

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2024

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENT

CORRECTION

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

- Question 1.1
- **La voiture** est le moyen majoritairement utilisé en France métropolitaine pour les déplacements en 2019
 - **Le mode de transport par voiture** a légèrement reculé entre 2008 et 2019 : **-2%**.
Le mode de transport par transports en commun a légèrement augmenté entre 2008 et 2019 : **+1%**.
- Question 1.2
- Valeurs associées à l'exigence « besoin performance » concernant le débit de passagers attendu :
 - **débit de 1500 à 2000 personnes / heure / sens**
 - **vitesse maximale de déplacement : 7,5 m·s⁻¹**
 - **distance de 3 km de parcours entre l'UPS et l'Oncopôle**
 - A partir de la documentation technique, la seule typologie de télécabines à mouvement unidirectionnel continu qui convienne à tous les critères d'exigences est la typologie 3S. C'est la seule typologie de **distance 3 km** et c'est celle qui a été retenue.
- Question 1.3
- Temps total entre les 2 gares :
$$\text{Temps total} = \frac{\text{distance}_{(m)}}{\text{vitesse}_{(m.s^{-1})}} + 20s = \frac{3000}{7,5} + 20 = \mathbf{420\ s}$$
soit un temps total entre les 2 gares de **7 minutes**.
 - En temps normal, en utilisant le téléphérique au lieu de la voiture on gagne $14 - 7 = \mathbf{7\ minutes}$: on met 2 fois moins de temps pour faire le trajet entre les deux gares terminus.
En heures de pointe, on gagne $28 - 7 = \mathbf{21\ minutes}$: on met 4 fois moins de temps pour faire le trajet entre les deux gares terminus.
- Question 1.4
- En voiture : **300 gCO₂·km⁻¹·passager⁻¹**
En téléphérique : **10 gCO₂·km⁻¹·passager⁻¹**
Rapport de réduction des émissions de gaz à effet de serre :
$$\text{Rapport} = \frac{300}{10} = \mathbf{30}$$
 - Cette valeur **correspond bien** à la valeur indiquée dans le document de TISSEO sur le DT4.

- Question 1.5
- Le téléphérique de Toulouse permet de relier l'Oncopole à l'université Paul Sabatier **plus rapidement** qu'avec un mode de transport par voiture. S'il est plus utilisé, il permettra d'éviter les embouteillages de la rocade lors des heures de pointes
 - Le mode de transport par téléphérique est un mode de transport qui produit le **moins d'émissions de gaz à effet de serre** parmi de nombreux autres modes de transports collectifs et individuels.
 - Le téléphérique de Toulouse participe à l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre que la France s'est fixée d'atteindre, tout en rendant service aux utilisateurs.

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

- Question 2.1
- **2 moteurs** sont installés sur le système d'entraînement principal du câble tracteur.
 - Il y a **3 poulies** en contact avec le câble tracteur.
 - Parmi les 3 poulies, **2 peuvent être motrices**.

Question 2.2 | Voir **DR1** : ibd à compléter

- Question 2.3
- $\eta_{\text{global1}} = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 = 0,97 \times 0,96 \times 0,92 = \mathbf{0,8567} = \mathbf{85,7\%}$
 - $\eta_{\text{global2}} = \eta_1 \times \eta_2 = 0,97 \times 0,95 = \mathbf{0,9215} = \mathbf{92,15\%}$
 - $\eta_{\text{global1}} < \eta_{\text{global2}}$ donc **le système d'entraînement principal 2 de type Direct Drive a un meilleur rendement** dû à l'absence de réducteur. Il est plus avantageux pour l'optimisation de la consommation énergétique.

Question 2.4 | Voir **DR3** : tableau de synthèse des résultats

Question 2.5

Question 2.6

$$P_2 = C \times \omega_2 = 307 \text{ (N}\cdot\text{m)} \times 2,99 \text{ (rad}\cdot\text{s}^{-1}\text{)}$$

$$P_2 = 917,6 \text{ kW}$$

Question 2.7 | Voir **DR3** : tableau de synthèse des résultats

Question 2.8

Question 2.9

Question 2.10 | Le choix d'utiliser un système motorisé d'entraînement direct sur la poulie (DirectDrive) permet d'obtenir un **meilleur rendement** de la chaîne d'énergie globale, donc de **faire des économies**.
Le fait de faire varier la vitesse selon des plages horaires permet aussi de réaliser des économies tout en gardant **un service rendu à l'utilisateur satisfaisant** car l'utilisateur mettra **toujours moins de temps** à parcourir la distance UPS-Oncopole qu'avec une voiture en temps normal ou en heure de pointe.

