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

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

Téléo
Le téléphérique urbain de Toulouse

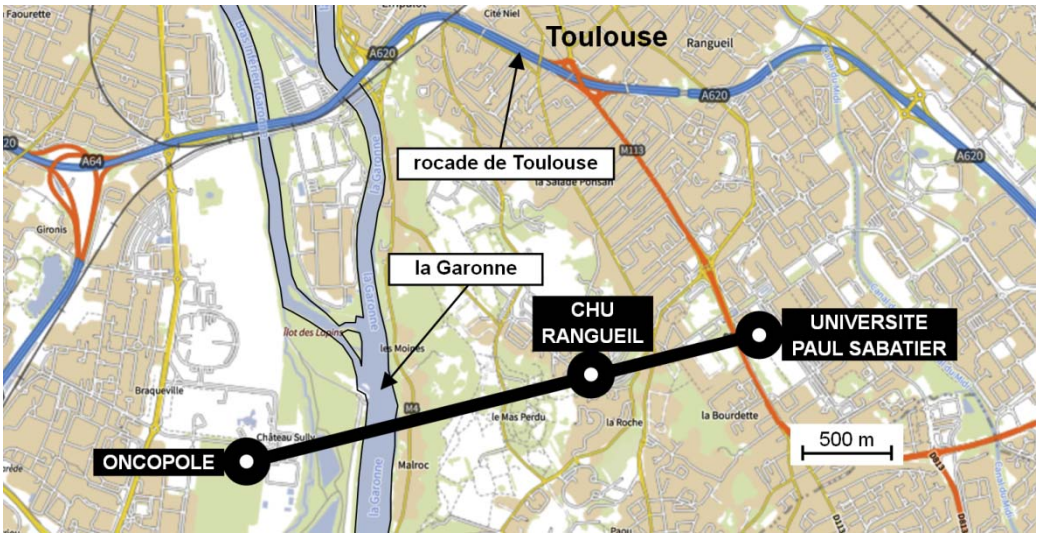


- Présentation de l'étude et questionnement..... pages 3 à 9
- Documents techniques DT1 à DT11 ..... pages 10 à 17
- Documents réponses DR1 à DR6..... pages 18 à 22

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).

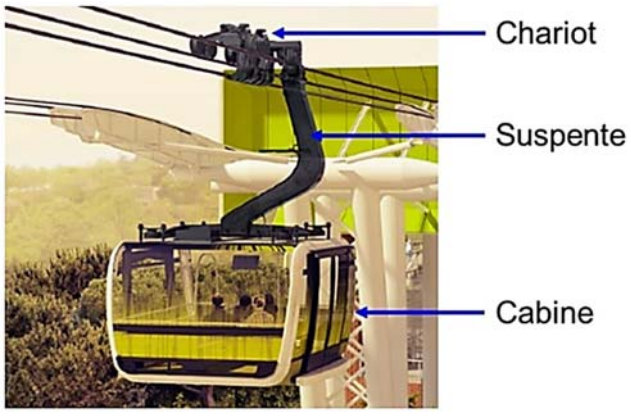


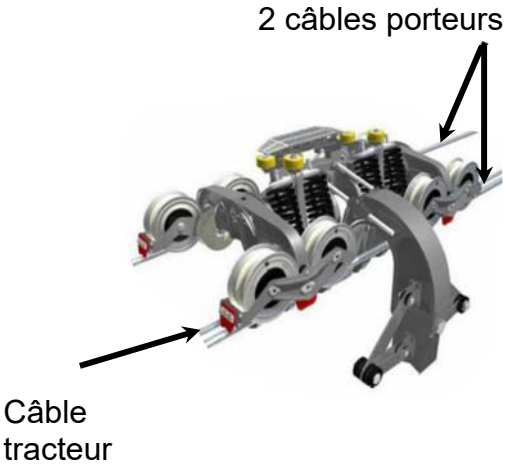
Le choix d'un téléphérique urbain

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.

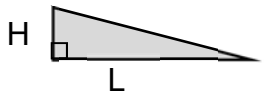
Partie 3 : comment faciliter l'accès du Téléo aux personnes à mobilité réduite (P.M.R.) ?

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 :

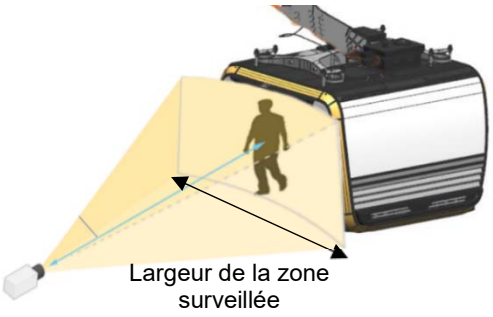
Le document réponses DR2 représente de manière simplifiée le réseau de vidéoprotection limité à quatre caméras par gare.

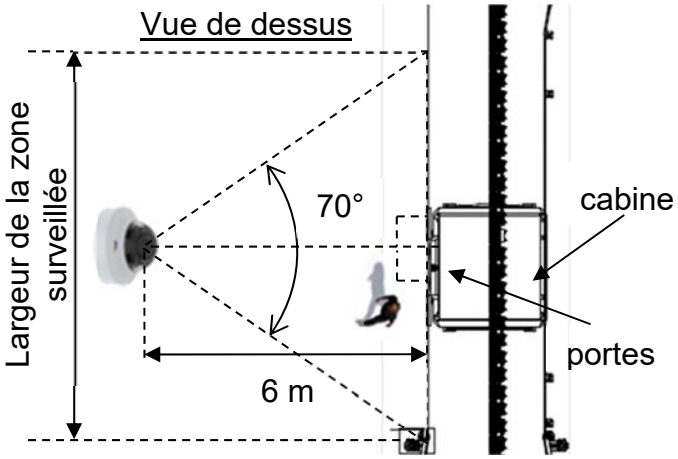
Rappel : un masque de sous réseau 255.255.0.0 peut aussi s'écrire « /16 »

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 :

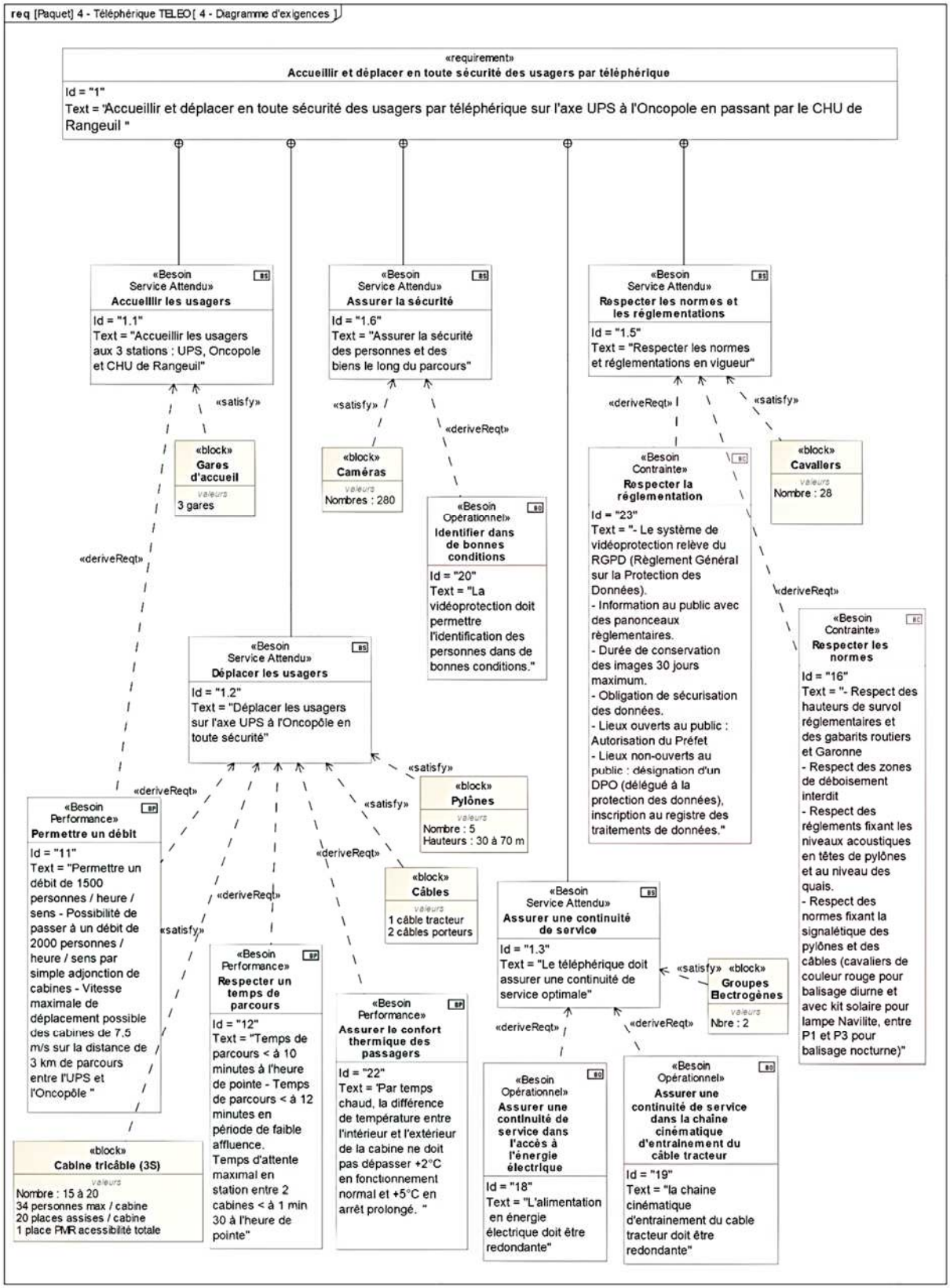
Question 5.3 DR5	**Compléter** la table de vérité de VB sur le document réponses DR5.

