

# ÉLEMENTS DE CORRECTION

## SUJET :

Partie 1. Exploitation de l'espace urbain pour produire de l'énergie.	2
Partie 2. Aide au positionnement du véhicule	3
Partie 3. Connexion automatique des véhicules électriques	4
Partie 4. Respect des normes de sécurité	7

## Partie 1. Exploitation de l'espace urbain pour produire de l'énergie.

---

**Objectif :** Une irradiation globale maximale est obtenue grâce à une inclinaison des panneaux photovoltaïques de 30° et une orientation plein Sud. Néanmoins, ce n'est pas le choix retenu ici. Dans cette partie, il s'agit de justifier les choix d'inclinaison et d'orientation du client.

---

### 1.1 Choix de l'orientation des panneaux photovoltaïques.

**Question 1 :** À l'aide du DT4 et en complétant le DR1, proposer une implantation des ombrières qui respecte l'orientation optimale au sens de la production photovoltaïque et qui propose un maximum de places de stationnement.

Cf. DR1

### 1.2 Analyse de l'inclinaison des panneaux photovoltaïques.

**Question 2 :** Pour une inclinaison de 30°, en vous aidant des DT4 et DT5 et de la démarche ci-après, compléter le schéma du DR2 et déterminer la largeur minimale des voies de circulation pour éviter qu'une ombrière crée une ombre portée sur l'ombrière d'à côté.

Cf. DR2

**Question 3 :** Écrire l'équation des moments autour de l'axe  $(A, \vec{x})$ . En déduire l'expression du moment du lest sur S1 en A pour les deux structures puis calculer ce moment pour les deux inclinaisons.

$$M_A(P_{S1}) + M_A(P_{poutre1}) + M_A(P_{poutre2}) + M_A(P_{contrefiche1}) + M_A(P_{contrefiche3}) + M_A(P_{rails+panneaux}) + M_A(Lest \Rightarrow S1) = 0$$

$$M_A(P_{S1}) = 0 \text{ car sur axe } Z$$

$$M_A(P_{poutre1}) + M_A(P_{poutre2}) = 0 \text{ car les deux moments s'opposent}$$

$$M_A(Lest \Rightarrow S1) = - M_A(P_{contrefiche1}) - M_A(P_{contrefiche3}) - M_A(P_{rails+panneaux})$$

Pour 10°

$$1,67 \times 288 - 1,67 \times 314 + 0 = -43,42 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Pour 30°

$$1,67 \times 299 - 1,67 \times 505 - 0,5 \times 11\,900 = 6\,294,02 \text{ N}\cdot\text{m}$$

**Question 4 :** En vous aidant du DT7, déterminer dans quel cas la charge de vent est la plus préjudiciable. Justifier la réponse.

Portance et trainée plus important pour une inclinaison de 30°

**Question 5 :** En vous aidant du **DT8**, **déterminer** le poids de la neige en fonction de l'angle d'inclinaison de la structure.

Situation durable

$$S = 0,8 \times 1 \times 1 \times 0,45 = 0,36 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

Situation accidentelle

$$S = 0,8 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,8 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

Charge de neige identique pour 10° et 30° car le coefficient de forme est le même.

**Question 6 :** À partir des questions précédentes, **compléter** le tableau de synthèse du **DR2** et **conclure** sur les choix constructifs retenus dans le projet.

Cf. DR2

Le choix se justifie car :

- Il permet de respecter le nombre mini de place imposé par le client ;
- Il est moins exposé au vent ;
- Il nécessite d'un ancrage moins important ;
- La neige n'a pas d'influence par rapport à l'angle.

## Partie 2. Aide au positionnement du véhicule

---

*Objectif : Le système SelfPlug permet un branchement automatique à la borne de recharge, mais le véhicule doit se situer dans une zone spécifique. Dans cette partie, il s'agira d'analyser comment le système aide le conducteur à positionner son véhicule de façon optimale par rapport à la Ground Unit (GU).*

---

**Question 7 :** À partir de la présentation de la SelfPlug et du diagramme d'exigences (**DT9**), **compléter** l'algorithme du **DR3** correspondant au sous-programme « Aide au positionnement »

Cf. DR3

**Question 8 :** **Déterminer** la relation entre la tension  $V_{out}$  et le champ magnétique  $B$  exprimé en Gauss

$$V_{out} = 2,5 + 0,0666 B$$

**Question 9 :** **En déduire** la valeur numérique de la tension  $V_{out}$  correspondante à 15 Gauss

$$V_{out} = 3,5 \text{ V}$$

**Question 10 :** Compléter le tableau du DR4 pour les trois configurations proposées afin d'aider le conducteur à positionner son véhicule par rapport à la GU.

