Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

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 collège » 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.

PARTIE commune (2,5h).....12 points

Téléo
Le téléphérique urbain de Toulouse

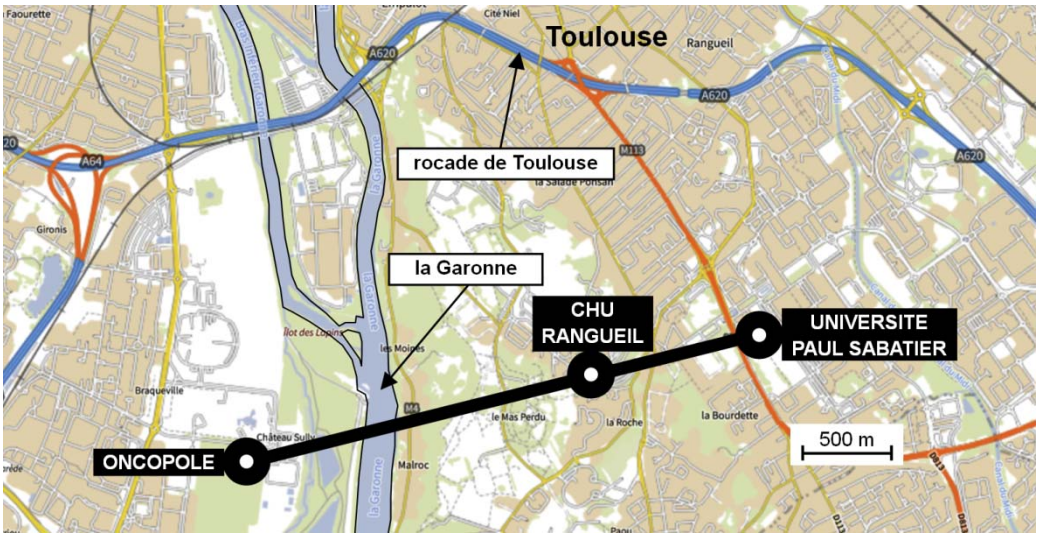


- Présentation de l'étude et questionnement..... pages 3 à 9
- Documents techniques DT1 à DT11 ..... pages 10 à 17
- Documents réponses DR1 à DR6..... pages 18 à 22

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).

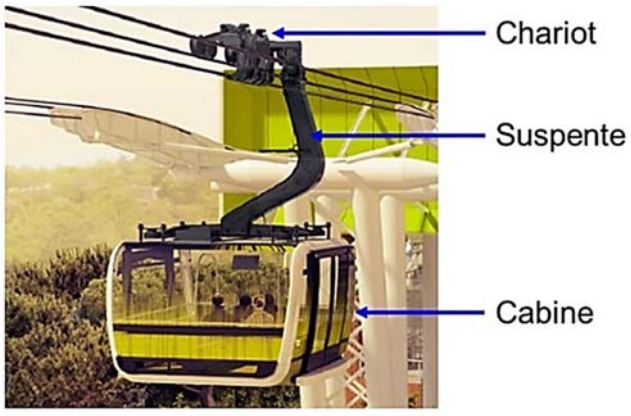


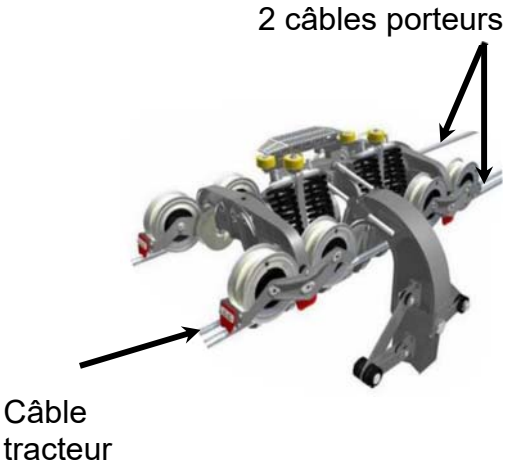
Le choix d'un téléphérique urbain

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 $m \cdot s^{-1}$ 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'entrainement 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'entrainement 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'entrainement principal du câble tracteur par l'intermédiaire d'une poulie.

- <u>Choix du système d'entrainement principal du câble tracteur :</u>

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

- Système d'entrainement principal 1 : un moteur asynchrone associé à un réducteur de vitesse entraine la poulie motrice.
- Système d'entrainement 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'entrainement 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'entrainement principaux 1 et 2. **En déduire** le système d'entrainement principal le plus avantageux concernant l'optimisation de la consommation d'énergie.

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

Le bureau d'études a choisi de mettre en place le système d'entrainement 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 DT7 DR3	**Relever** la vitesse maximale et la durée du trajet en secondes pour le fonctionnement à vitesse 2 entre les gares UPS et Oncopole. **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'entrainement principal. Le diamètre d'une poulie motrice est de 4,55 m.
Les vitesses des cabines sont de 6 $m \cdot s^{-1}$ pour V1 et de 6,8 $m \cdot s^{-1}$ pour V2.

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

Le couple de la poulie motrice est égal à 307 kN·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 kW.

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

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

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

Question 2.8 DR3	**Calculer** l'énergie totale consommée en une journée par le moteur en kW·h pour la vitesse 2. **Reporter** la valeur sur le 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 kW·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 kW·h.

Question 2.9 DR3	En sachant que le prix TTC du kW·h est de 0,075 €, **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.

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

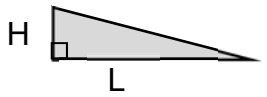
Partie 3 : comment faciliter l'accès du Téléo aux personnes à mobilité réduite (P.M.R.) ?

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 :

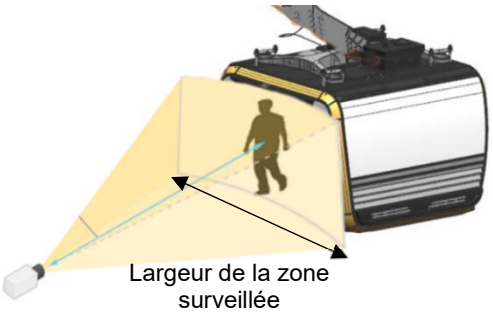
Le document réponses DR2 représente de manière simplifiée le réseau de vidéoprotection limité à quatre caméras par gare.

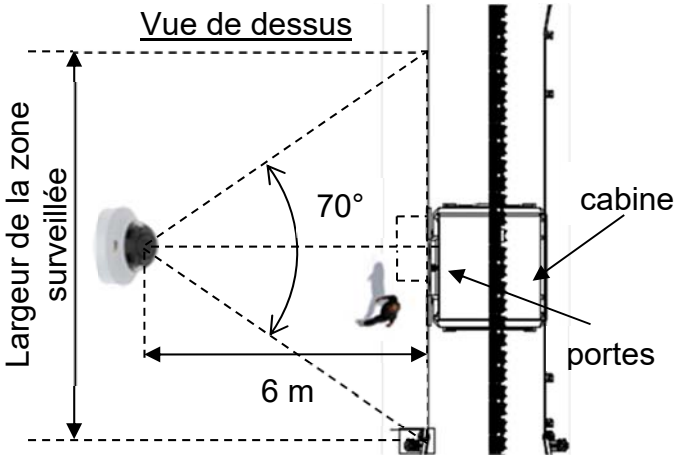
Rappel : un masque de sous réseau 255.255.0.0 peut aussi s'écrire « /16 »

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 DT1, DT10	**Citer** le type de besoin opérationnel imposé par le cahier des charges fonctionnel concernant la vidéoprotection. **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 DT1	**Citer** l'exigence imposée concernant le confort thermique de la cabine 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 DT11 DR5	**Compléter** le DR5 en représentant avec des flèches les flux d'air entrant et sortant de la cabine en présence de passagers en fonctionnement NORMAL et en ARRET PROLONGÉ.

