









## COMPOSITION DU SUJET

### SUJET

Partie 1. Exploitation de l'espace urbain pour produire de l'énergie.	3
Partie 2. Aide au positionnement du véhicule	8
Partie 3. Connexion automatique des véhicules électriques	12
Partie 4. Respect des normes de sécurité	17

### DOCUMENTS

DOSSIER TECHNIQUE (DT1 à DT20)	22
DOSSIER RÉPONSE (DR1 à DR6)	39

Le sujet comporte 4 parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

Tous les documents réponses, complétés ou non, sont à rendre avec les copies.

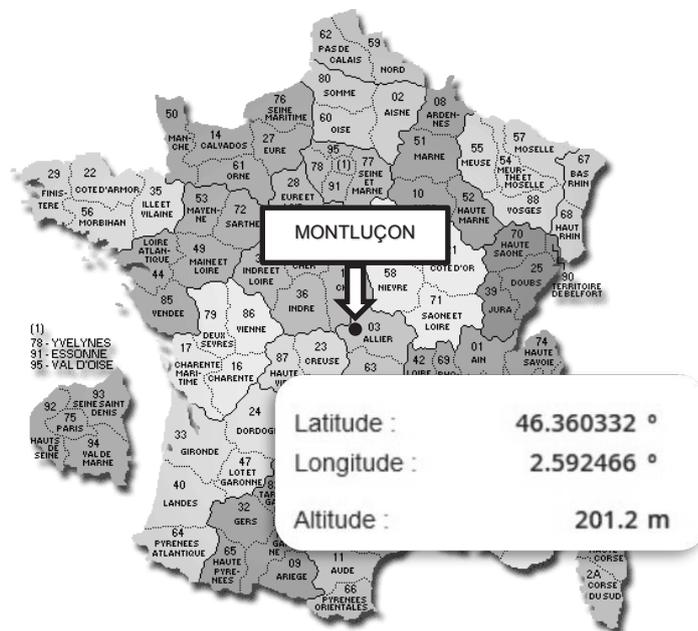
## Mise en situation

À l'heure de la transition écologique, l'aménagement urbain est un enjeu majeur. Dans une ville, les infrastructures au service de l'automobiliste, routes ou parking, représentent près de la moitié de l'espace public. Pourtant une automobile reste en moyenne 80% de temps à l'arrêt. Repenser ces infrastructures est donc une nécessité, notamment pour les parcs de voitures électriques qui ont besoin d'être reliés au réseau électrique.

Ce dossier consiste à étudier et à optimiser le parking d'un important groupe automobile basé à Montluçon (03 - Allier) spécialisé dans la vente de voitures électriques. Sa position géographique est un atout majeur, lui permettant d'entreposer et distribuer les véhicules neufs vendus dans ses différentes concessions de la région.

Ce groupe automobile a choisi de valoriser une partie de la surface de parking en implantant des panneaux photovoltaïques dont la production d'énergie peut être revendue.

Comme il s'écoule en moyenne une quinzaine de jours, entre l'arrivée sur site et la répartition des véhicules dans les différentes concessions, le groupe utilise la technologie « véhicule to grid » (V2G) avec laquelle il est possible d'activer la charge ou la décharge des batteries des véhicules électriques connectés, qui peuvent alors déstocker leur énergie afin de renvoyer de l'électricité vers le réseau, et participer à l'ajustement de l'équilibre production-consommation en temps réel.



Un descriptif sommaire du système est disponible sur les documents **DT1**, **DT2** et **DT3**.

## 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.*

---

### Exigences du client avant-projet :

- conserver au minimum 400 places de stationnement et les voies de circulation périphérique de 10 m de large ;
- stationner les véhicules en bataille ;
- implanter les bornes de recharge en partie centrale sous l'ombrière.



Figure 1. Ombrières photovoltaïques

### Données sur l'installation réalisée :

- Structure métallique avec piétement central
- Distance entre deux poteaux 4,6 m
- Panneaux photovoltaïques :
  - Dimensions : 1,830 x 1,0490 m
  - Masse : 21,2 kg
  - Orientation : -15° Sud
  - Inclinaison : 10°

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

**Question 1 :** À l'aide du document **DT4** et en complétant le document **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.