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

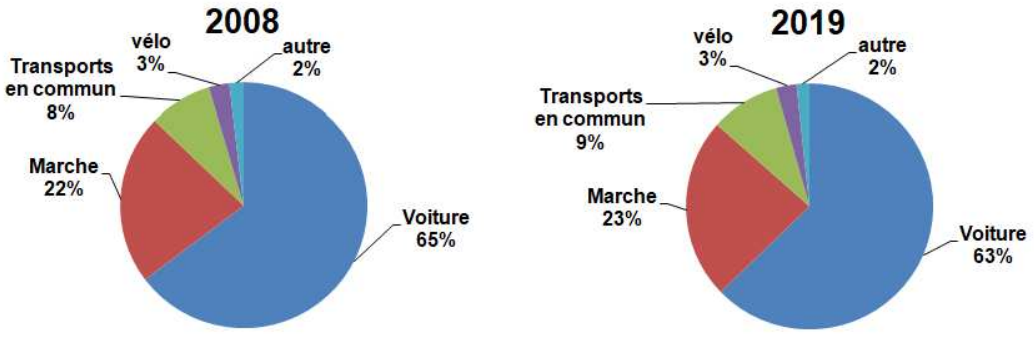
En plus de la ventilation, les concepteurs ont équipé la cabine de deux spoilers, un à l'avant et un à l'arrière.

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

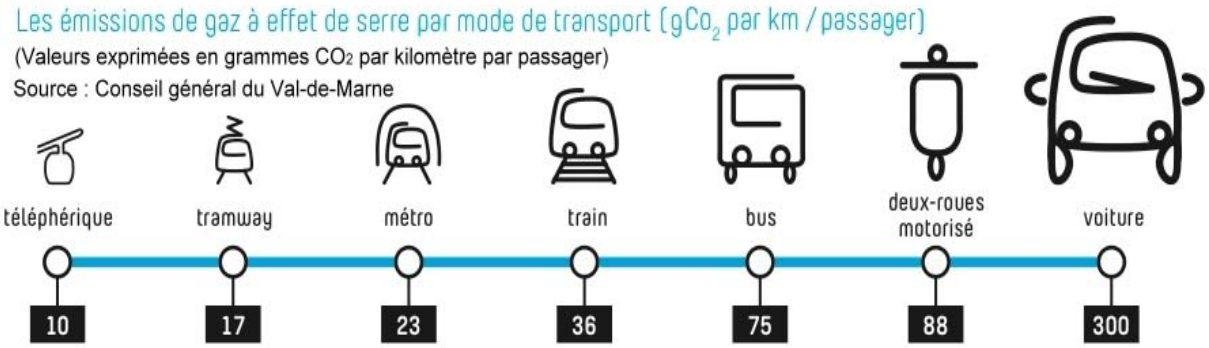


Champ : déplacements des individus âgés de 6 ans ou plus résidant enFrance métropolitaine. -
© Sources : SDES, Enquête mobilité des personnes 2018–2019 ; Insee,Enquête nationale transports et déplacements 2007–2008 (SOeS –Insee – Inrets).

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

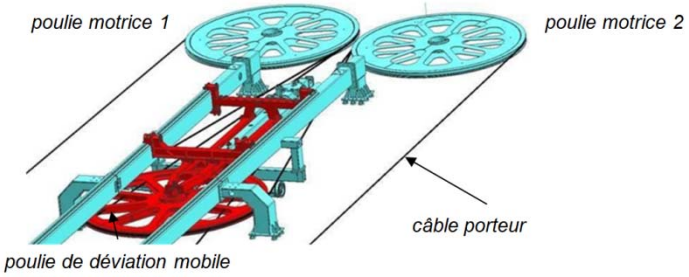


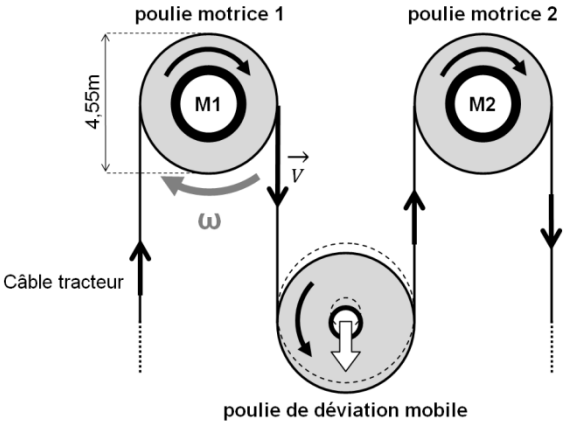
DT5 : document d'informations du téléphérique réalisé par TISSEO



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 :

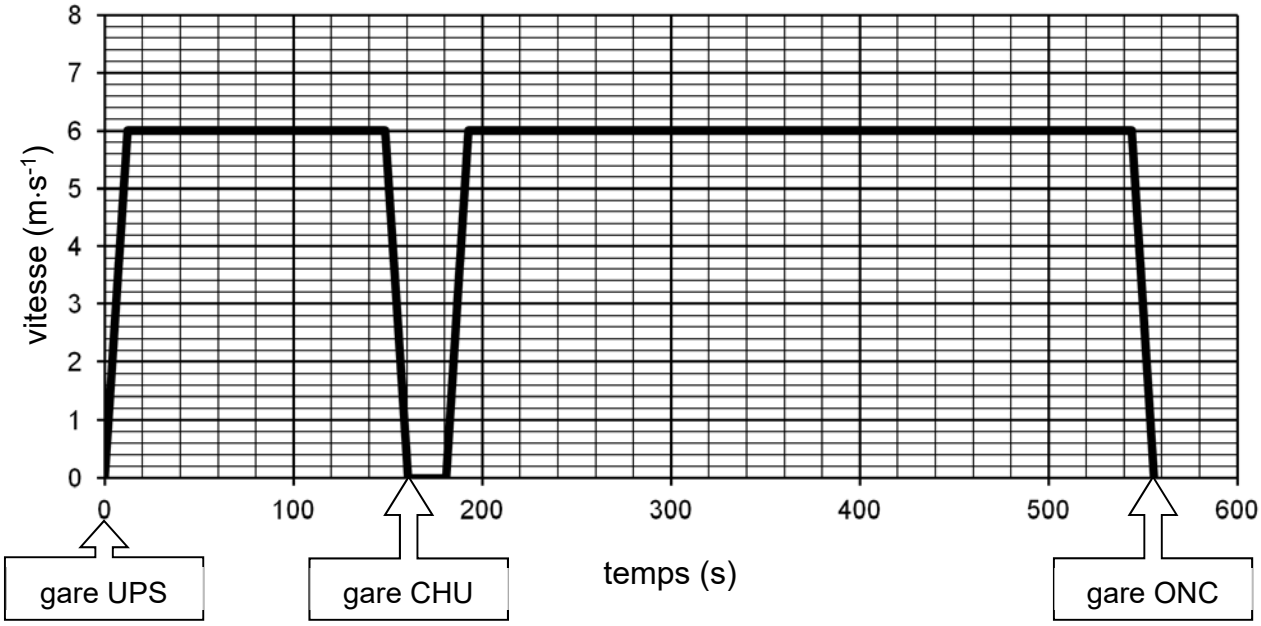
- 2 motorisations d'entrainement :

  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.

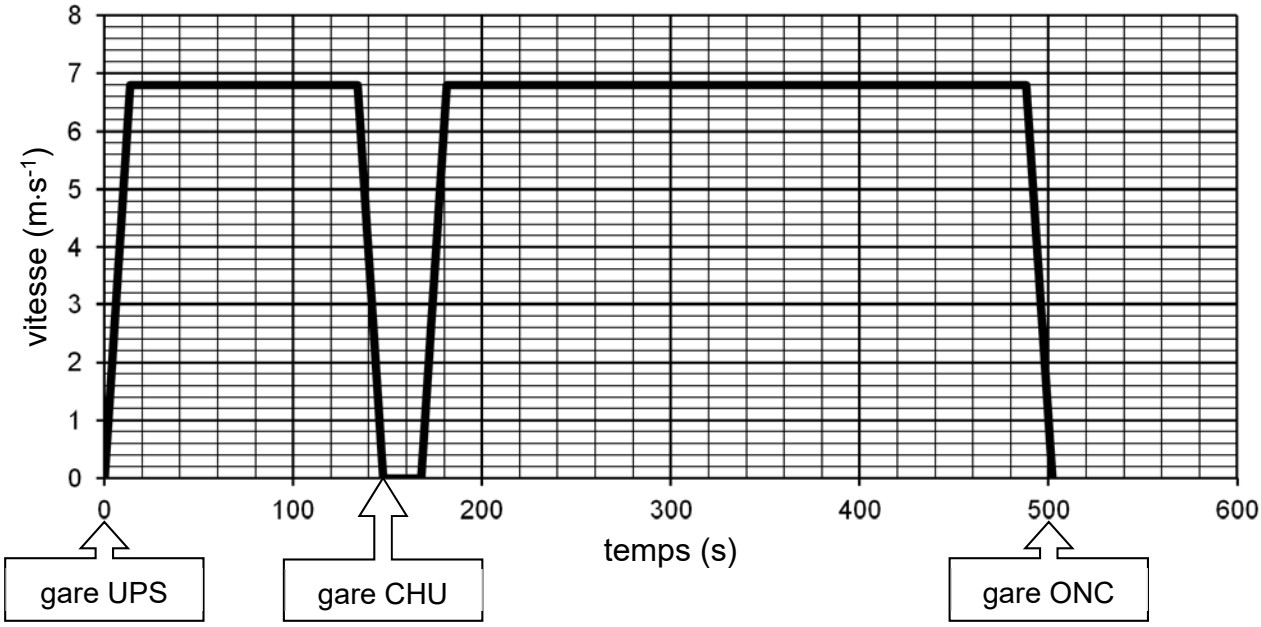
- 1 poulie de déviation permet de contrôler la tension du câble tracteur et garantir son adhérence sur les poulies motrices.

