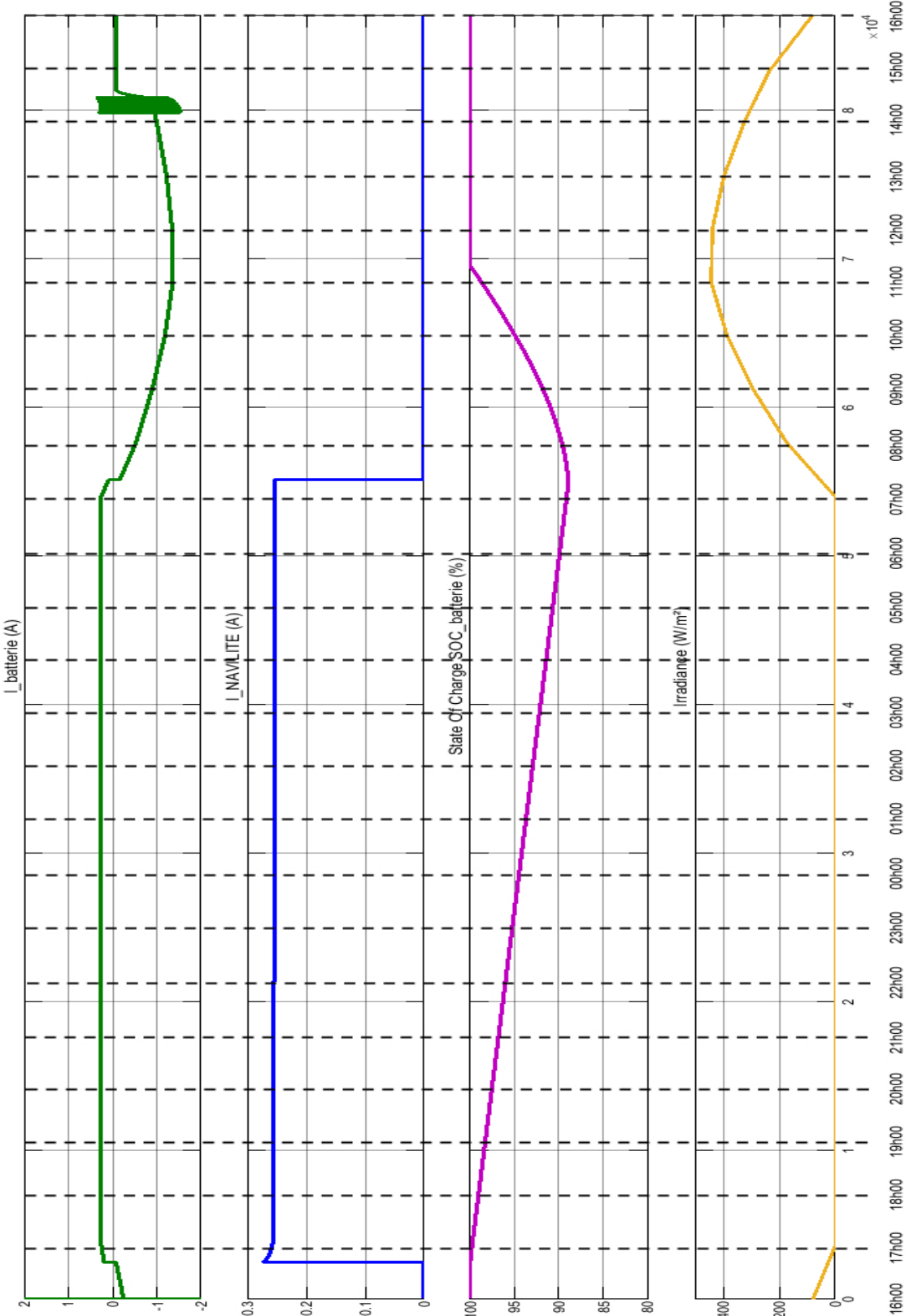
- Traffic & Safety
- Federal Government
- Oil & Gas
- Security
- Telecommunications
- Water and Wastewater
- Weather & Environmental Monitoring
- RV Camper
- Emergency Power
- Telemetry
- SCADA, RTU, GPS
- Marine
- Area Lighting & Sign

Electrical Characteristics	
Max power(P _m)	50W
Maximum power voltage(V _{pm})	17.5V
Maximum power current (I _{pm})	2.90A
Short circuit current (I _{sc})	3.20A
Open circuit voltage (V _{oc})	21.8V
Module efficiency	11.1%
Nominal Voltage	12V

Electrical Characteristics	
Temperature coefficient of V _{oc}	-0.36%/°C
Temperature coefficient of P _m	-0.46%/°C
Temperature coefficient of I _{sc}	0.05%/°C

Mechanical Characteristics	
Construction	Tempered glass, silicon cell, EVA, Polyester with Tedlar
Solar Cells	36 cells (156mm x 62mm) in a 3x12 matrix connected in series

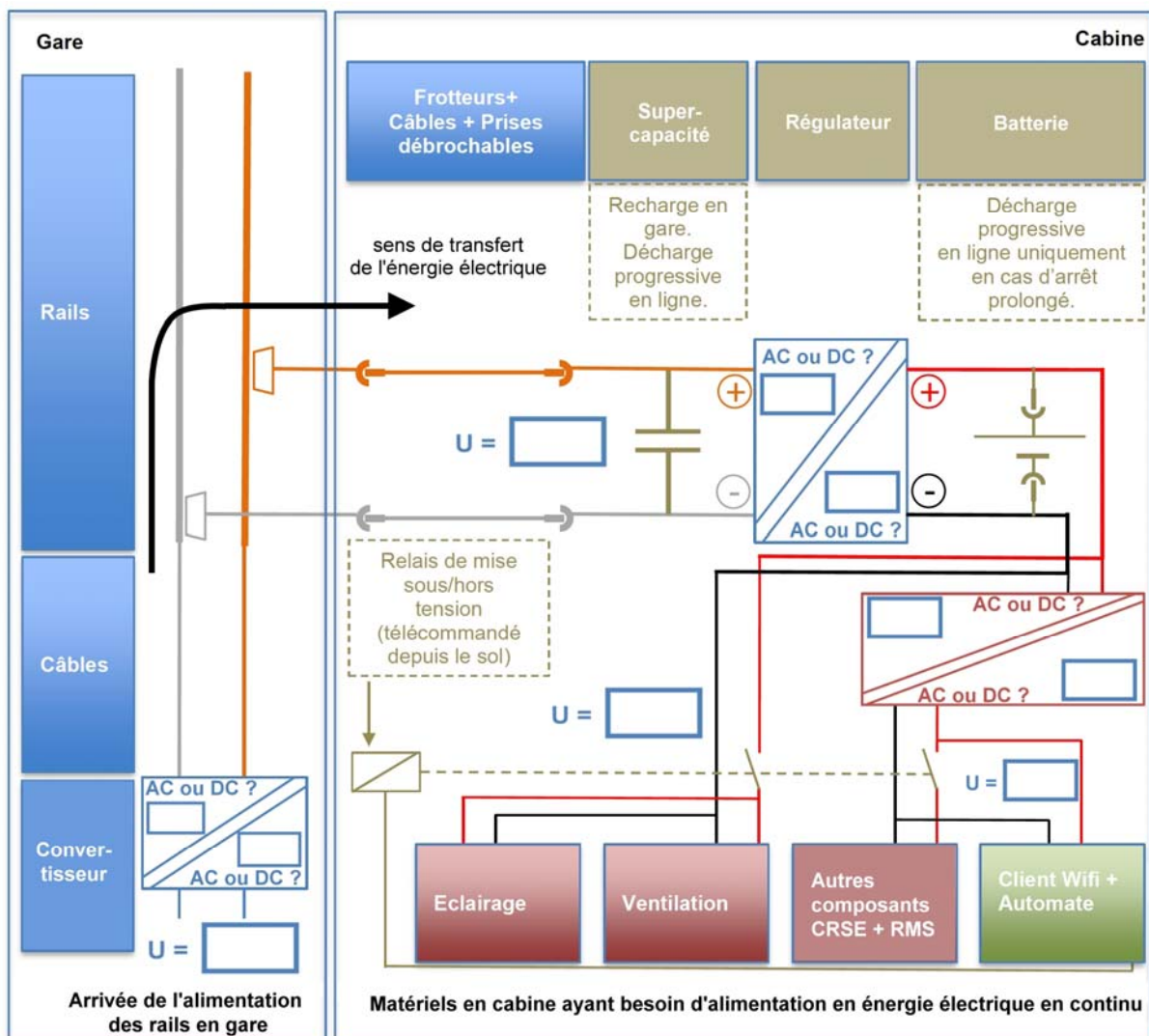
Document technique DTS9 : résultats de la simulation du modèle multiphysique



Document réponses DRS1

	Indiquer l'état (ouvert ou fermé) des disjoncteurs selon le mode de fonctionnement			
	DIS1_1	DIS2_1	DIS1 à DIS4	DIS5 à DIS8
Mode L0 M1 et M2 fonctionnent sur arrivée ENEDIS 1			fermés	fermés
Mode L0 Seul M1 fonctionne sur arrivée ENEDIS 1			fermés	ouverts
Mode L0 Seul M2 fonctionne sur arrivée ENEDIS 2				

Document réponses DRS2 : schéma électrique simplifié

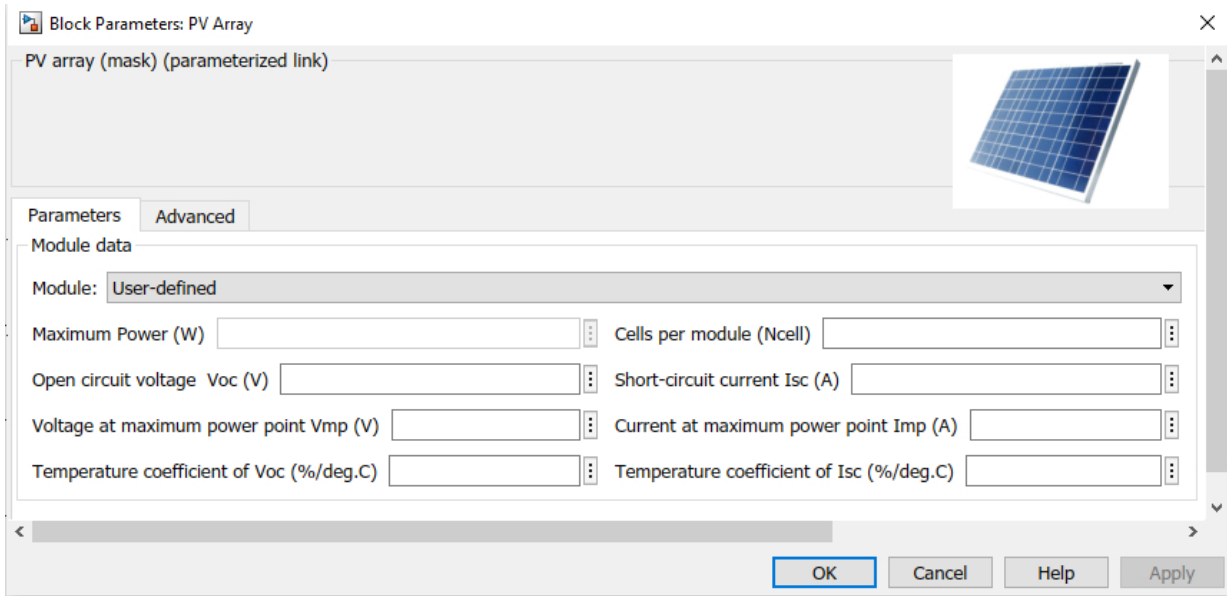


RCSE : Composants du Réseau de Communication Sol Embarqué

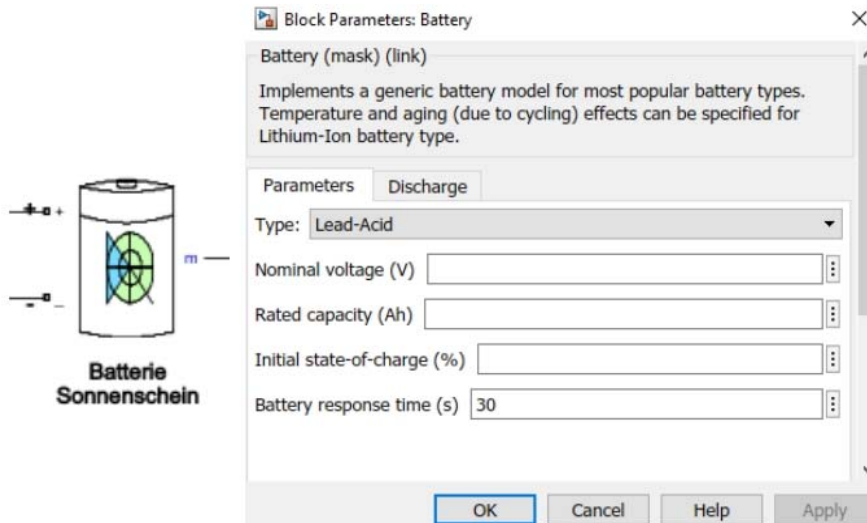
RMS : Réseau informatique MultiServices

Document réponses DRS3 : paramètres des blocs du modèle multiphysique Simulink du kit solaire