Cf. DR4

**Question 11 :** À partir du relevé suivant représentant la trame de donnée entre le module VU et le BSI, indiquer la vitesse de transmission en bit·s<sup>-1</sup>.

Pour 100 µs, on compte environ 10 bits soit une vitesse = 100 kbits·s<sup>-1</sup> = 100 kbauds  
Pour plus de précision, on peut compter le nombre de bits pour 500 µs

**Question 12 :** Compléter le DR5 à partir du relevé précédent effectué à l'oscilloscope et de la courbe précédente.

Cf. DR5

### Partie 3. Connexion automatique des véhicules électriques

---

*Objectif : Cette partie consiste à vérifier le temps de déconnexion du véhicule à la borne ainsi que les solutions technologiques permettant d'enrouler le câble.*

---

**Question 13 :** À l'aide du DT9 (diagramme des exigences), préciser le temps maximum de déconnexion autorisé ainsi que le temps maximum de remontée du câble.

Temps maximum de déconnexion autorisé : 15 s  
Temps maximum de remontée du câble : 20 s

**Question 14 :** Rechercher dans la documentation des moteurs, l'angle effectué pour un pas du moteur en degré. En déduire le nombre de pas pour réaliser un tour moteur.

L'angle pour 1 pas : 1,8°  
Nombre de pas par tour : 360/1,8 = 200 pas par tour

#### Temps de déconnexion des broches

**Question 15 :** À l'aide des DT11 et DT12, déterminer le rapport de réduction entre la vitesse angulaire du moteur 2 et la vitesse angulaire du secteur denté 5 :  $\omega_{e_b}$  et  $\omega_{s_b}$

$$\omega_{s_b} / \omega_{e_b} = (1 \times 36) / (60 \times 52) = 0,0115$$

**Question 16 :** En utilisant le document DT13, déterminer la fréquence d'alimentation (courbes PULL OUT). En déduire la vitesse du moteur en tr·s<sup>-1</sup>.

moteur 10PM-K406 donc 3000 Hz  
vitesse moteur en  $\text{tr}\cdot\text{s}^{-1}$  :  $3000/200 = 15 \text{ tr}\cdot\text{s}^{-1}$

**Question 17 :** Déterminer la durée nécessaire pour déconnecter les broches (temps de descente).

Le moteur tourne à  $15 \text{ tr}\cdot\text{s}^{-1}$  donc la vitesse du secteur dentée =  $15 \times r = 15 \times 0,0115 = 0,173 \text{ tr}\cdot\text{s}^{-1}$

Temps pour 1tr :  $1/0,173 = 5,78 \text{ s}$

Dents utilisées : 22 donc  $22/52 = 0,423 \text{ tr}$  d'où  $0,423 \times 5,78 = 2,44 \text{ s}$

### Temps de descente de l'embase

**Question 18 :** À l'aide du document DT11, déterminer la durée de descente de l'embase puis le temps total de déconnexion du connecteur de la VU.

$r = (1 \times 16 \times 40) / (56 \times 40 \times 90) = 0,00317$

Le couple moteur doit être de  $110 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}$   
Le moteur est alimenté en 24 V

Fréquence d'alimentation = 2 000 Hz

Vitesse moteur =  $2000/200 = 10 \text{ tr}\cdot\text{s}^{-1}$

Le moteur tourne à  $10 \text{ tr}\cdot\text{s}^{-1}$  donc vitesse socle =  $10 \times r = 10 \times 0,00317 = 0,0317 \text{ tr}\cdot\text{s}^{-1}$

Pour 1tr :  $1/0,0317 = 31,5 \text{ s}$

Dents utilisées : 13 donc  $13/90 = 0,144 \text{ tr}$  d'où  $0,144 \times 31,5 = 4,55 \text{ s}$

Temps total de déconnexion :  $2,44 + 4,55 = 6,99 \text{ s}$

### Temps de montée du câble

**Question 19 :** Relever sur les courbes figure 12, la durée mise par le câble pour s'enrouler totalement et conclure quant au respect du cahier des charges concernant le temps de déconnexion défini sur le diagramme des exigences (DT9).