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**

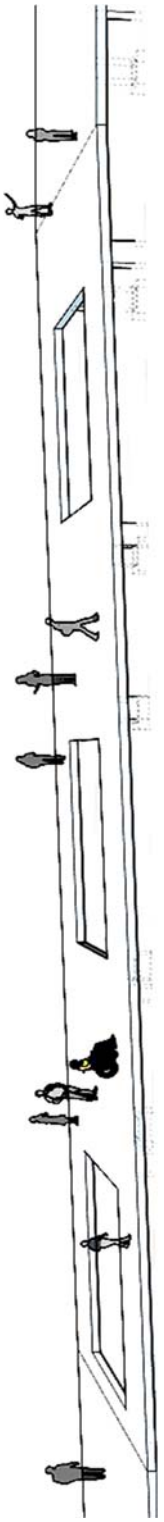


UPS = Université Paul Sabatier
CHU = Centre Hospitalier Universitaire
ONC = Oncopole

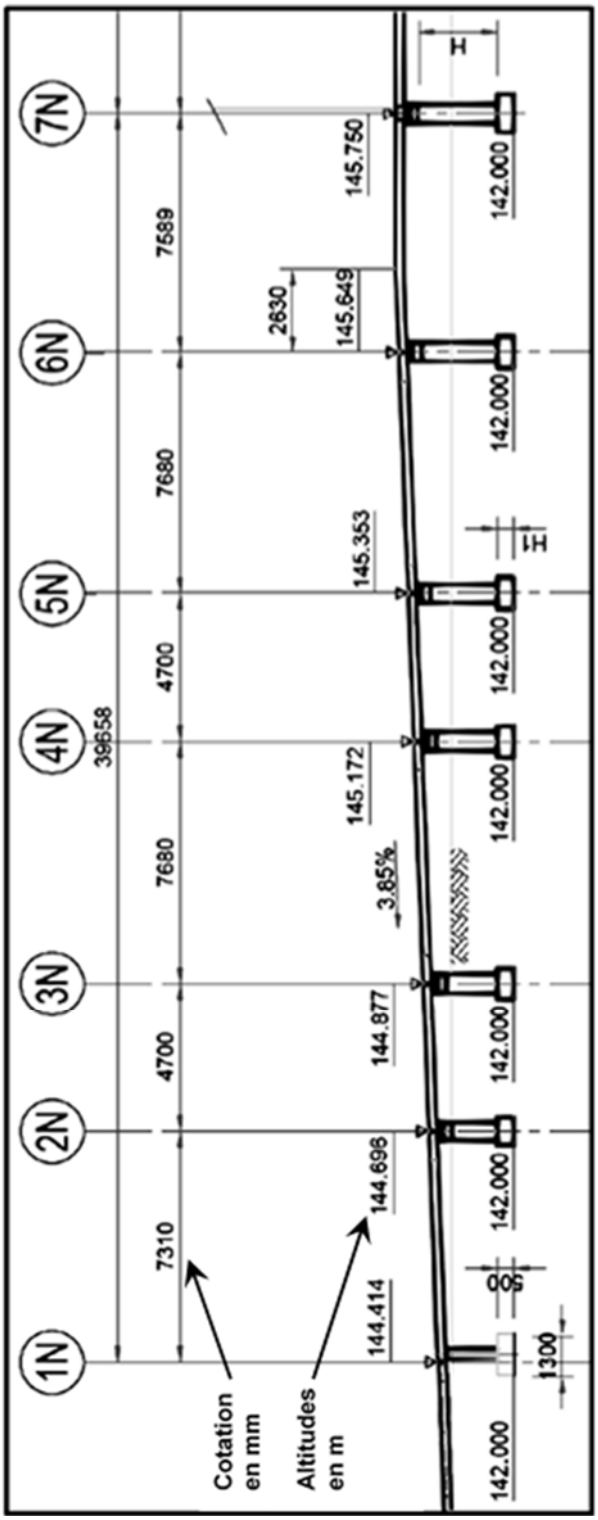
DT8 : extrait du plan d'aménagement du parking Oncopole



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.



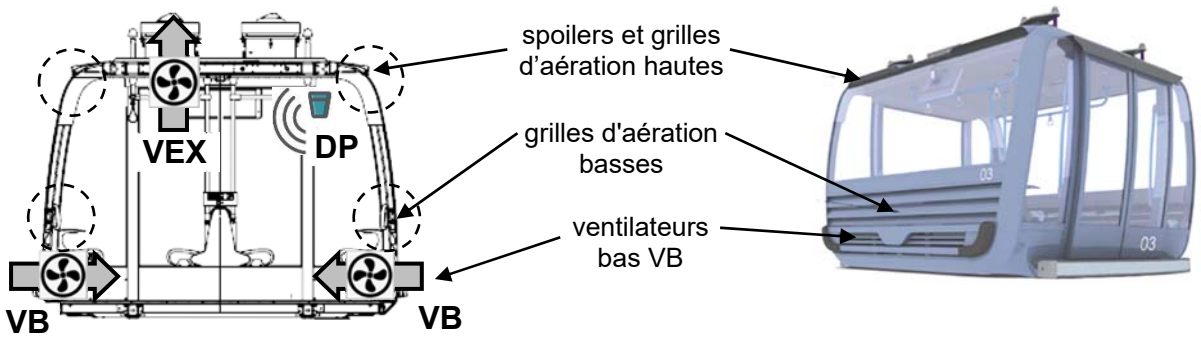
DT10 : besoin en vidéoprotection

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 :

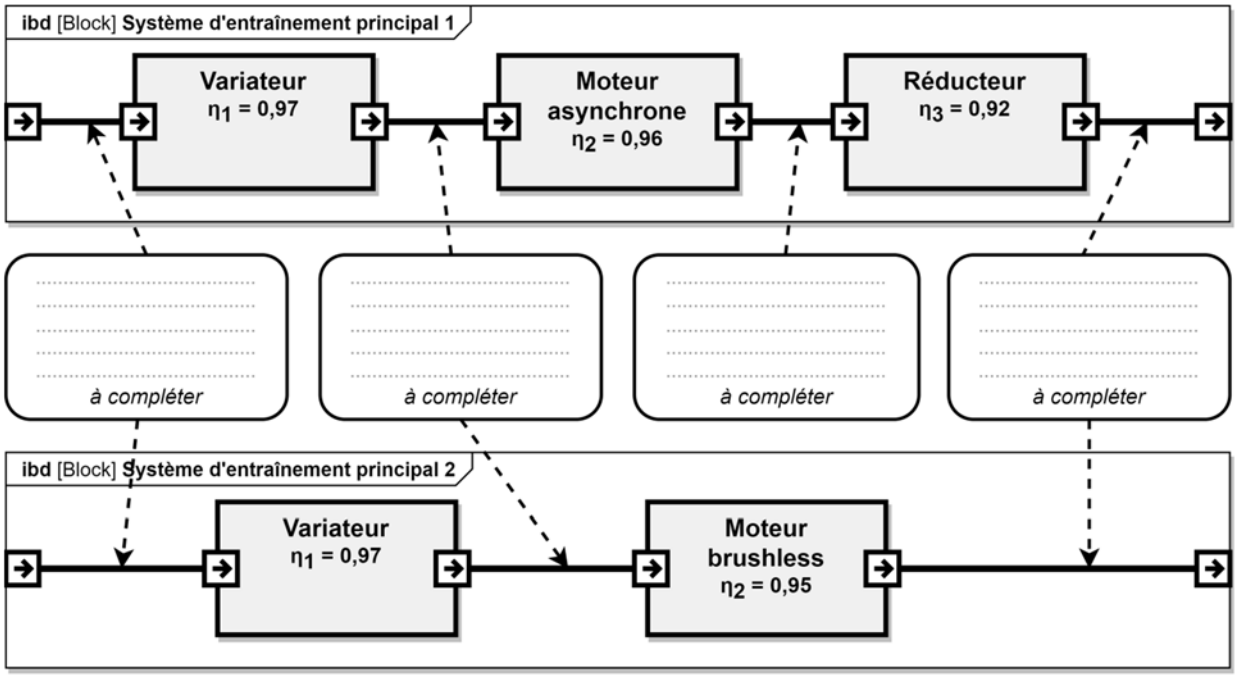
Date du test : **21 juin 2022** Température extérieure : **37,5°C**