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

Question 3.1 | Voir **DR4** : tableau de validation

Question 3.2 | Pente moyenne en % entre les profils 1N et 6N :
Dénivelée = 145,649 – 144,414 = **1,235 m**
Distance entre profils = 7,310 + 4,700 + 7,680 + 4,700 + 7,680 = **32,070 m**
pente = $\frac{1,235}{32,070} = 0,0385$ soit **3,85 %**

Question 3.3 | La zone « parking Oncopole » est bien conforme à la réglementation :
- les 5 exigences sont vérifiées ;
- la pente de la rampe d'accès est conforme : pente **3,85% < 6%**
Restent des vérifications comme d'éventuels ressauts, hauteur de garde-corps...

Partie 4 : Comment identifier une personne à distance ?

Question 4.1 | Voir **DR2** : adressage IP
*Toute adresse unique **172.20.x.y / 16** est correcte*

Question 4.2 |

- « /16 » partie réseau sur 16 bits et partie hôte sur 32 – 16 = 16 bits : $2^{16} - 2 =$ **65 534 clients**.
- Il y a 280 caméras : 65354 > 280. Un masque « /16 » est justifié.

Question 4.3 | Largeur de la zone surveillée = 2 × 6 m × tan(35°) = **8,4 m**

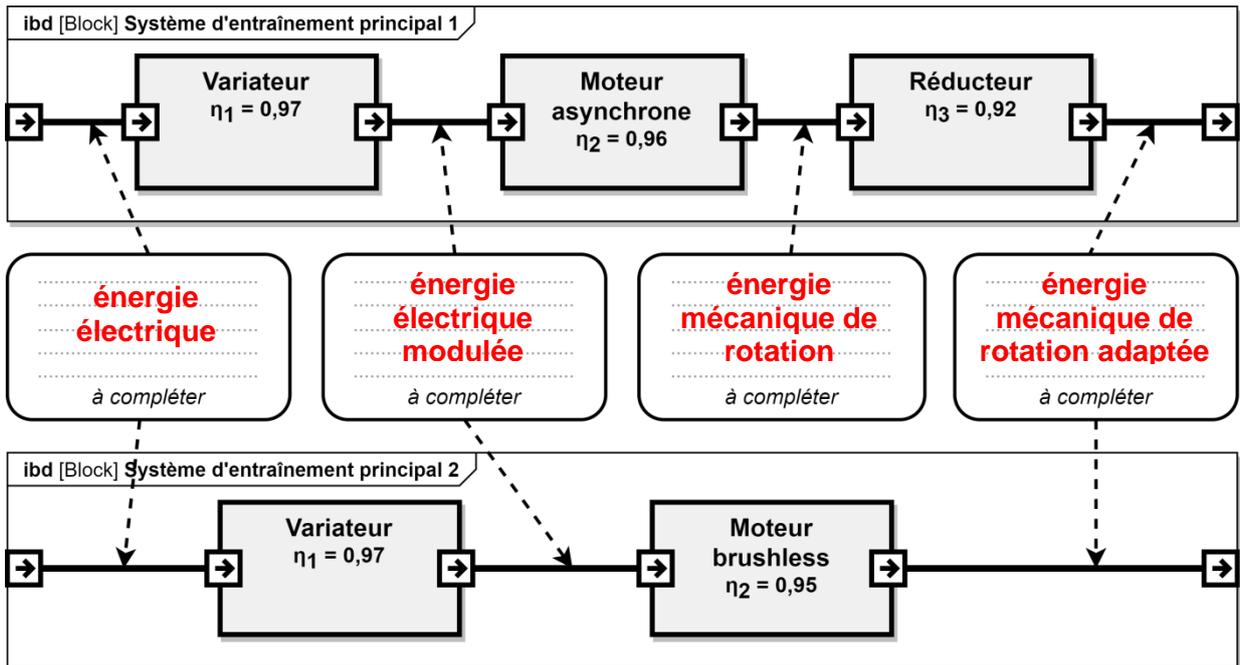
- Question 4.4 | $\frac{850 \text{ cm}}{2688 \text{ pixels}} = \mathbf{0,316 \text{ cm/pixel}}$
- Question 4.5 |
 - Besoin opérationnel : « *Identification dans de bonnes conditions.* »
 - 40 pixels minimum pour la largeur du visage
- Question 4.6 | $\frac{16 \text{ cm}}{0,32 \text{ cm/pixels}} = \mathbf{50 \text{ pixels} > 40 \text{ pixels}}$, la condition d'identification dans de bonnes conditions est bien validée.

Partie 5 : Comment assurer le confort thermique des passagers dans une cabine ?

