

CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES

—
SESSION 2021
—**INGENIERIE, INNOVATION
ET DÉVELOPPEMENT DURABLE**

(Classes de terminale série STI2D)

EPREUVE D'ADMISSIBILITE

Durée : 5 heures
—*Aucun document autorisé*

*L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collège » est autorisé.*

Le sujet est à traiter dans sa globalité quel que soit l'option du candidat

Consignes aux candidats

- Ne pas utiliser d'encre claire
- N'utiliser ni colle, ni agrafe
- Numérotter chaque page en bas à droite (numéro de page / nombre total de pages)
- Sur chaque copie, renseigner l'en-tête + l'identification du concours selon l'option choisie :

1. Option Architecture et construction :

Concours / Examen : CGL

Epreuve : 101

Matière : ARCO

Session : 2021

2. Option Energies et environnement :

Concours / Examen : CGL

Epreuve : 101

Matière : ENEN

Session : 2021

3. Option Innovation technologique et éco-conception :

Concours / Examen : CGL

Epreuve : 101

Matière : ITEC

Session : 2021

4. Option Systèmes d'information et numérique :

Concours / Examen : CGL

Epreuve : 101

Matière : SINU

Session : 2021

CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES STI2D - Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable

Session 2021

Durée 5 heures

Aucun document autorisé



Constitution du sujet :

- **Sujet** (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*)
 - **PARTIE 1** Page 4
 - **PARTIE 2** Page 4
 - **PARTIE 3** Pages 5 à 8
 - **PARTIE 4** Pages 9 à 16
- **Dossier Technique (DT1 à DT12)**..... Pages 17 à 25

Le sujet comporte quatre parties indépendantes (Partie 1 à 4) qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

Les réponses seront intégralement rédigées sur le document réponse à rendre à la fin de l'épreuve.

Concours général des lycées	2021
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 1 / 25

Mise en situation



www.lepoint.fr

« Traverser une frontière en téléphérique. L'expérience sera bientôt possible dans l'Extrême-Orient russe. Alors que les **téléphériques urbains** sont en vogue dans le monde, c'est un projet totalement inédit qui est en train de voir le jour entre la Russie et la Chine : un téléphérique transfrontalier, explique **BFMTV**. L'installation doit enjamber le fleuve Amour, qui sépare les deux pays, pour permettre de relier les deux côtes en moins de **sept minutes**, notamment l'hiver lorsque le fleuve est gelé et le transport en bateau impossible. Les travaux ont été officiellement lancés en juillet 2019 pour cette liaison longue de 970 mètres qui devrait entrer en service dès 2022. Elle reliera les villes de Heihe en Chine à celle de Blagovechtensk en Russie. Les cabines pourront transporter 500 passagers par heure et de 6.000 à 7.000 passagers par jour. »

[Extrait du site capital.fr](#)

Objectifs

- Définir dans un premier temps si un système de chauffage est nécessaire dans les cabines ou si l'inertie de ces dernières et la présence des personnes pourraient suffire à garantir le confort des usagers.
- Choisir et dimensionner un système de chauffage.
- Garantir la sécurité des personnes :
 - étude de la température des cabines en cas d'arrêt prolongé ;
 - étude du balancement des cabines en cas de forts vents ;
 - étude de l'évolution de la longueur et tension du câble pour éviter son déraillement.

Concours général des lycées	2021
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 2 / 25

Extrait du cahier des charges

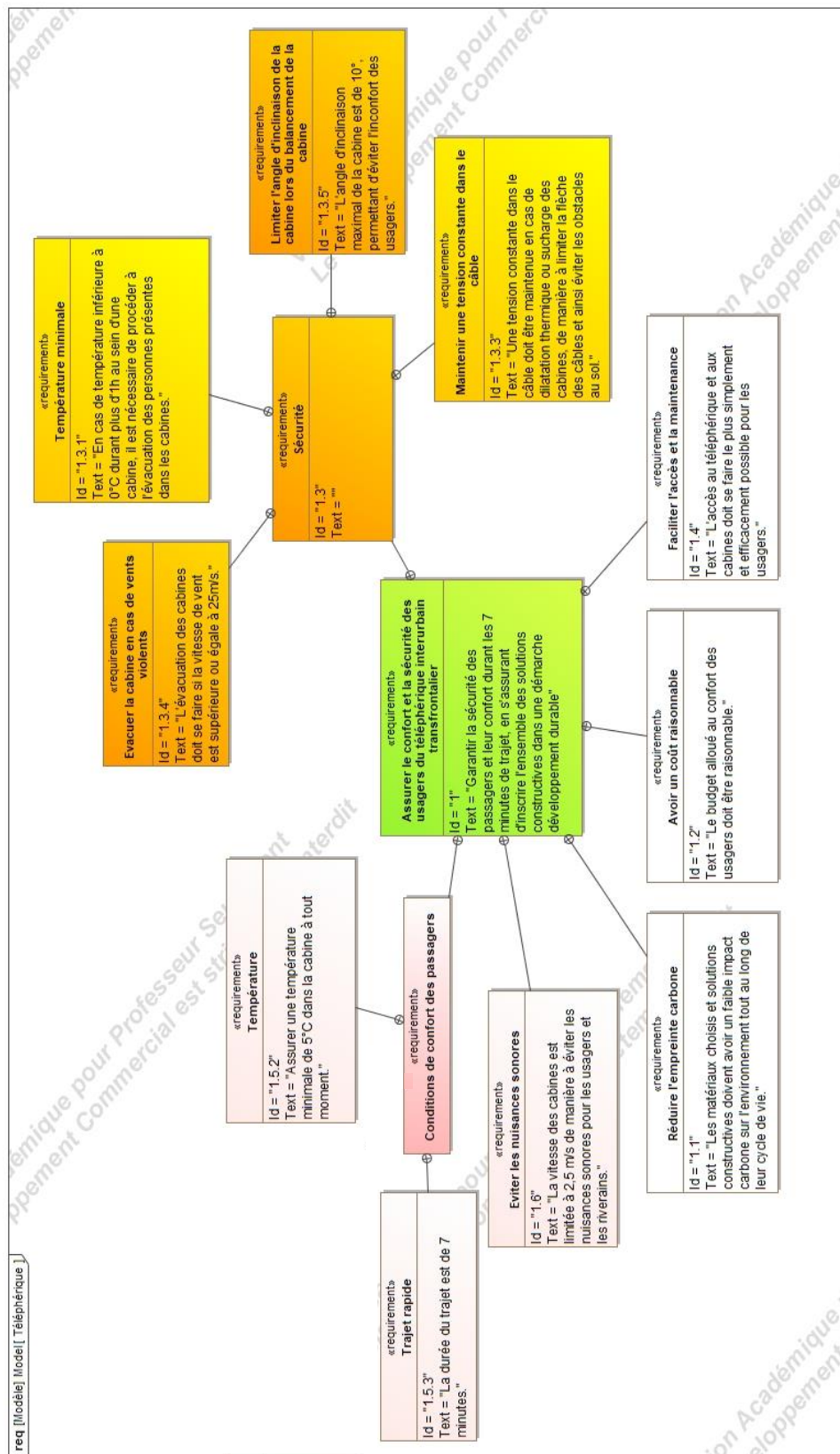


Figure 1 : Extrait du diagramme des exigences, dans le cas hiver.

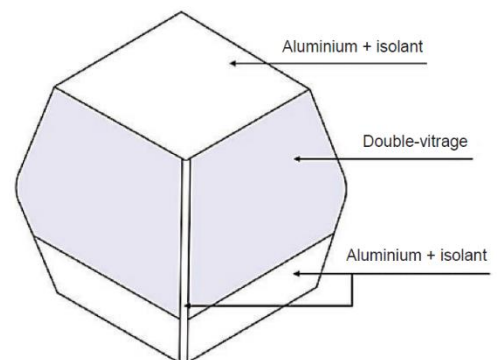
Travail demandé

PARTIE 1 – Contexte

- Question 1** | Expliquer en quelques mots les raisons qui expliquent que les téléphériques urbains sont de plus en plus utilisés dans le monde.
- Question 2** | À partir des informations données dans l'article précédent, **calculer** la vitesse de déplacement des cabines.
Conclure vis-à-vis de l'exigence de vitesse des cabines.
- Question 3** | Sachant que l'on désire faire transiter 500 personnes/heure, **calculer** le nombre de cabines nécessaires par minute.
En déduire le nombre de cabines sur le câble pour un aller.

PARTIE 2 – Étude énergétique de la cabine

Les températures pouvant descendre à -30°C en hiver, l'isolation des cabines doit être renforcée. Le simple vitrage est par exemple remplacé par un double vitrage et de l'isolant mince est ajouté à l'arrière des parois en aluminium.



- Question 4** | Compléter le tableau du cahier réponse (Q4) en calculant les déperditions exprimées en W/K pour chaque type de paroi, ainsi que les déperditions globales de la cabine.
- Question 5** | Citer deux sources de chaleur présentes au sein de la cabine.
Faut-il les prendre en compte dans les calculs ?
- Question 6** | Sachant que la température minimum observée au plus bas est de -30°C , **justifier** l'écart de température pris de 35°C pour le calcul des déperditions totales.
En déduire la valeur des déperditions thermiques de la cabine en Watt.

PARTIE 3 – Étude thermique préliminaire de la cabine

On se propose d'étudier tout d'abord la solution la moins coûteuse, c'est-à-dire celle limitant au maximum les infrastructures : cabines non chauffées dans un environnement ouvert sur l'extérieur.

Étude de l'évolution de la température de la cabine

Lorsque la cabine arrive sur le quai, à l'ouverture des portes, l'air extérieur à -30°C s'engouffre dans la cabine. On néglige l'inertie thermique des sièges dans les modélisations. Les usagers montent dans une cabine à -30°C , mais une sensation d'inconfort peut apparaître, ceux-ci restant immobiles durant les 7 minutes de trajet.