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

**Question 2 :** Pour une inclinaison de 30°, en vous aidant des documents **DT4** et **DT5** et de la démarche ci-après, **compléter** le schéma du document **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.

Démarche :

- **Déterminer** la hauteur minimale d'implantation des panneaux photovoltaïques.
- **Calculer** la longueur horizontale couverte par l'ombrière.
- **Calculer** la hauteur du faîtiage.
- **Déterminer** la position la plus défavorable du soleil dans le ciel.
- **Déterminer** l'angle que forment les rayons du soleil avec la terre.
- **Calculer** la longueur de l'ombre portée par l'ombrière.
- **Calculer** la largeur des voies de circulation pour que cette ombre n'ait pas d'impact sur la production.

La figure suivante définit les solides S1 et S2.

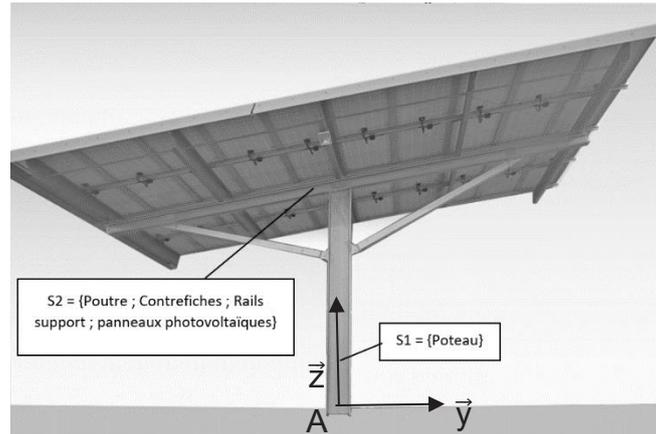


Figure 2. Définition de S1 et S2

**Hypothèses :**

- le système admet un plan de symétrie noté  $(A, \vec{y}, \vec{z})$  ;
- toutes les liaisons encastremets sont supposées parfaites ;
- l'accélération de la pesanteur a pour valeur  $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

Les schémas suivants représentent la structure existante (inclinaison  $10^\circ$ ) et la structure avec une inclinaison à  $30^\circ$ . Il s'agit de déterminer l'influence de l'inclinaison de la structure sur le moment de l'action du lest sur l'ombrière.