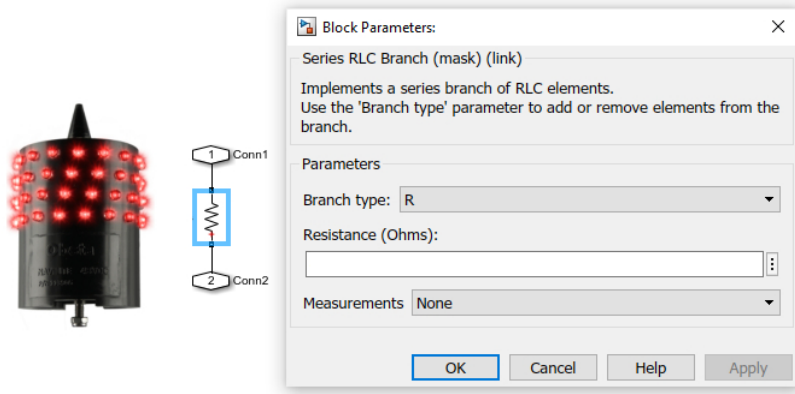
Question D.1 – Paramètres du bloc PV.



Question D.2 – Paramètres du bloc batterie.



Question D.3 – Paramètres du bloc NAVILITE.



BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2024

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

INNOVATION TECHNOLOGIQUE ET ÉCO-CONCEPTION

Jeudi 20 juin 2024

Durée de l'épreuve : **4 heures**

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

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

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

Ce sujet comporte 35 pages numérotées de 1/35 à 35/35.

Constitution du sujet :

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

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

Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.

Tous les documents réponses, mêmes vierges, sont à rendre obligatoirement avec la copie.

PARTIE enseignement spécifique (1,5h).....8 points

Vous prendrez une nouvelle copie pour traiter cette partie.

Innovation technologique et éco-conception

Téléo

Le téléphérique urbain de Toulouse



- Présentation de l'étude et questionnaire pages 24 à 29
- Documents techniques DTS1 à DTS5 pages 30 à 34
- Documents techniques DRS1 pages 35

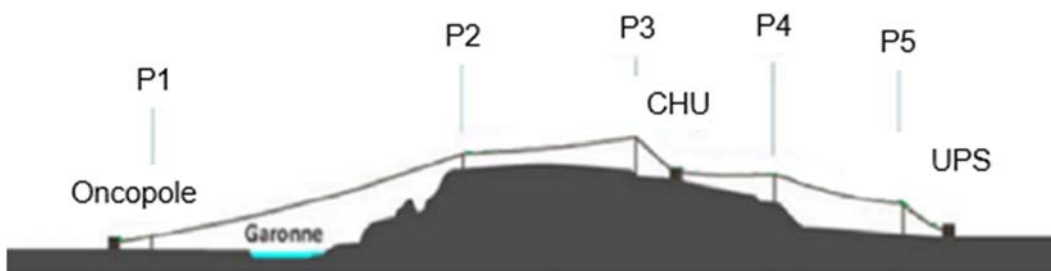
Mise en situation

La sécurité des usagers est une priorité absolue dans la conception de tout produit de transport. Les concepteurs accordent une attention particulière à cet aspect en choisissant soigneusement les matériaux utilisés et en maîtrisant les efforts auxquels ils seront soumis. Le dimensionnement et la réalisation du téléphérique dépendent de ces choix cruciaux pour garantir la sécurité des personnes transportées.

Travail demandé

Partie A : comment diminuer les efforts sur le groupe moteur ?

Téléo est un moyen de transport innovant permettant de relier deux points séparés par un fleuve et une zone protégée. C'est un téléphérique débrayable à mouvement continu bi-porteur et mono tracteur aussi appelée « 3S ». L'installation de ce système nécessite un groupe moteur pour entraîner les véhicules à l'aide d'un câble tracteur. Afin de minimiser les impacts environnementaux, il est essentiel de réduire les efforts sur le groupe moteur.



- Le parcours de la ligne entre deux pylônes (P1, P2, P3, P4, P5) ou entre un pylône et une station (Oncopole, CHU, UPS) est appelé une portée.

Hypothèses :

- Le véhicule avance à vitesse constante sur chaque portée (cas de statique).
- Les efforts dus au vent et aux frottements des galets sur les câbles porteurs sont négligés.
- L'accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Question A.1 | **Indiquer** le type de téléphérique envisagé pour ce projet.

DTS3

Question A.2 | On isole le véhicule.

DTS3

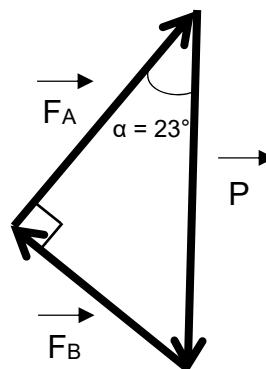
Énoncer les actions mécaniques extérieures qui agissent sur le véhicule.

Question A.3 | La masse d'une personne est estimée à 80 kg. **Exprimer** puis **calculer** le poids total du véhicule avec sa charge maximale.
DTS3

Question A.4 | **Représenter** en tenant compte de l'échelle donnée la résultante du poids total du véhicule avec sa charge maximale d'une intensité de 67000 N par un vecteur \vec{P} .
DTS3
DRS1

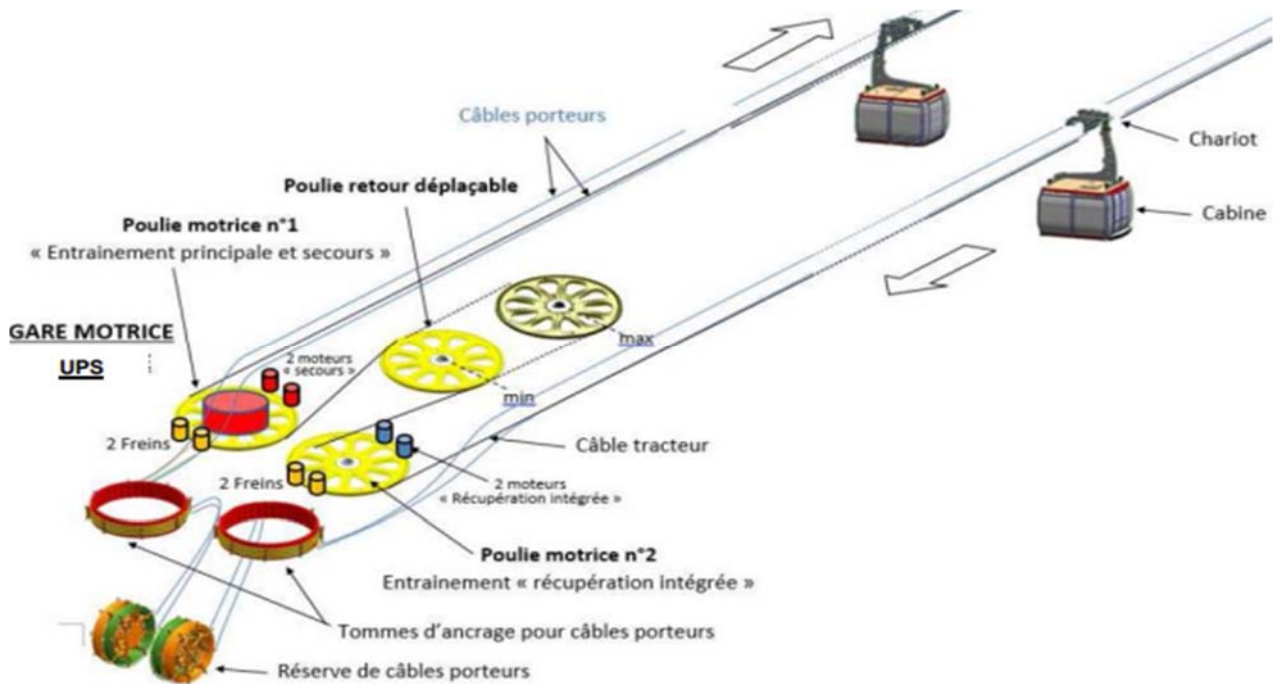
Question A.5 | **Exprimer** la nature du contact dans le plan entre un galet du chariot et le câble porteur dans la représentation du document réponse **DRS1**. **Justifier** la direction et le sens de la résultante \vec{F}_A dans la représentation du document réponse **DRS1**.
DTS3
DRS1

Question A.6 | À l'aide du schéma suivant, **exprimer** puis **calculer** l'intensité de la résultante F_A en N en fonction de P , intensité de la résultante du poids total du véhicule avec sa charge et α l'angle de la pente.
DRS1



Question A.7 | **Mesurer** l'intensité de la résultante F_B dans la représentation du document réponse **DRS1**.
DRS1

Les câbles porteurs sont ancrés en gare d'extrémité sur des tommes d'ancrage. La boucle de câble tracteur est entraînée par une poulie motrice.



La poulie motrice qui entraîne le câble tracteur possède un diamètre de 4,55 mètres.

L'arbre moteur est en prise directe avec la poulie, sans réducteur.

Le couple moteur en N·m est égale au couple de la poulie motrice en N·m.

Question A.8 | **Calculer** l'intensité du couple **C** que doit fournir le moteur pour maintenir un véhicule à l'équilibre lorsque l'intensité de la résultante des actions mécaniques du câble tracteur sur le véhicule est de 26000 N.

Question A.9 | **Expliquer** l'évolution du couple moteur nécessaire pour maintenir une seule cabine en équilibre en fonction de sa position sur le parcours, en montée et en descente.

Question A.10 | **Conclure** sur la nécessité de répartir les cabines pour diminuer les efforts sur le moteur.

Partie B : comment dimensionner le câble tracteur d'un téléphérique urbain ?

Le câble tracteur est continu et forme une boucle allant de la station de l'Oncopole à la station de l'Université Paul Sabatier. Ce câble toronné assure la fonction unique de tracter le véhicule entre les stations. Afin de diminuer les efforts sur le groupe moteur, le câble tracteur doit être léger et résistant.

Le câble a une longueur totale de 6 km, il est composé d'une âme et de 6 torons.

Les efforts exercés sur le câble tracteur sont, dans un premier temps, considérés comme entièrement repris par les 6 torons uniquement.

Question B.1 | La réglementation impose un coefficient de sécurité **Cs** de **5**.
DTS1, DTS2 | **Calculer** la contrainte maximale σ_{max} admissible par le câble tracteur en MPa.

Le câble est soumis à un effort normal maximal de 320000 N.

Question B.2 | **Déterminer** la surface minimale S_{min} en mm^2 des torons du câble tracteur.

Question B.3 | **Sélectionner** le câble tracteur garantissant un coefficient de sécurité de 5 tout en minimisant le poids. **Indiquer** sa référence.
DTS2

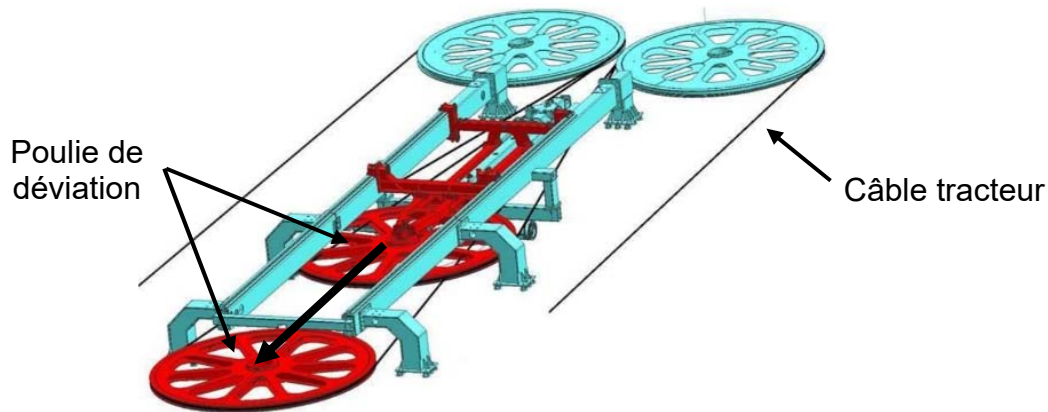
Le module de Young équivalent du câble tracteur choisi avec une âme en polycarbonate et les six torons en acier hautes caractéristiques est de 115 GPa.