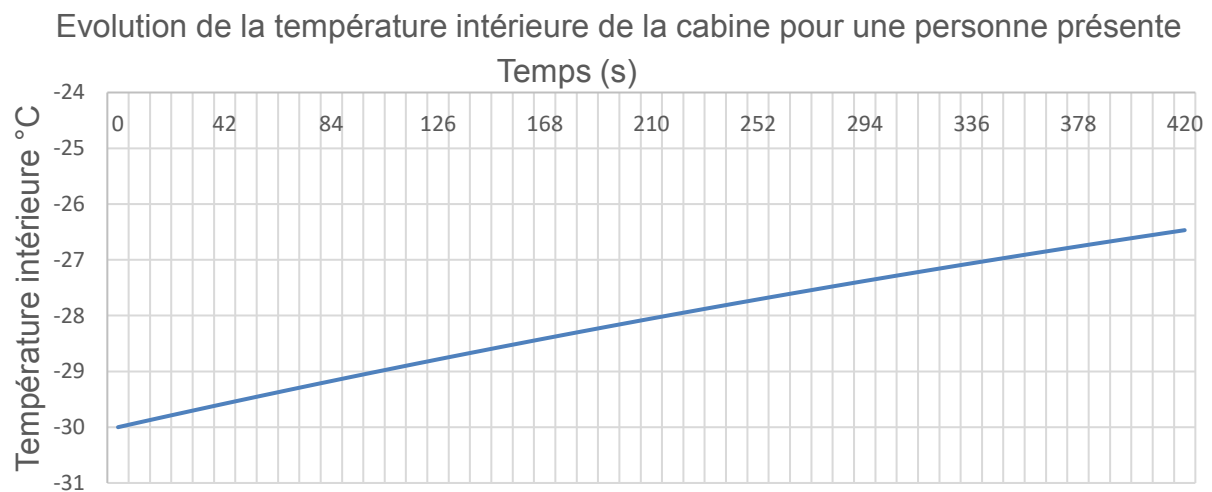


Figure 2 : Évolution de la température intérieure de la cabine pour une seule personne présente.

Question 7

À partir de la **Figure 2**, justifier le temps de simulation choisi.

Expliquer pourquoi un seul passager est présent dans cette modélisation, alors que les cabines peuvent contenir jusqu'à 10 personnes.

Question 8

À partir de la **Figure 2** et des exigences du cahier des charges, **expliquer** pourquoi l'utilisateur sera en situation d'inconfort.

Pour éviter cet inconfort, les ingénieurs proposent d'étudier deux solutions : la première est de mettre en place une gare fermée, qui permettrait au moment de l'ouverture de la cabine, d'avoir un air entrant à 10°C au lieu des -30°C de l'extérieur. La deuxième solution serait d'embarquer un système de chauffage à l'intérieur des cabines. Le système envisagé sera décrit plus précisément par la suite.

Concours général des lycées	2021
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 5 / 25

Étude de la mise en place d'une gare

Dans le cas d'une gare, lorsque les cabines s'ouvrent, c'est cette fois-ci de l'air à 10°C qui s'engouffre dans l'habitacle et non à -30°C. Les résultats de l'évolution de température sont fournis Figure 4, en fonction du nombre de personnes présentes dans la cabine. Ces résultats ont été obtenus à partir de la modélisation Figure 3.

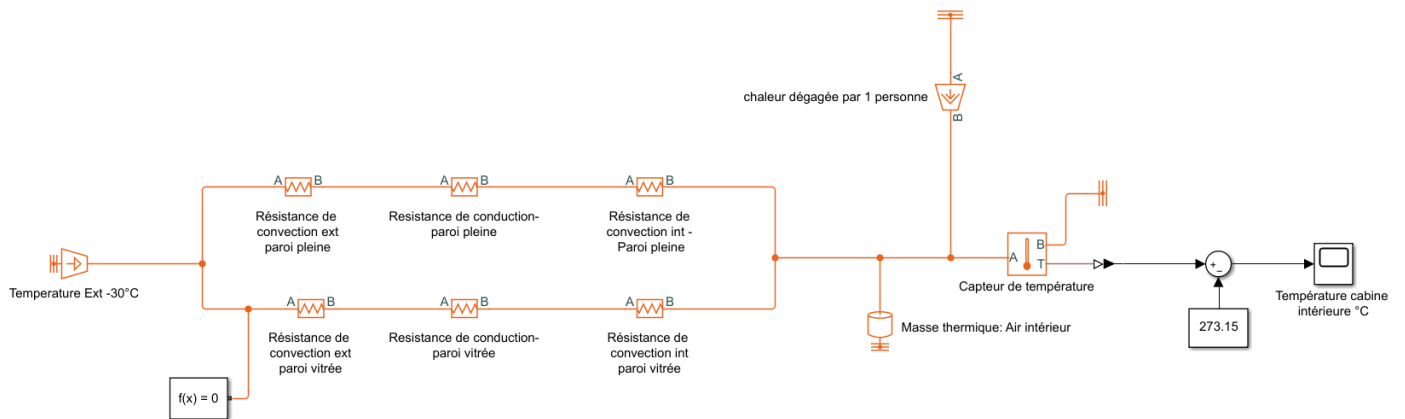


Figure 3 : Modélisation thermique de la cabine

Evolution de la température à l'intérieur de la cabine en fonction du temps

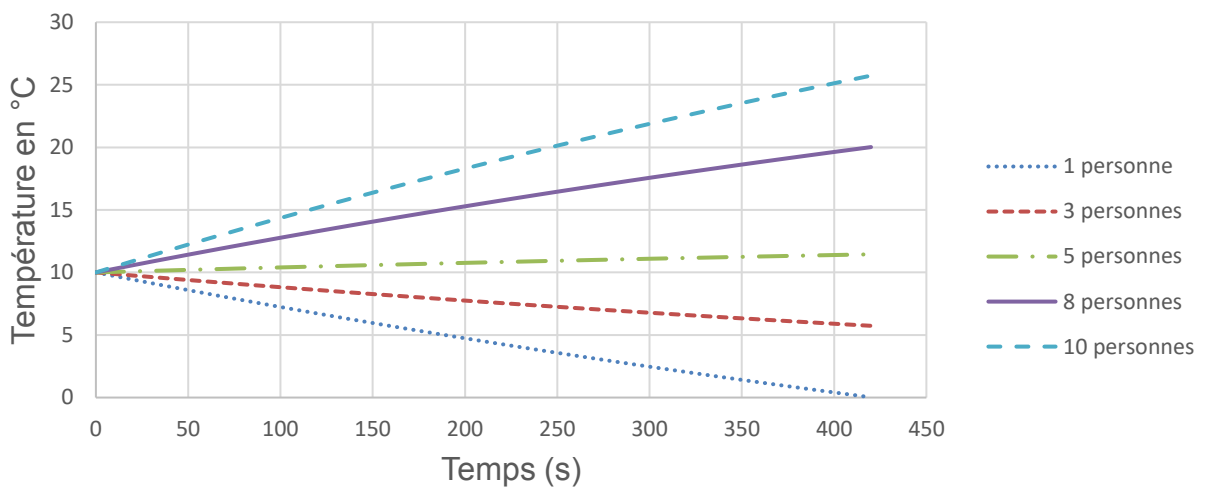


Figure 4 Évolution de la température à l'intérieur de la cabine en fonction du temps et du nombre de personnes.

Question 9 | Sur la modélisation proposée Figure 3, **expliquer** ce que représente l'objet « masse thermique : air intérieur ».

Question 10 | En vous appuyant sur la Figure 4, la solution de la gare paraît-elle satisfaisante vis-à-vis du cahier des charges ? **Justifier**.

Étude d'un système de chauffage des cabines

Pour améliorer le confort des passagers, nous allons étudier la possibilité d'installer des sièges chauffants.

Le chauffage des sièges se fait à l'aide de résistances chauffantes dans le rembourrage.

Les cabines de 10 places permettent d'assurer un trafic de 500 personnes à l'heure dans chaque sens, pour une durée de traversée de $t = 7$ min.

Les résistances chauffantes consomment une puissance de $P = 3000\text{W}$.

Question 11 | Calculer l'énergie E consommée par ces résistances pendant un trajet.

Pour stocker l'énergie nécessaire à un trajet, deux technologies sont envisagées : les batteries ou les super condensateurs.

	Batteries LiFe PO4	Super condensateur
Ordre de grandeur du temps de charge	plusieurs heures	quelques secondes
Énergie massique	90 Wh.kg^{-1}	4 Wh.kg^{-1}
Durée de vie	2000 cycles	10^6 cycles
Rendement	0.9	0.98

Question 12 | Comparer la masse m_p de batteries et de super condensateurs m_c permettant d'effectuer un trajet.

Nous allons étudier les super condensateurs, dont les caractéristiques sont données dans le Document Technique DT2.

Question 13 | Calculer la quantité d'énergie contenue dans le super condensateur.

Question 14 | Calculer le nombre N_c de super condensateurs nécessaires pour le trajet d'une cabine.

En déduire la masse M_c en kg et le volume V_c en Litre à embarquer dans la cabine.

Nous allons recharger les super condensateurs à chaque station à l'aide d'énergie d'origine solaire qui aura été stockée dans des batteries.

La capacité est de 500 personnes par heure. Les cabines circulent en moyenne 12,5h par jour du lundi au vendredi et 14,25h par jour le weekend.

Question 15 | Calculer le nombre de cabines déplacées en une heure.
En déduire l'énergie consommée sur une heure.

Question 16 | Calculer le nombre d'heures de fonctionnement sur une semaine.
En déduire la consommation d'énergie sur une semaine.

Les données relatives à la production d'énergie solaire sont données dans le DT3.

Question 17 | Calculer l'énergie produite sur une journée au mois de décembre avec un panneau de 1kWc .

Concours général des lycées	2021
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 7 / 25

On choisit le panneau SPMo43602400.

Question 18 DT4 | **Calculer** le nombre de panneaux nécessaires pour pouvoir produire en une journée l'énergie nécessaire pour deux jours de fonctionnement en semaine au mois de décembre.
En déduire la surface de panneau.
Conclure sur la faisabilité de ce projet.

Les températures à Borskaya peuvent descendre jusqu'à $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ l'hiver. Nous aimerions donc pouvoir chauffer les cabines en cas de panne, à partir de batterie de secours dont les caractéristiques sont données dans le DT5. Le temps maximum prévu pour évacuer les passagers en cas de dysfonctionnement est de 3h. Une résistance de 3000 W permettrait de maintenir la chaleur dans la cabine.

Question 19 | **Calculer** l'énergie à fournir pour chauffer la cabine en cas de panne.
Choisir et justifier la technologie de stockage d'énergie.

Pour la suite, nous choisirons une batterie LiFePO₄.

Question 20 DT5, DT3 | **Comparer** la capacité de décharge d'un module LiFePo₄ à $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ à celle des conditions standards (STC) pour la tension de cut off.
Donner le pourcentage de perte de capacité.