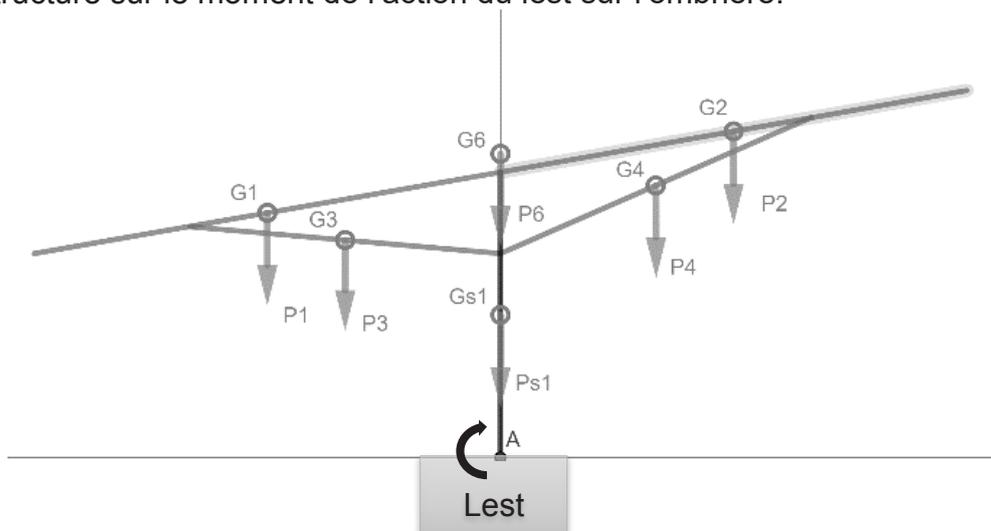


Figure 3. Schéma de la structure existante

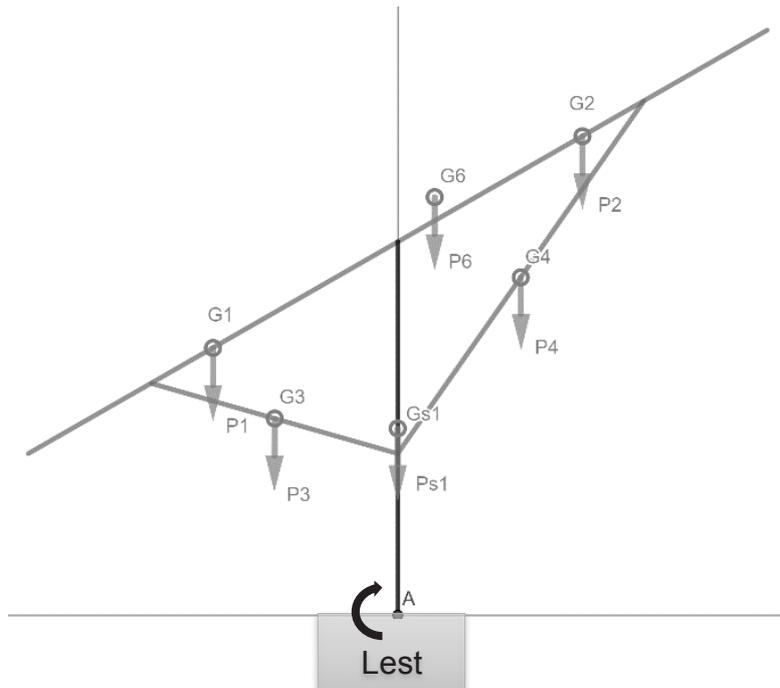


Figure 4. Schéma de la structure inclinée à 30°

**Bilan des actions mécaniques agissant sur l'ensemble (S1 + S2) :**

- Action de la pesanteur sur S1 :  $\vec{P}_{S1}$  appliqué en  $G_{S1}$

	Pour structure à 10°	Pour structure à 30°
Position du point d'application	( 0 ; 0 ; 1540)	( 0 ; 0 ; 2550)
Norme	5 831 N	9 656 N

- Action de la pesanteur sur S2, voir document DT6.
- Action du lest sur S1.

**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.

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

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

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

Dans un souci d'optimisation du raccordement des véhicules et de la gestion de leur énergie ; le propriétaire a fait le choix d'intégrer une solution technique innovante appelée SelfPlug permettant une interconnexion entre le réseau électrique et chaque véhicule. Cette solution est proposée par une StartUp Grenobloise.

La solution SelfPlug comprend une unité au sol, la Ground Unit (GU), d'environ 50 cm de diamètre, raccordée au réseau domestique et une unité embarquée dans le véhicule, la Vehicle Unit (VU). La VU est raccordée à la batterie auxiliaire (12V) de la voiture et permet le déploiement d'une prise de connexion.