- Question 5.1 | « *Par temps chaud, la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur de la cabine ne doit pas dépasser +2°C en fonctionnement normal et +5°C en arrêt prolongé.* »
- Question 5.2 | Voir **DR5** : flux d'air
- Question 5.3 | Voir **DR5** : table de vérité
- Question 5.4 | Voir **DR6** : Algorithme à compléter
- Question 5.5 | En fonctionnement **normal**, le confort est toujours respecté :
 $38,5^{\circ}\text{C} - 37,5^{\circ}\text{C} = 1^{\circ}\text{C} < \mathbf{2^{\circ}\text{C}} \rightarrow \text{OK } \checkmark$
 $38^{\circ}\text{C} - 37,5^{\circ}\text{C} = 0,5^{\circ}\text{C} < \mathbf{2^{\circ}\text{C}} \rightarrow \text{OK } \checkmark$
 $37,7^{\circ}\text{C} - 37,5^{\circ}\text{C} = 0,3^{\circ}\text{C} < \mathbf{2^{\circ}\text{C}} \rightarrow \text{OK } \checkmark$
En **arrêt prolongé**, test 1, 2 et 3, le confort n'est pas respecté :
 $44^{\circ}\text{C} - 37,5^{\circ}\text{C} = +6,5^{\circ}\text{C} > \mathbf{5^{\circ}\text{C}} \times$
 $42,7^{\circ}\text{C} - 37,5^{\circ}\text{C} = +5,2^{\circ}\text{C} > \mathbf{5^{\circ}\text{C}} \times$
Seul le test n°4 avec les deux spoilers en place respecte le confort thermique : $42^{\circ}\text{C} - 37,5^{\circ}\text{C} = +4,5^{\circ}\text{C} < \mathbf{5^{\circ}\text{C}}$

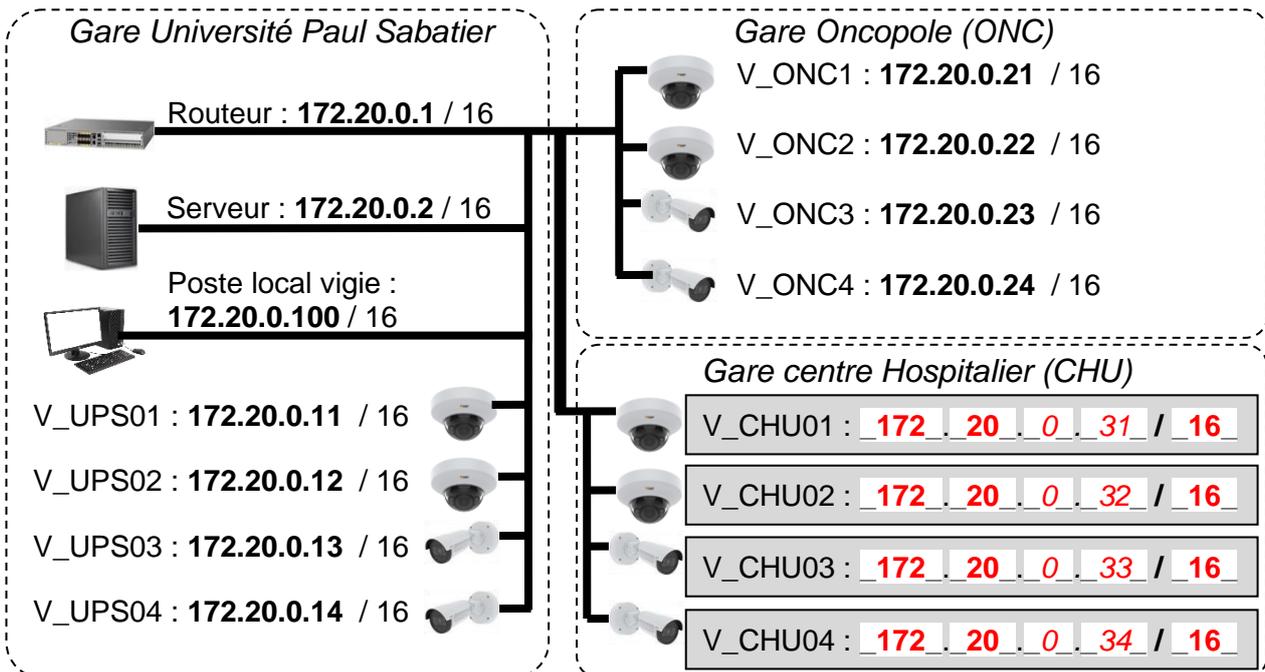
Document réponses DR1

Question 2.2 :



Document réponses DR2

Question 4.1 :



Toute adresse **unique** en 172.20.x.y / 16 est correcte

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.