Sur la courbe, pour déplacer 60 cm il faut 9 s  
Durée inférieure à 20 s donc validé

### 3.1 Validation du choix du moteur de montée et de descente du câble de la VU

**Question 20 :** Relever, dans la documentation du moteur (DT17), les caractéristiques suivantes : la vitesse de sortie, et le couple maximum de sortie puis convertir celui-ci en  $\text{N}\cdot\text{m}$ .

La tension d'une batterie de voiture est 12 V.

Couple maxi = 6 000 gr-cm soit 0,588  $\text{N}\cdot\text{m}$

Vitesse angulaire de sortie moteur =  $14 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$

**Question 21 :** À l'aide du document **DT17**, **calculer** le couple nécessaire pour amorcer la rotation du tambour ( $C_{\text{tambour}}$ ), puis **justifier** le choix du moteur.

Masse câble  $200 \text{ kg}\cdot\text{km}^{-1}$  donc pour 60 cm : 0,12 kg

Calculer le couple tambour

$$C = F \cdot d$$

$$C_{\text{tambour}} = ((0,12 + 0,3) \times 9,81) \times (0,158/2) = 0,325 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Couple sortie motoréducteurs 0,588 N·m

Choix moteur validé

### 3.2 Validation de la commande d'arrêt du moteur

**Question 22 :** **Écrire** la relation entre la tension  $V_{\text{IM\_MOT}}$ , le courant  $I_{\text{MOT}}$  et la résistance  $R_s$ .

$$V_{\text{IM\_MOT}} = R_s \cdot I_{\text{MOT}}$$

**Question 23 :** À l'aide du **DT19**, **calculer** le quantum  $q$  du convertisseur analogique-numérique (CAN).

$$q = V_{\text{ref}}/2^8 = 5/256 = 19,6 \text{ mV}$$

**Question 24 :** À l'aide du **DT19**, **écrire** l'expression  $N = f(q, V_{\text{IM\_MOT}})$  puis **calculer** la valeur numérique  $N$  correspondant au courant maximum du moteur à ne pas dépasser, estimé à 600 mA.

$$N = V_{\text{IM\_MOT}}/q = V_{\text{IM\_MOT}} \cdot 2^8 / 5$$

$$N = 61$$

**Question 25 :** À l'aide du **DT18**, **compléter** le programme écrit en python du document **DR6**.

Cf. DR6

## Partie 4. Respect des normes de sécurité

---

*Objectif : L'utilisation de la Ground Unit au sein du parking nécessite le respect de différentes normes de sécurité. Dans cette partie l'étude permettra de vérifier le respect de la santé des utilisateurs en termes de rayonnement magnétique, et la protection du système vis-à-vis de l'eau, des phénomènes thermiques et des coupures d'alimentation.*

---

### 4.1 Vérification du respect de la santé au regard du rayonnement du champ magnétique produit par la GU

**Question 26 :** Calculer la distance  $r$  sachant que le point M est situé à une hauteur de 1,50 m pour la bobine de diamètre 60 cm.

$$r = 1,53 \text{ m}$$

**Question 27 :** En déduire le champ magnétique  $B_t$  exprimé en Tesla au point M.

$$B_t = 1,58 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

**Question 28 :** Sachant que la fréquence du courant alternatif traversant chaque bobine est de 100Hz, **montrer** que le champ magnétique produit ne présente aucun danger pour la santé.

À 100 kHz,  $B_{\max}$  (graphique) = 80  $\mu\text{T}$  environ donc supérieur à 15,7  $\mu\text{T}$  donc il n'y a pas de danger.

### 4.2 Détermination du matériau pour les bobines

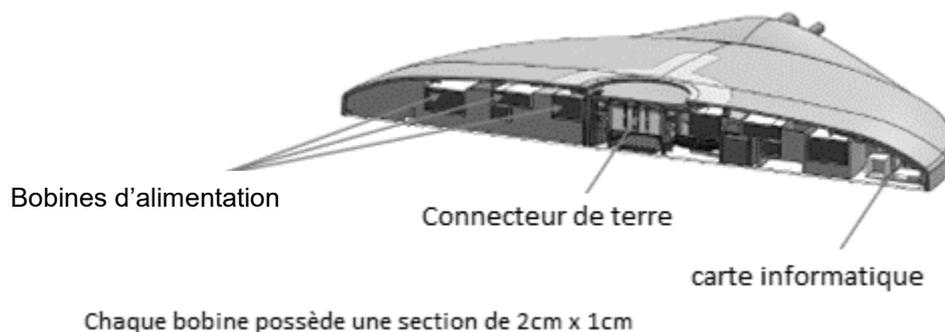


Figure 1. Coupe de la GU

**Question 29 :** À l'aide du DT20, calculer la masse totale de cuivre présente dans le système.

<b>Cuivre</b>	Section (cm <sup>2</sup> )	diamètre moyen (cm)	Circonférence (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
bobine1	2	30	94,2	188,4
bobine2	2	45	141,3	282,6
bobine3	2	60	188,4	376,8