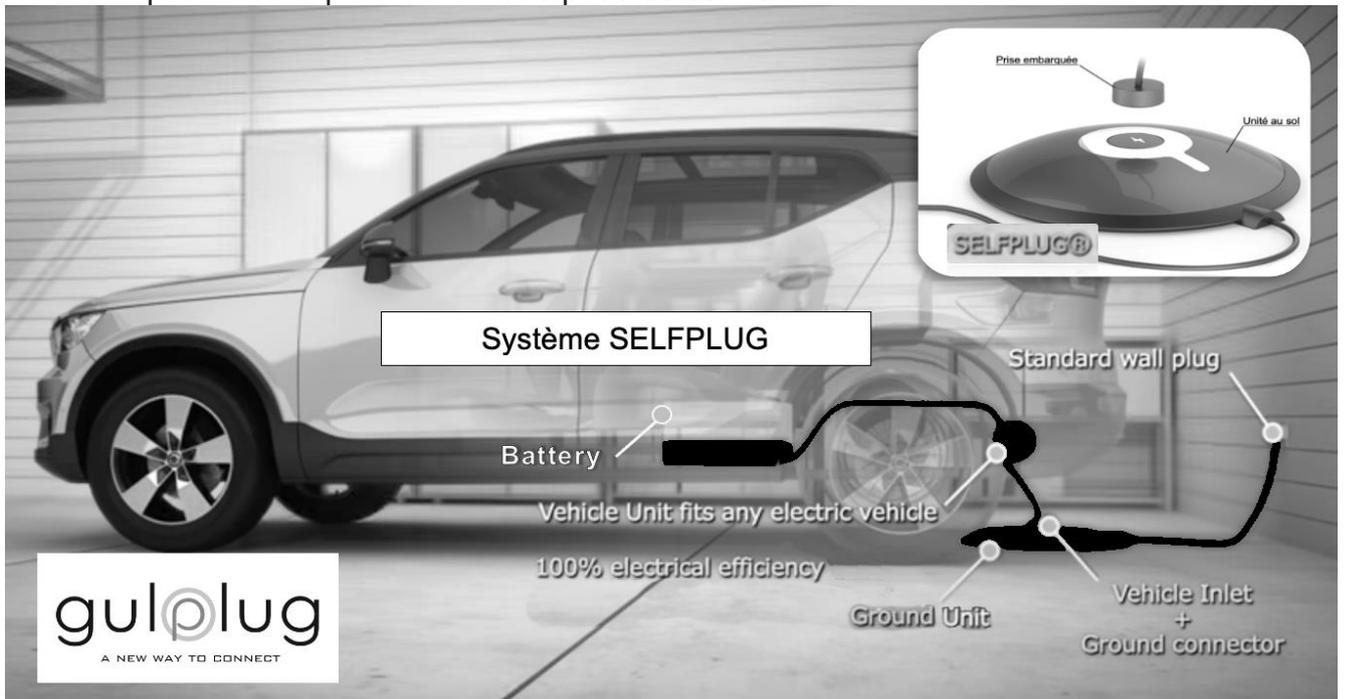
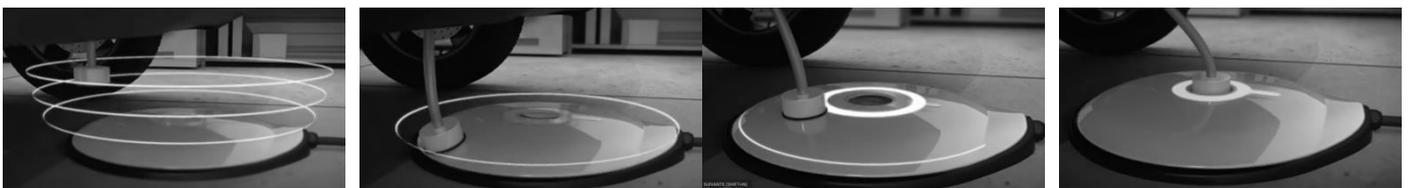


Figure 5. Système SelfPlug installé sur une Volvo XC40. La GU et la VU sont connectées, le véhicule est en charge.

Une fois le véhicule stationné au-dessus de la GU, la VU se déploie sous la voiture. Grâce à des bobines situées dans la GU, un système de guidage magnétique capte, guide et connecte la prise embarquée à la GU.