- Pilotage des ventilateurs de la cabine :

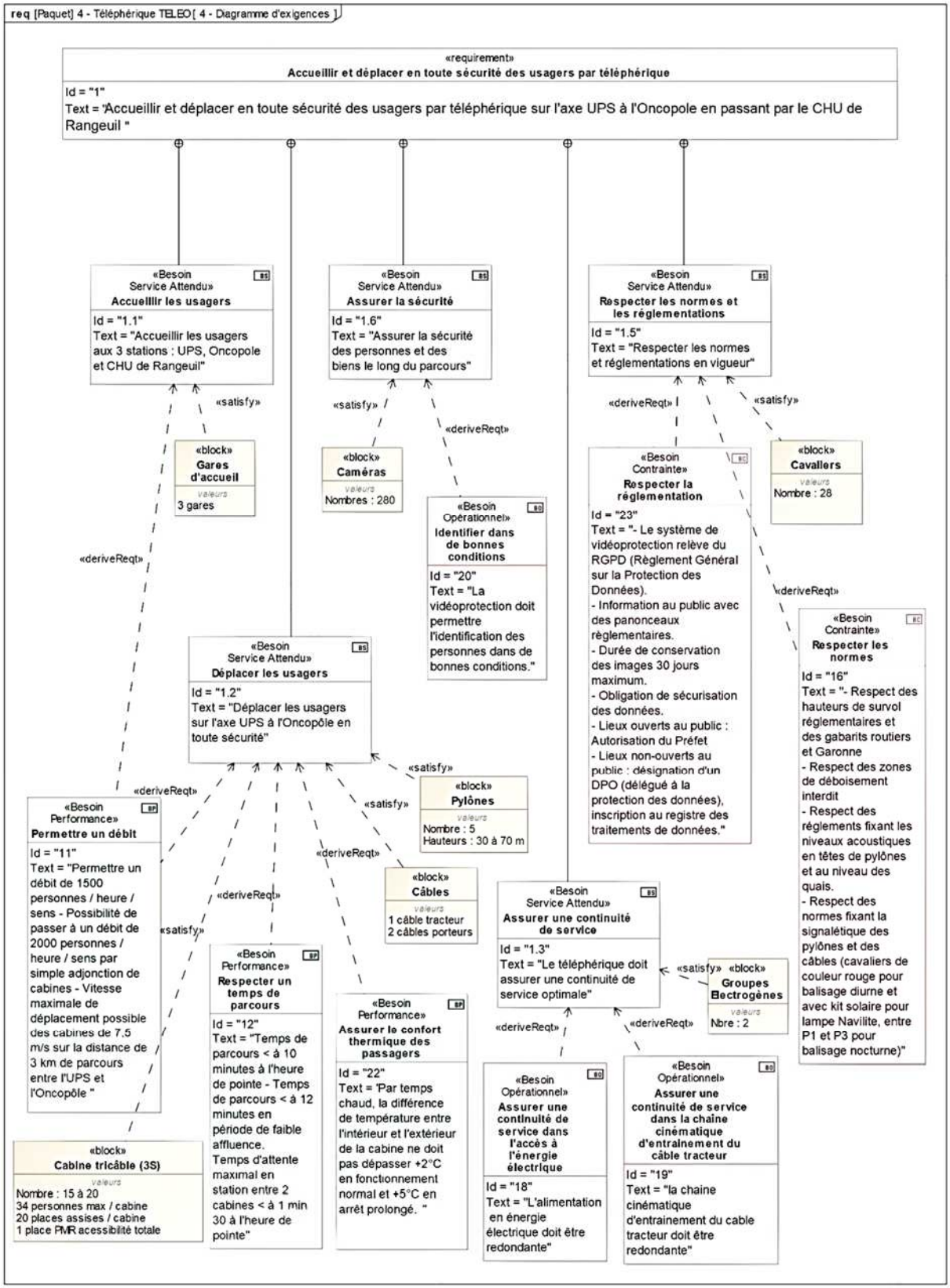
Question 5.3 DR5	**Compléter** la table de vérité de VB sur le document réponses DR5.

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

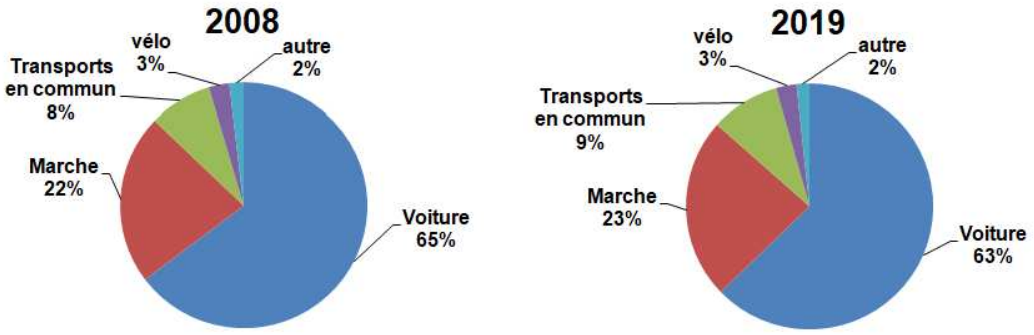
En plus de la ventilation, les concepteurs ont équipé la cabine de deux spoilers, un à l'avant et un à l'arrière.

Question 5.5 DT1, DT11	À partir des résultats des tests de confort thermique, **montrer** que seul 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

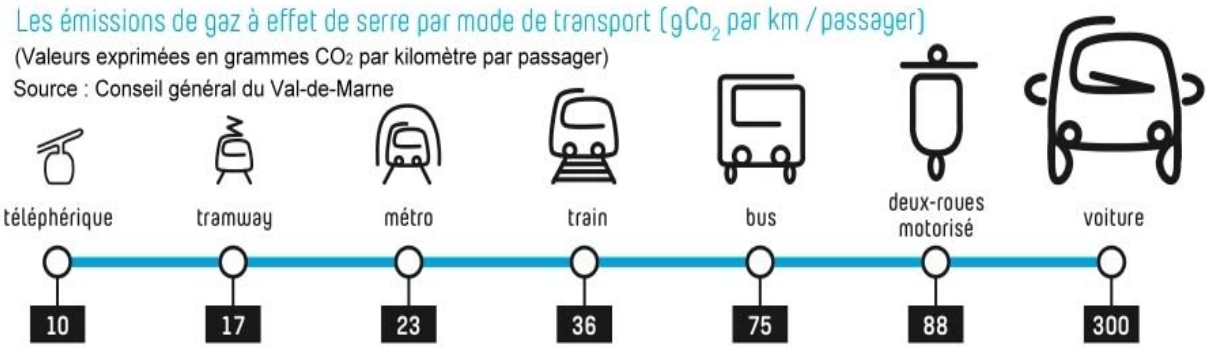


Champ : déplacements des individus âgés de 6 ans ou plus résidant enFrance métropolitaine. -
© Sources : SDES, Enquête mobilité des personnes 2018–2019 ; Insee,Enquête nationale transports et déplacements 2007–2008 (SOeS –Insee – Inrets).

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

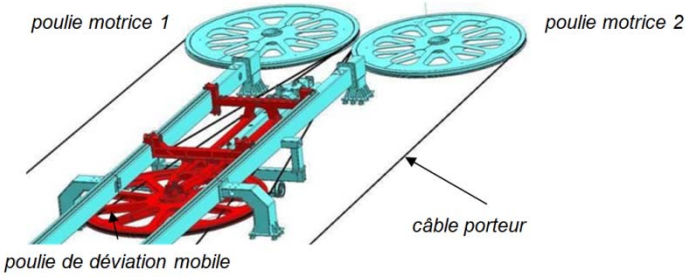


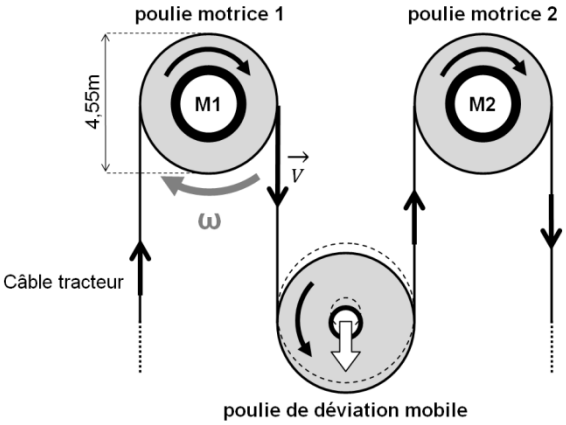
DT5 : document d'informations du téléphérique réalisé par TISSEO



DT6 : système d'entrainement principal du câble tracteur

<u>Représentation schématique simplifiée du système d'entrainement principal du câble tracteur à la gare Université Paul Sabatier</u>