Le câble tracteur est soumis à une contrainte normale σ de 170 MPa.

Question B.4 | Sachant que $\sigma = E \times \varepsilon$, **calculer** l'allongement relatif ε du câble.

Question B.5 | En utilisant la formule $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$, **calculer** l'allongement total ΔL du câble tracteur.

La tension dans la boucle de câble tracteur est ajustée via la poulie de déviation déplaçable. La poulie de déviation est montée sur un chariot dont la course est de 8m, ce qui peut compenser un allongement de 16m de câble.



Question B.6 | **Vérifier** que la course de la poulie de déviation est suffisante.

Question B.7 | **Relever** la contrainte dans les torons et dans l'âme du câble tracteur sur la simulation.

DTS5

Question B.8 | **Vérifier** que le coefficient de sécurité de l'âme du câble tracteur est supérieur à 5.

DTS1, DTS5

Question B.9 | **Conclure** en justifiant le choix du câble tracteur en tenant compte des questions précédentes.

DTS2

Partie C : comment accélérer progressivement un véhicule à l'arrêt en gare pour atteindre la vitesse du câble tracteur ?

Lorsqu'un véhicule du téléphérique arrive en gare, la pince libère le câble et le véhicule est suspendu à un rail sur lequel il roule grâce à des galets situés à proximité de la pince. Le véhicule est alors entraîné par un convoyeur à pneus qui gère sa vitesse pendant tout son trajet en gare.

La décélération et l'accélération du véhicule sont assurées par des changements de vitesse de rotation des pneus des convoyeurs en entrée et sortie de gare, appelés ralentisseurs et lanceurs.

Question C.1 | **Indiquer** le principe de transmission de mouvement utilisé pour mettre en rotation tous les pneus des lanceurs en gare.
DTS4

Question C.2 | **Calculer** le rapport de transmission r entre une poulie menante et une poulie menée.
DTS4

Par hypothèse, la vitesse d'un véhicule est égale à la vitesse tangentielle du pneu au point de contact entre le pneu et la traverse d'entraînement du véhicule.

Question C.3 | **Exprimer** la vitesse d'un véhicule $V_{\text{véhicule}}$ en fonction de la vitesse angulaire du pneu ω_{pneu} en contact.
DTS4

Question C.4 | **Calculer** la vitesse angulaire du pneu ω_{pneu} entraînant un véhicule à une vitesse de $7,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
DTS4

Les lanceurs proposés sont composés respectivement de 15 et de 20 pneus.

Question C.5 | En utilisant la formule $r_{(\text{nb de pneus})} = 1,2^{(\text{nb de pneus} - 1)}$, **calculer** les rapports de transmission r_{15} et r_{20} .
DTS4

Calculer la vitesse angulaire minimale du premier pneu de chacun des lanceurs proposés pour que le véhicule atteigne la vitesse de $7,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en fin de lanceur pour chaque composition.

Question C.6 | Le moteur qui entraîne le premier pneu du lanceur à une vitesse de rotation maximale de 20 tours par minute. **Conclure** sur le choix du lanceur composé de 15 pneus ou du lanceur composé de 20 pneus.
DTS4

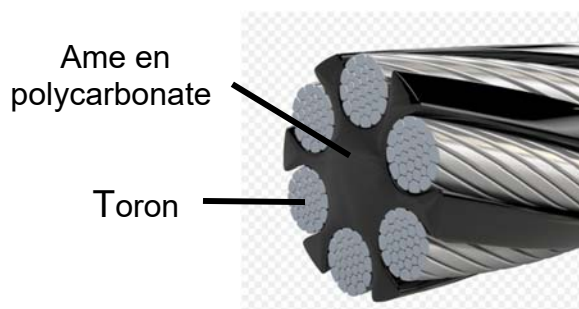
Document technique DTS1 : tableau des caractéristiques mécaniques des matériaux

	E (Gpa)	R_e (Mpa)	ρ (kg·m⁻³)
Acier Ordinaire	210	500	7850
Acier hautes caractéristiques	210	1770	7850
Alliages aluminium	70	300	2800
Titane	110	650	4500
Polyéthylène haute densité	0,7	35	960
Polycarbonate	2,3	72	1210
Nylon	3,2	160	1140
Composites renforcés fibre de carbone	150	1000	1800

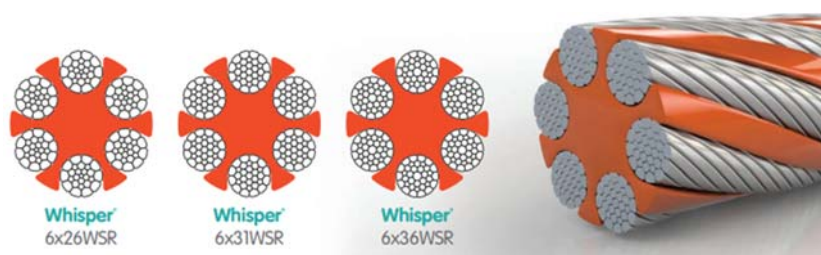
- E le module d'élasticité en GPa.
- R_e la résistance à la traction maximale en MPa.
- ρ la masse volumique en kg·m⁻³.

Document technique DTS2 : caractéristiques du câble tracteur

Le câble a une longueur de 6 km, il est composé d'une âme et de 6 torons. Les espaces inter-torons et l'âme sont en polycarbonate afin de limiter la génération de vibrations et réduire les émissions sonores. Les torons sont en acier hautes caractéristiques.



Plusieurs modèles de câble whisper avec plusieurs diamètres sont disponibles :

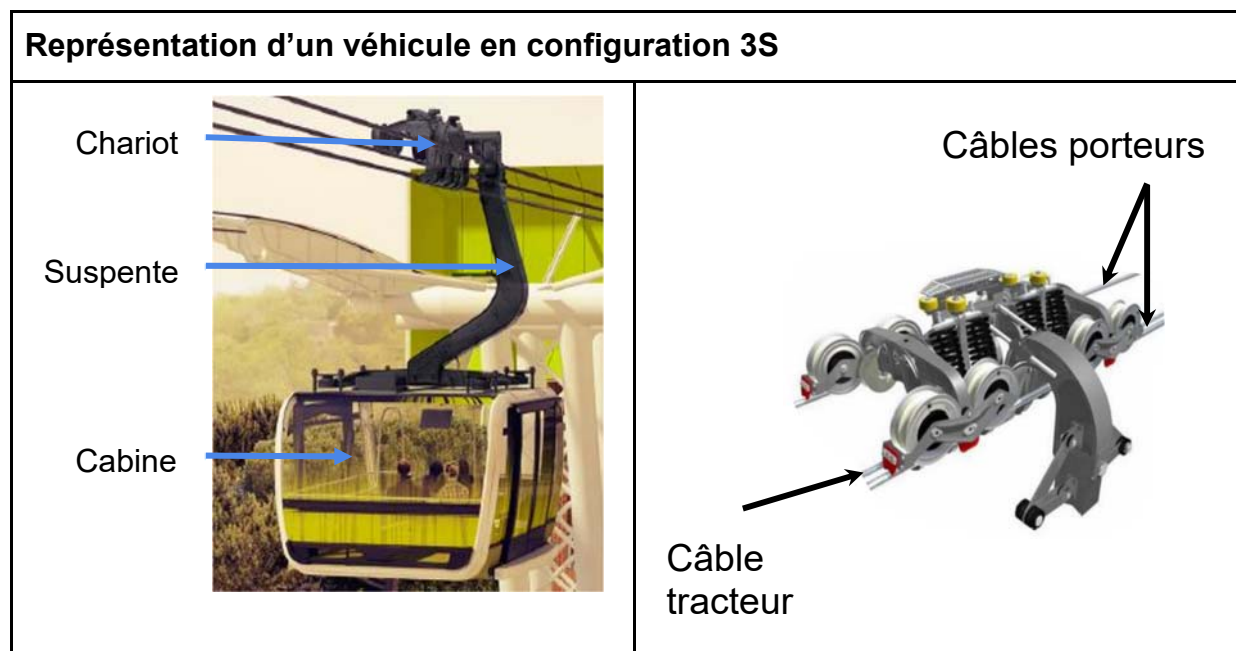


Références	Diamètre	Section (6 torons sans l'âme)	Masse linéique
	mm	mm ²	kg·m ⁻¹
6x26WSRx40.5	40.5	654	5,80
6x26WSRx42	42	715	6,34
6x31WSRx45	45	801	7,27
6x31WSRx46	46	837	7,56
6x31WSRx48	48	922	8,29
6x36WSRx50	50	993	8,96
6x36WSRx52	52	1074	9,70

Document technique DTS3 : présentation des véhicules en configuration 3S

Un téléphérique débrayable à mouvement continu bi-porteur et mono tracteur. Cette configuration est communément appelée « 3S ». Les véhicules roulent sur deux câbles porteurs fixes par rapport au référentiel sol et sont tractés par un câble tracteur en mouvement unidirectionnel continu.

Le sous-système du véhicule en interface avec ces différents câbles est appelé le chariot.



Le chariot est serré sur le câble tracteur par des pinces débrayables, alors que le roulement sur les câbles porteurs est assuré par huit galets porteurs.

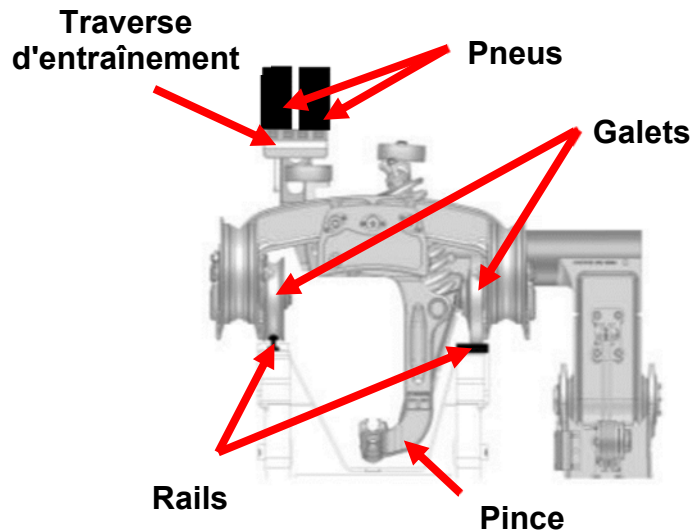
Les pinces débrayables permettent aux véhicules de se séparer du câble tracteur en gare et ainsi pouvoir modifier la vitesse du véhicule pour laisser le temps aux passagers de descendre et de monter.

Le chariot est relié à la cabine par la suspente. L'ensemble de ces trois constituants forme le véhicule.