Volume total **847,8** cm<sup>3</sup>

Mvol cuivre 8,92 g/cm<sup>3</sup>

Masse totale	<b>7562,376 g</b>	<b>7,562376 kg</b>
	9,7 €/kg	<b>73,35505 €</b>

**Question 30 :** Proposer un matériau conducteur de remplacement possible.

Aluminium

**Question 31 :** En supposant le diamètre des bobines identiques, **calculer** le nouveau volume occupé avec ce nouveau matériau. **En déduire** la nouvelle masse et le nouveau prix. À l'aide du **DT9**, **conclure** sur la cohérence et la faisabilité d'un tel choix.

<b>Alu</b>	Section (cm <sup>2</sup> )	diamètre moyen (cm)	Circonférence (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )
bobine1	3,6	30	94,2	339,12
bobine2	3,6	45	141,3	508,68
bobine3	3,6	60	188,4	678,24

Volume total **1526,04** cm<sup>3</sup>

Mvol cuivre 2,7 g/cm<sup>3</sup>

Masse totale	<b>4120,308 g</b>	<b>4,120308 kg</b>
	3,1 €/kg	<b>12,77295 €</b>

#### 4.3 Vérification de la protection thermique des contacts de la SelfPlug

**Question 32 :** À partir du tableau suivant, **relever** la valeur de la résistance Rc pour un câble supportant 32A.

Résistance Rc = 220 Ω

**Question 33 :** À partir du diagramme d'exigences **DT9**, **préciser** la température maximum admissible avant la mise en sécurité. **Justifier** le choix de ce fusible thermique.

Température max avant ouverture du circuit 90°C (voir DT9) donc cohérent par rapport à la doc (température de fonctionnement 90°C).

Dès que la température des contacts dépassera 90°C, le fusible thermique s'ouvre

**Question 34 :** En vous aidant du tableau de la **question 32**, **expliquer** le principe utilisé permettant d'assurer la protection thermique contre la surchauffe des contacts.

S'il y a un échauffement important (supérieur à 90°C), le fusible thermique s'ouvre (interrupteur ouvert). Comme il est en série avec la résistance Rc sur le schéma de la broche PP, la résistance équivalente est infinie (voir question Q32) donc la borne stoppe la charge. Il y a mise en sécurité du système.

#### 4.4 Détermination de l'autonomie énergétique de la Ground Unit

**Question 35 :** Sur le DT9 (diagramme des exigences), relever le nom des composants assurant la réserve d'énergie puis dans la documentation technique des moteurs DT13, relever la tension d'alimentation des moteurs ainsi que le courant consommé par ceux-ci.

Supercondensateurs.

Dans la doc moteur la tension d'alimentation (24V) et le courant nominal rated current (1A).

**Question 36 :** À partir des informations fournies dans le DT10, calculer l'énergie nécessaire en Joule puis en Wh pour assurer la déconnexion.

Énergie consommée pour la déconnexion : temps total 7 s (2+5)

Chaîne d'info :  $0,17 \times 7 = 1,19$  A·s

Pour moteur broche utilisé à 70% :  $0,7 \times 1 \times 2 = 1,4$  A·s

Pour moteur embase : 20% du temps à 100% de la puissance et le reste (80%) à 40% de la puissance, durée 5 s

Décollage aimants + descente normale + remontée de l'embase à 40% de la puissance en 5 s

$$1 \times 1 \times 0,2 \times 5 + 1 \times 0,4 \times 0,8 \times 5 + 1 \times 0,4 \times 5 = 1 + 1,6 + 2 = 4,6 \text{ A}\cdot\text{s}$$

Donc énergie  $24 \times (1,19 + 1,4 + 4,6) = 172 \text{ J} = 0,0479 \text{ Wh}$

**Question 37 :** En utilisant le DT14, calculer la capacité minimale totale des supercondensateurs nécessaires.

Calculer la capacité mini  $E = 1/2 \cdot C \cdot U^2$  donc  $C = (E \cdot 2) / U^2 = 172 \cdot 2 / 24^2 = 0,597 \text{ F}$

**Question 38 :** En se référant au DT15, effectuer le choix du supercondensateur (en capacité et en nombre) le mieux adapté puis justifier ce choix.