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*

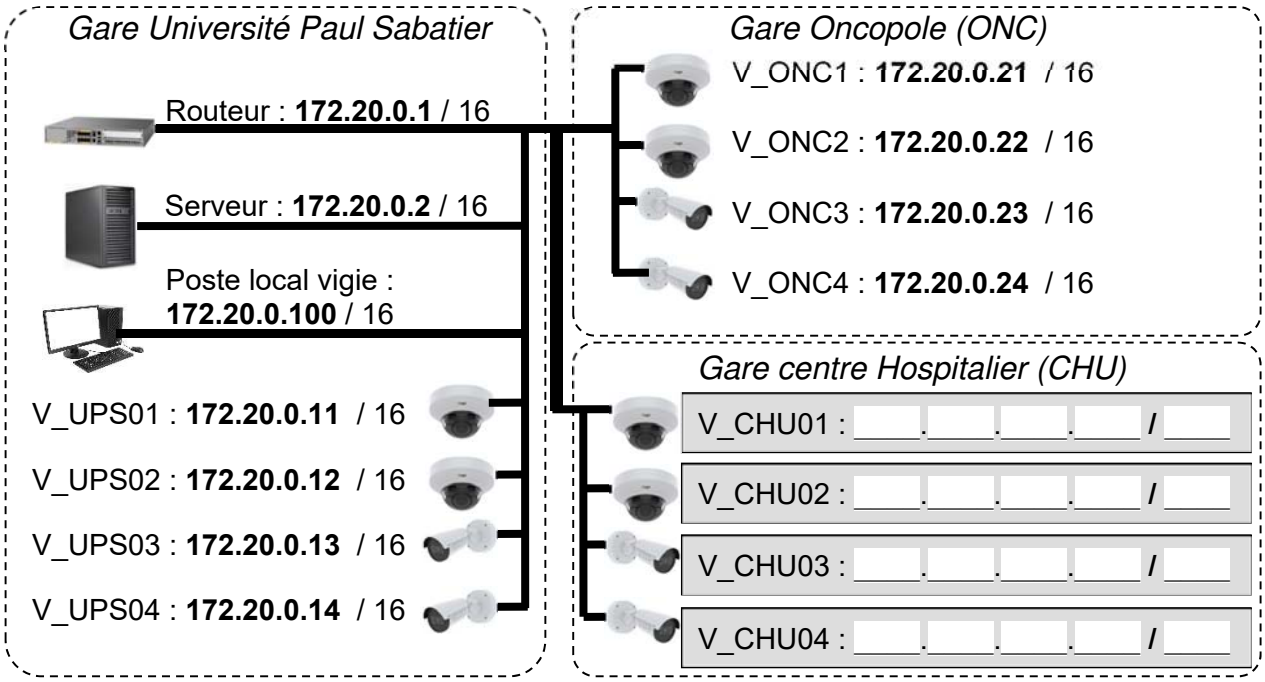
Document réponses DR1

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

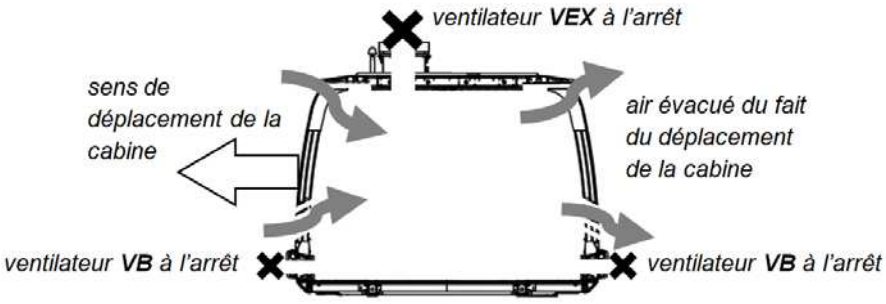
Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

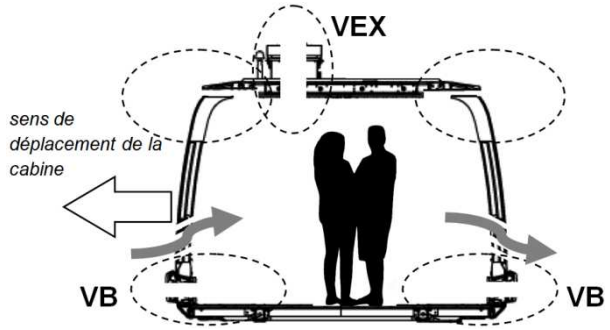
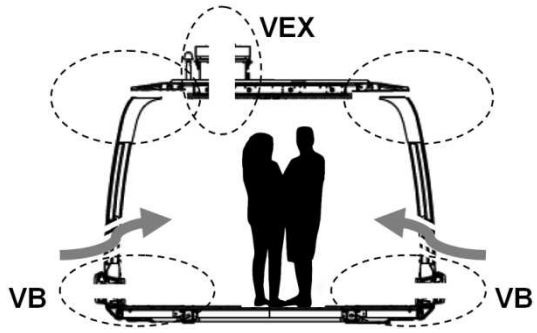
Document réponses DR5

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.)

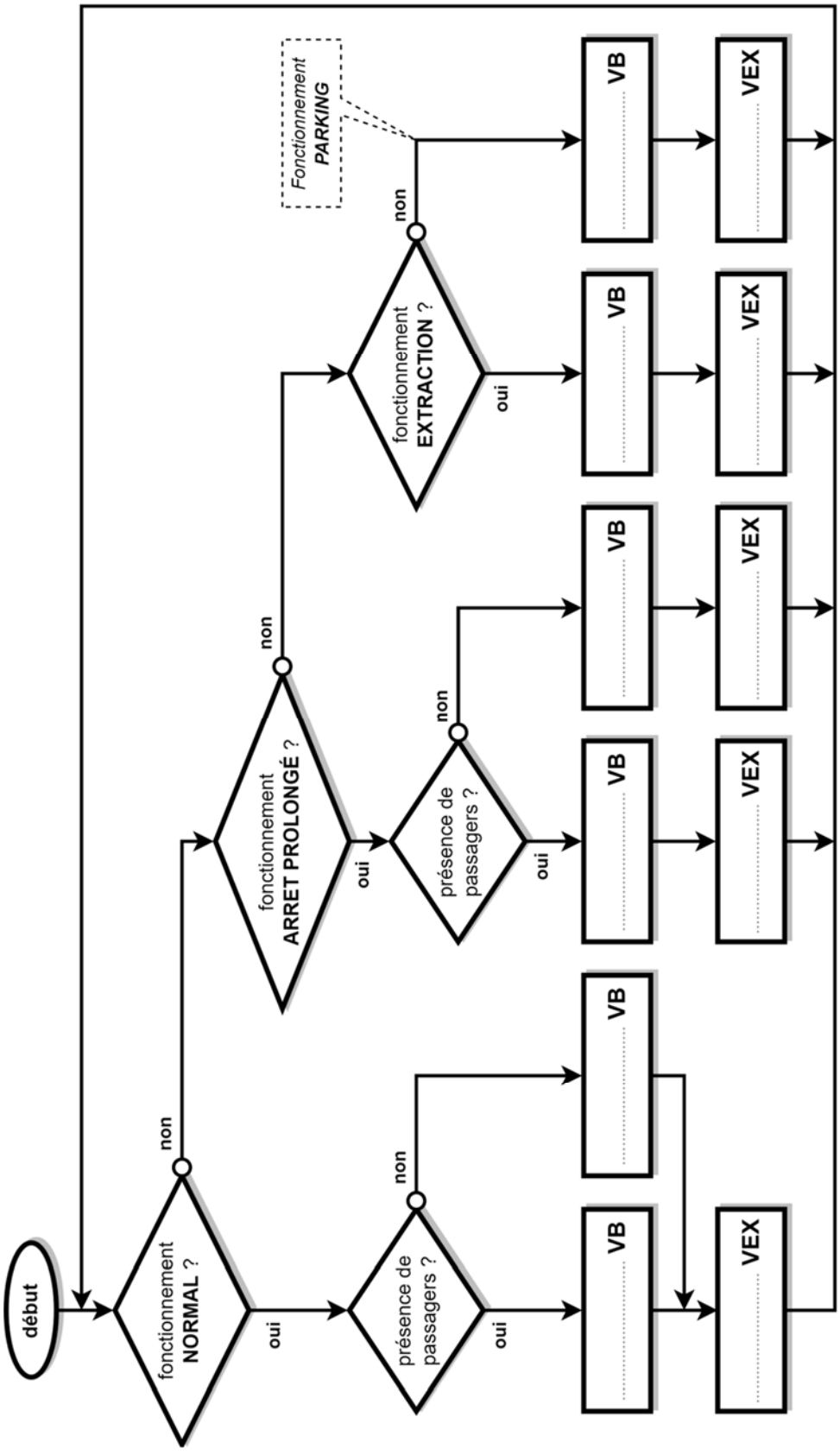
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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.