	Configuration 3S
Nombre de câbles porteurs	2
Nombre de câble tracteur	1
Masse d'un véhicule à vide	4000 kg
Nombre max de passagers	34

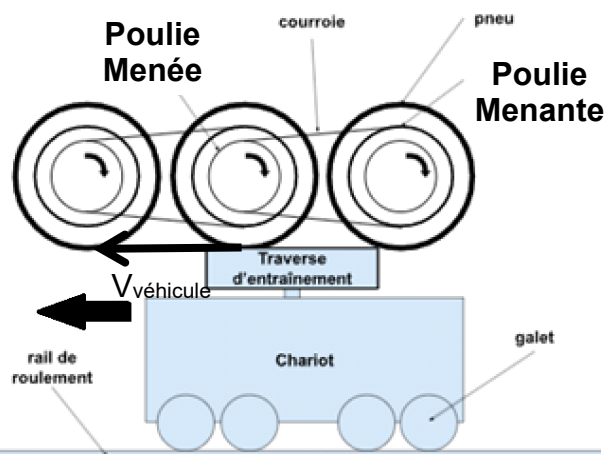
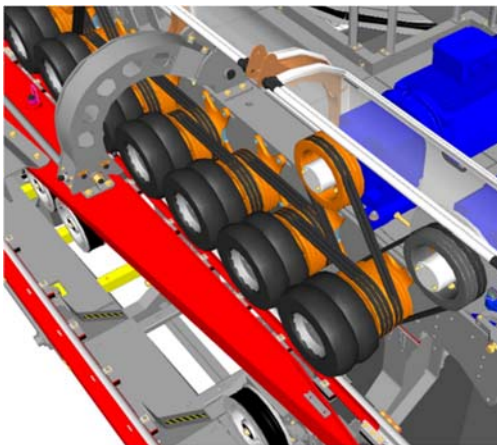
Document technique DTS4 : présentation des lanceurs en Gare

Représentation d'un chariot entraîné par un lanceur



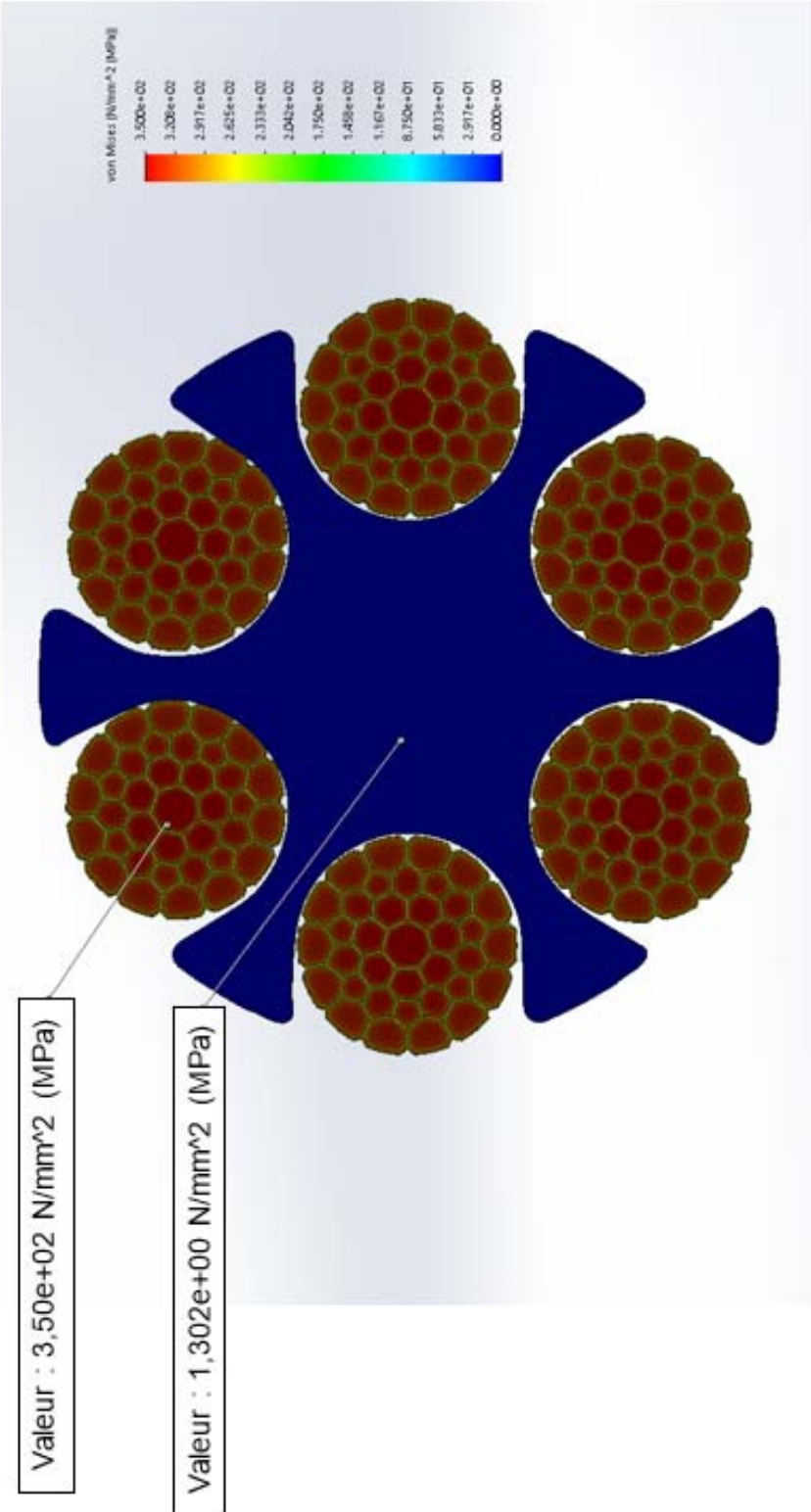
L'entraînement des véhicules dans les stations s'effectue à l'aide de pneus montés sur une poutre à pneus. Le premier pneu du lanceur est entraîné par l'un des deux moteurs d'entraînement (l'autre moteur étant un moteur de secours) et la transmission du mouvement d'un pneu à l'autre s'effectue par une liaison poulie-courroie. La différence de diamètre des poulies permet une évolution de la vitesse de rotation des pneus et par conséquent de la vitesse des véhicules. Les poutres à pneus entraînent les chariots des véhicules au niveau de leur traverse d'entraînement ce qui leur permet de rouler sur leurs rails de roulement.

Représentation de la transmission du mouvement dans un lanceur

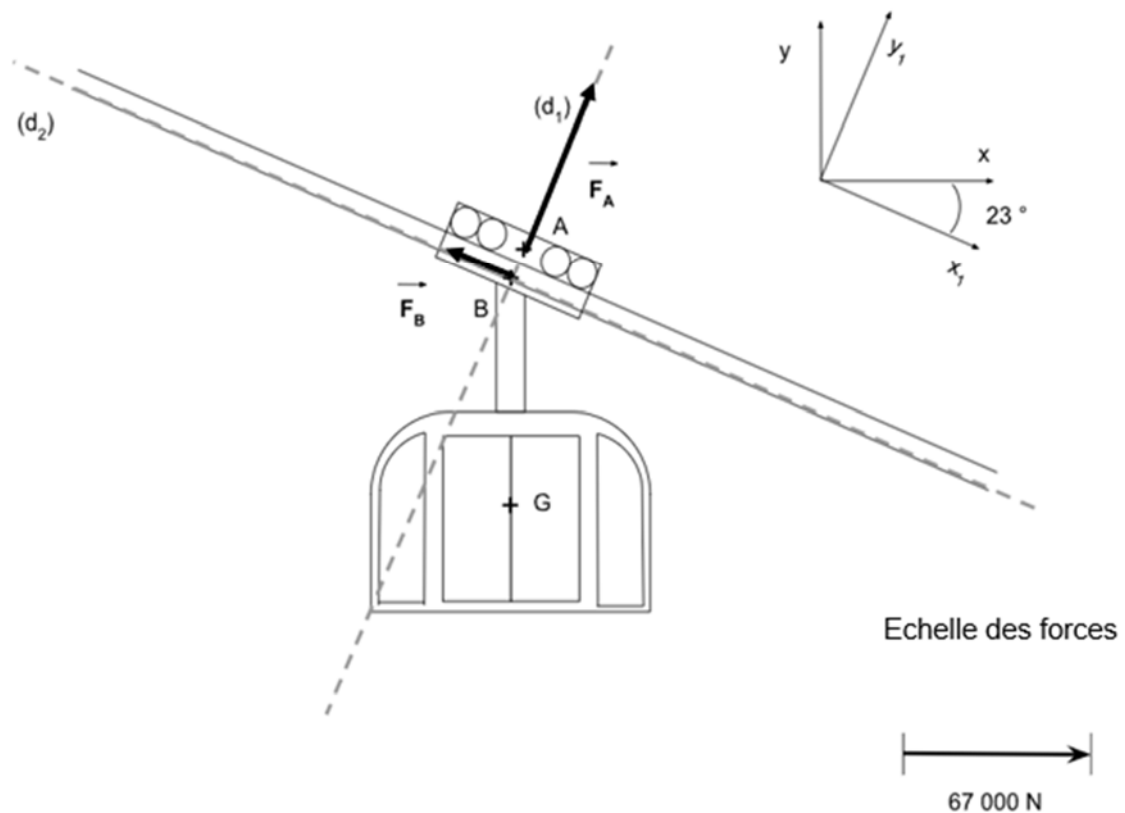


Rayon pneu (m)	Rayon poulie menante (m)	Rayon poulie menée (m)
0,2	0,18	0,15

Document technique DTS5 : simulation du comportement du câble tracteur en traction soumis à un effort de 320 000 N



Document réponse DRS1 : véhicule à l'arrêt sur une section du parcours incliné à un angle $\alpha = 23^\circ$



- Le point G représente le centre de gravité du véhicule.
- Le point A représente le point de réduction des actions mécaniques des câbles porteurs sur le véhicule.
- Le vecteur \vec{F}_A représente la résultante des actions mécaniques des câbles porteurs sur le véhicule réduit au point A .
- Le point B représente le point de réduction des actions mécaniques du câble tracteur sur le véhicule.
- Le vecteur \vec{F}_B représente la résultante des actions mécaniques du câble tracteur sur le véhicule réduit au point B .

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2024

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

SYSTÈMES D'INFORMATION ET NUMÉRIQUE

Jeudi 20 juin 2024

Durée de l'épreuve : **4 heures**

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

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

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

Ce sujet comporte 38 pages numérotées de 1/38 à 38/38.

Constitution du sujet :

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

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

Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.

Tous les documents réponses, mêmes vierges, sont à rendre obligatoirement avec la copie.

PARTIE enseignement spécifique (1,5h)..... 8 points

Vous prendrez une nouvelle copie pour traiter cette partie.

SYSTÈMES D'INFORMATION ET NUMÉRIQUE

Téléo

Le téléphérique urbain de Toulouse



- Présentation de l'étude et questionnement..... pages 24 à 29
- Documents techniques DTS1 à DTS10 pages 30 à 34
- Documents réponses DRS1 à DRS5 pages 35 à 38

Mise en situation

La supervision du site permet de suivre l'état des équipements et de les piloter à distance en temps réel. Les problèmes techniques sont :

- l'impossibilité d'utiliser une transmission de données filaires avec la cabine ;
- l'étendue du site et le nombre d'équipements techniques à superviser ;
- les contraintes thermiques de certains composants de la cabine.

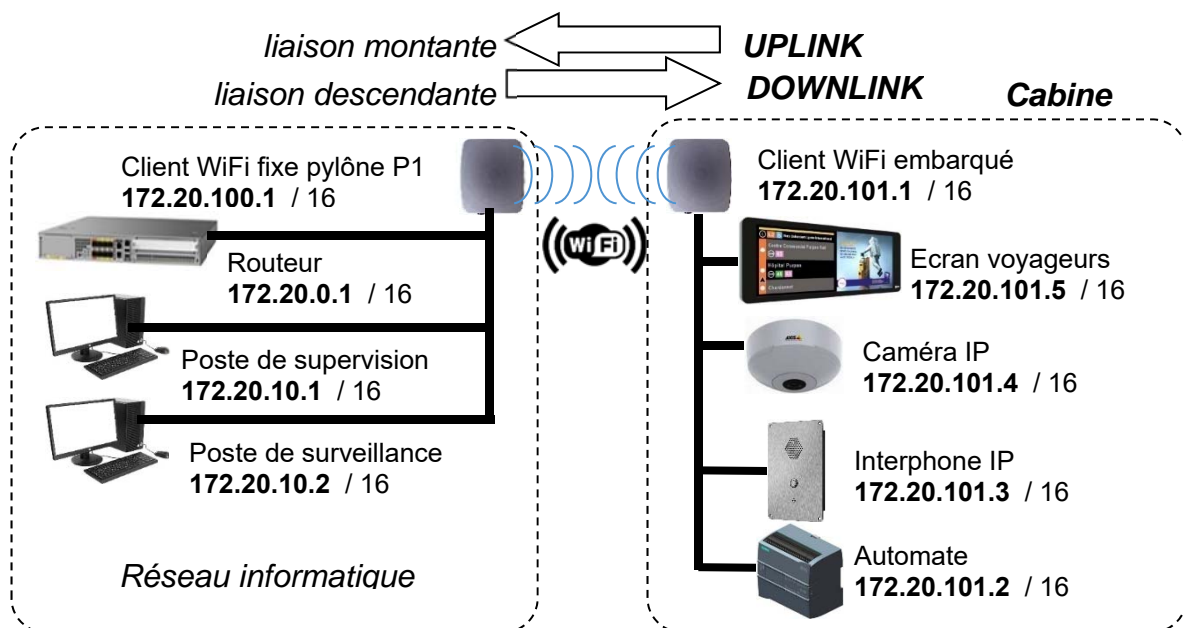
Dans ce sujet, le suffixe 0x signifie que le nombre est noté en hexadécimal.
Par exemple, 0x01, 0x36, 0x3C sont des nombres hexadécimaux.