Il faut 0.597 F et une tension comprise entre 26.4 V (24+10%) et 28.8 (24+20%)

Modèle 1 : 5 en série pour 27,5 V, mais  $1,5/5 = 0,3 \text{ F}$  donc NON

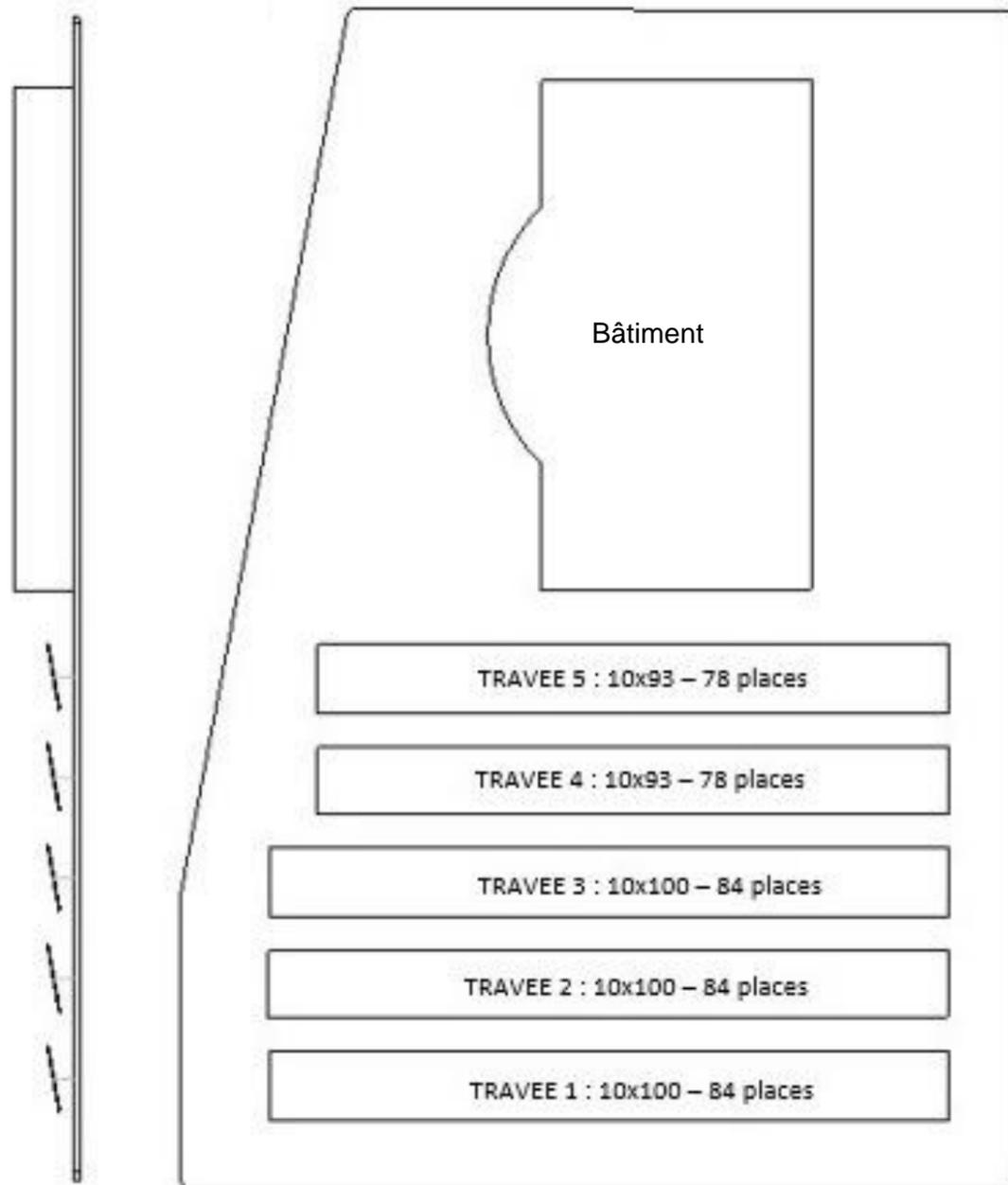
Modèle 2 : 10 en série pour 27V (9 ne font que 24,3V), et  $2/10 = 0,2 \text{ F}$  donc NON