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

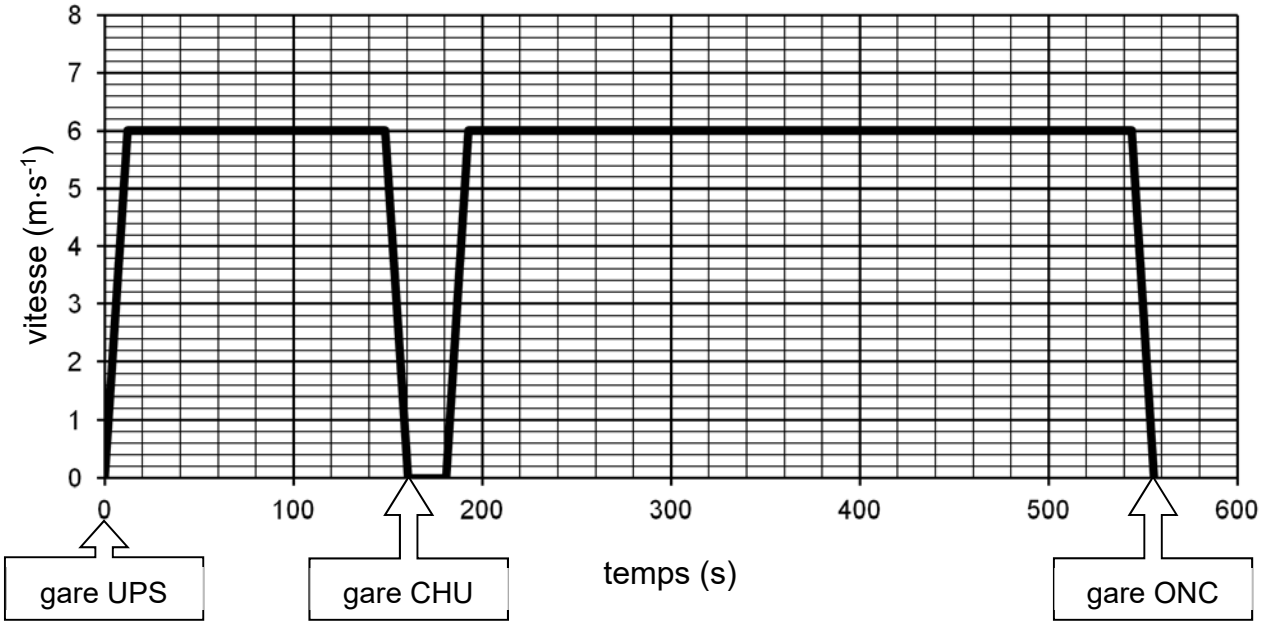
- 2 motorisations d'entrainement :

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

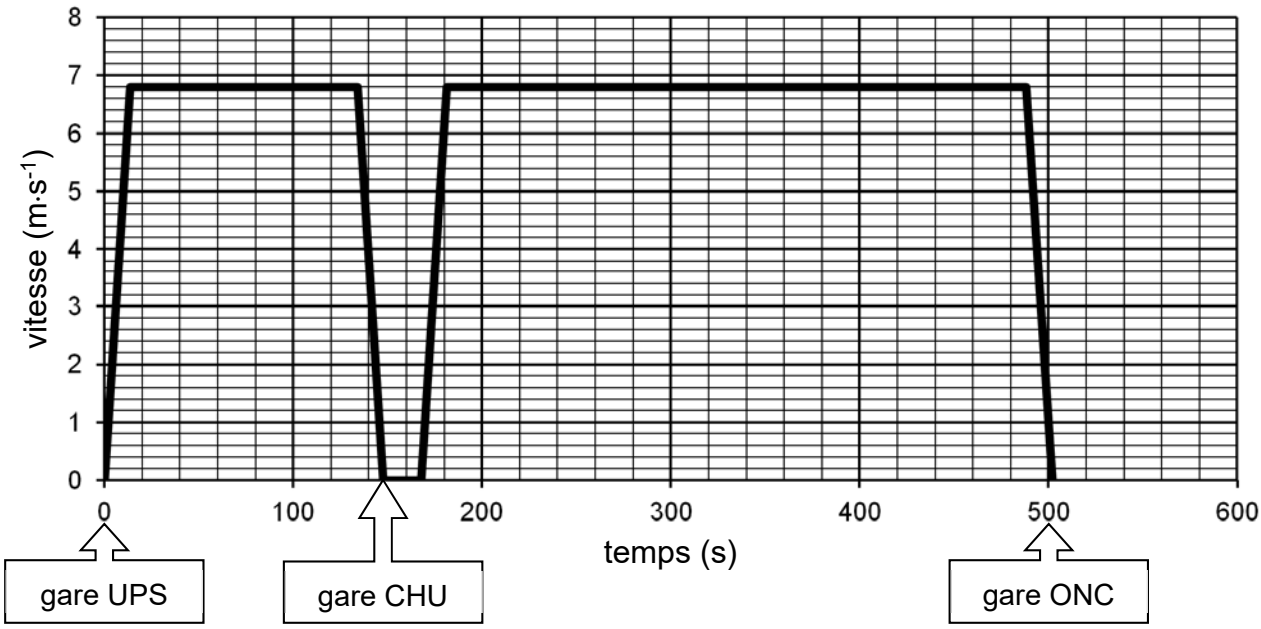
- 1 poulie de déviation permet de contrôler la tension du câble tracteur et garantir son adhérence sur les poulies motrices.

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**

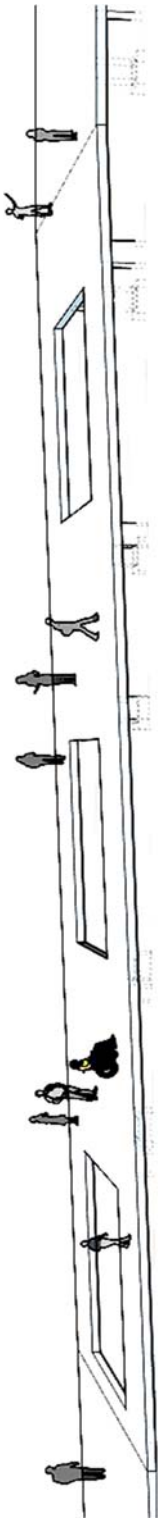


UPS = Université Paul Sabatier
CHU = Centre Hospitalier Universitaire
ONC = Oncopole

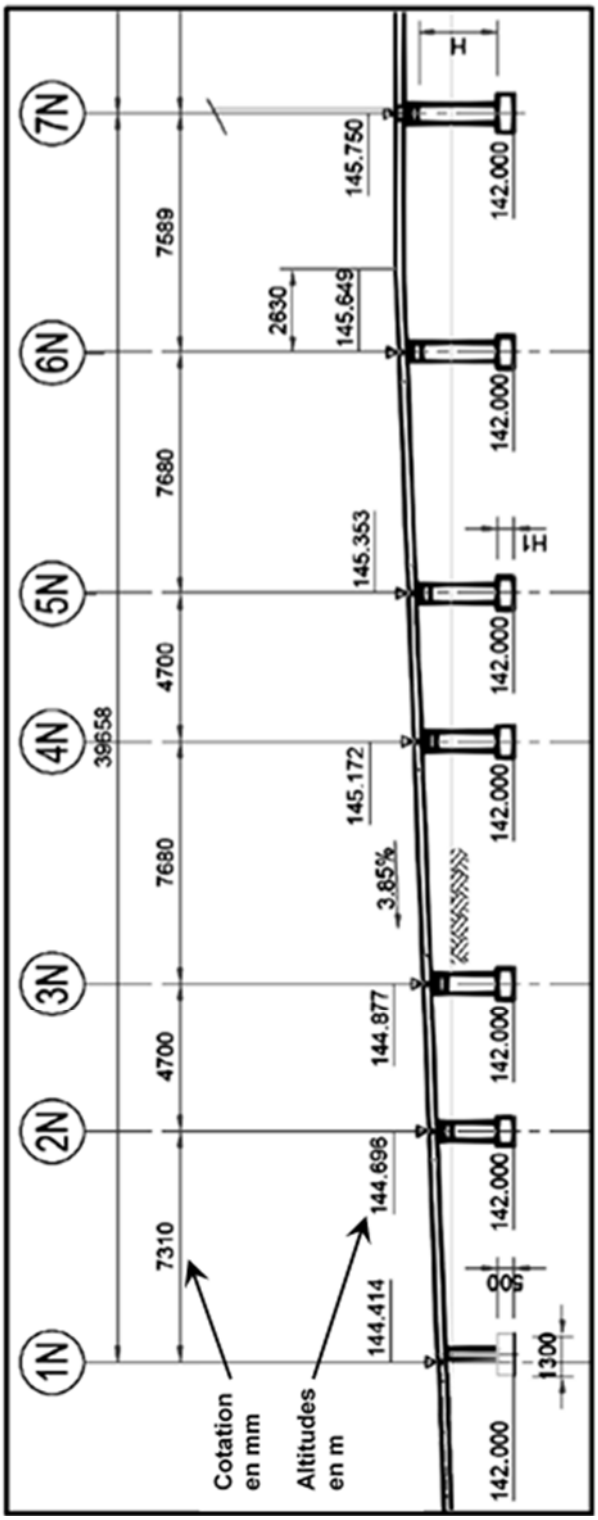
DT8 : extrait du plan d'aménagement du parking Oncopole



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.