Travail demandé

Partie A : comment communiquer et maintenir la communication entre la cabine et le réseau informatique local tout le long du trajet ?

L'objectif est de vérifier que les adresses IP et MAC des clients du réseau permettent la transmission de caractères à l'écran voyageurs situé dans la cabine n°1. Les performances de la transmission WiFi doivent être aussi suffisantes tout le long du trajet.

Schéma simplifié de la communication entre la cabine n°1 et le réseau local fixe :



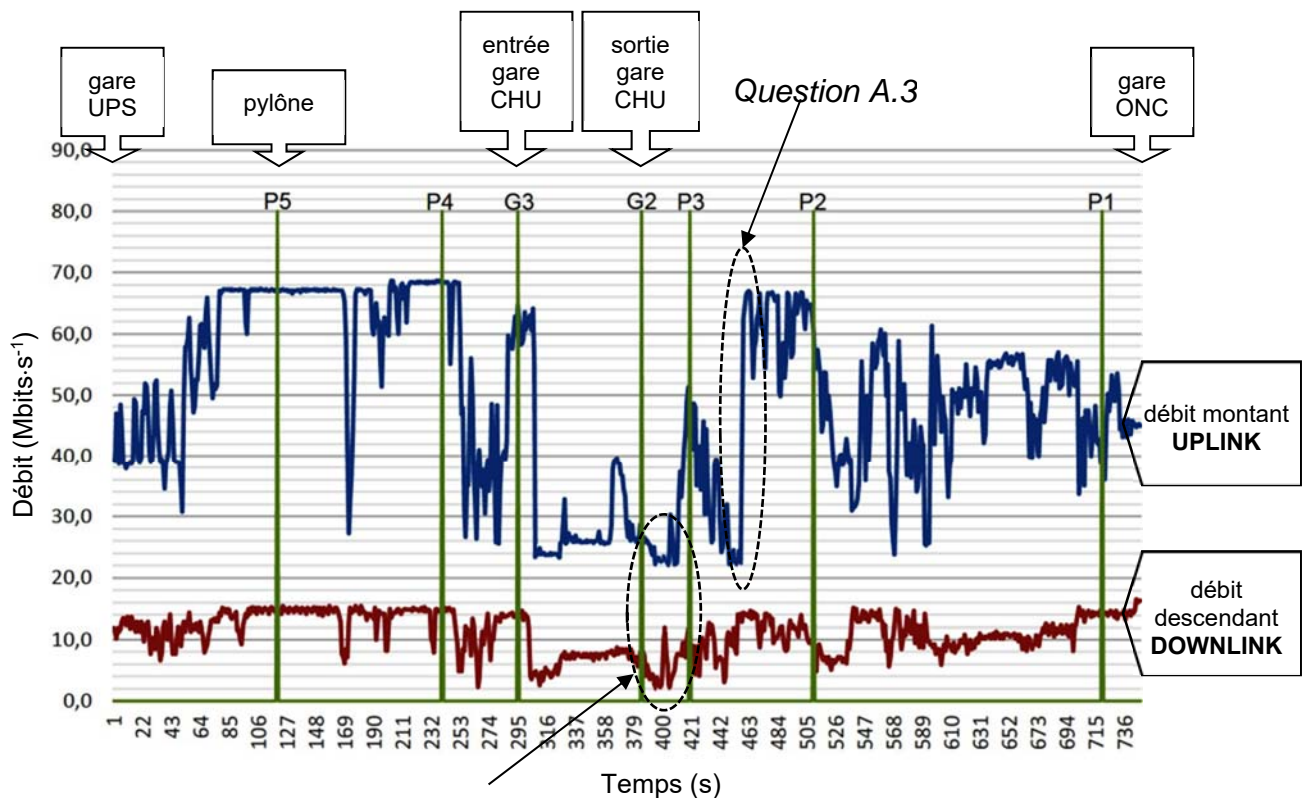
Un logiciel d'analyse de protocole réseau a capturé un paquet de données sur le réseau Ethernet de la cabine.

- Question A.1
- DTS1
- DRS1
- Repérer** en les entourant sur le document réponses DRS1, les adresses MAC et IP source et destination des deux clients.
- Compléter** le tableau du document réponses.

Les textes affichés sur l'écran voyageurs sont transmis en code ASCII. Pour le paquet capturé sur le DRS1, la chaîne de caractères transmise débute à l'octet n°0x0042 et elle se termine par le code ASCII de fin de chaîne 0x00.

Question A.2 | **Indiquer** la suite d'octets qui constitue la chaîne de caractères transmise et la **convertir** en texte.
 DTS1, DTS2
 DRS1

Le principe de la transmission sans-fil entre la cabine et le réseau informatique fixe est présenté sur le DTS3. Le graphe ci-dessous représente les performances maximales de la transmission WiFi entre les gares UPS et ONC mesurées depuis la cabine dans les deux sens de communication.



Question A.3 | **Interpréter** le changement de débit en UPLINK entre 442 et 463 secondes sur le graphe des performances maximales ci-dessus.
 DTS3, Graphe

Question A.4 | **Relever** la valeur des débits minimum et maximum mesurés sur la ligne pour les deux sens de communication (UPLINK et DOWNLINK).
 Graphe

Pour les deux questions qui suivent, le débit mesuré de la communication depuis la cabine est au maximum de 7 Mbits.s⁻¹ en émission et de 200 kbits.s⁻¹ en réception.

Question A.5 | Les performances de la transmission WiFi permettent-elles de garantir la communication d'une cabine tout au long du trajet ? **Justifier** la réponse en effectuant des comparaisons entre les différents débits.

Plusieurs cabines sont en mouvement sur la ligne et deux peuvent s'arrêter en même temps à la gare CHU. Le graphe de la page précédente montre que les performances de la transmission sont les plus faibles à la sortie de cette gare.

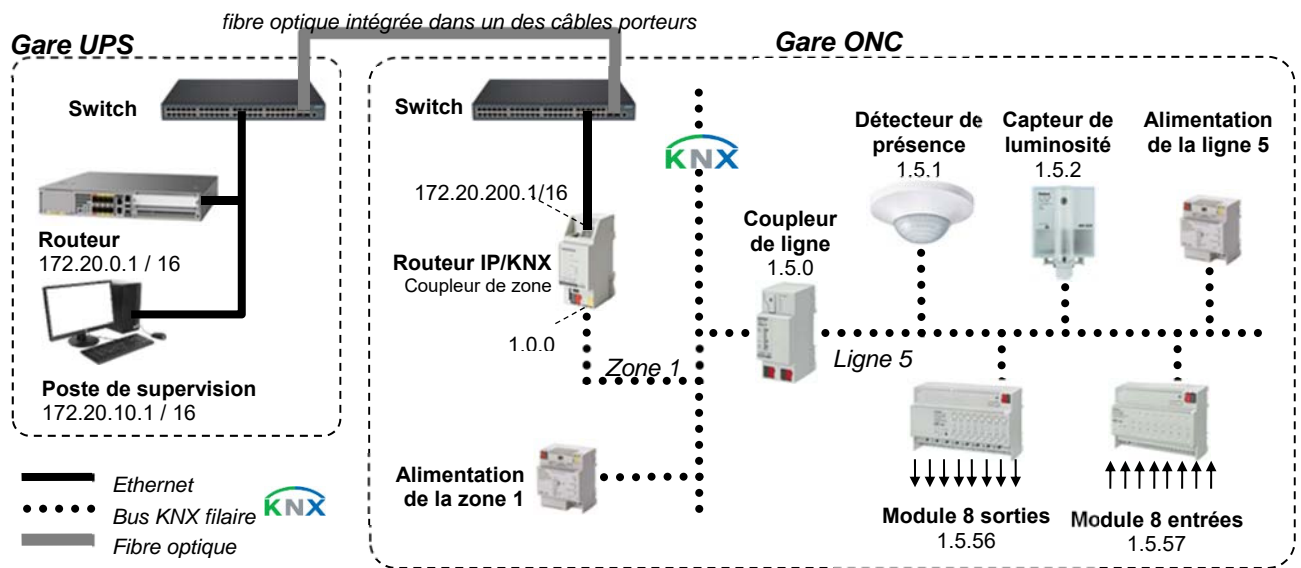
Question A.6 | Dans la zone où les performances de la transmission sont les plus faibles, **déterminer** combien de cabines peuvent se connecter au client WiFi.

Graphe

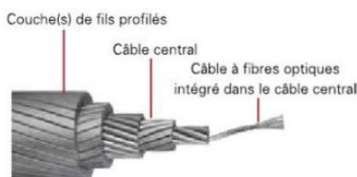
Partie B : comment piloter l'éclairage de la gare ONC depuis le poste de supervision situé à plusieurs kilomètres ?

Afin d'optimiser le confort tout en améliorant l'efficacité énergétique, l'éclairage du site est piloté par un système communicant KNX.

Schéma simplifié partiel du pilotage de l'éclairage de la gare Oncopole (ONC) :



Le module 8 sorties KNX pilote l'éclairage des quais, des locaux techniques et le logo lumineux de la gare, entre autres. Dans une installation KNX chaque appareil communicant s'appelle un participant.



La liaison physique informatique entre la gare UPS et la gare ONC est réalisée par une fibre optique intégrée dans l'un des quatre câbles porteurs. On rappelle que la distance entre ces deux gares est de 3 km.

Question B.1 | **Justifier** l'utilisation d'une liaison par fibre optique entre les gares UPS et ONC.
DTS4

Une adresse physique KNX est composée de 3 nombres séparés par des points. Par exemple, dans la zone n°1, sur la ligne n°5, le participant n°2 a comme adresse : 1.5.2.

Question B.2 | **Déterminer**, en hexadécimal, la valeur de l'octet 2 et de l'octet 3 d'après la lecture de l'oscillogramme de la trame KNX du DRS2.
DTS5
DRS2 | **Déterminer** l'adresse physique en décimal du participant émetteur.

Le DTS6 représente le câblage du module 8 sorties. Par exemple, l'éclairage du logo de la station est piloté par la sortie E du module qui alimente la bobine du relais de puissance KM5.

Question B.3 | **Déterminer** les repères de la sortie du module et du relais de puissance qui pilotent l'éclairage du quai public 2.
DTS6

En pratique, il existe des limitations dans une installation KNX : on peut créer 15 zones, avec 15 lignes par zone et 63 participants par ligne. Sur le site du Téléo, il y a environ 300 participants à adresser.

Question B.4 | **Calculer** le nombre maximal de participants pouvant être adressés.
Montrer que la solution communicante KNX permet d'adresser tous les participants du site.

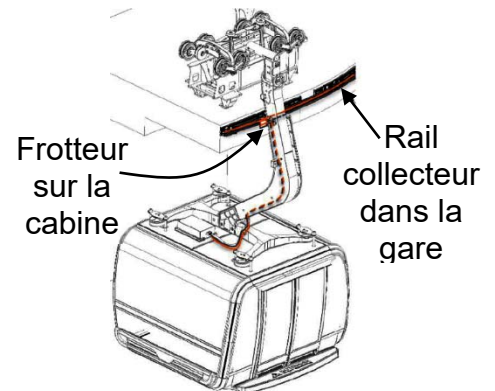
Partie C : comment optimiser la durée de vie des supercondensateurs embarqués dans la cabine ?

L'énergie consommée par la cabine est fournie par deux supercondensateurs qui se rechargent lors du passage en gare. Un frotteur entre en contact avec un rail collecteur et l'énergie électrique collectée en quelques dizaines de secondes doit permettre le fonctionnement autonome de la cabine jusqu'à la prochaine gare.

En cas d'arrêt prolongé, les supercondensateurs se déchargent et des batteries lithium fer phosphate prennent le relais.

Question C.1 | **Citer** le nom de la grandeur physique qui influe le plus sur la durée de vie des supercondensateurs et **donner** la valeur maximale de cette grandeur.
DTS7

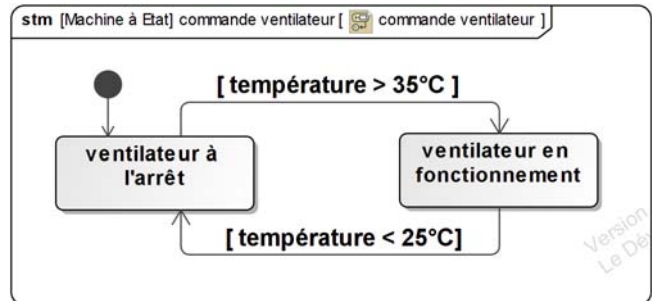
Les deux supercondensateurs sont dans un coffret ventilé sur le toit de la cabine.