Modèle 3 : 5 en série pour  $5 \times 5,6 = 28 \text{ V}$  et  $3,3/5 = 0,66 \text{ F}$  donc OK

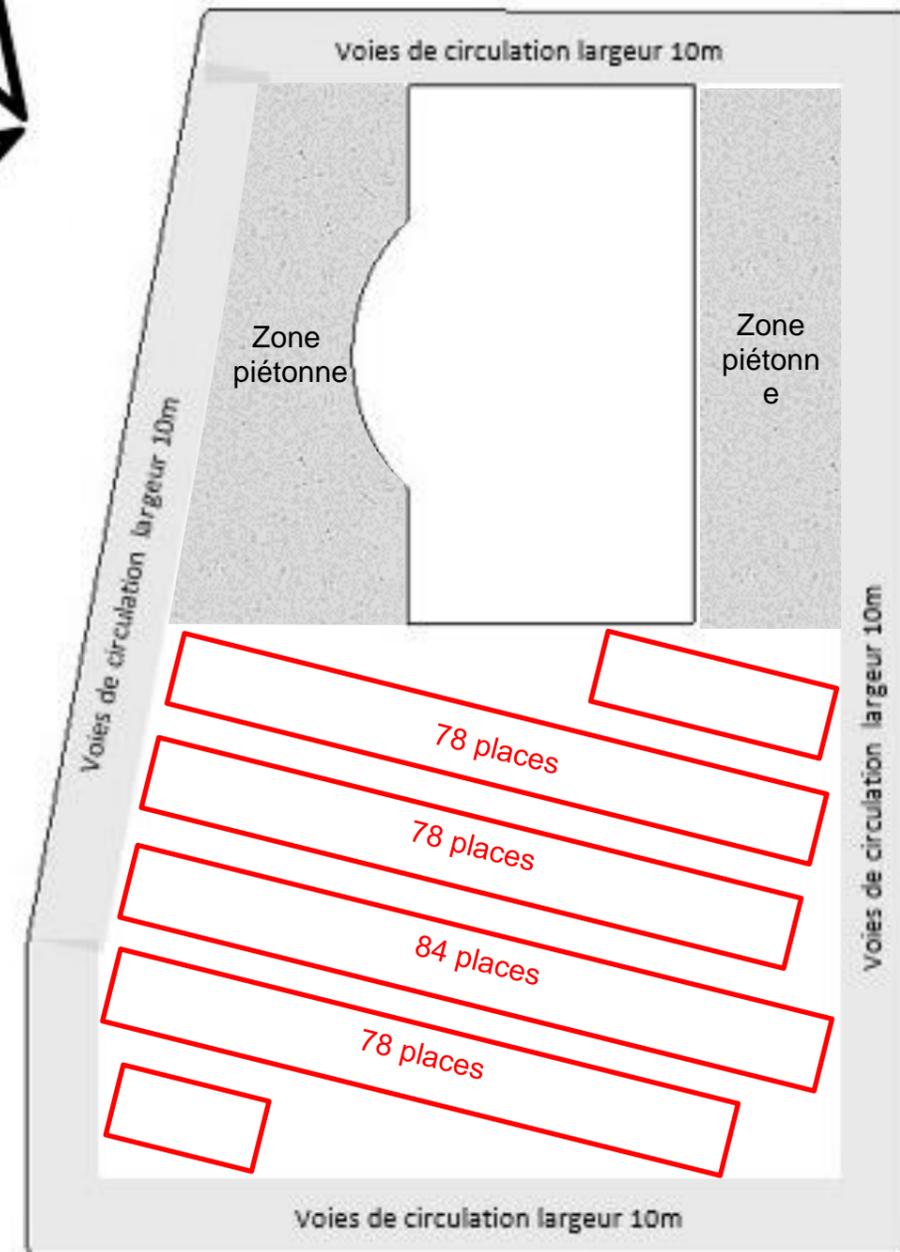
**Question 39 :** Représenter le schéma de câblage de cette association de supercondensateurs.

Il faut en dessiner 5 en série.