En prenant en compte les problèmes liés à la température, au taux de décharge et au rendement :

Question 21 DT5 | **Calculer** le nombre de batteries LiFe Po₄ nécessaires.
En déduire la masse en kg et le volume en Litre à embarquer dans la cabine.

Bilan

Question 22 | **Conclure** sur la possibilité d'intégrer cette solution dans les cabines.

PARTIE 4 – Étude des systèmes de sécurité de la cabine

Vérification de la température minimale à l'intérieur de la cabine

En hiver, la température dans la cabine doit être de 5°C. En cas d'arrêt prolongé, on souhaite que la température ne soit pas inférieure à 3°C.

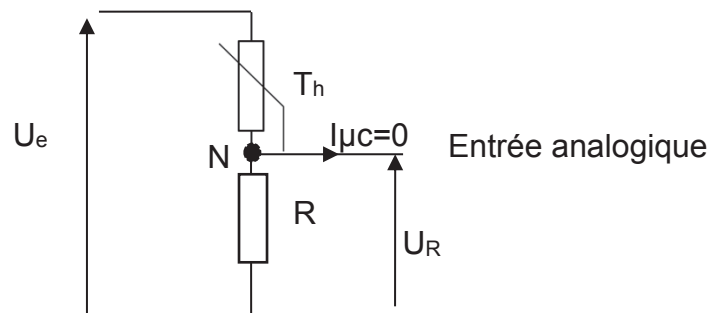
Pour réaliser ces mesures et les réglages associés, les cabines sont équipées d'un capteur de température qui sera connecté à un système de régulation de température contrôlé par un microcontrôleur.

Question 23 | Observer la courbe d'étalonnage de la thermistance utilisée.
DT6, DT7 | **Indiquer** quelle est la nature du capteur de température (CTN ou CTP).
| **Indiquer** si le capteur est linéaire.

Question 24 | **Indiquer** la grandeur d'entrée de la thermistance et son unité.
DT7 | **Indiquer** la grandeur de sortie de la thermistance et son unité.
| **Indiquer** quelle est l'étendue de mesure du capteur.
| **En déduire** le type du capteur (analogique, numérique, TOR).

La courbe d'étalonnage montre que le capteur de température n'est pas un capteur linéaire. Or, pour pouvoir être correctement traitée par le programme du microcontrôleur, la mesure de température doit être linéarisée.

Pour cela, on rajoute, en série avec la thermistance T_h , une résistance R de même valeur. Comme ci-dessous :



Question 25 | **Indiquer** quelle valeur il faudra choisir pour R .
| **Indiquer** quel est le nom du montage connecté à l'entrée analogique du microcontrôleur.

Question 26 | **Écrire** l'expression littérale de $U_R = f(U_e, R, T_h)$.
DT7 | **Calculer** U_R pour les valeurs de température suivantes sachant que $U_e = 5V$: $T_1 = -15^\circ C$ et $T_2 = 25^\circ C$.

Question 27 | **Tracer** la caractéristique du $U_R = f(T)$, tension aux bornes de R en fonction de la température T .
| **En déduire** l'expression de la fonction affine qui régit la caractéristique.

La sensibilité d'un capteur permet de déterminer la capacité d'un capteur à fournir une mesure la plus précise possible. Dans notre cas, nous souhaitons que la sensibilité du capteur soit supérieure à 0,04 pour que la mesure soit assez précise.

Question 28 | **Calculer**, à l'aide de la caractéristique tracée précédemment, la sensibilité du capteur sachant que la sensibilité est la variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée.
Indiquer l'unité de la sensibilité.
Conclure par rapport au choix du capteur.

La température de confort de la cabine est de 5°C. On souhaite que cette température ne puisse pas baisser en dessous de 3°C.

Pour cela, si la température de la cabine descend en dessous de 3°C, on chauffera jusqu'à ce que cette dernière atteigne 5°C.

Nous utiliserons les variables et sous-programmes suivants:

- U_R est une variable qui contient la valeur de la tension en entrée de l'arduino.
- T va recevoir la valeur de la température après calcul, en fonction de la tension d'entrée.
- Le sous-programme Calcul_temp(U_R) renvoie la valeur de la température en fonction de la valeur de la tension au niveau de l'entrée analogique du microcontrôleur.
- Le sous-programme Attendre(valeur en ms) permet de réaliser une pause dans l'exécution du programme.

Question 29 | **Compléter** les conditions manquantes dans l'algorithme.

Mesure de la vitesse du vent

À partir d'une vitesse de vent supérieure ou égale à $25\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, les cabines sont arrêtées et évacuées. Pour connaître la vitesse du vent, certains pylônes sont équipés de modules communicants permettant d'envoyer la vitesse du vent au poste de contrôle.

Question 30 | **Calculer** l'autonomie de la batterie déjà embarquée pour DT8 l'anémomètre pour un fonctionnement en continu du module.

La consommation du module en mode veille est négligeable.

La technologie de la batterie implique qu'on ne peut utiliser que 60 % de la capacité de la batterie sans causer de dommages.

Question 31 | **Déterminer** dans combien d'années il faudra changer la batterie.

Une trame émise par l'anémomètre se compose de plusieurs octets.

Question 32 | **Indiquer** quel est le nombre d'octets qui composent une trame pour un seul capteur, l'anémomètre.
DT8
Indiquer combien d'octets permettent d'envoyer l'information issue du capteur, c'est-à-dire la vitesse du vent.

Concours général des lycées	2021
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 10 / 25

Le poste de contrôle a reçu la trame suivante : 0x0103010100009C01020AAB

Question 33 DT8 | **Indiquer** quelle est la base de numération utilisée ci-dessus pour écrire la trame.
Indiquer combien de symboles contient cette base.

Question 34 DT8 | En observant la trame :
indiquer quel nombre correspond à la donnée envoyée par l'anémomètre (SensorData),
indiquer quel nombre correspond au code capteur (SensorInfo) ,
indiquer quel nombre correspond à l'information sur la trame (Frame-type),
indiquer quel nombre correspond au nombre de trames transmises depuis la dernière mise en route.

D'après la trame reçue, il y a eu 156 émissions depuis le dernier redémarrage.

Question 35 DT8 | **Vérifier** ce nombre.

Le poste de contrôle a reçu une nouvelle trame contenant la donnée 0x0384 pour la vitesse du vent.

Question 36 DT8 | **Calculer** la vitesse reçue en km.h⁻¹.
Conclure par rapport à l'évacuation éventuelle des télécabines.

Programmation de l'évacuation des cabines

L'évacuation sera demandée si la vitesse du vent est supérieure ou égale à 25m.s⁻¹ et si les cabines sont à l'arrêt.

La donnée de vitesse du vent est traitée par un extrait de programme en langage python ci-dessous.

L'extrait de programme, donné dans le cahier réponse (Q38), est composé de 3 variables :

vitesse_vent reçoit une chaîne de caractères contenant la vitesse du vent en hexadécimal,

arret_telecabine, variable de type booléen qui permet de savoir si les télécabines sont à l'arrêt, est générée par un sous-programme non traité dans cette partie.

evacuation, variable de type booléen qui détermine le commencement de l'évacuation.

Question 37 | **Indiquer** le type de la variable **vitesse_vent** quand elle reçoit la trame.
Indiquer quelles sont les valeurs possibles pour la variable **evacuation**.

Question 38 | **Compléter** l'extrait de programme.

Concours général des lycées	2021
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 11 / 25

Étude du balancement de la cabine en cas de forts vents

Le vent produit une action mécanique sur les cabines, qui s'inclinent alors par rapport à la verticale : la force du vent appliquée sur la cabine crée un moment qui déforme le câble en torsion. Le câble se comporte comme un ressort de torsion qui produit un couple (ou moment) de rappel dont le modèle (DT9) est :

$$M_T = -k_T \cdot \Delta\theta = -k_T \cdot (\theta - \theta_0).$$

k_T est la constante de torsion du ressort de torsion.

Question 39

DT9

θ est en °. **Donner** l'unité de k_T .

On prend $\theta_0 = 0^\circ$. Dans les conditions d'utilisation du câble, une étude préalable a été réalisée : pour $\theta = 360^\circ$, le câble applique un couple (ou moment) de rappel de 18000 N.m. **Déterminer** la constante de torsion k_T du câble.

Question 40

DT1

Rappeler la masse de la cabine à vide (cas le plus favorable), et **calculer** la masse de la cabine chargée de tous ses passagers (cas le plus défavorable).

En **déduire** pour les 2 cas le poids P correspondant.

On se place dans le cas de la cabine à vide. **Placer** le poids \vec{P} sur le schéma du cahier réponse (Q40). G est le centre de gravité de la cabine.

On considère un vent soufflant à $120\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ de manière latérale (horizontale).

Le modèle utilisé pour la force de traînée due au vent est :

$$F_V = \frac{1}{2} C_x \cdot \rho \cdot S_p \cdot V^2$$

avec : C_x : coefficient de traînée

ρ : Masse volumique de l'air

S_p : Surface projetée de la cabine

On prendra :

$$C_x = 0.5$$

$$\rho = 1.296 \text{ kg/m}^3$$

S_p : en 1^{ère} approximation : Surface d'un disque de rayon 3m

On considère que cette force s'applique horizontalement, au centre de gravité G de la cabine.

Question 41

Déterminer l'intensité de cette action mécanique F_V .

Placer cette action mécanique \vec{F}_V sur le schéma du document réponse de la question 40.

On travaille sur la configuration décrite par le schéma du document réponse de la question 40. On cherche à déterminer les moments au point O, centre de la liaison cabine/câble, des différentes forces.

Question 42

Déterminer, en fonction de L et de θ , les distances d_1 et d_2 placées sur le schéma. Ces distances sont les bras de levier de ces deux actions mécaniques.

En **déduire** les moments de ces deux actions mécaniques au point O. **Préciser** le sens, la direction et l'intensité.