Question C.2 | En s'aidant de l'ibd, **compléter** le document réponses DRS3 en écrivant le nom des blocs et la nature des informations de la chaîne de gestion de la ventilation du coffret. La nature de l'information peut être analogique, logique ou numérique.

DTS8
DRS3

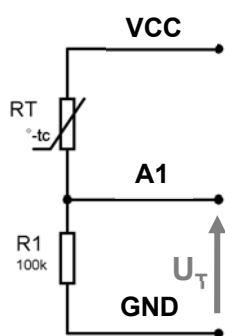
Le fonctionnement du ventilateur doit répondre au diagramme d'états ci-contre.



Question C.3 | **Compléter** le chronogramme de fonctionnement du ventilateur sur DRS4.

DRS4

Pour les besoins de ce sujet, les fonctions de conversion et de traitement de la gestion du ventilateur seront réalisées par le microcontrôleur d'une carte Arduino.



Le capteur de température R_T est une thermistance dont la valeur de la résistance électrique varie en fonction de la température.

L'ensemble R_T et R_1 forme un pont diviseur de tension.

La valeur de la résistance R_1 est de $100\text{ k}\Omega$.

La tension V_{CC} est de 5 V .

La tension U_T sera convertie sur l'entrée analogique A1 de la carte Arduino.

Question C.4 | **Déterminer** la valeur de la résistance R_T pour une température de 35°C et l'**exprimer** en $\text{k}\Omega$ sur DRS4.

DTS9
DRS4

Question C.5 | Sur DRS4, **calculer** la valeur de U_T pour une température de 35°C .

DTS9
DRS4

La résolution du CAN est de 10 bits et sa tension de référence V_{REF} est de 5 V .

Question C.6 | Sur DRS4, **calculer** la valeur du quantum q et la valeur de l'entier N , résultat de la conversion pour une température de 35°C .

DTS9
DRS4

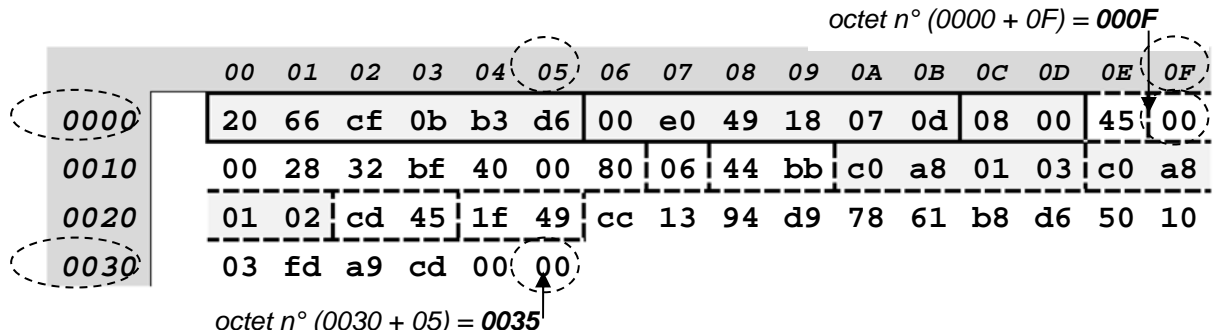
Question C.7 | Sur DRS5, **compléter** le câblage des entrées/sorties de la carte
DTS10 | Arduino ainsi que les parties manquantes du programme, à partir des
DRS5 | informations fournies sur DRS4 et des commentaires du programme.

Partie D : synthèse

Question D.1 | À partir des résultats des trois parties précédentes, **conclure** sur les
mise en situation | solutions retenues pour résoudre les problèmes techniques énoncés
dans la mise en situation.

Document technique DTS1 : lecture d'un paquet Ethernet

- Exemple de décodage d'un paquet Ethernet :**



octet n	Valeurs	Signification
0000	20 66 cf 0b b3 d6	Adresse MAC destination = 20:66:cf:0b:b3:d6
0006	00 e0 49 18 07 0d	Adresse MAC source = 00:e0:49:18:07:0d
000C	08 00	Ether Type = 0x0800 → IPv4
000E	45	4 → Version IPv4 ; 5 → longueur de l'entête = 20 octets
000F	00 00 28 32 bf 40 00 80	... suite de l'entête IP
0017	06	Protocole = 0x06 → TCP
0018	44 bb	Checksum, somme de contrôle de l'entête
001A	c0 a8 01 03	Adresse IP source = 192.168.1.3
001E	c0 a8 01 02	Adresse IP destination = 192.168.1.2
0022	cd 45	Port source = 52549
0024	1f 49	Port destination = 8009
0026	cc	Suite du paquet, données...

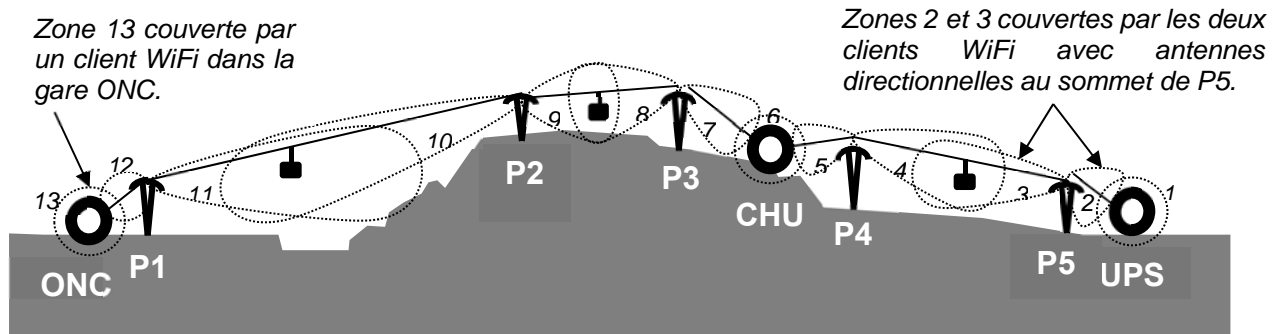
Document technique DTS2 : extrait de la table des caractères ASCII

caractère	dec	hex	caractère	dec	hex	caractère	dec	hex	caractère	dec	hex
'espace'	32	20	:	58	3A	E	69	45	P	80	50
0	48	30	;	59	3B	F	70	46	Q	81	51
1	49	31	<	60	3C	G	71	47	R	82	52
2	50	32	=	61	3D	H	72	48	S	83	53
3	51	33	>	62	3E	I	73	49	T	84	54
4	52	34	?	63	3F	J	74	4A	U	85	55
5	53	35	@	64	40	K	75	4B	V	86	56
6	54	36	A	65	41	L	76	4C	W	87	57
7	55	37	B	66	42	M	77	4D	X	88	58
8	56	38	C	67	43	N	78	4E	Y	89	59
9	57	39	D	68	44	O	79	4F	Z	90	5A

Exemple de codage d'une chaîne de caractères :

Le codage de la chaîne de caractères « ONC 2 » donne la suite : 0x4F, 0x4E, 0x43, 0x20, 0x32, 0x00. En tout elle comporte 6 octets, caractère de fin de chaîne 0x00 inclus.

Document technique DTS3 : principe de la transmission WiFi

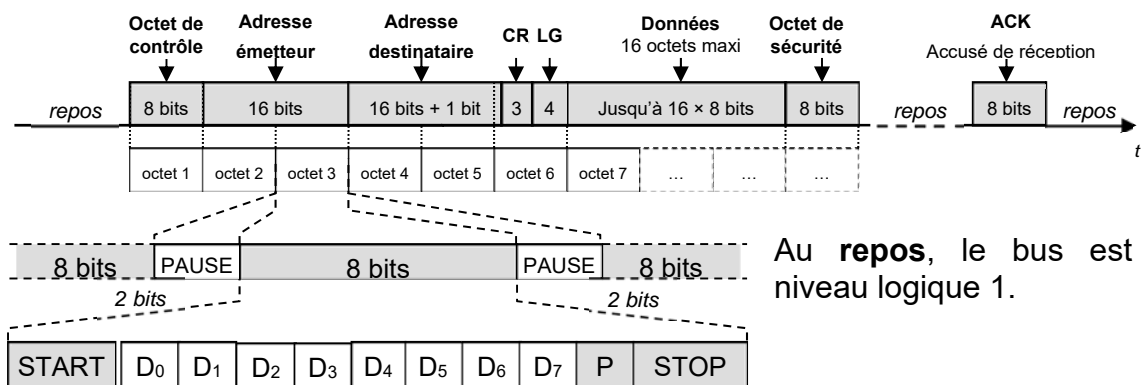


La cabine est toujours connectée à un client WiFi et un seul. Plus elle s'en éloigne, plus la puissance du signal WiFi s'atténue et le débit des données diminue. Elle se connecte automatiquement à celui dont le signal est le plus puissant, généralement le plus proche. Sur le schéma simplifié ci-dessus, entre les gares UPS et ONC la cabine se connecte successivement aux 13 clients qui couvrent les 13 zones (1 à 13) repérées ci-dessus.

Document technique DTS4 : technologies Ethernet

Nom commercial	Vitesse	Dénomination physique	Standard	Support	Longueur
Fast Ethernet	100 Mbits/s	100BASE-TX	IEEE 802.3u	Cuivre	< 100 m
Gigabit Ethernet	1 Gbits/s	1000BASE-T	IEEE 802.3ab	Cuivre	< 100 m
		1000BASE-SX, 1000BASE-LX	IEEE 802.3z	Fibre	< 5 km
10Gigabit Ethernet	10 Gbits/s	10GBASE-T	IEEE 802.3an	Cuivre	< 100 m
		10GBASE-SR, 10GBASE-LR	IEEE 802.3ae	Fibre	< 25 km
40Gigabit Ethernet	40 Gbits/s	40GBASE-SR, 40GBASE-LR	IEEE 802.3ba	Fibre	< 10 km
100Gigabit Ethernet	100 Gbits/s	100GBASE-SR, 100GBASE-LR	IEEE 802.3ba	Fibre	< 10 km

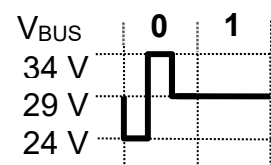
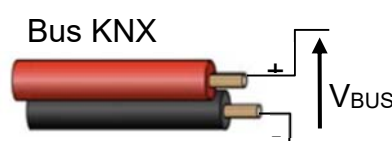
Document technique DTS5 : transmission KNX