Énergies et Environnement

TÉLÉPHÉRIQUE DE TOULOUSE

Téléo



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

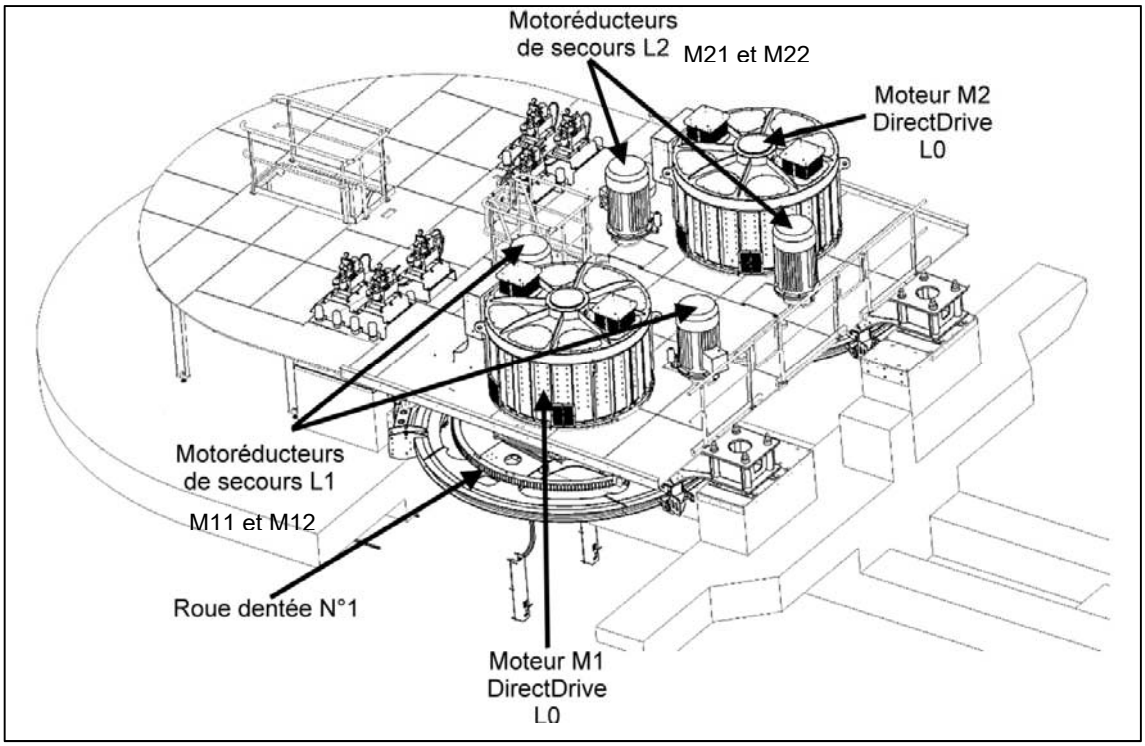
Mise en situation

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'entrainement 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'entrainement 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'entrainement 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 DTS1	Pour chaque mode de fonctionnement (L0, L1 et L2), **indiquer** les moteurs qui peuvent entrainer le câble tracteur (remarque : dans le mode L0, il y a plusieurs solutions possibles).
Question A.2 DTS2	À partir de l'analyse du schéma électrique de distribution, **nommer** toutes les sources d'énergie électrique pouvant alimenter les différents moteurs d'entrainement du câble tracteur.

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

Question A.4 DTS3	**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.

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'entrainement 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 DRS2	**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.

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 $m \cdot s^{-1}$;

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

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) :

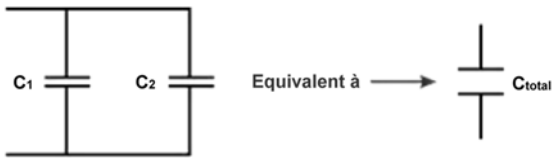
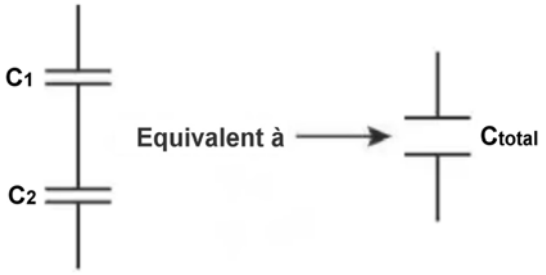
$$E_{(J)} = U_{(V)} \times I_{(A)} \times \Delta t_{(s)}$$

Question B.3 DTS5	**Calculer** l'énergie E1, en kilojoules (kJ), à fournir par la super-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		$C_{total(F)} = C_{1(F)} + C_{2(F)}$
Super-capacités en série		$\frac{1}{C_{total(F)}} = \frac{1}{C_{1(F)}} + \frac{1}{C_{2(F)}}$

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.

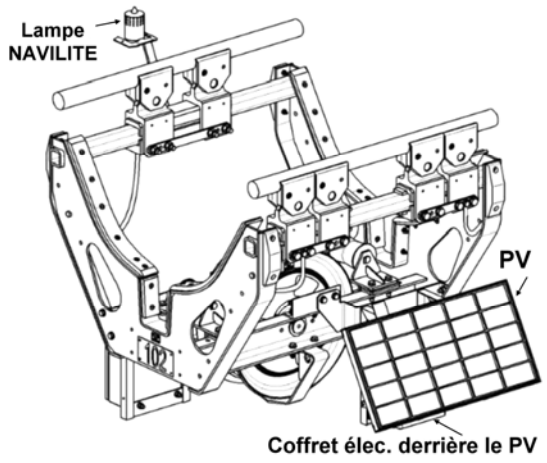
Le parc batteries est constitué de 2 batteries LIFEPO4 disposées en série.

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 ?**

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. 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.	Cavalier avec éclairage nocturne et kit solaire 

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.



Question D.1 DTS8 DRS3	**Compléter** les paramètres du modèle multiphysique concernant le panneau solaire photovoltaïque sur le document réponse 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 DTS7 DRS3	**Compléter** les paramètres du modèle multiphysique concernant la batterie sur le document réponse 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 DTS7 DRS3	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.

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 DTS9	**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. **Conclure** quant au choix du kit solaire comme source d'énergie autonome de la lampe Navilite.

Question D.5 DTS9	**Relever** le taux de décharge de la batterie en % lors de l'intervalle de temps pendant lequel la lampe NAVILITE est restée allumée. **Conclure** quand 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'entrainement du câble tracteur et de leurs alimentations possibles selon le mode de fonctionnement

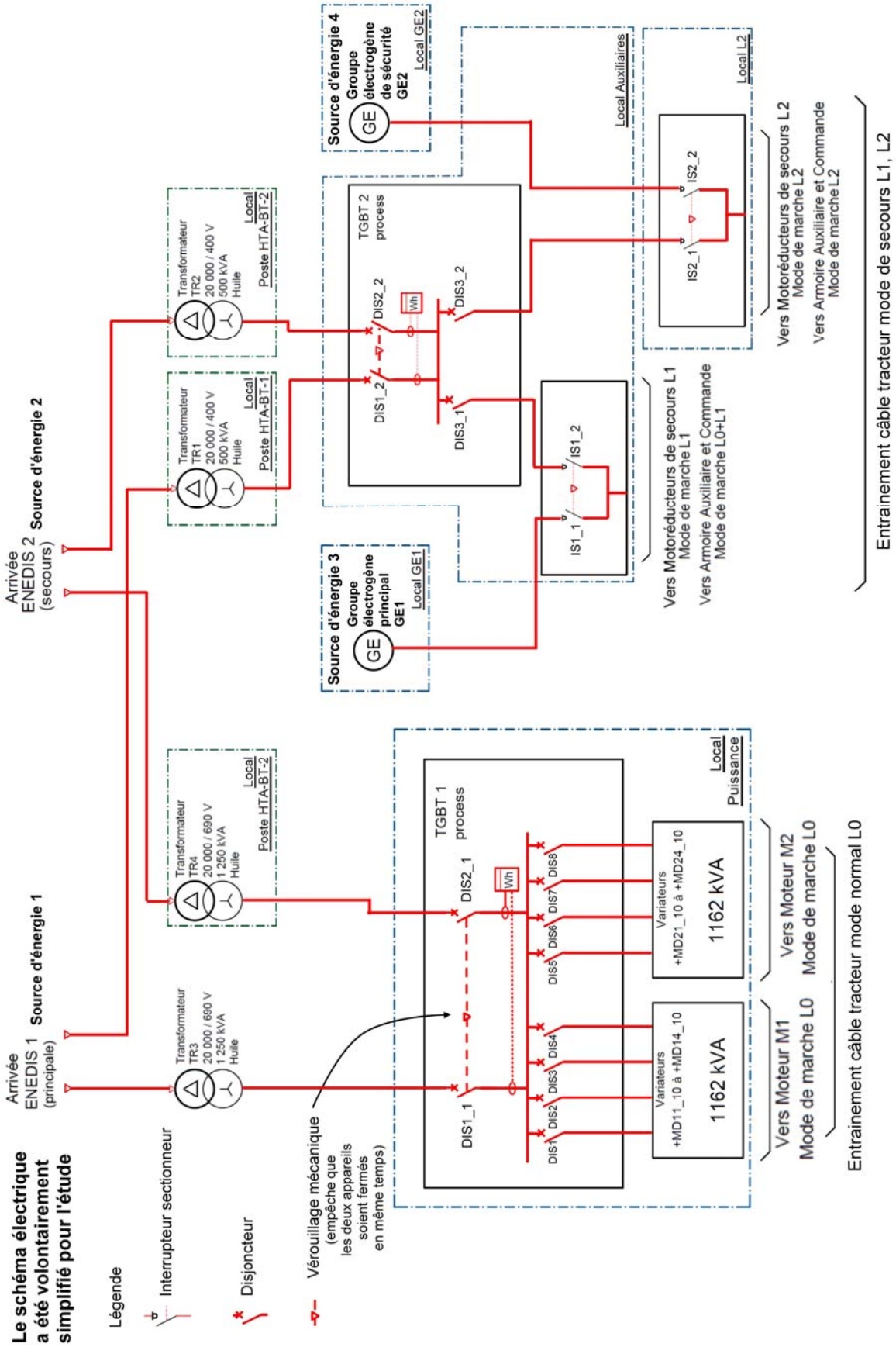
<table>
<tr><th>Mode</th><th colspan="2">Description des systèmes d'entrainement mécanique du câble tracteur et de la motorisation associée</th><th>Alimentations possibles</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Mode de fonction-nement principal