Concours général des lycées	2021
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 12 / 25

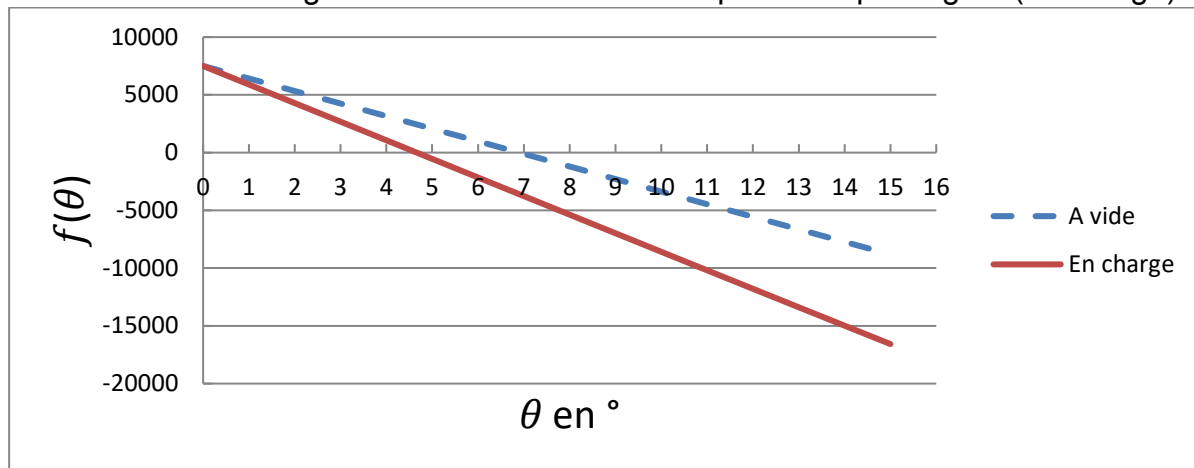
Question 43

Appliquer le Principe Fondamental de la Statique à la cabine.

En déduire l'équation de variable θ , de la forme $f(\theta) = 0$, traduisant l'équilibre statique de la cabine sous l'action de ces 3 actions mécaniques (couple de rappel du câble, poids, vent), en moment suivant \vec{x} au point O. (Remarque : Il existe bien une 4^{ème} force : la réaction du câble qui maintient la cabine, mais elle s'applique en O et ne génère pas de moment en O)

Résoudre cette équation permet de déterminer l'angle $\theta_{\text{équi}}$ traduisant l'équilibre statique de la cabine sous l'action du vent. Cette résolution est très difficile.

L'étude graphique de la fonction $f(\theta)$ en fonction de θ est donnée ci-dessous, pour les deux cas de charges : cabine à vide et cabine pleine de passagers (en charge).

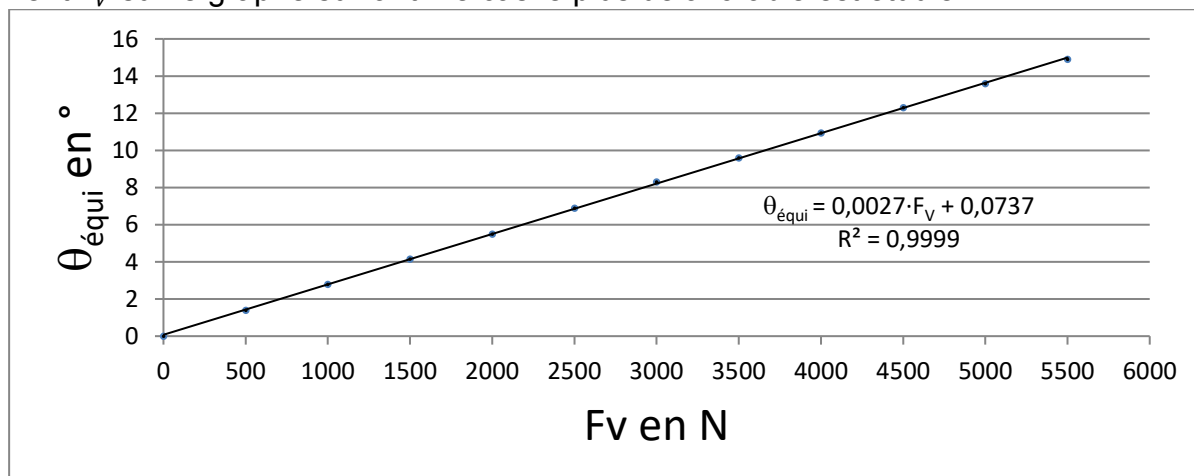
**Question 44**

Déterminer graphiquement l'angle d'équilibre $\theta_{\text{équi}}$ pour les 2 configurations.

Indiquer quel cas de charges induit le plus grand angle d'inclinaison.

Expliquer en une phrase maximum pourquoi le plus grand angle d'inclinaison se produit avec ce cas de charge.

L'étude de l'angle d'équilibre $\theta_{\text{équi}}$ est donnée pour différentes valeurs de la force du vent F_V sur le graphe suivant. Le cas le plus défavorable est étudié.



La courbe de tendance $\theta_{\text{équi}}$ en fonction de F_V est donnée sur le graphe.

Concours général des lycées	2021
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 13 / 25

Question 45

Rappeler l'exigence relative à l'inclinaison de la cabine.

Déterminer graphiquement la force du vent maximale permettant l'exploitation du téléphérique transfrontalier.

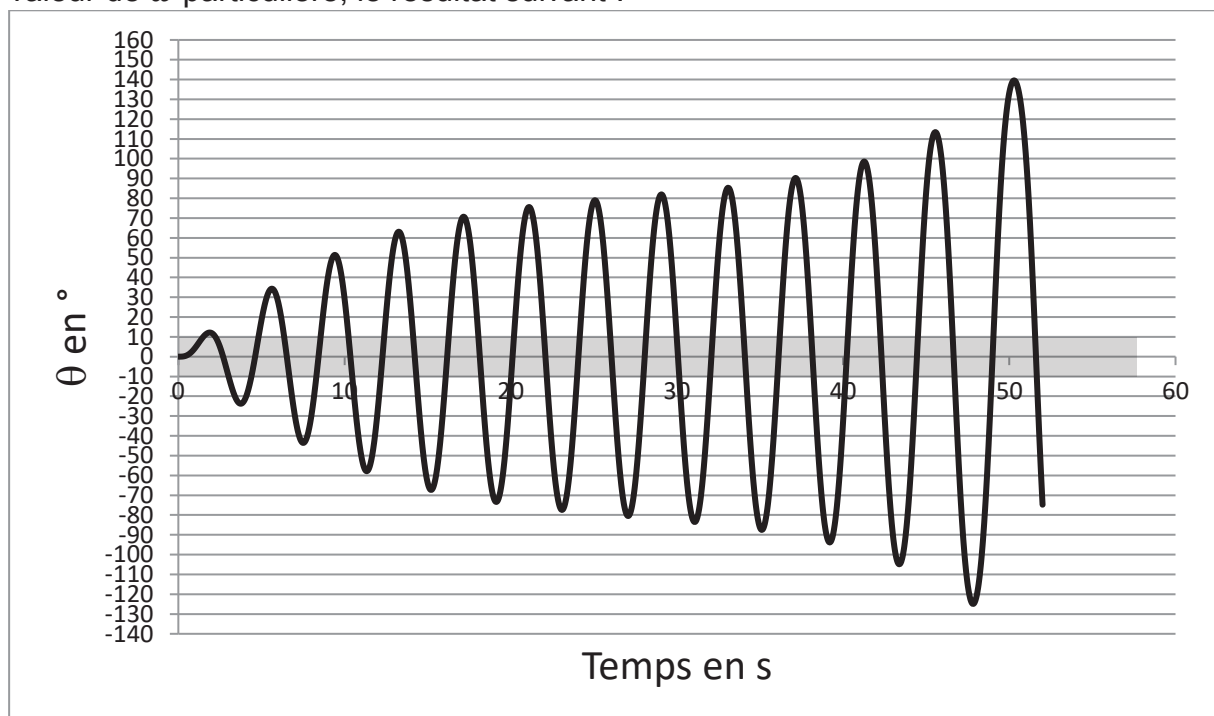
Retrouver cette valeur par le calcul (valeur précise qui valide l'ordre de grandeur de la détermination graphique).

Déterminer la vitesse maximale du vent qui induit cette force maximale.

Conclure vis-à-vis du diagramme d'exigences.

En réalité, le vent ne souffle pas de manière constante. Il arrive que ses fluctuations soient périodiques, ce qui modifie le modèle utilisé pour la force du vent sur la cabine : $F_V = F_{Vmax} \cdot \sin(\omega t)$.

Une simulation du mouvement de la cabine dans ces conditions, donne pour une valeur de ω particulière, le résultat suivant :

**Question 46**

Expliquer en une phrase maximum le phénomène physique qui explique que de telles amplitudes d'inclinaisons de la cabine soient possibles.

L'étude statique a permis d'établir l'équation : $f(\theta) = 0$

Question 47

Comment cette équation est-elle modifiée dans le cas d'une étude dynamique ?

Étude de l'évolution de la longueur et de la tension du câble

Plusieurs éléments modifient les paramètres suivants :

1. la tension dans le câble : fatigue, relaxation, usure, chargement des cabines
2. la longueur du câble : modification de la tension dans le câble, température.

Il est très important de maîtriser longueur et tension du câble pour éviter son déraillement.

Concours général des lycées	2021
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 14 / 25

Concernant la tension dans le câble, nous nous intéresserons principalement au chargement des cabines. Le modèle adopté est décrit dans le document technique DT10.

Question 48
DT1, DT10

Dans le cas de la cabine à vide, **calculer** l'angle de flèche α du câble.

En conservant cet angle de flèche α constant, **calculer** la tension dans le câble correspondant au cas de la cabine chargée de tous ses passagers.

En déduire la différence de tension dans le câble du fait du chargement des cabines.

Concernant la longueur du câble, nous nous intéresserons principalement à la tension du câble et la température. La formule simplifiée usuellement utilisée est donnée dans le document technique DT11.

Quelles que soient les valeurs trouvées dans la question précédente, on prendra une valeur de variation de tension dans le câble de 36000 N.

On considère que les températures peuvent varier de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ l'hiver à $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ l'été, et que le câble fait 2km de long.

Question 49
DT1, DT11

Calculer la variation de longueur du câble en fonctionnement, connaissant l'amplitude thermique et la variation de tension.

Une variation de longueur implique des problèmes de fonctionnement du téléphérique (mauvaise transmission mécanique, usure, chute du câble...).

Un dispositif hydraulique est mis en place afin de :

- maintenir la tension dans le câble à la valeur initiale (détendre le câble s'il est trop tendu, et inversement),
- permettre de reprendre les variations de longueur du câble.