DR1 – Implantation des ombrières

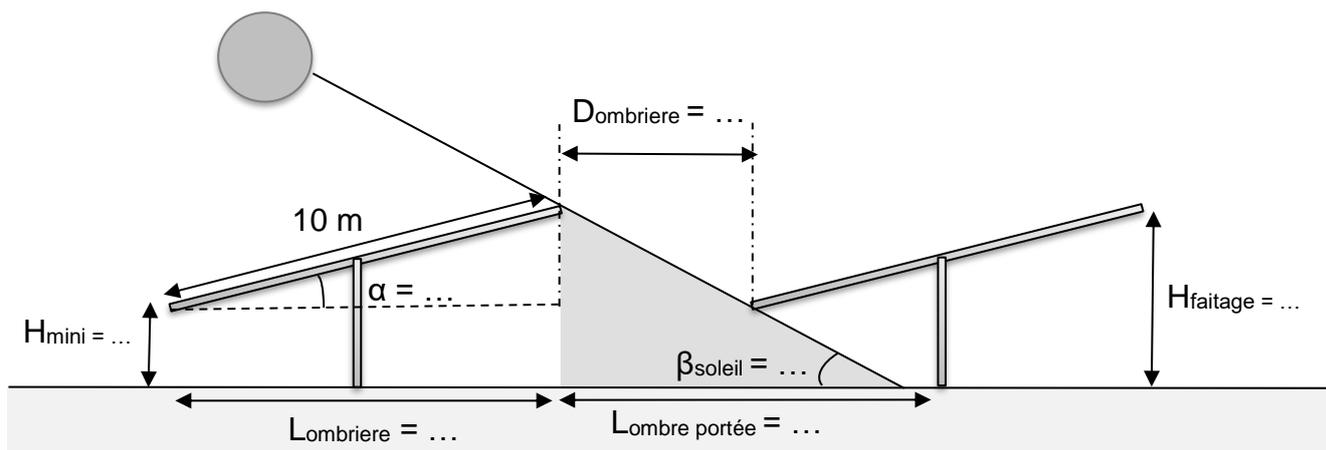


Installation existante



Installation orientée Sud

## DR2 – Emprise au sol

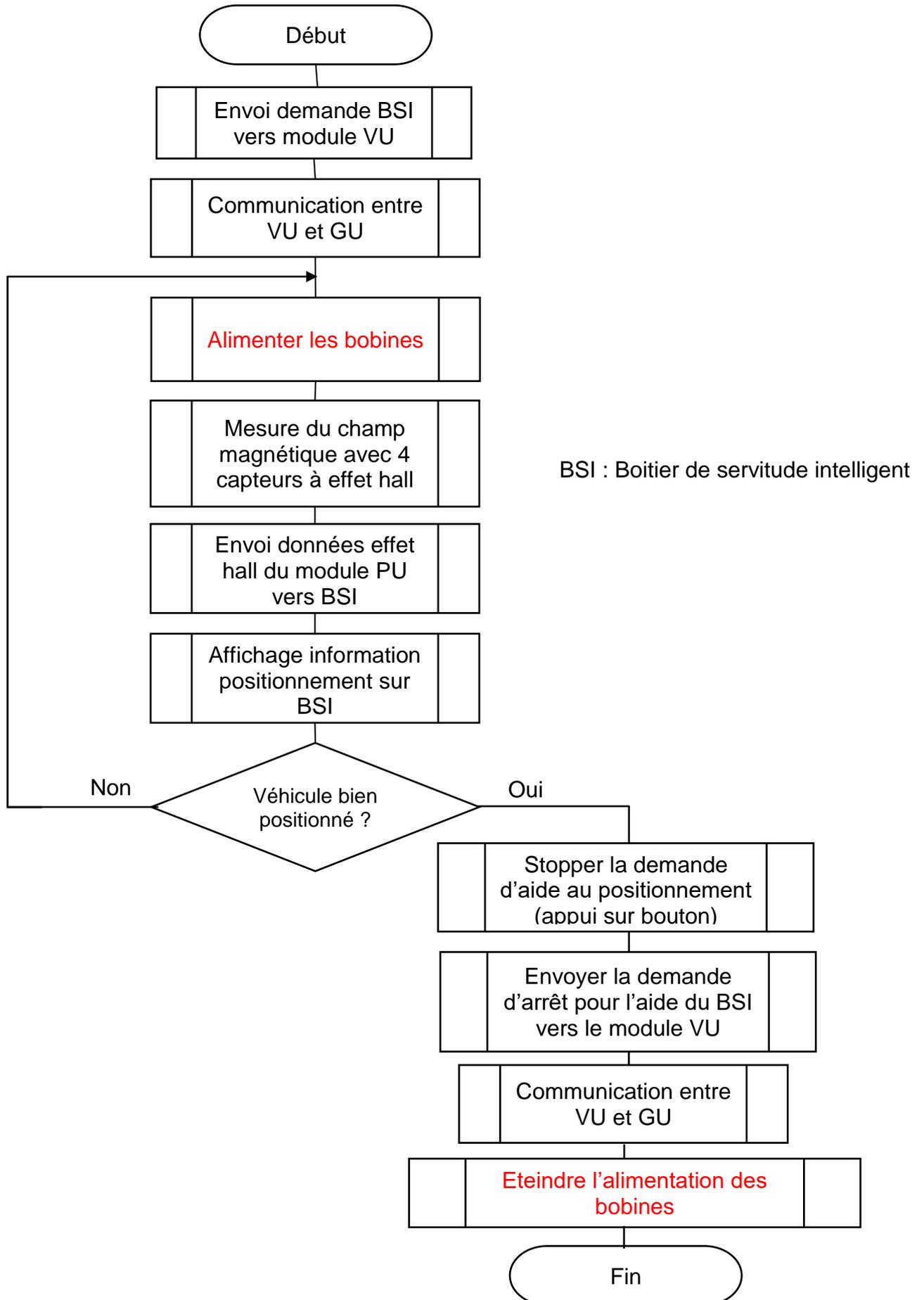


	Résultats	Choix effectués
Longueur horizontale couverte : $L_{ombriere}$	8,6 m	
Hauteur minimum sous la structure : $H_{mini}$	2,2 m	
Inclinaison des panneaux photovoltaïque : $\alpha$	30°	10°
Hauteur du faitage : $H_{faitage}$	7,2 m	4 m
L'angle formé par les rayons du soleil est le plus défavorable le	...	
À Montluçon, cet angle est de : $\beta_{soleil}$	20°	
Longueur horizontale de l'ombre créée par l'ombrière : $L_{ombre portée}$	19,8 m	11 m
Distance à respecter pour qu'il n'y ait pas d'ombre portée entre deux ombrières : $D_{ombriere}$	13,75 m	4,95 m

### Synthèse :

	Nombre de places sur le parking	Efficacité énergétique	Comportement au vent	Comportement à la neige
Installation existante - Orientation -15° Sud - Inclinaison 10°	408 places possibles	L'orientation et l'inclinaison sont optimales		Pas de différence
Installation étudiée - Orientation Sud - Inclinaison 30°	Environ 350 places disponibles	Orientation et inclinaison optimale	Portance et trainée plus importante	Pas de différence

DR3 – Algorithme du Sous-programme « Aide au positionnement »