Question		Vitesse 1	Vitesse 2
Q2.4	Vitesse max atteinte en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	$6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$6,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
	Durée du trajet en s	$550\text{s} < \text{durée} < 560\text{s}$	$500 \text{ s} < \text{durée} < 510 \text{ s}$
	> ou < au temps normal en voiture	<	<
Q2.5	Vitesse angulaire des poulies motrices en $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$	$\omega_{\text{poulie}} = 2,64 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$	$\omega_2 = \frac{V_2}{R} = \frac{6,8}{2,275}$ $2,99 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ <i>($\approx 3 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$)</i>
Q2.6	Puissance mécanique fournie par le moteur en kW	$P_1 = 809,67 \text{ kW}$	$P_2 = 917,6 \text{ kW}$
Q2.7	Puissance électrique consommée par le moteur en kW	$P_{a1} = 852,28 \text{ kW}$	$P_{a2} = \frac{P_2}{\eta} = \frac{917,6 \text{ kW}}{0,95}$ $965,9 \text{ kW}$ <i>($\approx 966 \text{ kW}$)</i>
Q2.8	Energie totale consommée en une journée par le moteur en $\text{kW}\cdot\text{h}$	$E_1 = 13\,636,55 \text{ kW}\cdot\text{h}$	$E_2 = P_{a1} \times \Delta t$ $= 965,9 \text{ kW} \times 2 \text{ h}$ $1\,931,8 \text{ kW}\cdot\text{h}$ <i>($\approx 1932 \text{ kW}\cdot\text{h}$)</i>
Q2.9	Economie journalière en euro réalisée	$E_{\text{gain}} = 19\,200 - 15\,569 = 3631 \text{ kWh}$ soit gain en euros : $3631 \text{ kW}\cdot\text{h} \times 0,075 \text{ €} \approx 273 \text{ €/jour}$	

Document réponses DR4

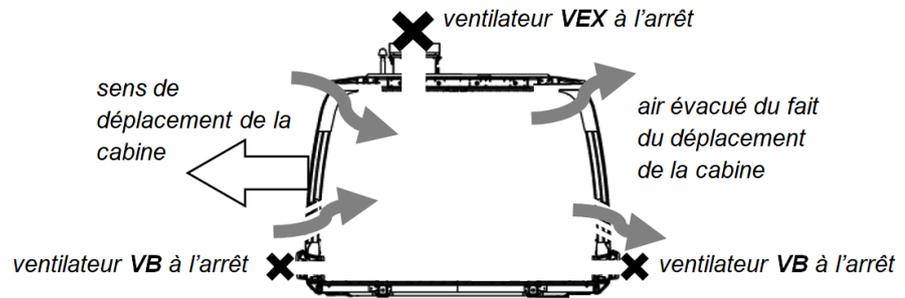
Question 3.1 :

EXIGENCES		OUI/NON	JUSTIFICATION
Situation	Places de stationnement adaptées localisées à proximité d'une entrée	Oui	Les 10 places PMR se situent à proximité de la rampe d'accès au quai
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	Oui	2% de 500 = 10 places (en plus de la place PMR de l'arrêt minute)
Caractéristiques dimensionnelles	Devers inférieur ou égal à 2%	Oui	Devers maximum indiqué de 1,75% < 2%
	Largeur minimale des places adaptées est de 3,30m	Oui	Largeur indiquée 3,3m
	Longueur minimale des places adaptées est de 5 m.	Oui	Longueur indiquée 5 m. Y compris sur longueur 1,25 m > 1,2 m places en épi
Atteinte et usage	Appareils d'interphonie munis d'un système permettant de visualiser le conducteur.	Oui	Indiqué sur le repérage des entrées : « <i>Contrôle d'accès par interphone vidéo sur bornes basses</i> »