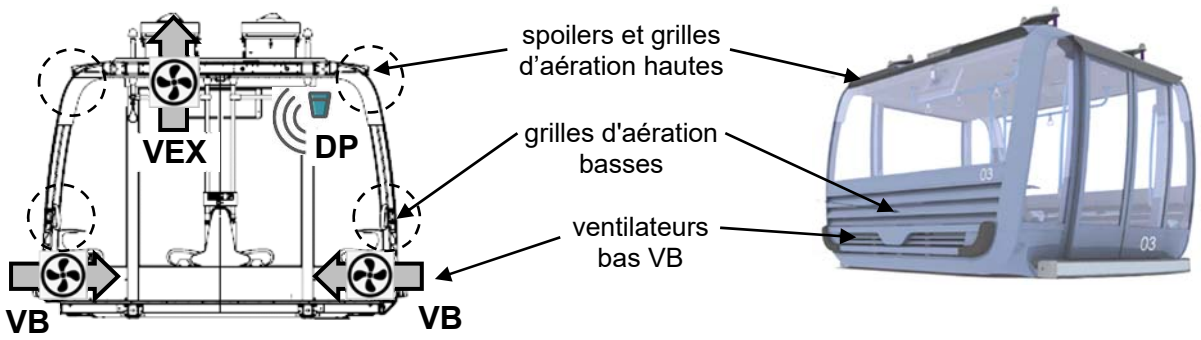
DT10 : besoin en vidéoprotection

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 :

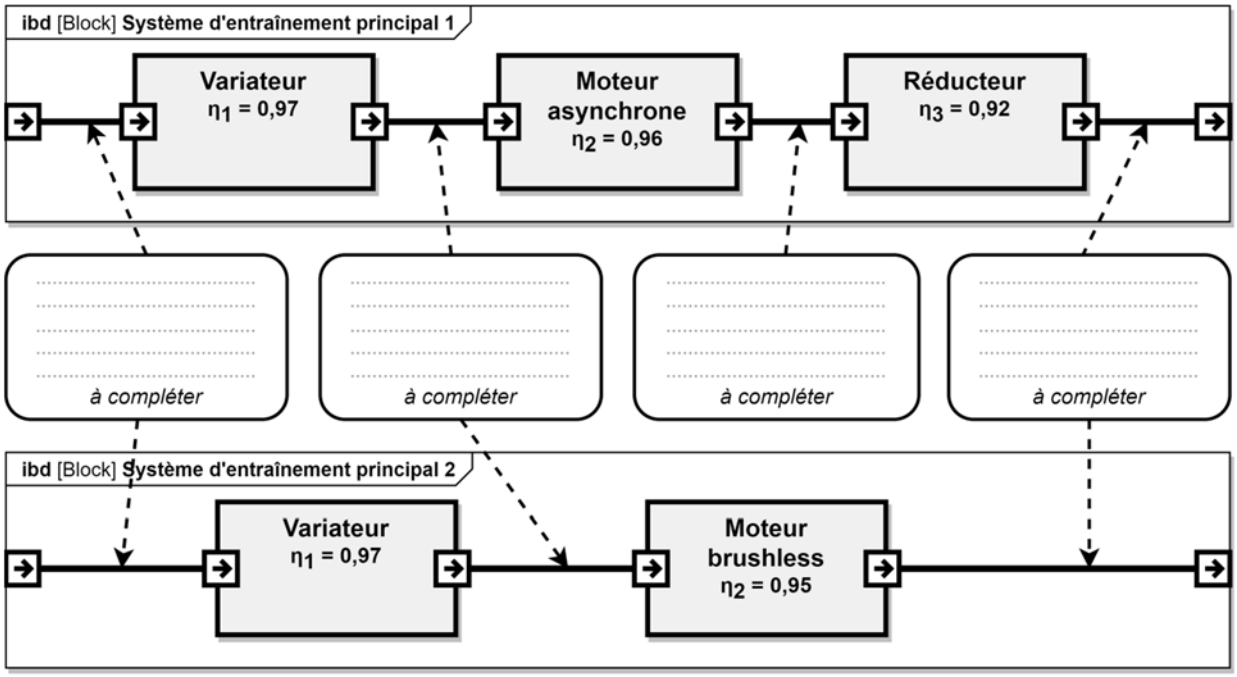
Date du test : **21 juin 2022** Température extérieure : **37,5°C**

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*

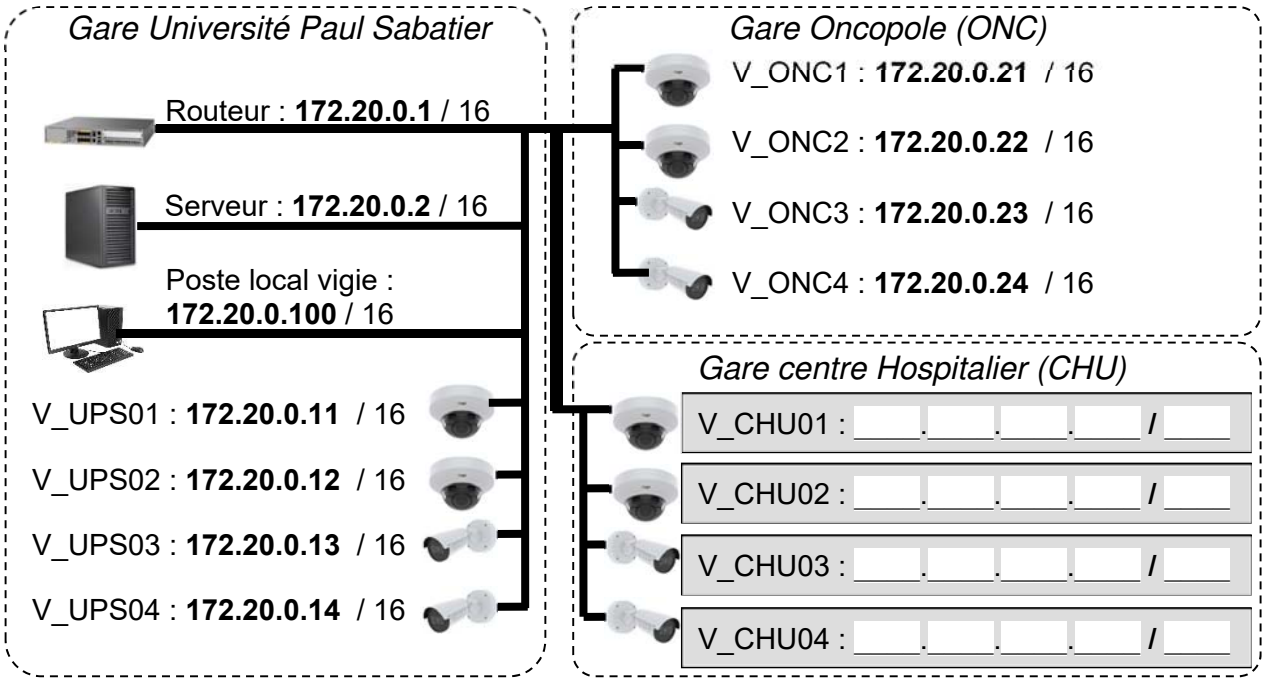
Document réponses DR1

Question 2.2 :



Document réponses DR2

Question 4.1 :



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

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

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

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 $m \cdot s^{-1}$	**6 $m \cdot s^{-1}$**	
	Durée du trajet en s	**560 s**	
	> ou < au temps normal en voiture	**<**	
Q2.5	Vitesse angulaire des poulies motrices en $rad \cdot s^{-1}$	**ω_{poulie} = 2,64 $rad \cdot s^{-1}$**	
Q2.6	Puissance mécanique fournie par le moteur en kW	**P_1 = 809,67 kW**	**P_2 = 917,6 kW**
Q2.7	Puissance électrique consommée par le moteur en kW	**Pa_1 = 852,28 kW**	
Q2.8	Énergie totale consommée en une journée par le moteur en kW·h	**E_1 = 13 636,55 kW·h**	
Q2.9	Économie journalière en euro réalisée		

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

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

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

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.		