## DR4 – Positionnement du véhicule

V1	V2	V3	V4	Positionnement du véhicule par rapport à la GU (voir figure 7)	Affichage sur Tableau de bord pour aide conducteur
3V	4,25V	2,75V	3V	Q2	Véhicule trop à droite et trop reculé
3,5V	3,5V	3,5V	3,5V	Centre	Véhicule bien positionné
4,25V	3V	3V	2,75V	Q1	Véhicule trop à droite et trop avancé

Remarque 1 : V1, V2, V3 et V4 sont les tensions de sorties des 4 capteurs à effet hall nommés C1, C2, C3 et C4.

Remarque 2 : Pour le positionnement du véhicule, par rapport à la GU, répondre entre 5 zones possibles (Centre, Q1, Q2, Q3 ou Q4).

Remarque 3 : Pour aider au positionnement du véhicule par rapport au GU, un message s'affiche sur le tableau de bord par exemple : « véhicule bien positionné ».

## DR5 – Données de la trame CAN

	Data 0 (N1)	Data 1 (N2)	Data 2 (N3)	Data 3 (N4)
Hexadécimal	0x99	0xD8	0x8C	0x99
Décimal	153	216	140	153
Champ B en Gauss	18	25	16	18

Pour le champ magnétique en Gauss : on a  $B = 0,1176 \times N$

## DR6 – Programme en Python du module VU

N\_pot = 0 # variable correspondant au nombre de tours du potentiomètre  
N\_lmot = 0 # variable correspondant à la valeur numérique en sortie du CAN

```
while N_pot <=10 :  
    Cde_moteur()  
    Comptage_N_pot()  
    Mesure_lmot()  
    if N_lmot > 61 :  
        Arret_moteur()  
    Arret_moteur()
```

Remarque : Le Sous-programme permettant de stopper le moteur se nomme Arret\_moteur()