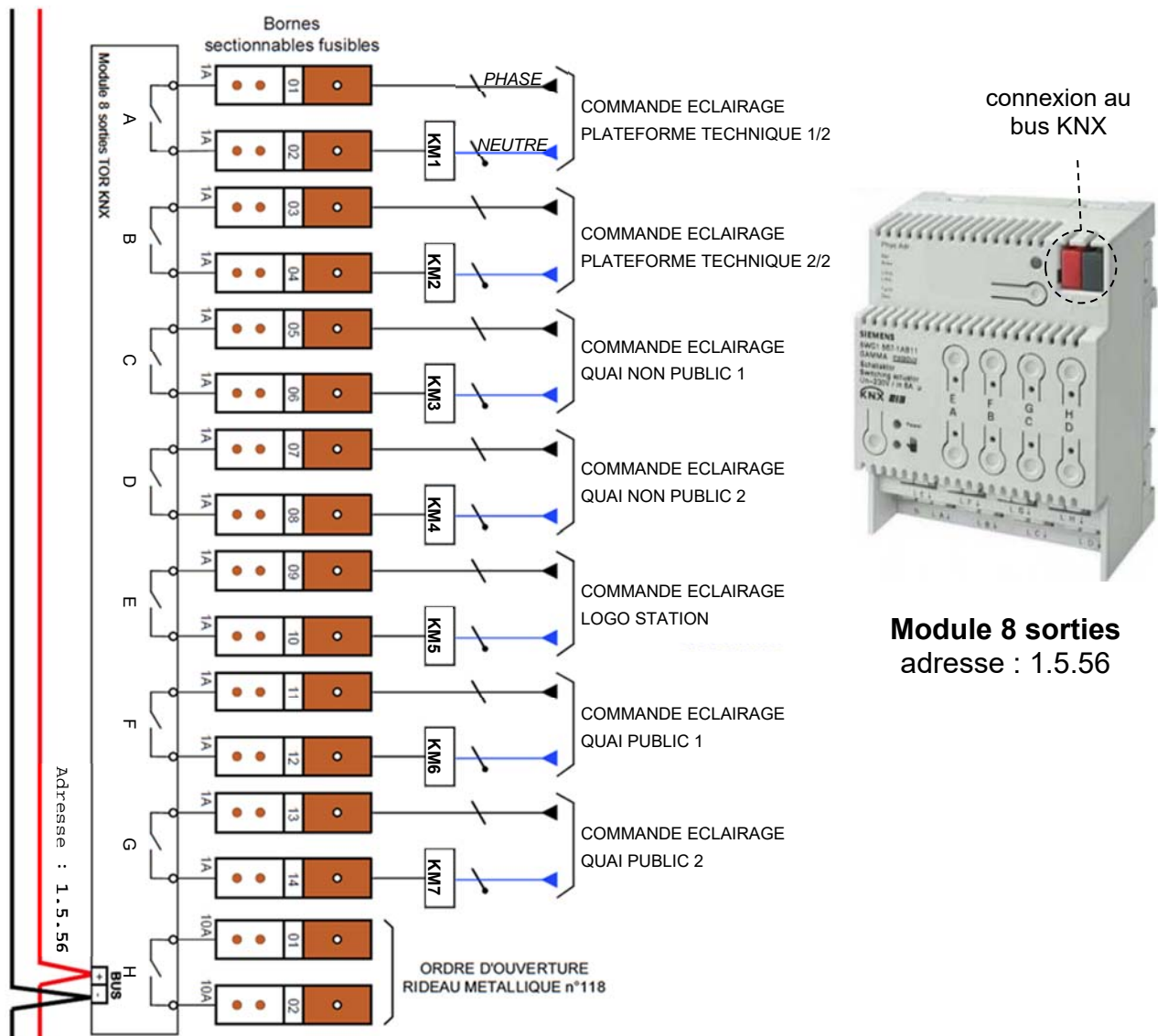
L'émission d'un octet commence par un bit de **START** au niveau logique 0 suivi des 8 bits de données transmis **LSB en premier**, puis d'un bit de parité **P** (paire) et d'un bit de **STOP** au niveau logique 1. Un temps de **PAUSE** correspondant à 2 bits au repos est émis entre chaque octet.

Codage des états logiques :

Le bus est polarisé et la tension continue présente à ses bornes permet d'alimenter les participants.



Document technique DTS6 : schéma électrique partiel de la gare ONC



Document technique DTS7 : caractéristiques d'une supercapacité

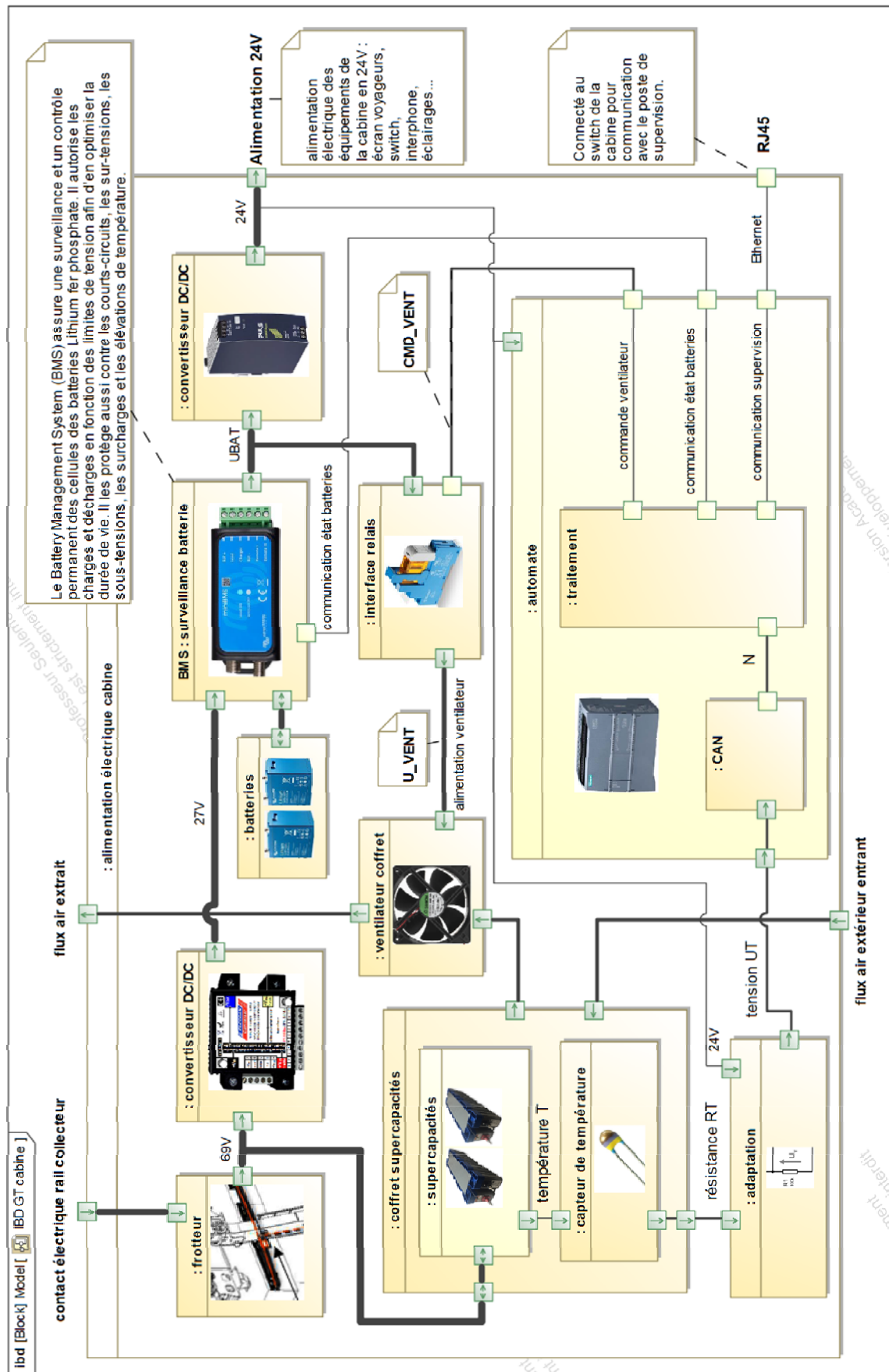


Supercapacité 130F

- ✓ Longue durée de vie
- ✓ Plage de température d'utilisation étendue
- ✓ Haute efficacité (>98%)
- ✓ Faible coût d'utilisation et pas de maintenance

Capacité à 20°C	130 F (+0% ; -20%)	Courant impulsionnel	2 440 A
Tension maximale	69 V	Courant de court-circuit	10 800 A
Surtension	73,6 V (moins de 5 s)	Durée de vie	10 ans à 25°C
Température	-40°C à +65°C		1500 h à 65°C
Courant de fuite nominal	5,2 mA	Nombre de cycles	1 000 000 (à 25°C)
Energie	86 Wh	Dimensions Lxlxh	635 × 176 × 173 mm
Puissance crête	186 kW	Masse	16 kg

Document technique DTS8 : ibd de l'alimentation électrique de la cabine



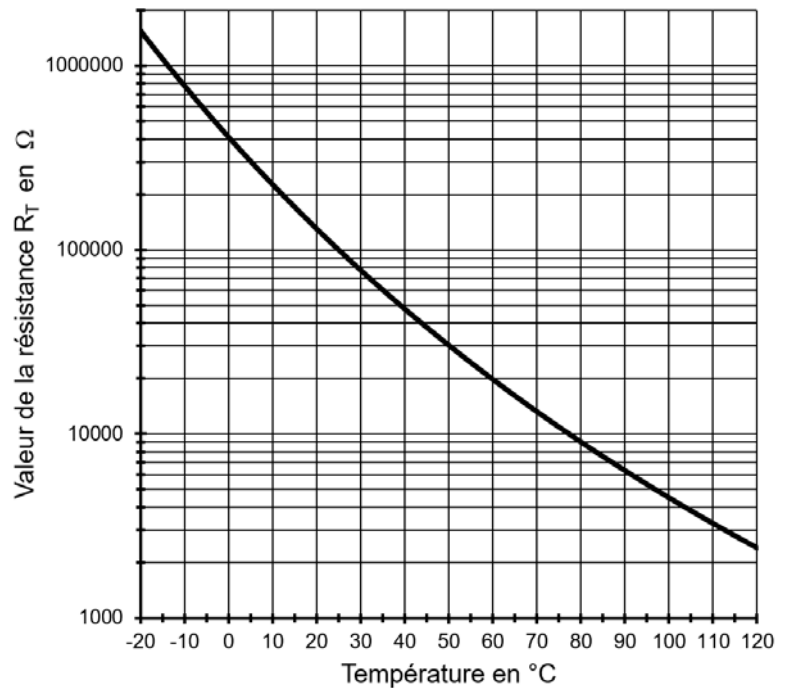
Document technique DTS9

Thermistance :

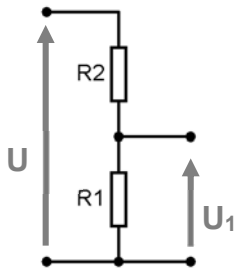


NXRT15XH103

Résistance à 25°C 100kΩ ± 1%
 Courant max (25°C) 0,12mA
 Puissance max (25°C)..... 7,5mW

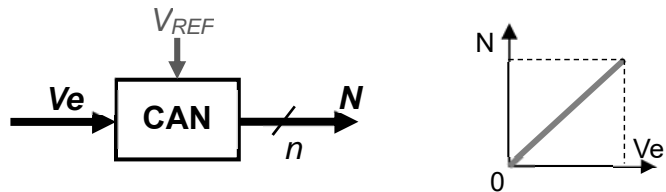


Relation du pont diviseur de tension



$$U_1 = \frac{U \times R1}{R1 + R2}$$

Conversion analogique numérique (CAN)



N est le nombre **entier** sur **n** bits résultat de la conversion.

Le quantum **q** est la plus petite tension mesurable par le CAN. Il correspond à la tension d'entrée pour laquelle **N = 1**.

Document technique DTS10 : fonctions Arduino

<code>pinMode(pin , OUTPUT);</code>	Configure l'entrée « digitale » n° <i>pin</i> en sortie
<code>pinMode(pin , INPUT);</code>	Configure l'entrée « digitale » n° <i>pin</i> en entrée
<code>analogRead(pin);</code>	Lance la conversion analogique numérique et renvoie le résultat sur 10 bits. L'entrée analogique <i>pin</i> peut prendre la valeur A0, A1, A2, A3, A4 ou A5.
<code>digitalWrite(pin , LOW);</code>	Fixe au niveau logique 0 la patte n° <i>pin</i>
<code>digitalWrite(pin , HIGH);</code>	Fixe au niveau logique 1 la patte n° <i>pin</i>