Ce dispositif est constitué d'une poulie mobile, reliée à deux vérins qui maintiennent la tension dans le câble, malgré les variations de longueur et de charge. Il est schématisé dans le document technique DT12. Les caractéristiques de l'installation sont données dans de document technique DT1.

Question 50
DT1, DT12

Calculer la course maximale du vérin.

Calculer la force maximale développée par le vérin.

Déterminer la pression à fournir au vérin

Cette pression **est-elle compatible** avec l'installation ?

Concours général des lycées	2021
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 15 / 25

CONCLUSION

Les exigences liées à la sécurité sont inflexibles et ne peuvent pas être remises en cause.

Question 51 | Les solutions techniques retenues **permettent-elles** de satisfaire les exigences.

Les exigences liées au confort peuvent être adaptées, principalement au regard des exigences relatives au coût et à l’empreinte carbone.

Question 52 | Les solutions techniques retenues **permettent-elles** de satisfaire les exigences de confort.

Question 53 | **Evaluer** ces solutions à la lumière des exigences de coût et de préservation de l’environnement et **proposer** une solution technique alternative et/ou une modification pertinentes des exigences de confort

Fin du sujet

Dossier Technique

DT 1: Caractéristiques générales du téléphérique

Caractéristiques générales	
Longueur du trajet	970 m
Temps de trajet	7 min
Débit horaire	500 passagers par heure
Débit journalier	Entre 6000 et 7000 passagers par jour
Capacité d'une cabine	10 personnes
Conditions extérieures	
Température minimale de fonctionnement	-30 °C
Température maximale de fonctionnement	+40 °C
Température de confort hivernal	+5 °C
Masses	
Masse d'une cabine	1875 kg
Masse maximale d'un passager et ses bagages (moyenne pour une cabine)	100 kg
Câble	
Tension dans le câble, toutes les cabines étant vides	150 000 N
Diamètre du câble	50 mm
Matériau du câble	Acier
Module de Young E du câble	150 000 MPa
Coefficient de dilatation thermique du câble	0.00001 °C ⁻¹
Dispositif de régulation de tension du câble	
Nombre de vérin	2
Course utile	À déterminer
Diamètre utile par vérin	400mm
Pression maximale de l'installation	30 bars

DT 2: Caractéristiques techniques du supercondensateur

Caractéristiques techniques

Attribut	Valeur	
Capacité	166 F	
Tension	48.6 V c.c.	
Température minimum	d'utilisation	-40°C
Température maximum	d'utilisation	+65°C
Dimensions	421 x 177 x 196mm	
Masse	14.7 kg	
Courant de fuite	5,2 mA	
Résistance série équivalente	5mΩ	
Durée de vie	1 000 000 cycles	



Specifications

Capacitance ¹ (F)	Part Number	Maximum initial ESR ¹ (mΩ)	Nominal leakage current ² (mA)	Stored energy ³ (Wh)	Peak power ⁴ (kW)	Pulse current ⁵ (A)	Continuous Current ⁶ (A)	Typical Thermal Resistance ⁷ Rth (°C/W)	Short Circuit Current ⁸ (A)
166	XLR-48R6167-R	5	5.2	54	118	2200	86	0.4	9700

Performance

Parameter (F)	Capacitance change (% of initial value)	ESR (% of maximum initial value)
Life (1500 hours @ +65 °C, 48.6 Vdc)	≤ 20%	≤ 200%
Storage (3 years, uncharged, <+35 °C)	≤ 5%	≤ 10%
Cycle Life ⁹ (1,000,000 cycles)	≤ 20%	≤ 200%

1. Capacitance and Equivalent Series Resistance (ESR) measured according to IEC62391-1 at +20 °C, with current in milliamps (mA) = 8°C*V

2. Leakage current at +20 °C after 72 hour charge and hold

3. Energy (Wh) = $\frac{1}{2} C V^2$
3600

4. Peak Power (W) = $\frac{V^2}{4 \times \text{ESR}}$

5. Pulse Current in Amps (A), 1 second discharge from rated voltage to half rated voltage = $\frac{1}{2} C V$
(1+ESR°C)

6. Continuous current with a 15 °C temperature rise. Continuous current (A) = $\sqrt{\frac{\Delta T}{\text{ESR} \times R_{th}}}$

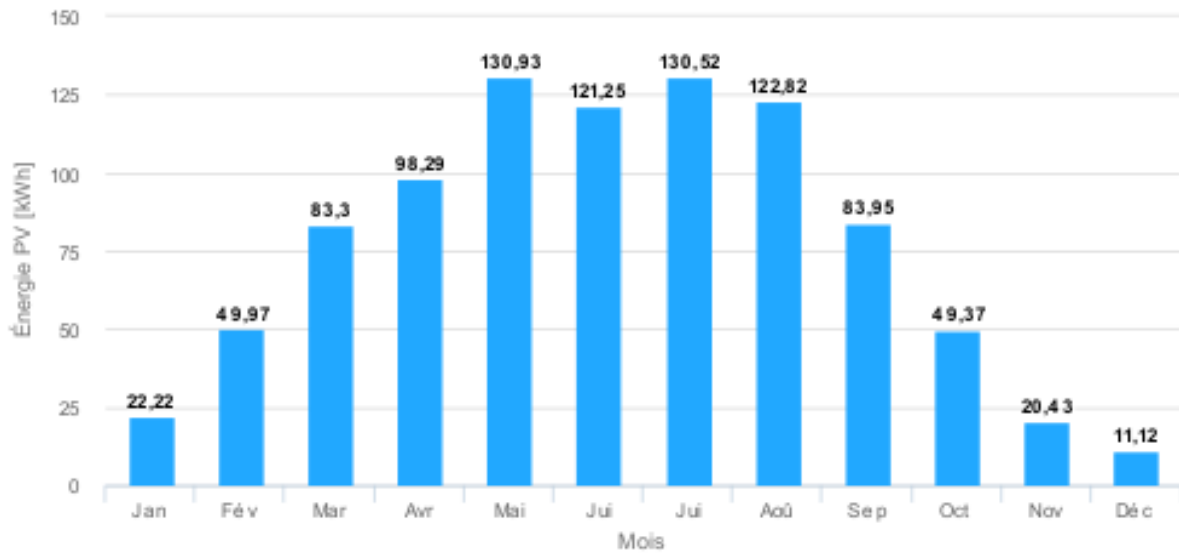
7. Thermal resistance (Rth) cell body temperature to ambient in open air in degrees C per Watt (°C/W)

8. Short circuit current is for safety information only. Do not use as operating current.

9. Cycling between rated voltage and half voltage, 3 seconds rest at +25 °C

DT 3: Production énergétique solaire mensuelle du système PV fixe

(C) PVGIS, 2020



Emplacement [Lat/Lon]:	56.334, 44.024
Base de données:	PVGIS-SARAH
Technologie PV:	Silicium cristallin
PV installée [kWc]:	1
Pertes du système [%]:	14

DT 4: Caractéristiques électriques des panneaux solaires

Référence de l'article	Description	Poids net	Données électriques sous STC (1)				
			Puissance Nominal	Tension de puissance	Courant de puissance	Tension de circuit ouvert	Courant de court-circuit
			PMPP	VMPP	IMPP	Voc	Isc
		Kg	W	V	A	V	A
SPM040201200	20W-12V Mono 440 x 350 x 25mm séries 4a	1.9	20	18.5	1.09	22.6	1.19
SPM040301200	30W-12V Mono 560 x 350 x 25mm séries 4a	2.2	30	18.7	1.61	22.87	1.76
SPM040401200	40W-12V Mono 425 x 668 x 25mm séries 4a	3.1	40	18.3	2.19	22.45	2.40
SPM040551200	55W-12V Mono 545 x 668 x 25mm séries 4a	4	55	18.8	2.94	22.9	3.22
SPM040901200	90W-12V Mono 780 x 668 x 30mm séries 4a	6.1	90	19.6	4.59	24.06	5.03
SPM041151200	115W-12V Mono 1015 x 668 x 30mm séries 4a	8	115	19.0	6.04	23.32	6.61
SPM041751200	175W-12V Mono 1485 x 668 x 30mm séries 4a	11	175	19.4	9.03	23.7	9.89
SPM042152400	215W-24V Mono 1580 x 808 x 35mm séries 4a	15	215	37.4	5.75	45.82	6.30
SPM043052000	305W-20V Mono 1640 x 992 x 35mm séries 4a	18	305	32.5	9.38	39.7	10.27
SPM043602400	360W-24V Mono 1956 x 992 x 40mm séries 4a	22	360	38.4	9.38	47.4	10.24

STC (Conditions de tests standard) : 1000 W/m², 25°C, AM (Air Mass – Masse d'air) 1,5

DT 5: Caractéristique d'un module Lithium Fer Phosphate LiFePo4

La capacité énergétique d'une batterie est donnée par son constructeur. La figure 3 montre la variation de la capacité énergétique en fonction de la température, sachant que la tension de cut off pour le LiFePo4 est de 2,50V.