Mode L0</td><td colspan="2">2 moteurs M1 et M2 « Direct Drive » alimentés chacun par 4 modules variateurs « LeitDrive ».
Le moteur M1 entraine directement la poulie N°1.
Le moteur M2 entraine directement la poulie N°2.
Possibilité de fonctionner avec M1 seul ou M2 seul ou M1+M2 à puissance réduite.</td><td rowspan="4">Par Arrivée Enedis 1
(alimentation principale en 20kV)
et transformateur 20kV/690V (TR3)
Ou
Arrivée Enedis 2
(alimentation de secours en 20kV)
et transformateur 20kV/690V (TR4)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Valeurs motrices unitaires :</td></tr>
<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>
<tr><td>Mode de fonction-nement de secours

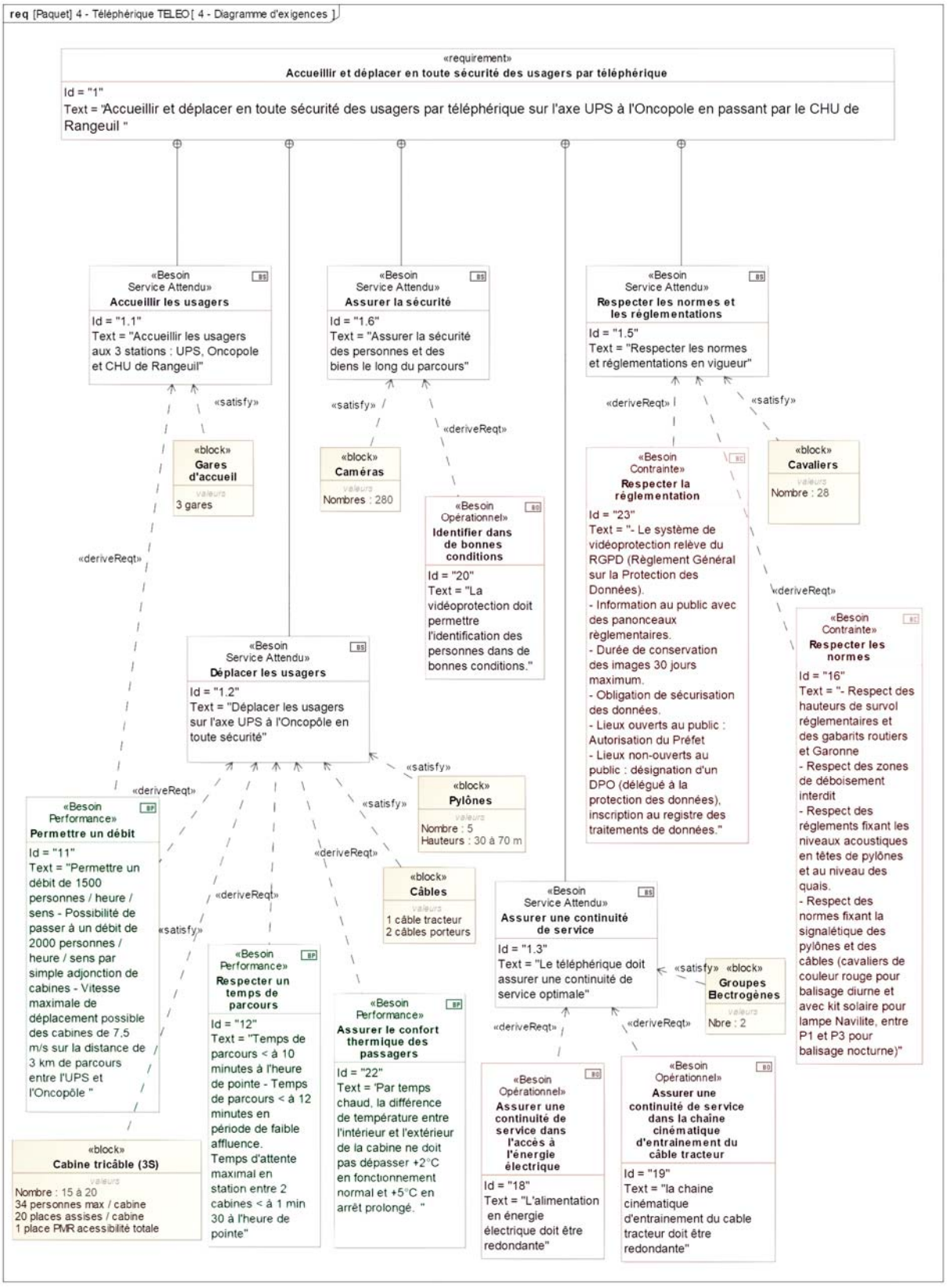
Mode L1</td><td colspan="2">Deux motoréducteurs électriques M11 et M12 (moteur + réducteur) entraînent la poulie motrice n°1 par le biais d'une solution pignon/couronne.
Système d'accouplement manuel qui approche le pignon moteur de la couronne dentée montée sur l'axe de la poulie motrice n°1. Chaque motoréducteur est alimenté par un variateur de vitesse. Le moteur accélère progressivement le câble pour atteindre une vitesse de 1,5 m/s.
Puissance motrice unitaire : 110 kW</td><td>Par Arrivée Enedis 1
(alimentation principale en 20kV)
et transformateur 20kV/400V (TR1)
Ou
Arrivée Enedis 2
(alimentation de secours en 20kV)
et transformateur 20kV/690V (TR2)
Ou
par un groupe électrogène dédié à la marche Secours du Système (Groupe électrogène du mode « L1 » ; GE1)</td></tr>
<tr><td>Mode de fonction-nement de secours

Mode L2</td><td colspan="2">Deux motoréducteurs électriques M21 et M22 (moteur + réducteur) entraînent la poulie motrice n°2 par le biais d'une solution pignon/couronne.
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.
Puissance motrice unitaire : 110 kW</td><td>Par Arrivée Enedis 1
(alimentation principale en 20kV)
et transformateur 20kV/400V (TR1)
Ou
Arrivée Enedis 2
(alimentation de secours en 20kV)
et transformateur 20kV/690V (TR2)
Ou
par un groupe électrogène dédié à la marche Secours du Système (Groupe électrogène du mode « L2 » ; GE2).</td></tr>
</table>

Document technique DTS2 : schéma électrique de distribution

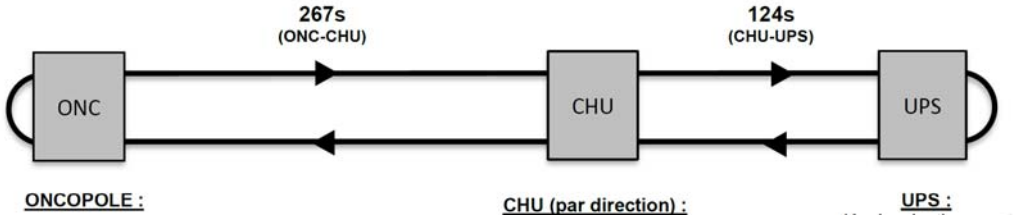


Document technique DTS3 : diagramme d'exigences partiel du Téléphérique

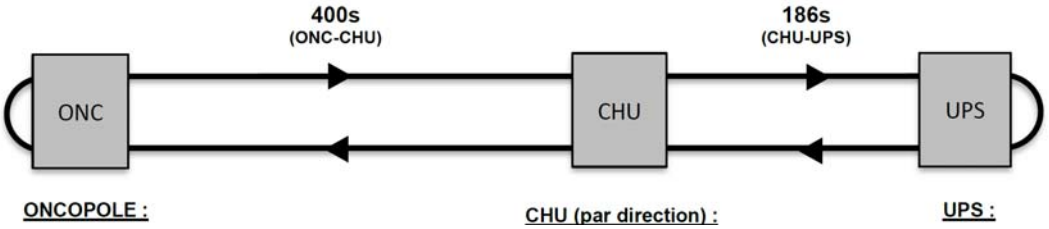


Document technique DTS4 : répartition des temps en ligne en exploitation continue (mode Normal)