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

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

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

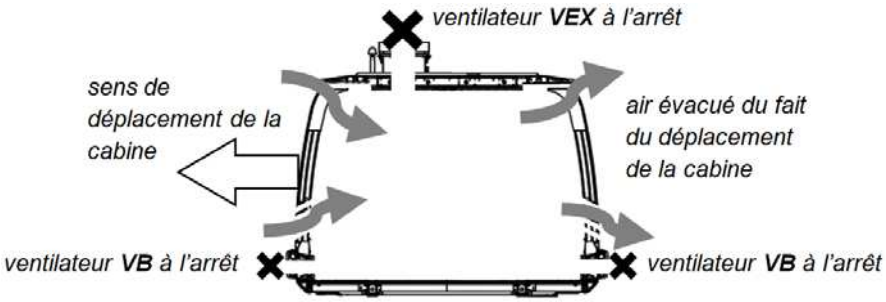
Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Document réponses DR5

Question 5.2 :

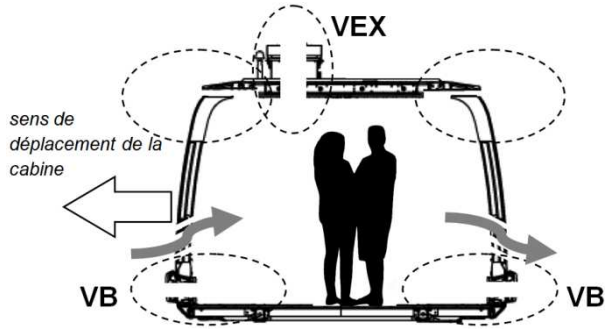
Flux d'air pour le fonctionnement **NORMAL sans passager**



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

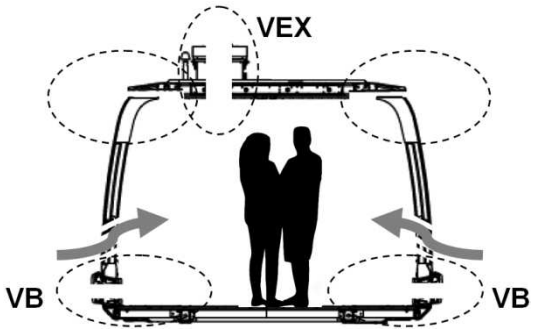
Fonctionnement **NORMAL**

avec passagers



Fonctionnement **ARRÊT PROLONGÉ**

avec passagers



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**

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

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

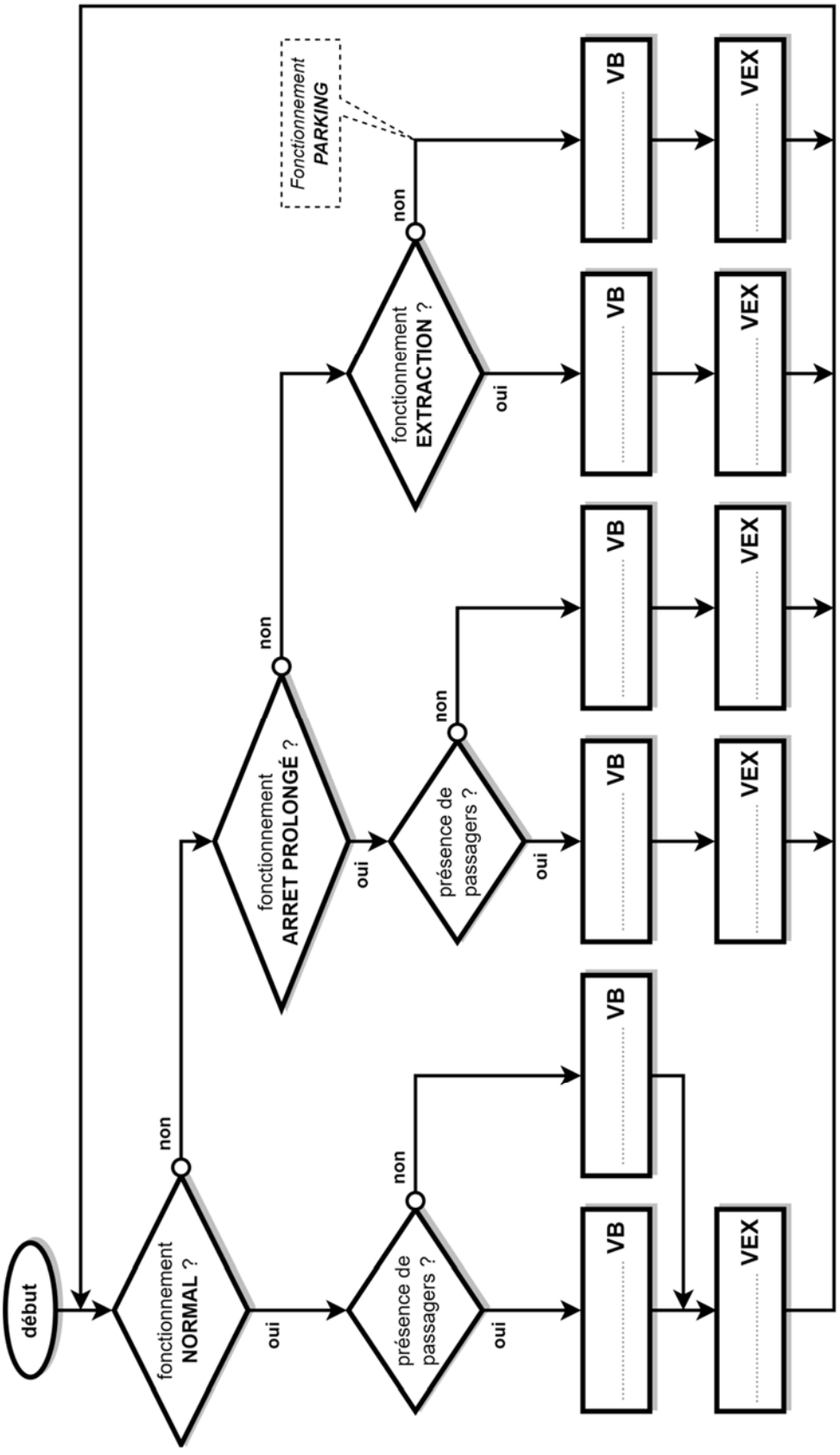
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Document réponses DR6

Question 5.4 :



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

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

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

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'éclairement 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'éclairement qui caractérise les variations du niveau d'éclairement est définie comme étant le rapport entre l'éclairement minimum et l'éclairement moyen observé sur le plan utile : $U = \frac{E_{minimum}}{E_{moyen}}$.

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'éclairement 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 vigie vis-à-vis de l'éclairement E et de l'uniformité U sur le plan utile.

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

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 $lm \cdot W^{-1}$.

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

Question B.3 DTS4	**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.

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 DTS6 DRS2	**Calculer** la valeur des charges permanentes en $kN \cdot m^{-1}$ dues à la bande végétalisée sur le tableau du 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 DTS7	**Relever** la valeur du module d'inertie plastique de flexion W_{ply} correspondant au profilé retenu et la **convertir** en mm^3.

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

Question C.4 DTS6	**Calculer** la valeur du moment résistant de la traverse $M_{c,Rd}$. **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 DRS2	**Calculer** la valeur du coefficient de sécurité s au droit de l'appui A. En **déduire** la valeur de la marge de sécurité m. **Conclure** en comparant cette valeur à l'attendu en construction métallique.