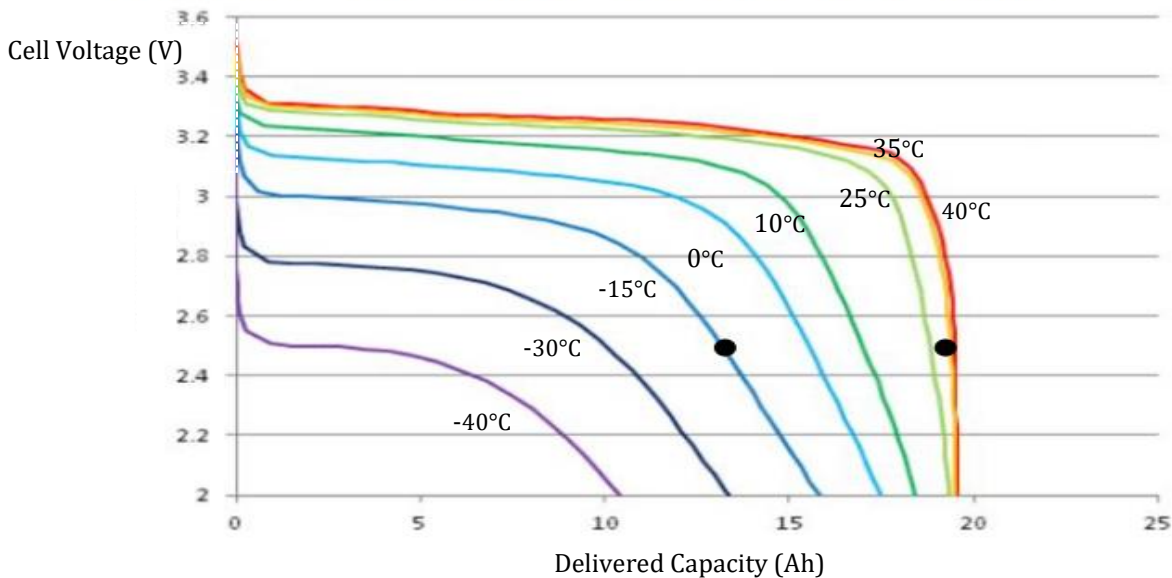


fig 3: Tension en fonction de la capacité énergétique et de la température – LiFePo4 déchargée à 1C à 35°C Q = 19.5Ah – A -10°C Q = 13 Ah [6]

Batterie Lithium Fer Phosphate NX LiFePO4 POWER UN38.3 (512Wh) 12V 40Ah M6-F



Dimension de l'unité	196mm (L) x 165mm (l) x 175mm (h)
Volume	5659,5cm ³
Poids	5,8 KG
Tension	12V
Capacité minimum	40Ah
Nom usuel	NX LiFePO4 POWER UN38.3 (512Wh)
Rendement	90%
Taux de recharge	80%
Technologie	Lithium Fer Phosphate

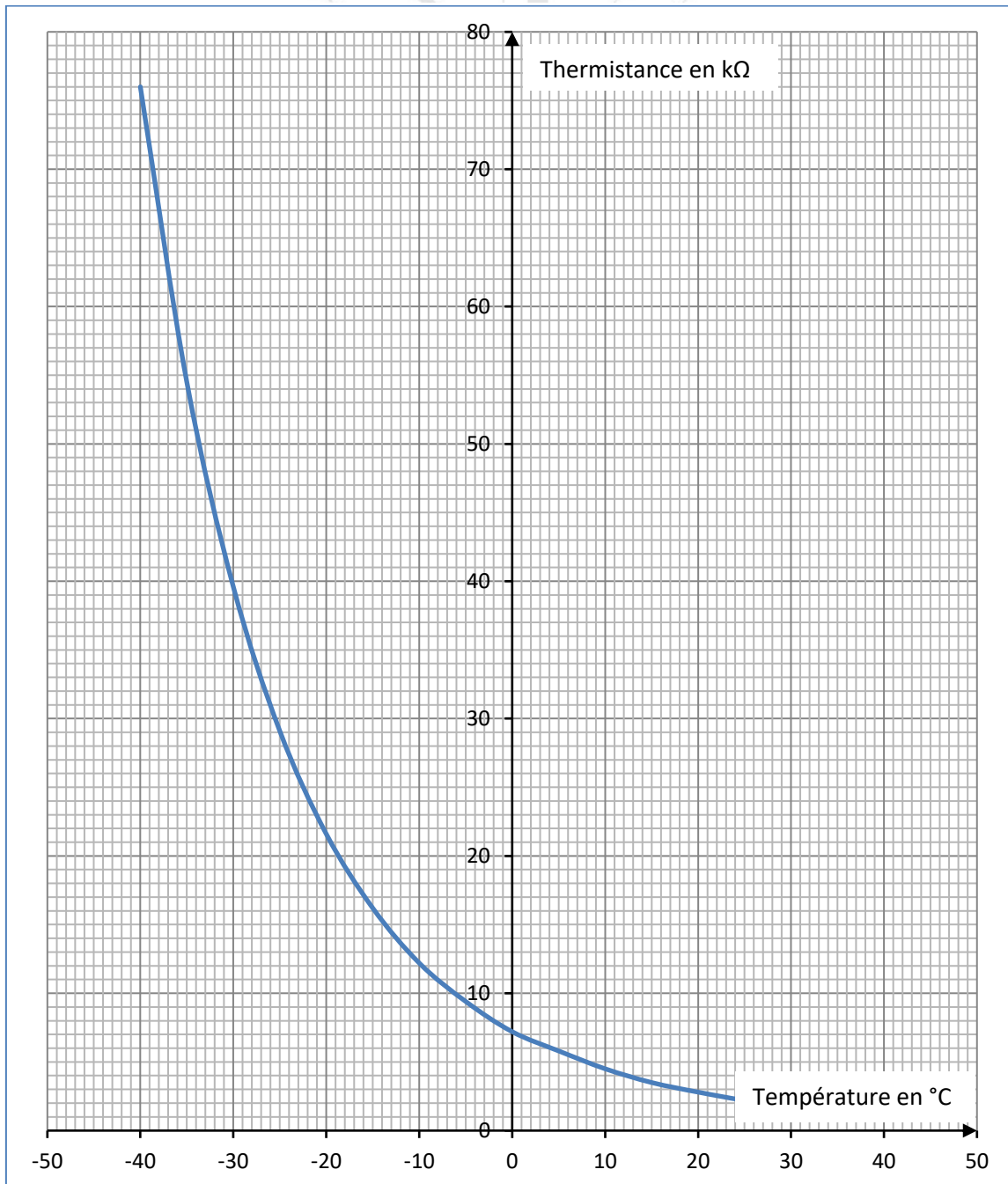
DT 6: THERMISTANCE 2,2k Ω

TEWA TEMPERATURE SENSORS

HIGH PRECISION NTC THERMISTORS AND TEMPERATURE SENSORS

FEATURES:

No-load resistance at 25°C	2 200 Ω
Resistance tolerance at 25°C	$\pm 2\%$
Beta(25/85) Constant	3977K $\pm 1\%$
Operating temperature range	-40°C \div 125°C
RoHS Compliant	YES



DT 7: LES THERMISTANCES

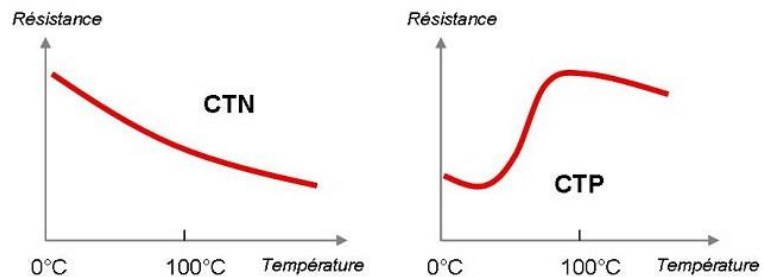
Une thermistance est un composant passif dont la résistance varie en fonction de la température. Elle fait office de capteur de température dans de nombreux montages. Les thermistances obéissent à la loi d'ohm.

Symbole : 

Il existe la thermistance CTN (coefficient de température négatif) et la thermistance CTP (coefficient de température positif).

Leurs valeurs nominales, mesurée à 25°C, vont généralement de 100Ω à 50 KΩ.

La courbe de variation de la résistance de la CTN est strictement décroissante alors que celle de la CTP varie par intervalles.



DT 8: ANEMOMÈTRE CONNECTÉ

Trames LoRa Uplink

Sur la base des informations capteurs obtenus lors du paramétrage, le TAG créera la trame à transmettre selon le formatage suivant :

Format Trame Uplink									
Longueur fixe					Longueur variable				
Header Ela 2 bytes	FW_rev 1 byte	Protocol_rev 1 byte	Frame_cnt 3 bytes	Frame_type 1 byte	Capteur 1		Capteur 2 à n-1	Capteur n	
					SensorInfo 1 byte	SensorData 0 to 16 bytes	...	Sensor Info 1 byte	SensorD ata 0 to 16 bytes

Description des champs :

Champ	Longueur	Description	
Header constructeur	2 octets	Champ réservé, non modifiable	
FW_rev	1 octet	Version du firmware TAGLORA	
Protocol_rev	1 octet	Version du protocole TAGLORA (format des trames)	
Frame_cnt	3 octets	Compteur du nombre de transmission de trame réalisée par le TAG depuis le dernier redémarrage de l'application	
Frame-type	1 octet	Information sur la trame Bits 7-4 : type de trame • 0 : Trame périodique ModeStandard • 1 : Trame périodique ModeMotion • 2 : Trame non périodique détection changement état magnétique • 3 : Trame non périodique détection mouvement • 4-15 : RFU Bits 3-0 : Nombre de capteurs • 0 : aucun capteur (trame advertising) • 1-15 : nombre de capteurs dans la trame	
Anémomètre (WND)	SensorInfo	1 octet	0x02 (bit7-4=0 et bit3-0=2)
	SensorData	2 octets	Vitesse du vent sur 16 bit non signés / pas de 0,1km/h

Caractéristiques de l'anémomètre connecté

Mesure de la vitesse du vent :

- résolution 1 km/h, de 1 à 322 km/h,
- précision ± 3 km/h
- consommation du module anémomètre (veille + envoi de 4 trames par heure): 40 μ A
- durée d'une transmission : 1s

Autonomie et fréquence de mesure :

- Fréquence de mesure : entre 1 fois et 144 fois par jour (toutes les 10 minutes).
- Batterie Li-SOCI2 – 3,6V 6500mAh- type C (Ø26x50mm).