Répartition des temps en ligne en exploitation à une vitesse max de 7,5 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)

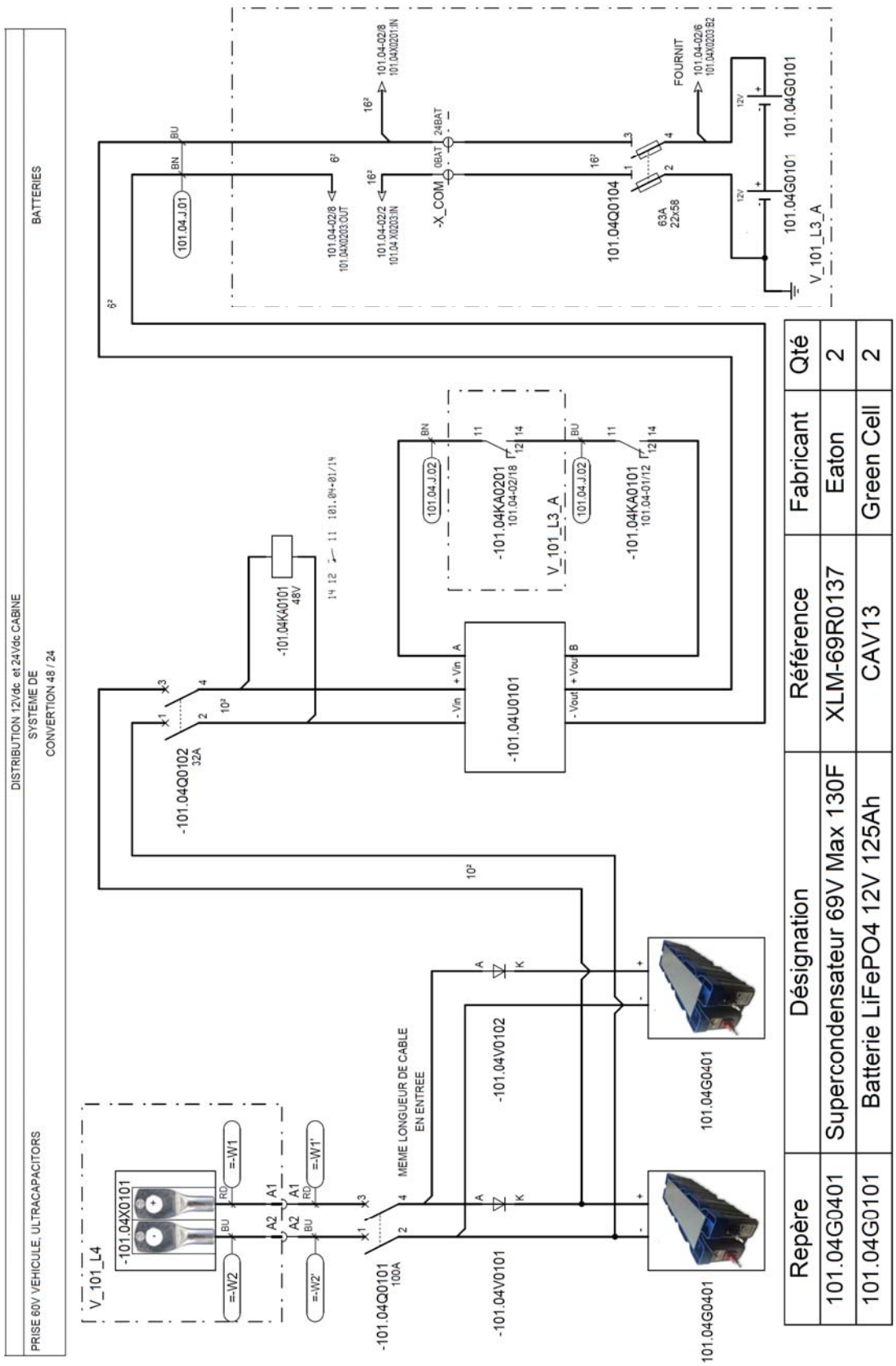
Energie embarquée / Bilan de consommation en mode Normal		
Consommateur	**Courant moyen A_{DC}**	**Tension moyenne V_{DC}**
Ventilation	8,75 A_{DC}	27,2 V_{DC}
Eclairage	1,9 A_{DC}	
Autres composants CRSE + RMS	3,8 A_{DC}	24V_{DC}
Client Wifi + Automate Cabine	1,9 A_{DC}	

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}	24V_{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



Repère	Désignation	Référence	Fabricant	Qté
101.04G0401	Supercondensateur 69V Max 130F	XLM-69R0137	Eaton	2
101.04G0101	Batterie LiFePO4 12V 125Ah	CAV13	Green Cell	2

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

SOLARTECH
POWER, INC.

J-Series
50W PV Module
SPM050P-BP



Applications

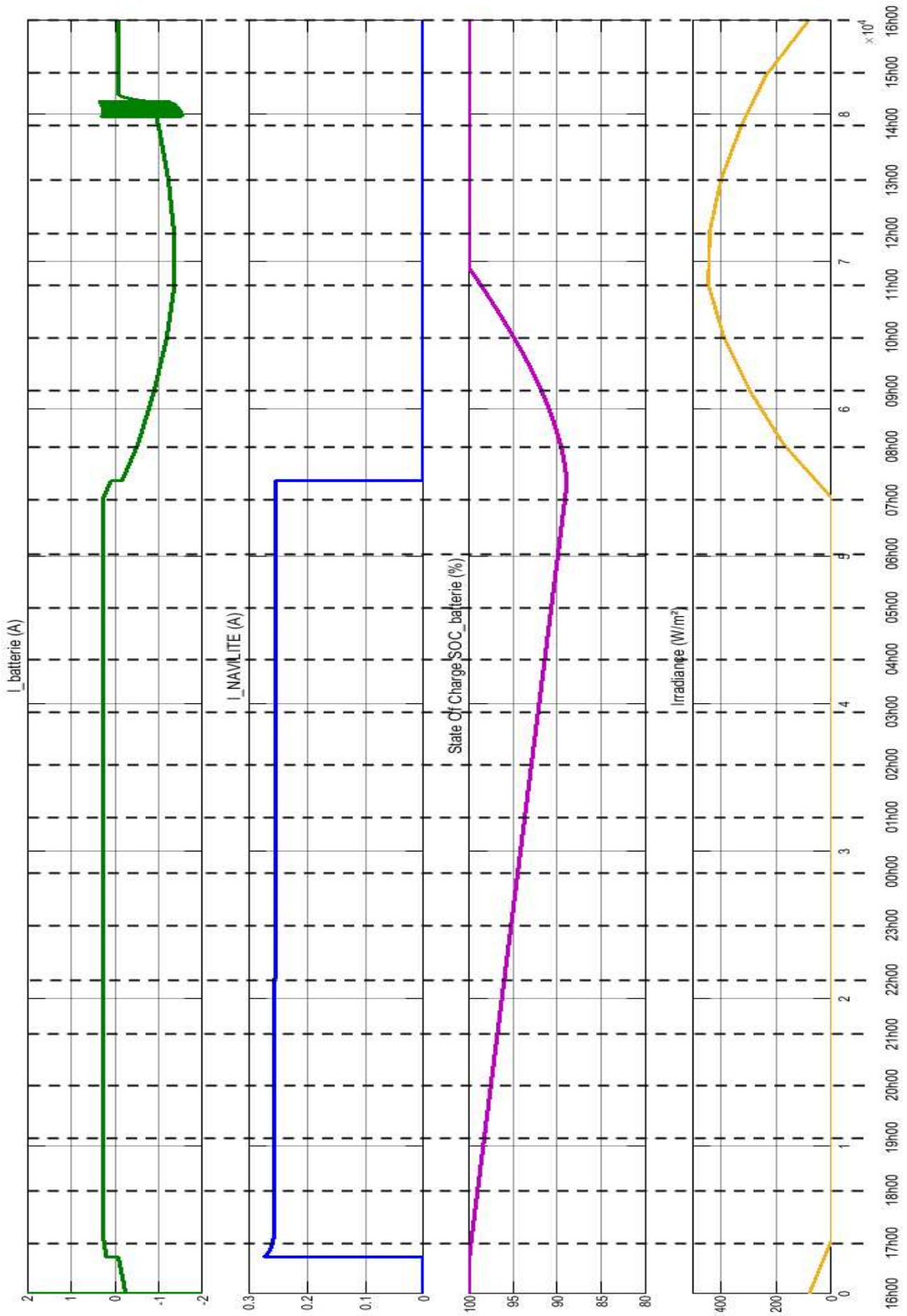
- Traffic & Safety
- Federal Government
- Oil & Gas
- Security
- Telecommunications
- Water and Wastewater
- Weather & Environmental Monitoring
- RV Camper
- Emergency Power
- Telemetry
- SCADA, RTU, GPS
- Marine
- Area Lighting & Sign

Electrical Characteristics	
Max power(Pm)	50W
Maximum power voltage(Vpm)	17.5V
Maximum power current (Ipm)	2.90A
Short circuit current (Isc)	3.20A
Open circuit voltage (Voc)	21.8V
Module efficiency	11.1%
Nominal Voltage	12V