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

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

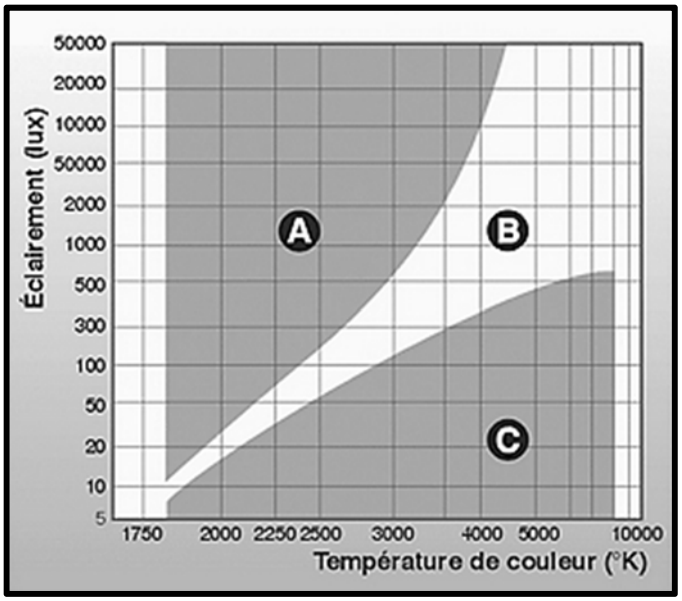
Code identifiant le modèle du luminaire :
IRC minimal pour assurer un certain confort : 80. IRC maximal : 100.
L'**IRC** est souvent indiqué sur les lampes à l'aide d'un **code de trois chiffres** qui combine l'**IRC** et la **température de couleur.** Seul le **premier chiffre** concerne l'**IRC**.

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

Éclairements règlementaires (E_{moy}) :
- Circulation, couloirs : 100 Lux
- Bureaux, salles de travail, local vigie: 500 Lux

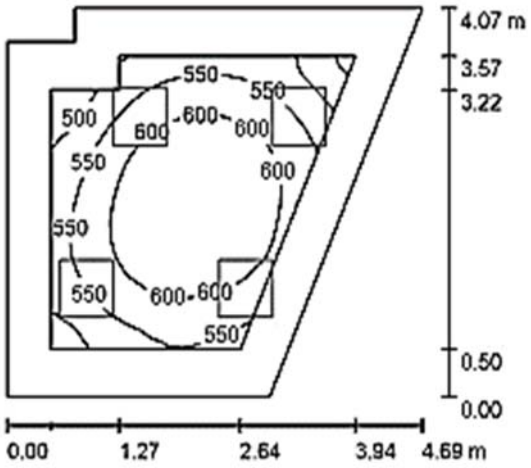
Courbe de Kruithof :
Elle décrit une zone où les niveaux d'éclairement et les températures de couleur sont considérés comme confortables. Les ambiances en fonction des zones sont les suivantes :
- A : Ambiance lumineuse trop chaude
- B : Zone de confort
- C : Ambiance lumineuse trop froide

L'entrée dans la courbe se fait par la valeur d'éclairement 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	**$U = E_{min}/E_{moy}$**
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

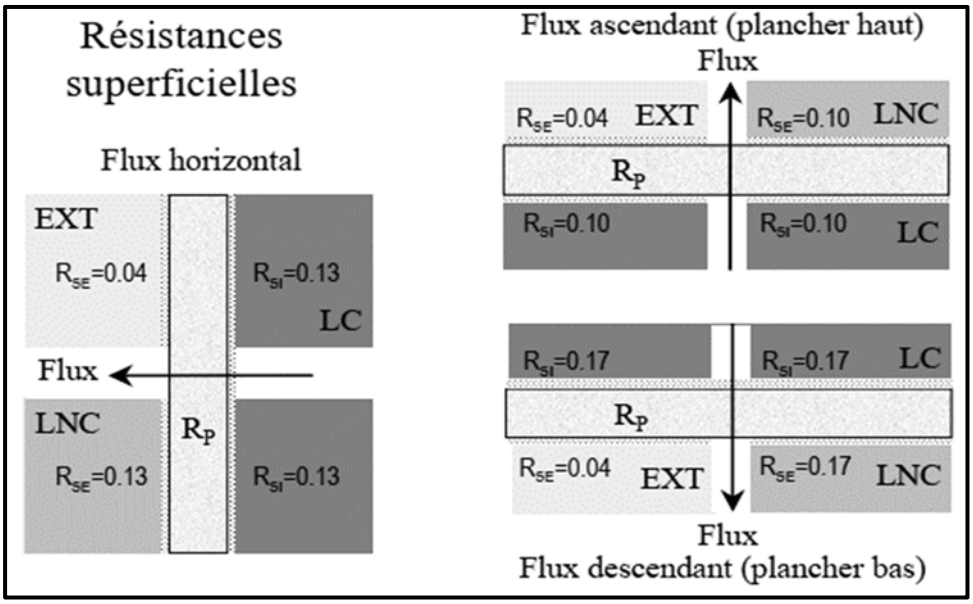
DTS3 : formulaire calculs thermiques

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

R : résistance thermique, $R = R_{Si} + R_P + R_{Se}$ (m²·°C·W^{-1}) avec $R_P = \sum R_i$ et $R_i = \frac{e_i}{\lambda_i}$

R_{si} : résistance superficielle intérieure (m²·°C·W^{-1})
R_{se} : résistance superficielle extérieure (m²·°C·W^{-1})
e_i : épaisseur du matériau i (m)
λ_i : conductivité du matériau i (W·m^{-1}·°C^{-1})

Résistances thermiques superficielles

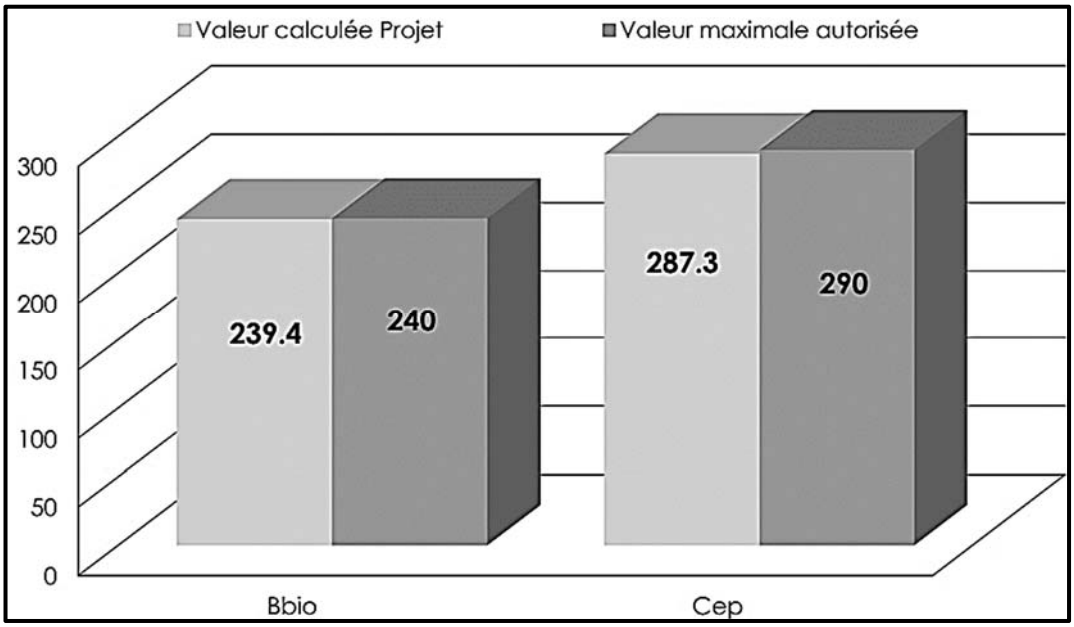


Avec LC = local chauffé et LNC = local non chauffé.

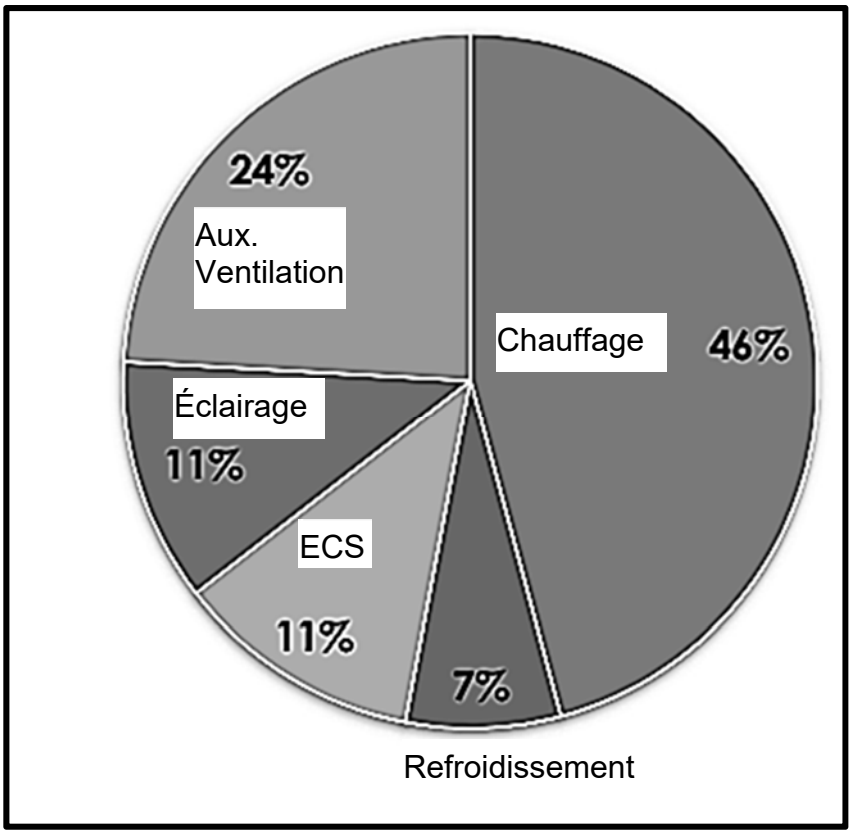
La réglementation RT2012 n'impose pas de garde-fou en ce qui concerne les coefficients de transmission thermique de chaque paroi. Toutefois, les fabricants recommandent des valeurs minimales afin d'optimiser l'atteinte des valeurs réglementaires $Bbio_{max}$ et Cep_{max}.