Document réponses DRS1

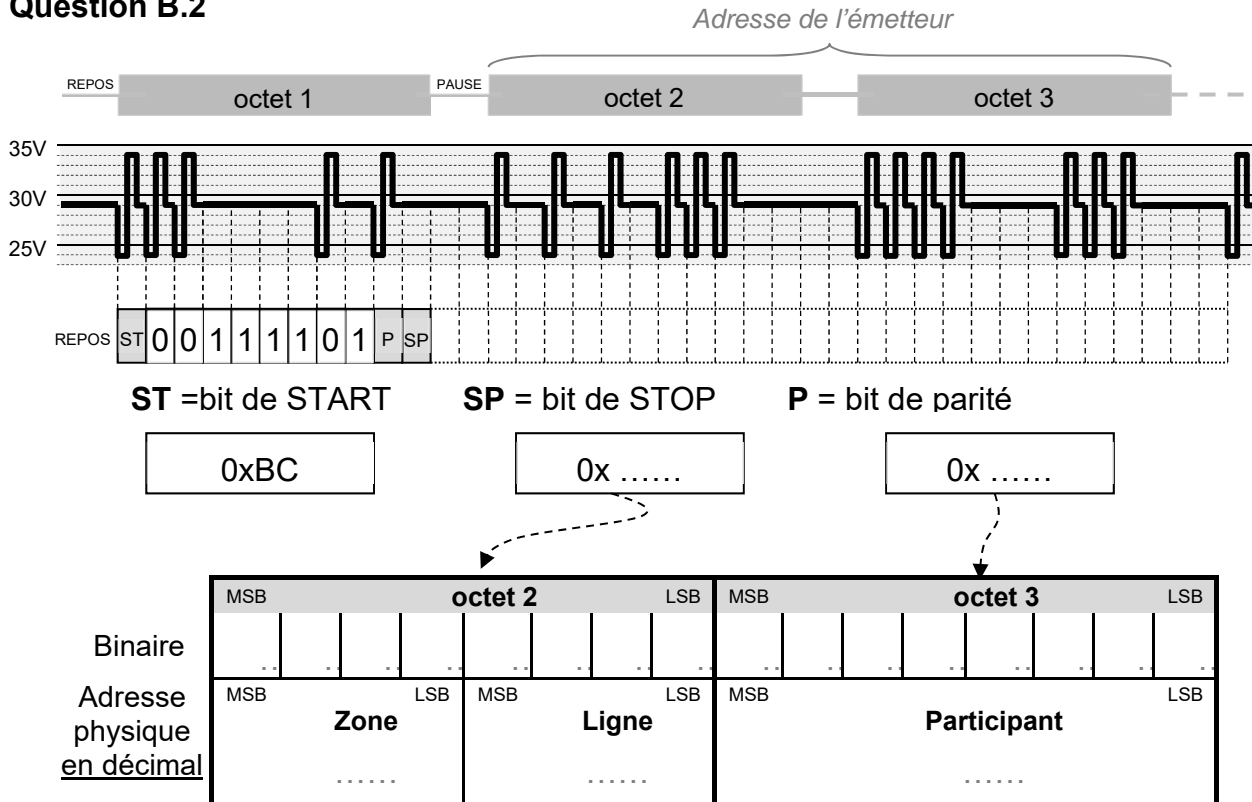
Question A.1 : paquet capturé sur le réseau Ethernet de la cabine n°1

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
0000	14	13	33	ee	b0	e1	c8	58	c0	9e	9d	eb	08	00	45	00
0010	00	73	44	3a	40	00	80	06	31	ee	ac	14	0a	01	ac	14
0020	65	05	f9	e0	1e	00	7b	23	7b	13	45	fd	13	9c	50	18
0030	02	01	06	63	00	00	0e	53	77	61	72	6d	20	70	72	6f
0040	74	58	43	48	55	3e	31	33	3a	32	30	00	0f	d9	68	ae
0050	9f	9f	8c	14	c3	eb	3f	db	a4	85	54	30	e2	80	72	53
0060	2e	f3	49	09	10	ad	64	3a	80	a1	2d	16	97	15	c3	a9
0070	8c	4f	42	e9	41	80	1f	de	30	43	9	6c	0e	00	00	f8

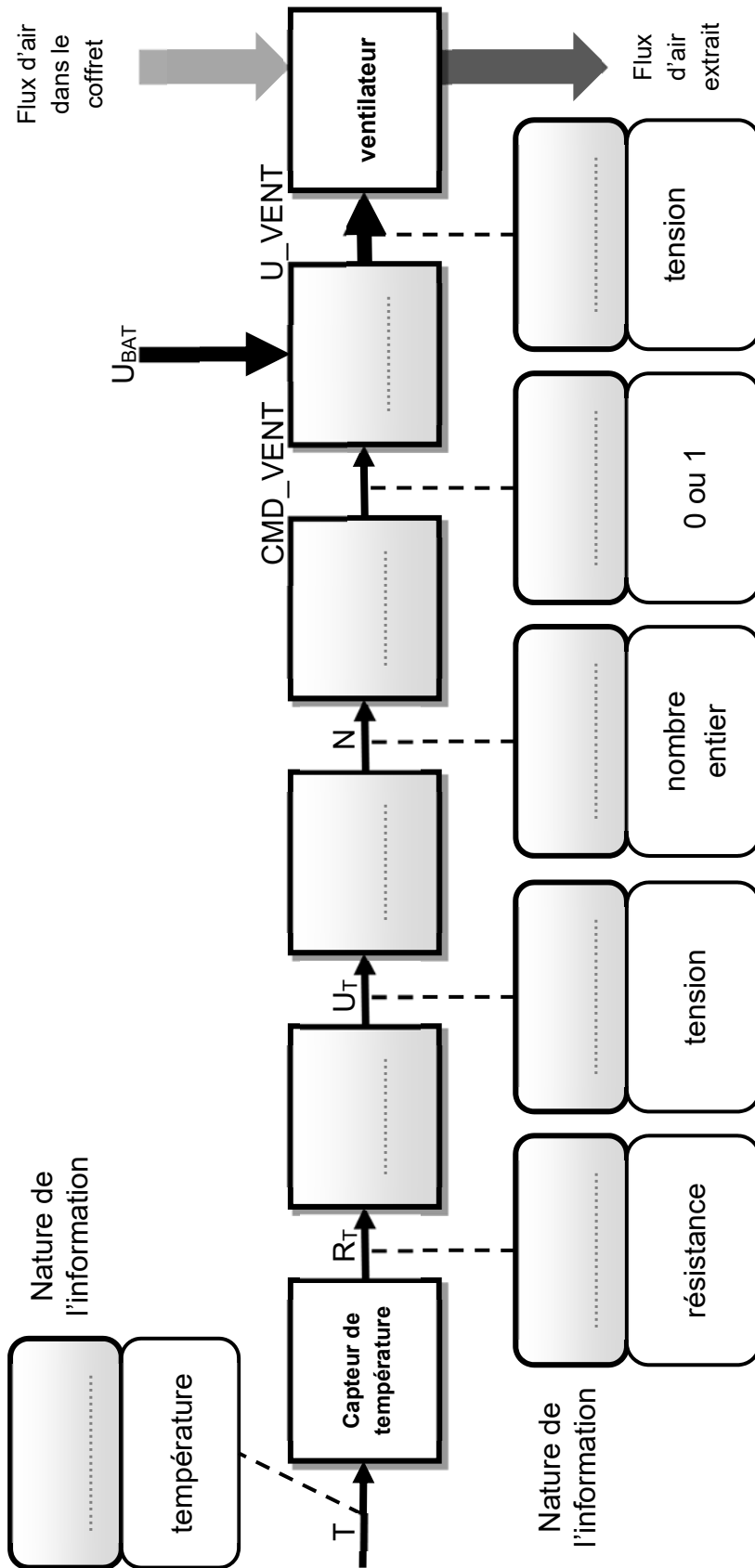
	Source	Destination
Adresse MAC	__ : __ : __ : __ : __ : __	__ : __ : __ : __ : __ : __
Adresse IP en hexadécimal	__ __ __ __	__ __ __ __
Adresse IP en notation décimale pointée	__ . __ . __ . __	__ . __ . __ . __

Document réponses DRS2

Question B.2



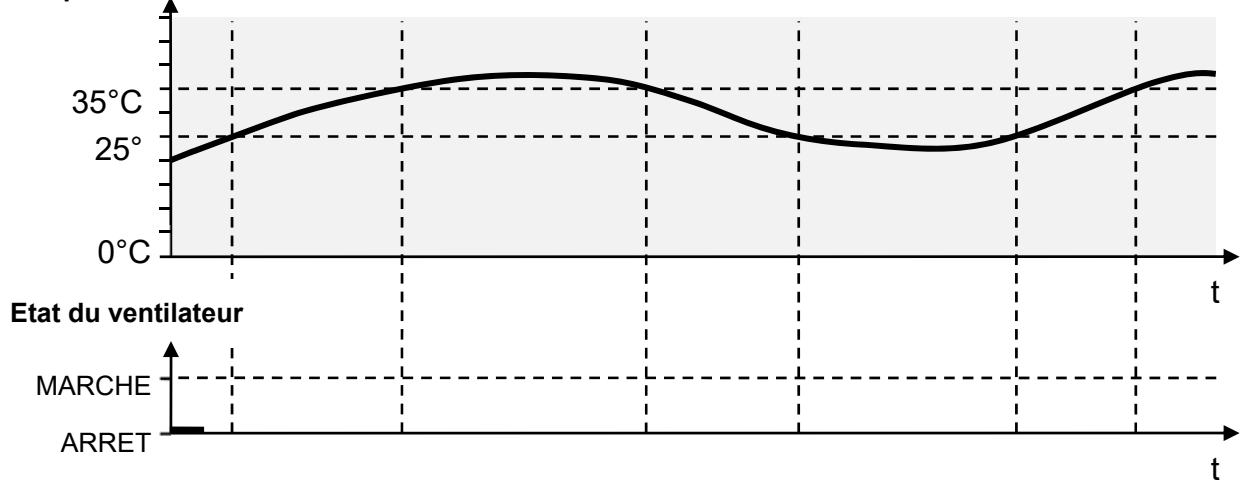
Question C.2



La nature de l'information peut être : « **analogique** », « **logique** » ou « **numérique** ».

Question C.3

Température à l'intérieur du coffret

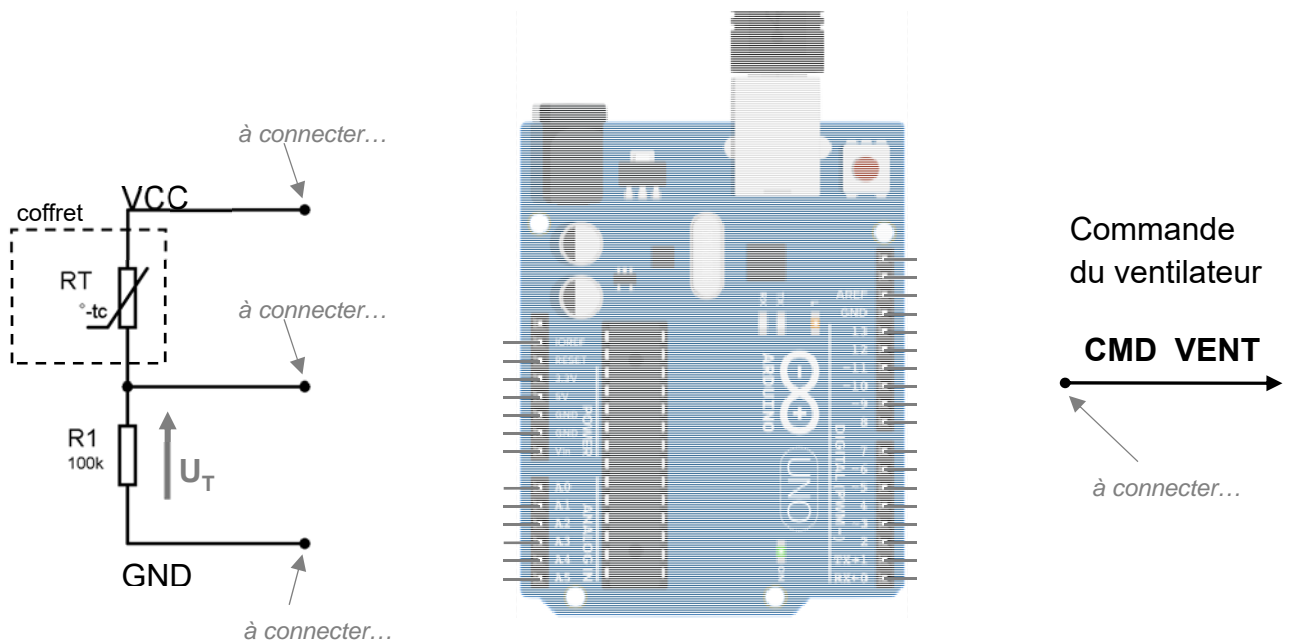


Questions C.4 à C.6

Température	25°C	35°C
R_T	100 kΩ	Question C.4 :
U_T	2,5 V	Question C.5 : Calcul de U_r
N	512	Question C.6 : Calcul de q et N

Document réponses DRS5

Question C.7



```

/*****
 Régulation thermique supercapacités : Comparaison à 2 seuils
 *****/

int N ;          // déclaration d'une variable de type entier sur 16 bits

/*****
 void setup()          // fonction setup() exécutée une fois
 { pinMode ( A1 , INPUT );          // Entrée CAN mesure UT
   pinMode( 2 ,  );          // DIGITAL 2 configuré en sortie
   digitalWrite( 2 , LOW );          // état initial : arrêt ventilateur
 }

/*****
 void loop()          // boucle infinie
 { N = analogRead(  );          // lancement conversion sur A1
   if ( N >  ) digitalWrite( 2 ,  ); // si temp>35deg CMD_VENT=1
   if ( N <  ) digitalWrite( 2 ,  ); // si temp<25deg CMD_VENT=0
 }
 *****/

```