Electrical Characteristics	
Temperature coefficient of Voc	-0.36%/°C
Temperature coefficient of Pm	-0.46%/°C
Temperature coefficient of Isc	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

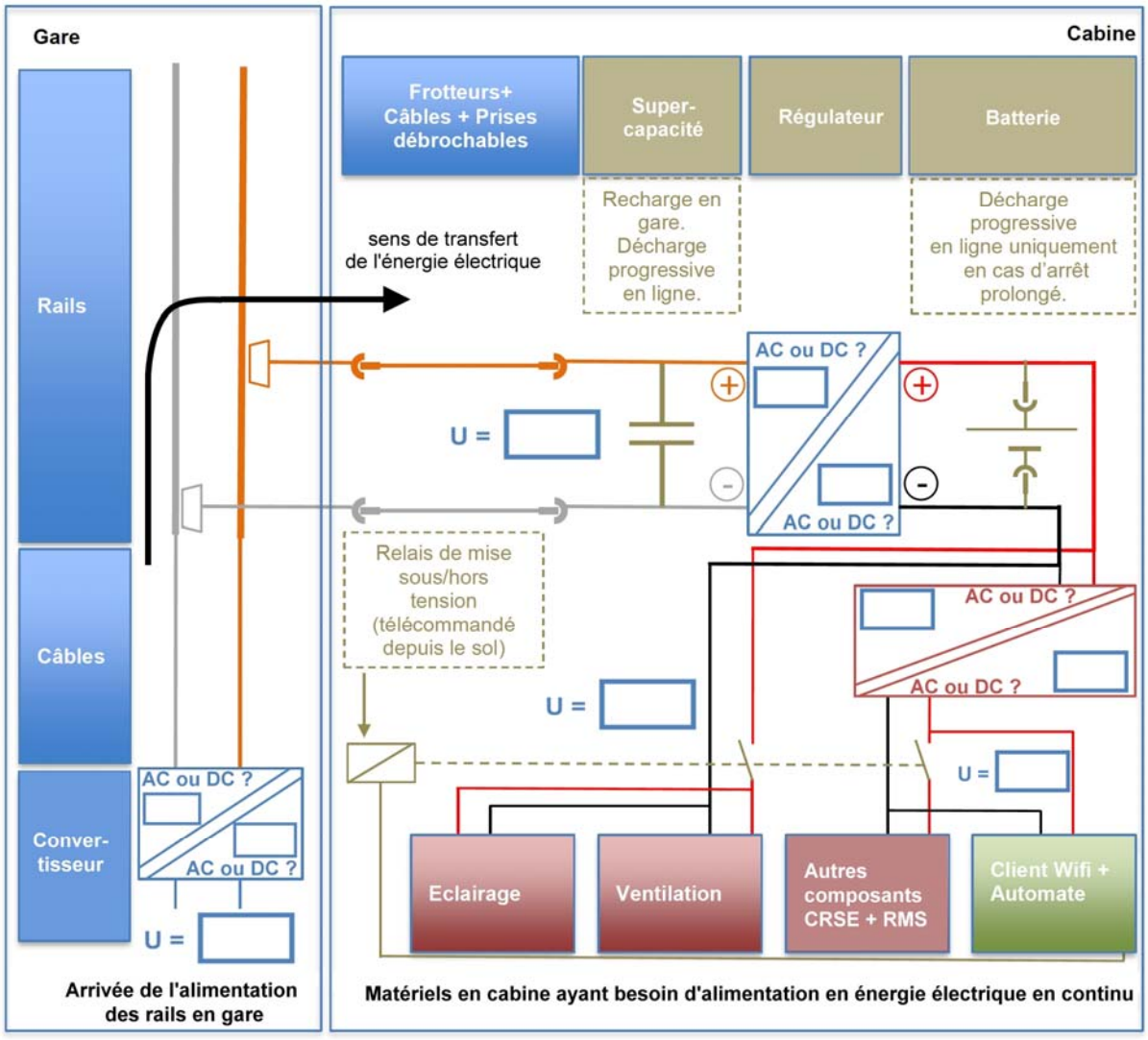
Document technique DTS9 : résultats de la simulation du modèle multiphysique



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

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.)

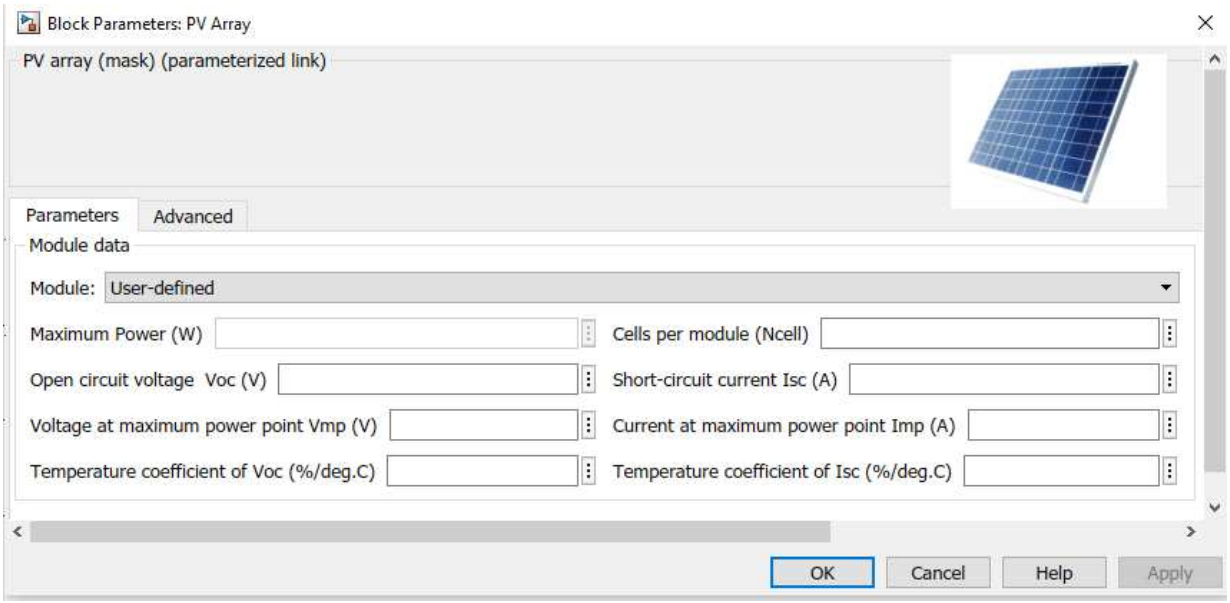
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

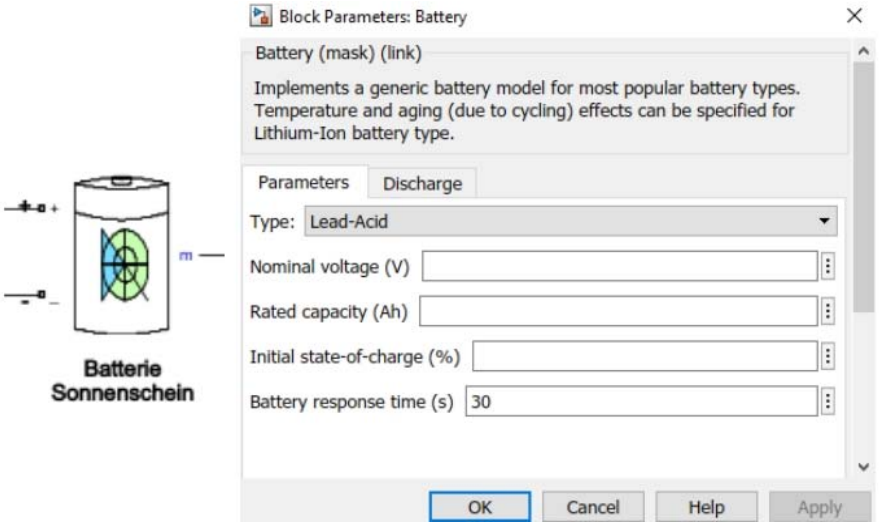
1.2

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

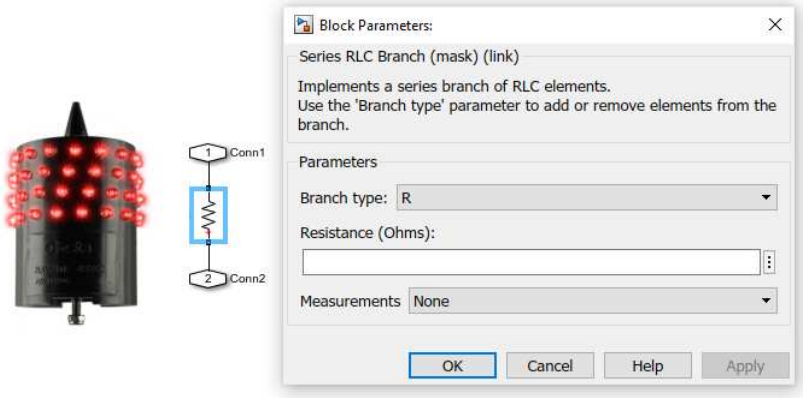
Question D.1 – Paramètres du bloc PV.



Question D.2 – Paramètres du bloc batterie.



Question D.3 – Paramètres du bloc NAVILITE.



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.