Paroi	Coefficient de transmission thermique U (W·m^{-2}·°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

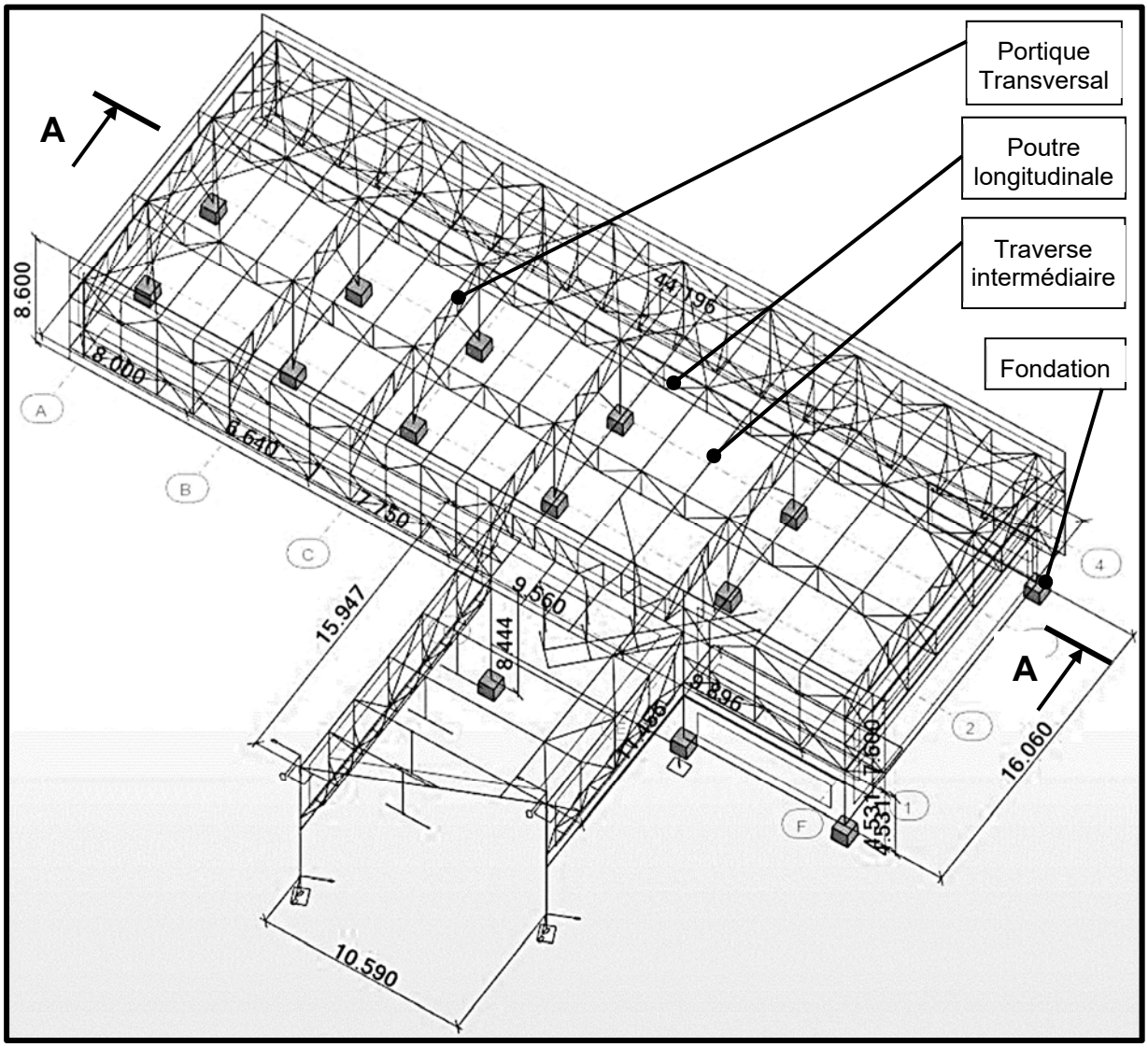


Répartition des consommations

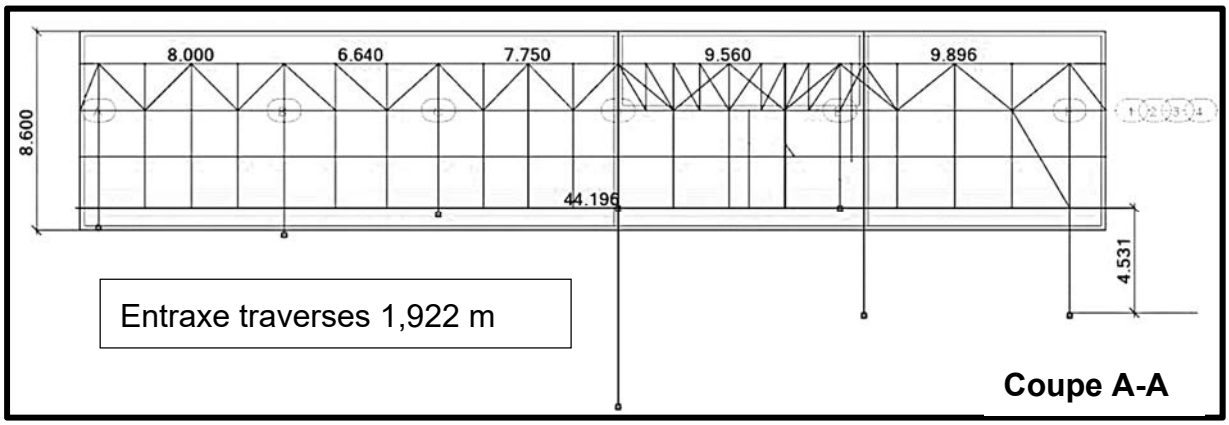


DTS5 : modélisation numérique de la structure de la station UPS

« 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 kN·m^{-2}, et de part et d'autre une bande de gravier chargée à 0,75 kN·m^{-2}.