### Procédure de connexion

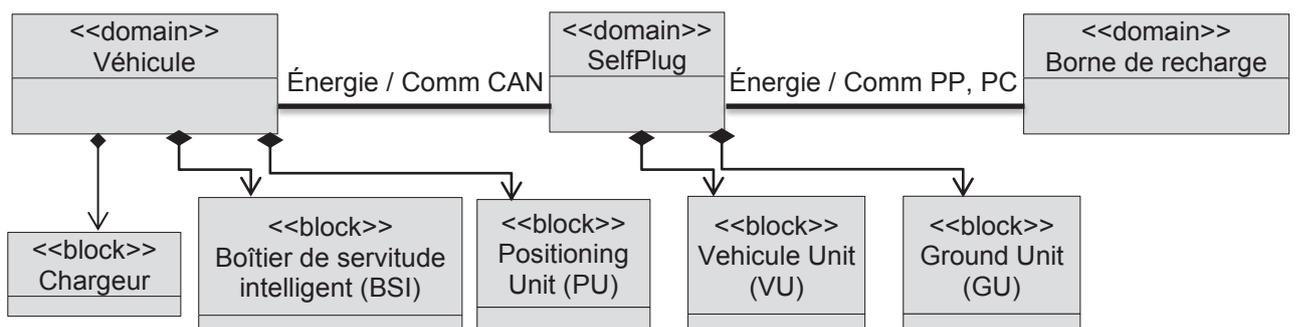


**ÉTAPE 1 :**  
Vehicle Unit déploie sa prise embarquée. Ground Unit capte et attire cette prise.

**ÉTAPE 2 :**  
Ground Unit guide la prise jusqu'à la fiche de connexion grâce à un système de guidage magnétique.

**ÉTAPE 3 :**  
La connexion est établie, le chargement peut débuter.

### Diagramme simplifié de définition de blocs



Pour aider le conducteur du véhicule à positionner le VU dans la zone définie par la GU, la carte GU, grâce à des bobines, produit un champ magnétique de façon multidirectionnelle. Une carte électronique appelée Positioning Unit (PU) traite les informations issues de 4 capteurs à effet hall, mesurant le champ magnétique produit par la GU, situés sous le véhicule comme indiqué sur le plan ci-dessous :

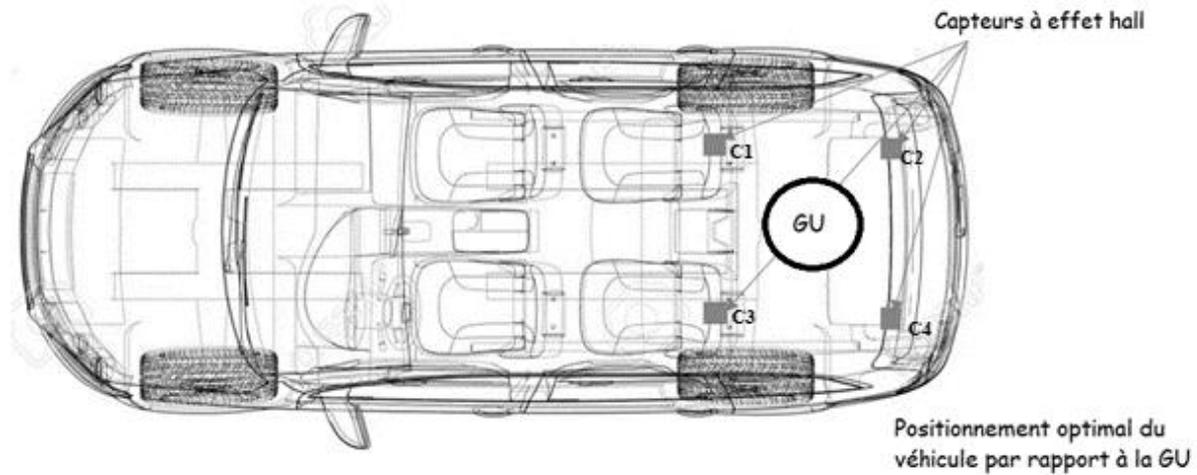
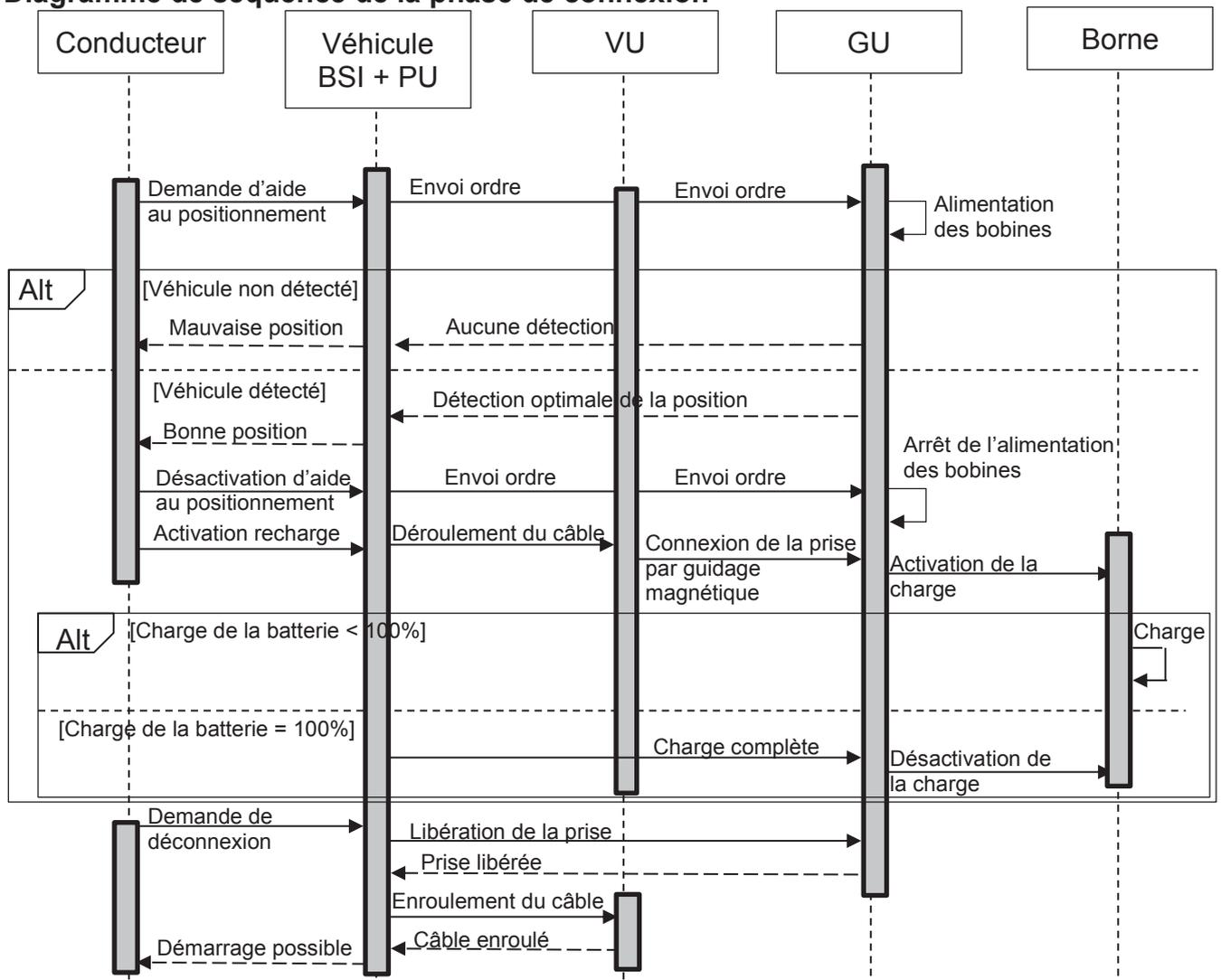