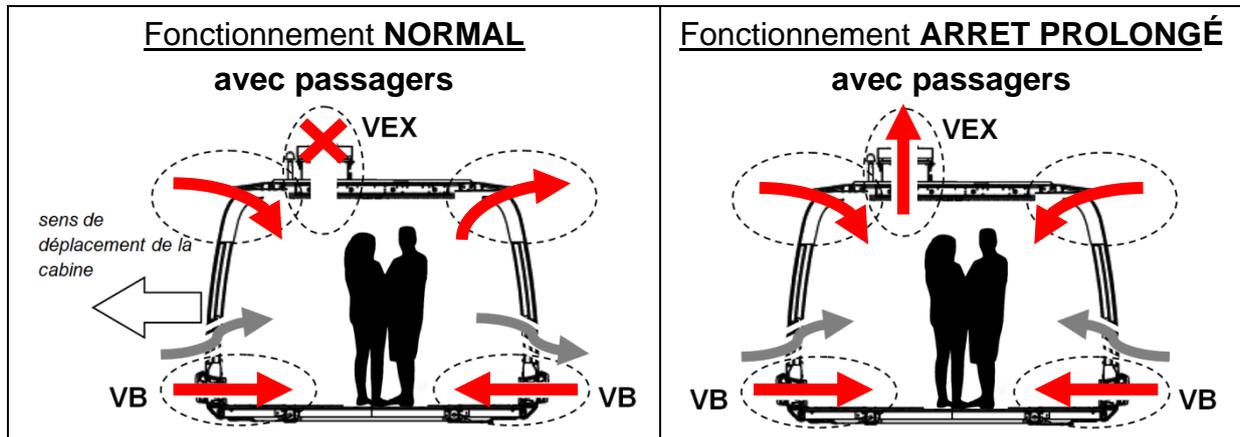
Document réponses DR5

Question 5.2 :

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



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



Question 5.3 :

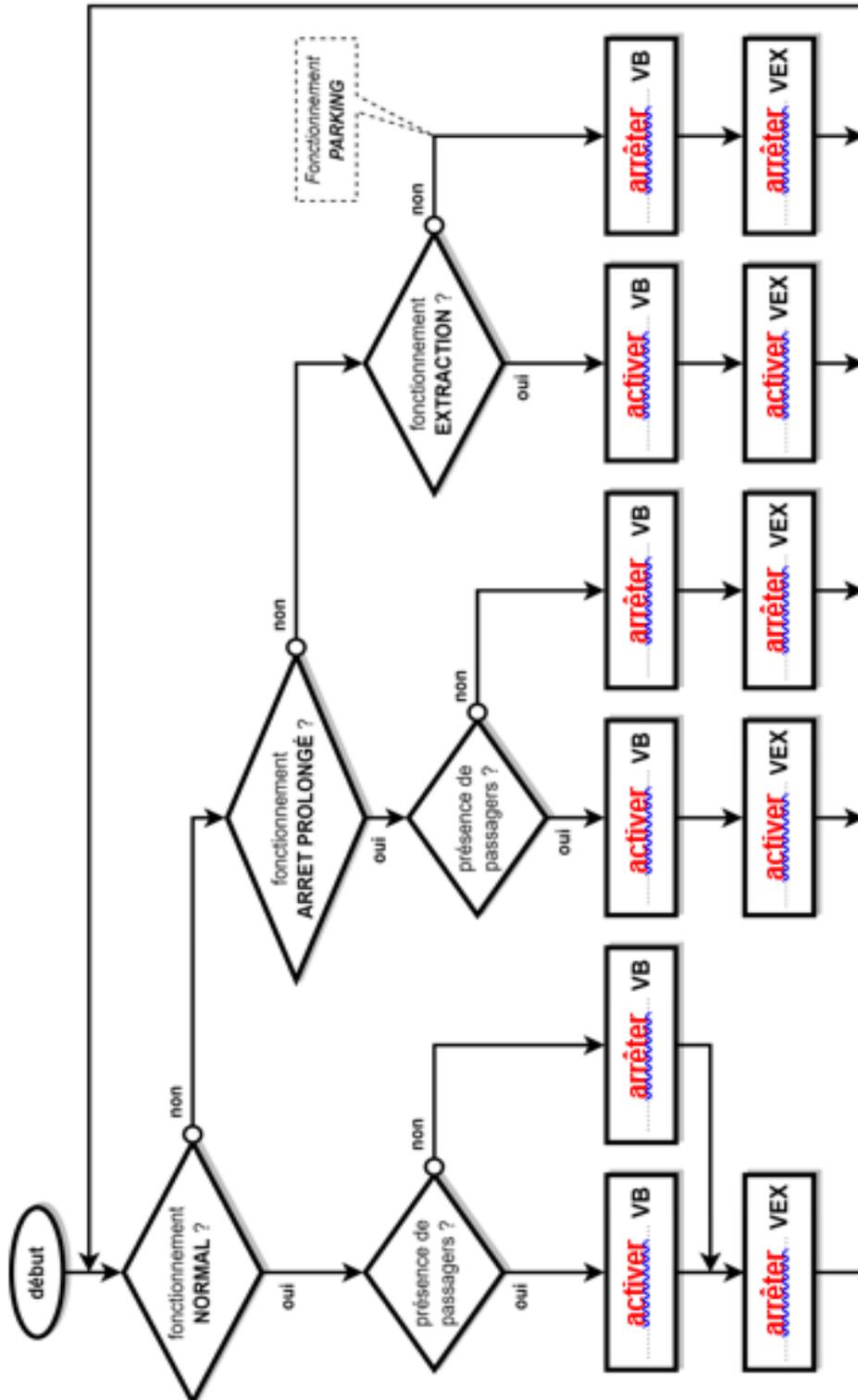
Les bits **B0** et **B1** permettent de coder le mode de fonctionnement de la ventilation.