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

0,39 kN·m^{-2}

- **Profilé métallique IPE 140**

0,127 kN·m^{-1}

2. Charges d'exploitation Q

0,80 kN·m^{-2} sur une surface de 10 m²

3. Surcharge climatique de neige S

0,36 kN·m^{-2}

4. Combinaisons d'actions prépondérantes Eurocode 3 :

État limite ultime ELU : 1,35 G + 1,5 S

État limite de service ELS : G + 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 $\quad M_{c,Rd} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{Mo}}$

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

f_y : Limite élastique prescrite 235 N·mm^{-2}

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

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

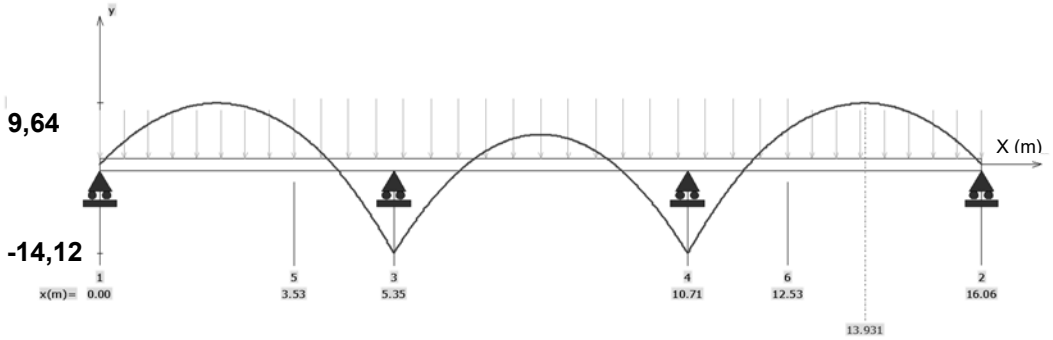
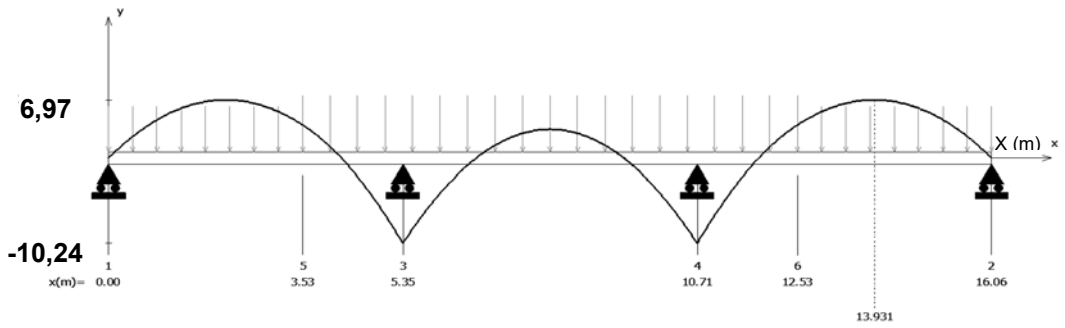
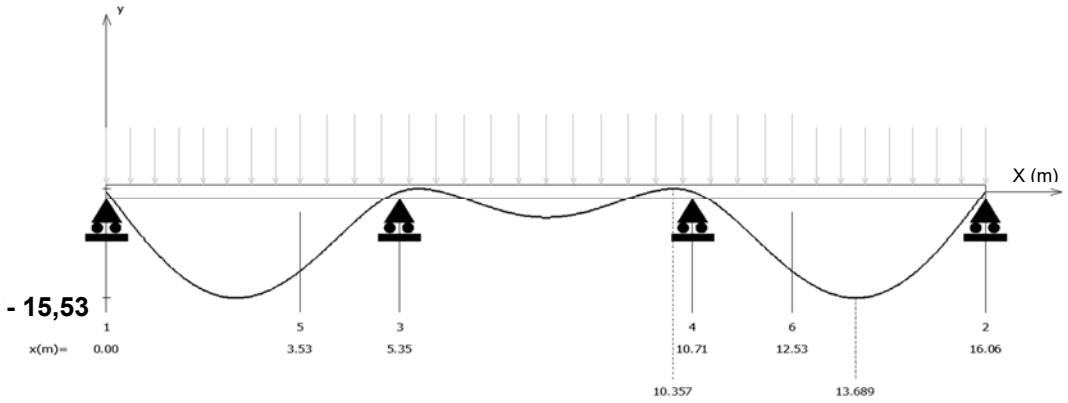
f_{max} : flèche maximale subie par l'élément de structure en mm

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

DTS7 : caractéristiques des profilés IPE

Désignation	G	Dimensions					A	Valeurs statistiques							
								Axe fort				Axe faible			
	kg.m^{-1}	h mm	b mm	tw mm	tf mm	r mm	cm²	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

ELU	Moment fléchissant (kN·m)	
ELS	Moment fléchissant (kN·m)	
ELS	Flèche (mm)	

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 ($W \cdot m^{-1} \cdot °C^{-1}$)	Résistance thermique R_i, R_{Se}, R_{Si} ($m^2 \cdot °C \cdot W^{-1}$)	U ($W \cdot m^{-2} \cdot °C^{-1}$)
Mur extérieur	Béton armé	20	0,800		
	Laine minérale	14	0,038		
	$R_{Si} + R_{Se}$				
	R ($m^2 \cdot °C \cdot W^{-1}$) :				
Toiture terrasse (plancher haut)	Béton armé	20	0,800		
	Laine minérale	20	0,038		
	$R_{Si} + R_{Se}$				
	R ($m^2 \cdot °C \cdot W^{-1}$) :				

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

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

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

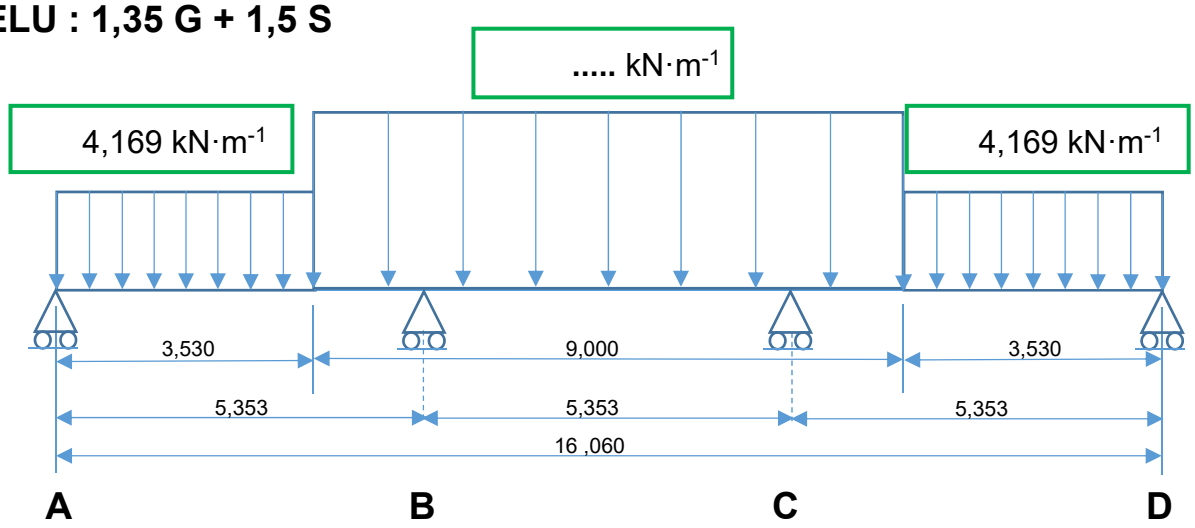
Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

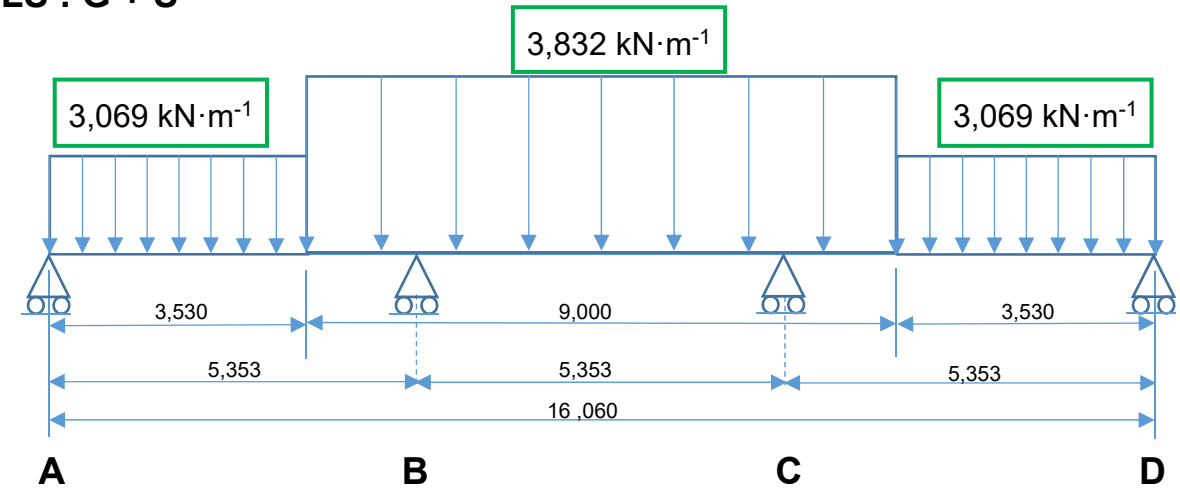
Document réponses DRS2 : modélisation des charges agissant sur une traverse intermédiaire

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

ELU : 1,35 G + 1,5 S



ELS : G + S



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

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

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.