Concours général des lycées	2021
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 23 / 25

DT 9: Modèles mathématiques pour les ressorts

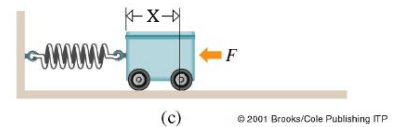
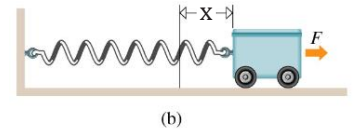
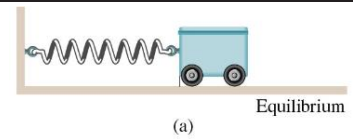
Ressort de traction

$$F = -k \cdot x$$

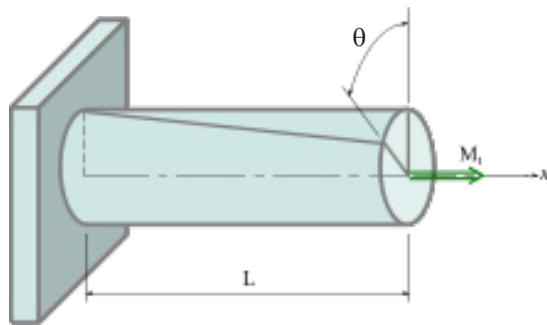
F : Force de rappel du ressort

k : raideur du ressort qui s'exprime en Newton/m

x : distance étirée ou comprimée



Ressort de torsion



$$M_t = -k_T \cdot \theta$$

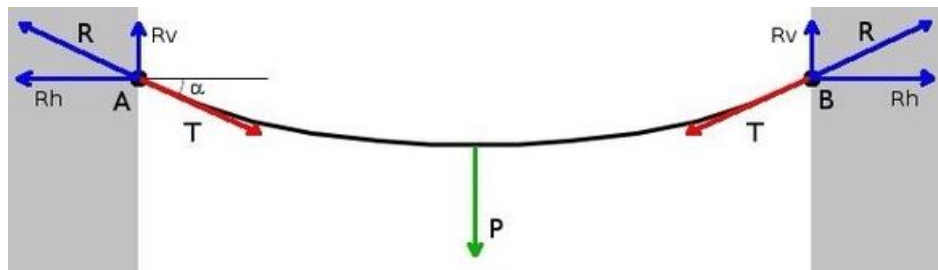
M_T : Moment (ou couple) de rappel du ressort

k_T : constante de couple du ressort

θ : angle de la section finale par rapport à la section originale

DT 10: Relation entre tension dans le câble, chargement et angle de flèche.

Le câble supportant une cabine vide, entre 2 pylônes peut être schématisé comme suit :



Avec : T : la tension dans le câble

P : le chargement du câble dû :

à son propre poids (sa masse est estimée à 2300 kg)

au poids de la cabine vide

α : angle de flèche du câble aux appuis.

Le modèle mathématique proposé est le suivant :

$$\sin \alpha = \frac{P}{2T}$$

Concours général des lycées	2021
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 24 / 25

DT 11: Modèle pour l'allongement du câble

$$\frac{\Delta L}{L} = \beta \cdot \Delta T_{emp} + \frac{\Delta T_{ens}}{SE}$$

avec :

ΔL : variation de longueur du câble

L : longueur du câble

β : coefficient de dilatation thermique du câble

ΔT_{emp} : variation de température

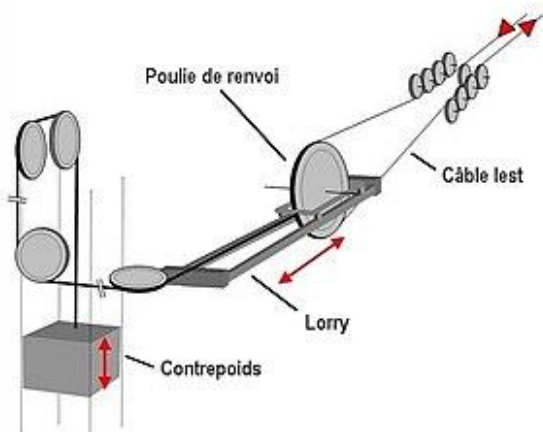
ΔT_{ens} : variation de tension du câble

S : section du câble

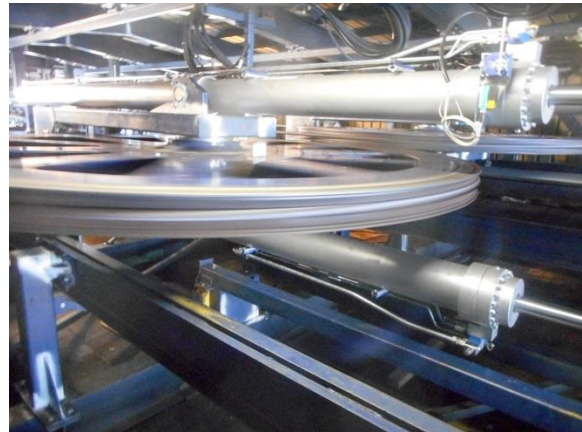
E : module de Young du matériau du câble.

DT 12: Solutions pour maintenir une tension constante dans le câble

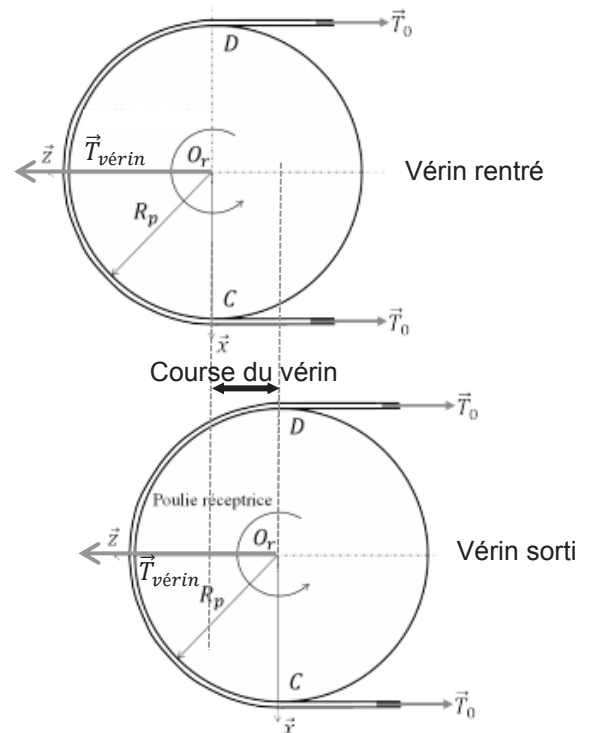
Solution par contrepoids



Solution par vérin



Modèle de la force à développer par le vérin en fonction de la tension du câble :



Concours général des lycées	2021
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 25 / 25

Nom de famille :

(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

Numéro
Inscription :

Né(e) le :

*(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)**(Remplir cette partie à l'aide de la notice)*

Concours / Examen : Section/Sécialité/Série :

Epreuve : Matière : Session :

CONSIGNES

- Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.
- Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.
- Numéroter chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.
- Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.
- N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.

2I2D

CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES

STI2D - Sciences et Technologies

de l'Industrie et du Développement Durable

Session 2021

Cahier réponses

Questions 1 à 10

**Tous les documents réponses sont à rendre,
même non complétés.**

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR1 – Contexte

Question 1

--

Question 2

Calcul de la vitesse	
Conclusion	

Question 3

Débit cabine par minute	
Nombre de cabine sur le câble	

DR2 – Étude énergétique de la cabine**Question 4**

Déperditions par conduction				
Matériaux	Épaisseur e [m]	Conductivité thermique λ [W/(m.K)]	Surface S [m ²]	Déperditions D [W/K]
Parois pleines (aluminium +isolant)	0,045	0,025	9,00
Double-vitrage verre/krypton/verre	0,024	0,013	10,00
TOTAL (W/K)			
Déperditions par rayonnement et convection et ponts thermiques				
TOTAL (W/K)				4,00
Bilan des déperditions				
TOTAL (W/K)			

Question 5

2 sources de chaleur	
Conclure	

Question 6

Justifier l'écart de température	
Valeur des déperditions thermiques (W)	

DR3 – Étude thermique préliminaire de la cabine

Question 7

Justifier le temps de simulation	
Expliquer pourquoi 1 seul passager	

Question 8

Expliquer pourquoi l'usager sera en situation d'inconfort	
---	--

Question 9

Expliquer « la masse thermique : air intérieur »	
--	--

Question 10

Justifier la solution de la gare	
----------------------------------	--

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Étude d'un système de chauffage des cabines

Question 11

Energie consommée par les résistances	
--	--

Question 12

Comparer la masse des batteries et des supercondensateurs	
---	--

Question 13

Quantité d'énergie dans le super condensateur	
---	--

Question 14

Nombre de super condensateurs	
Masse en kg	
Volume en L	

Question 15

Nombre de cabines déplacées	
Energie consommée en 1h	

Question 16

Consommation d'énergie sur une semaine	
--	--

Question 17

Energie produite sur une journée	
----------------------------------	--

Question 18

Nombre de panneaux nécessaires	
Surface de panneau	

Question 18 (suite)

Conclure sur la faisabilité	
-----------------------------	--

Question 19

Energie fournie par les batteries de secours	
--	--

Question 20

Capacité de décharge de la batterie	
Pourcentage de perte de capacité	

Question 21

Nombre de batteries LiFe PO4	
Masse en kg	
Volume en L	

Question 22

Conclusion	
------------	--

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR 4 – Étude des systèmes de sécurité de la cabine**Question 23**

Nature du capteur de température	
Linéarité du capteur	

Question 24

Grandeur d'entrée et unité	
Grandeur de sortie et unité	
Étendue de mesure	
Type de capteur	