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

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

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

Question 5.4 :



BACCALURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2024

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENT

Durée de l'épreuve : **4 heures**

CORRECTION

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

- Question A.1 | Pour le mode L0 :
- Possibilité de fonctionner avec M1 seul ou avec M2 seul, ou M1+M2 à puissance réduite
- Pour le mode L1 :
- deux motoréducteurs électriques M11 et 12 (mode de secours L1) entraînent la poulie motrice n°1 par le biais d'une solution pignon/couronne.
- Pour le mode L2 :
- deux motoréducteurs électriques M21 et M22 (mode de secours L2) entraînent la poulie motrice n°2 par le biais d'une solution pignon/couronne.
- Question A.2 | Tous modes confondus, il y a 4 sources d'énergies différentes :
- Arrivée Enedis1 (Mode L0)
 - Arrivée Enedis 2 (Mode L0)
 - Groupe électrogène principal - GE1 (Mode L1)
 - Groupe électrogène de sécurité – GE2 (Mode L2)
- Question A.3 | Tableau indiquant la position ouvert ou fermé des différents disjoncteurs pour le mode de fonctionnement décrit.
- Voir Document Réponse DRS1***
- Question A.4 | Le fait d'avoir plusieurs sources d'énergie à disposition et plusieurs systèmes d'entraînement du câble tracteur correspond à **l'exigence « assurer une continuité de service »**
- Question A.5 | La multiplicité des solutions technologiques assurant l'entraînement du câble tracteur et la multiplicité des sources d'énergies alimentant ces dernières permettent d'avoir une **redondance de solutions** qui garantissent une **continuité de service et le retour en gare des usagers quelle que soit la défaillance** sur la chaîne cinématique d'entraînement du câble tracteur ou d'alimentation en énergie électrique.

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

Question B.1

Voir document réponse DRS2

Question B.2

Temps le plus long entre deux gares lors d'un fonctionnement à vitesse d'exploitation de 5 m.s^{-1} = **400s entre l'Oncopole et le CHU**

Question B.3

$$E1_{(kJ)} = \sum U_{(V)} \times I_{(A)} \times \Delta t_{(s)}$$

$$E1_{(kJ)} = (27,2 \times 10,65 \times 400) + (24 \times 5,7 \times 400) = 170,592 \text{ kJ}$$

Question B.4

$$E_{\text{TOTALE(kJ)}} = E1_{(j)} + E2_{(j)} = 170,592 + 6,74 = 177,332 \text{ kJ}$$

Question B.5

- Valeur de la capacité d'un super-condensateur : 130F
- Les 2 super-condensateurs sont disposés en parallèle.
- La capacité totale de la super-capacité réellement installée est de 260F.

Question B.6

La capacité assurée par le fabricant est de $0,8 \times 260 = 208 \text{ F}$
Le choix effectué de la super-capacité convient car la valeur installée correspond à celle calculée par le bureau d'études ($208 \text{ F} \approx 206 \text{ F}$)

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

Question C.1

$$1 \text{ h } 45 \text{ min} = 1,75 \text{ h}$$

$$Q1_{(A \cdot h)} = I_{(A)} \times t_{(h)} = (25,8 + 1,2 + 3,8 + 1,9) \times 1,75 = 57,225 \text{ A} \cdot \text{h}$$

$$\text{soit } Q1_{(A \cdot h)} = 58 \text{ A} \cdot \text{h}$$

Question C.2

$$Q_{\text{TOTALE(A} \cdot \text{h)}} = Q1_{(A \cdot h)} + Q2_{(A \cdot h)} = 58 + 9 = 67 \text{ A} \cdot \text{h}$$

Question C.3

- Valeur de la tension d'une batterie : $12V_{DC}$
- Valeur de la capacité d'une batterie : $125A \cdot h$
- Associées en série la tension issue des batteries sera aux alentours des $24V_{DC}$. (en réalité légèrement plus). C'est la tension nominale nécessaire à l'alimentation des appareils d'éclairage,

ventilation, composants électroniques CRSE + RMS et client Wifi + automate.

Question C.4 | Capacité totale du parc batteries = 125 A·h

Question C.5 | capacité à installer = capacité calculée + 0,5 × capacité calculée
capacité à installer = 67 + 0,5 × 67 = 100,5 A·h

Les choix de 2 batteries en série 12V – 125 A·h convient car la tension d'association est conforme à la tension d'alimentation des récepteurs (24V_{DC}) et la capacité totale (125 A·h) permet bien de fournir l'énergie nécessaire - majorée de 50% - pour le mode Secours pendant 1h45min et l'énergie consommée par le client Wifi et l'automate lors de l'interruption de l'exploitation de 4h45min

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

Question D.1 | Paramètres du modèle concernant le PV

Voir document réponse DRS3

Question D.2 | Paramètres du modèle concernant la batterie

Voir document réponse DRS3

Question D.3 | A l'aide la loi d'Ohm : $R_{(\Omega)} = \frac{U_{(V)}}{I_{(A)}} = \frac{12}{0,25} = 48\Omega$

Voir document réponse DRS3

Question D.4 | Etat SOC batterie à l'origine de la simulation : 100%

Etat SOC batterie à la fin des 24h de simulation : 100%

Même dans le cas le plus défavorable, le kit solaire permet bien de récupérer sur un jour, la quantité d'énergie journalière consommée par la lampe NAVILITE la nuit.

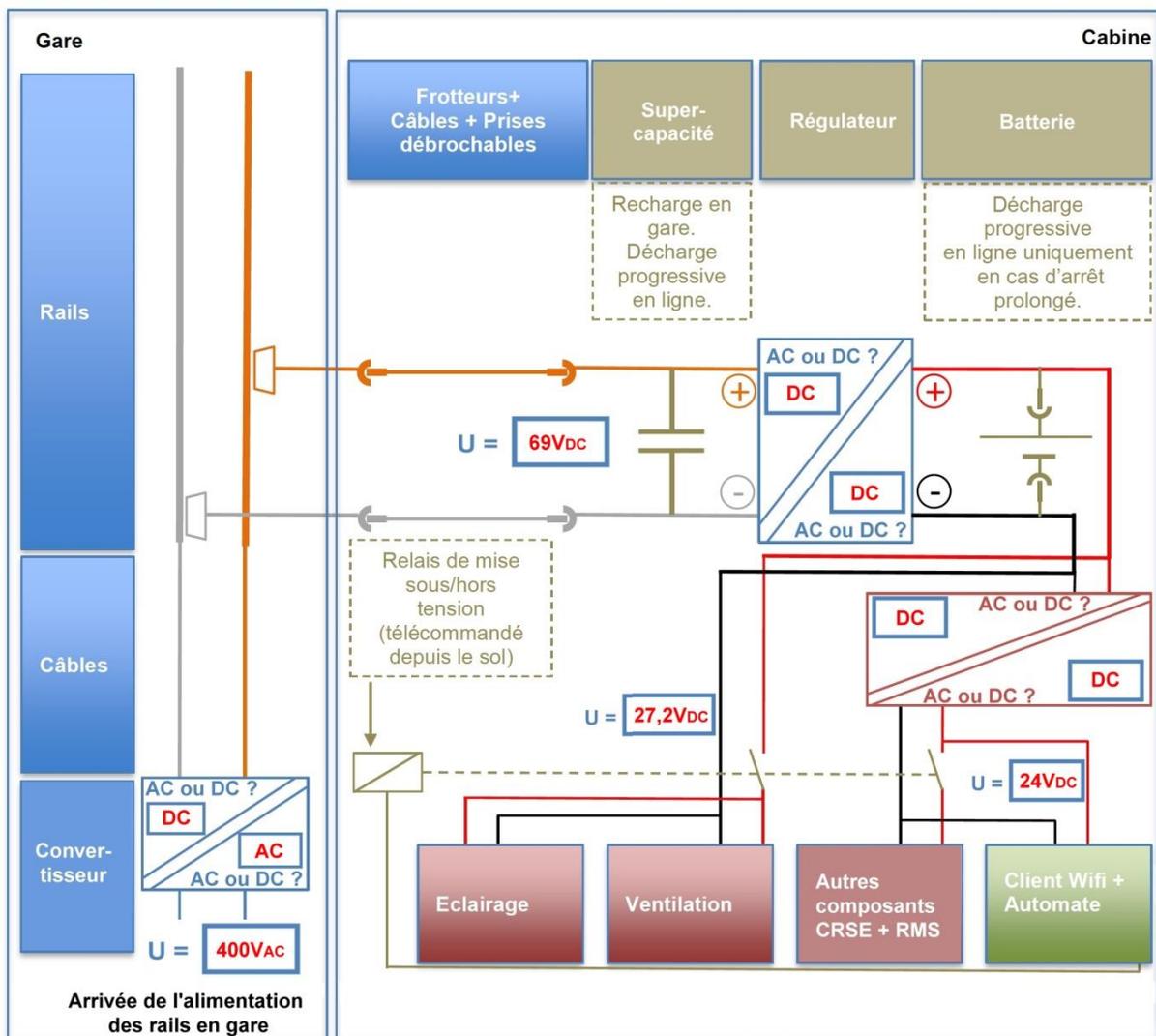
Question D.5 | Taux de décharge de la batterie en % lors de l'intervalle de temps pendant lequel la lampe NAVILITE est restée allumée : 12%

Autonomie de 6 jours représente une consommation de 72% de la capacité batterie L'exigence d'autonomie de 6 jours est respectée.