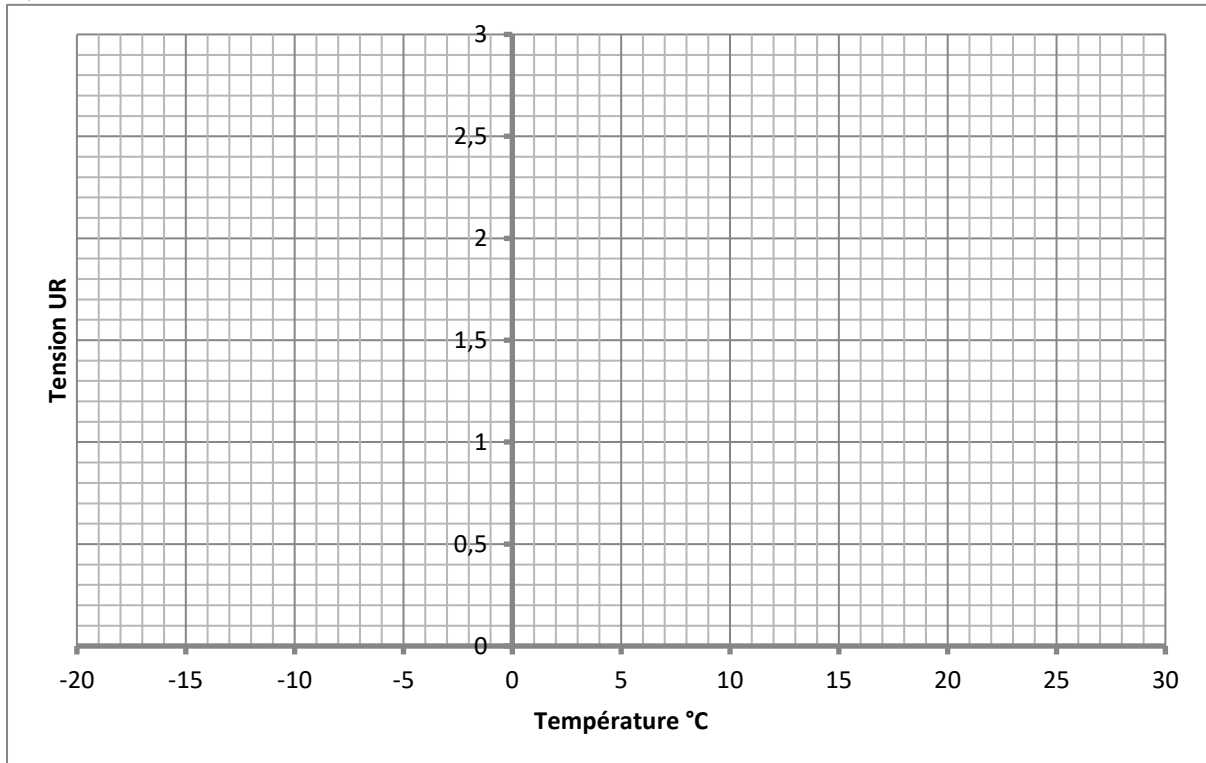
Question 25

Valeur de R	
Nom du montage	

Question 26

Expression littérale de U_R	
Valeur de U_R	

Question 27



Expression de la fonction affine	
----------------------------------	--

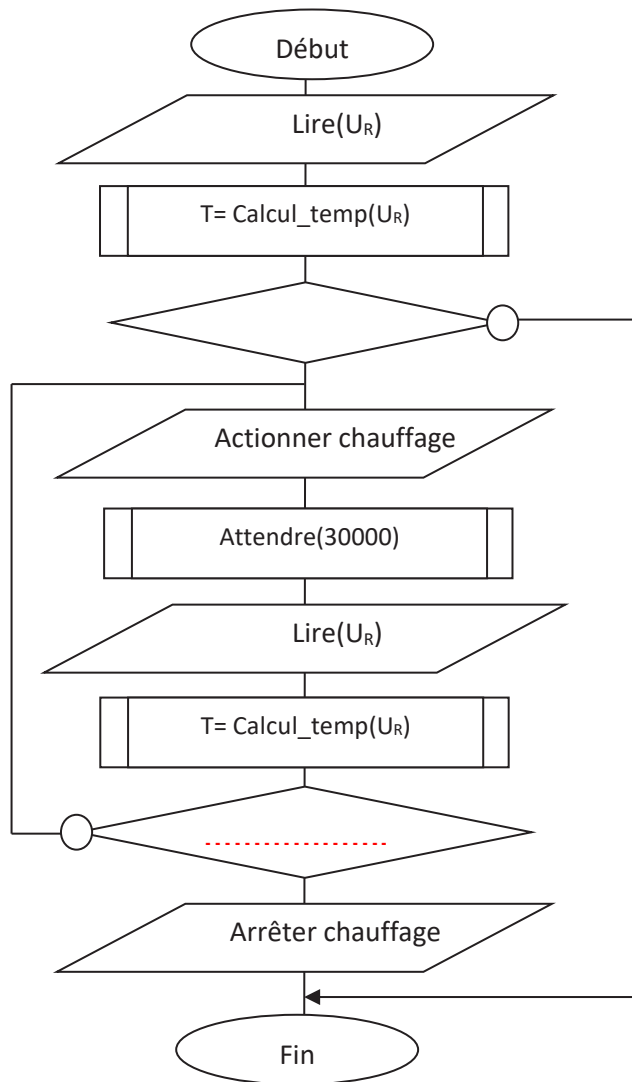
Question 28

Sensibilité du capteur	
Unité de la sensibilité	
Conclusion	

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Question 29

Algorithme



Question 30

Autonomie de la batterie

Question 31

Nombre d'années

Question 32

Nombre d'octets dans une trame pour l'anémomètre	
Nombre d'octets pour envoyer la vitesse du vent	

Question 33

Base de numération	
Nombre de symboles	

Question 34

Nombre correspondant au SensorData	
Nombre correspondant au SensorInfo	
Nombre correspondant au FrameType	
Nombre correspondant au nombre de trame	

Question 35

Vérification du nombre	
------------------------	--

Question 36

Vitesse reçue en km.h ⁻¹	
Conclusion	

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Question 37

Type de la variable vitesse_vent	
Valeurs possibles pour la variable evacuation	

Question 38

```

while True:
    PyLora.receive()                # mode réception de trame

while not PyLora.packet_available(): # en attente d'une trame
    time.sleep(0)

vitesse_vent = PyLora.receive_packet() # trame reçue et stockée
print 'Packet received: {}'.format(vitesse_vent) # affichage écran vitesse du vent

# Conversion hexadécimal en décimal et calcul de la vitesse du vent en km/h
vitesse_vent = int(vitesse_vent,16)*0.1

if ..... :
    evacuation = True
print 'évacuation en cours'        #affichage l'écran de "évacuation en cours"

```

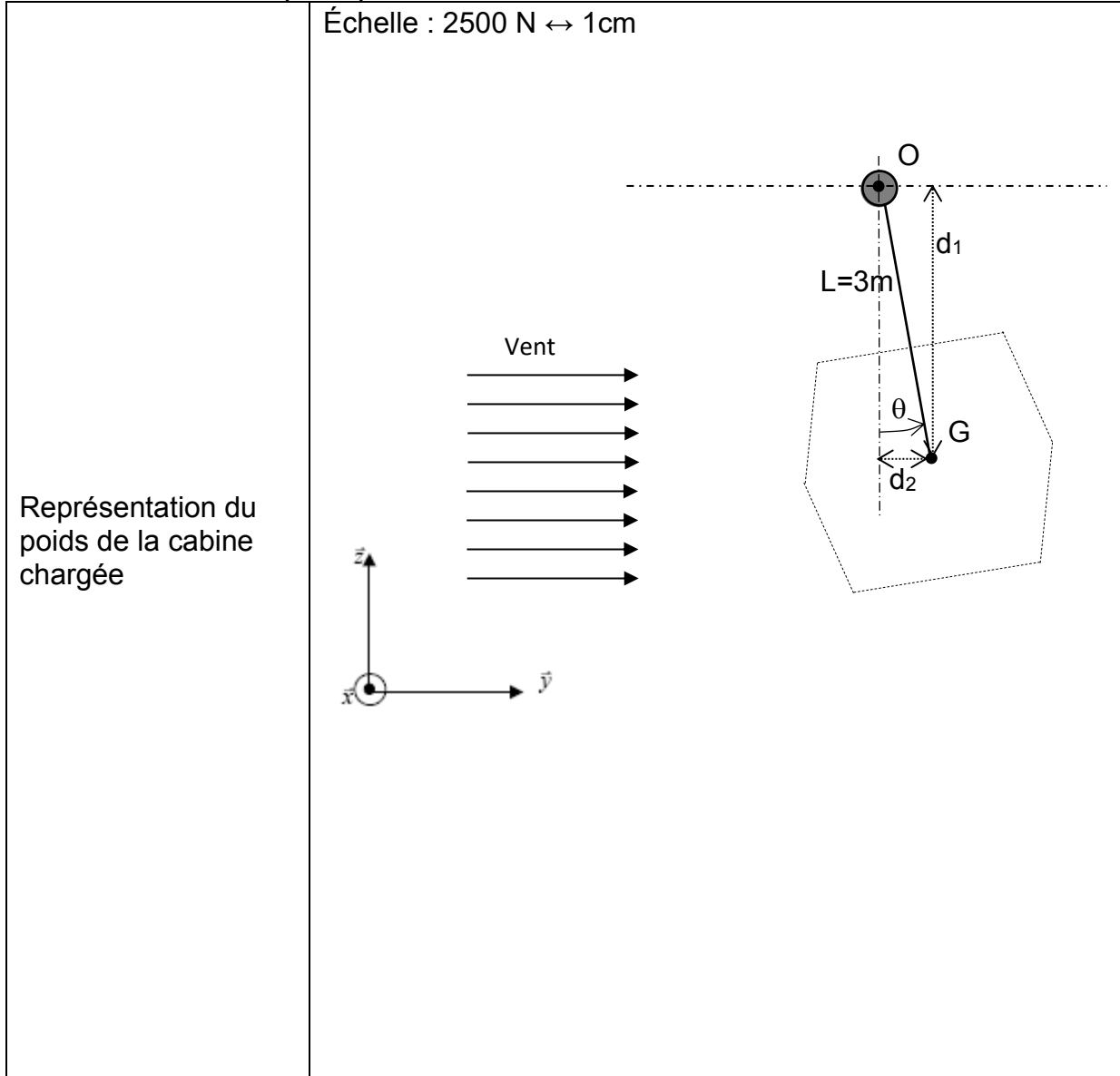
Question 39

Unité de k_T	
Calcul de k_T	

Question 40

Masse à vide de la cabine	
Poids à vide de la cabine	

Question 40 (suite)



Question 41

Détermination de F_V

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Question 42

Bras de levier d_1 et d_2	
Poids P	Intensité :
	Direction :
	Sens :
De la force F_v	Intensité :
	Direction :
	Sens :

Question 43

Application du PFS	
--------------------	--

Concours général des lycées – CAHIER REPONSE	2021
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 13 / 16

Tournez la page S.V.P.

Question 44

Angle d'équilibre θ_{equi}	
Cas de charge avec le plus grand angle d'inclinaison	
Expliquer pourquoi le plus grand angle d'inclinaison se produit avec ce cas de charge	

Question 45

Exigences d'inclinaison	
Détermination de la force de vent	Graphique :
	Par le calcul :
Vitesse limite	
Conclusion	

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Question 46

Expliquer le phénomène physique	
---------------------------------	--

Question 47

Modification de l'équation en dynamique	
---	--

Question 48

Angle de la flèche α	
Tension dans le câble	
Différence de tension dans le câble	

Question 49

Variation de longueur de câble	
--------------------------------	--

Concours général des lycées – CAHIER REPONSE	2021
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable	Page 15 / 16

Question 50

Course maximale du vérin	
Force maximale développée	
Pression à fournir	
Conclusion	

CONCLUSION**Question 51**

Conclusion concernant les exigences de sécurité	
---	--

Question 52

Conclusion concernant les exigences de confort	
--	--

Question 53

Evaluation et proposition	
---------------------------	--