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	fermé	ouvert	fermés	fermés
Mode L0 Seul M1 fonctionne sur arrivée ENEDIS 1	fermé	ouvert	fermés	ouverts
Mode L0 Seul M2 fonctionne sur arrivée ENEDIS 2	ouvert	fermé	ouverts	fermés

Document réponses DRS2 – Schéma électrique simplifié

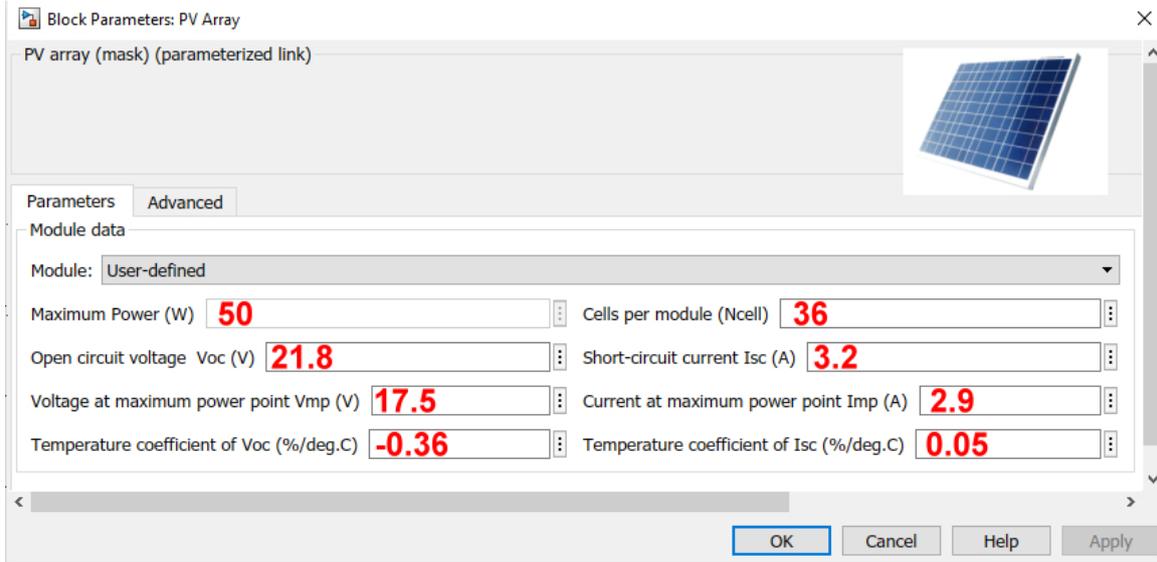


RCSE : Composants du Réseau de Communication Sol Embarqué

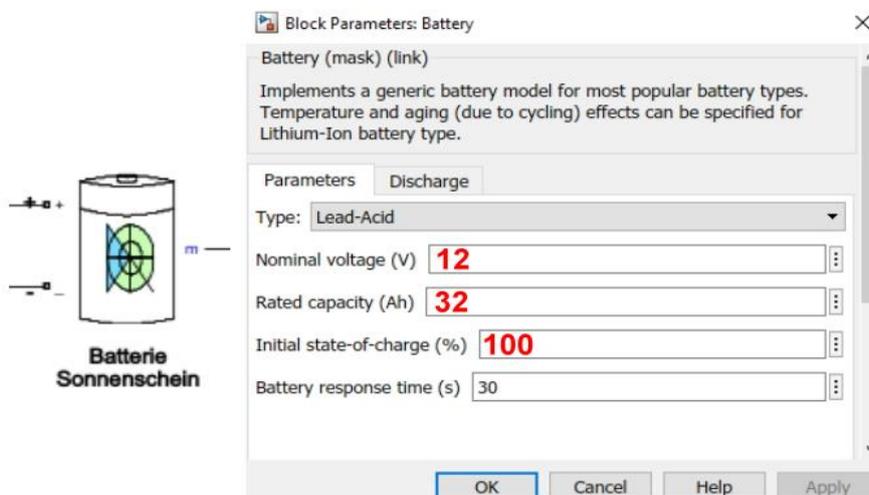
RMS : Réseau informatique MultiServices

Document réponses DRS3 – Paramètres des blocs du modèle multiphysique Simulink du Kit solaire et de la lampe NAVLITE

Question D.1 – Paramètres du bloc PV



Question D.2 – Paramètres du bloc batterie



Question D.3 – Paramètres du bloc NAVILITE