Figure 6. Emplacement des capteurs sur le véhicule

### Diagramme de séquence de la phase de connexion

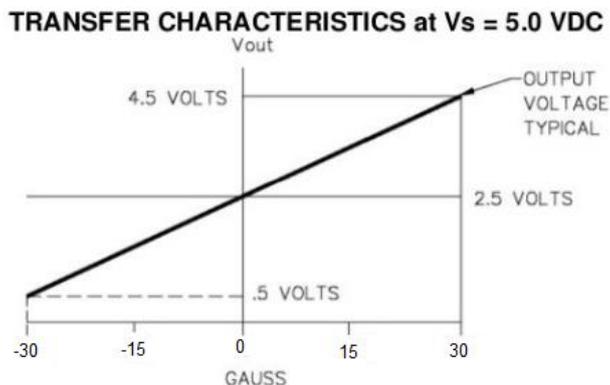


## Partie 2. Aide au positionnement du véhicule

*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'agit 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 document DR3 correspondant au sous-programme « Aide au positionnement ».

Le capteur utilisé, référence SS45A, est un capteur à effet hall bipolaire qui convertit un champ magnétique (exprimé en Gauss) en une tension (exprimée en Volts) suivant le graphique ci-dessous :



1 Gauss correspond à  $100 \mu\text{T}$

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

Lorsque le véhicule est positionné de façon optimale par rapport à la GU, le champ magnétique mesuré sur les 4 capteurs à effet hall est égal à environ 15 Gauss.

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

La figure suivante montre l'emplacement des capteurs à effet hall (C1 à C4) placés sous la voiture et les cinq zones possibles (Centre, Q1, Q2, Q3 et Q4) pour le positionnement du véhicule par rapport à la GU.

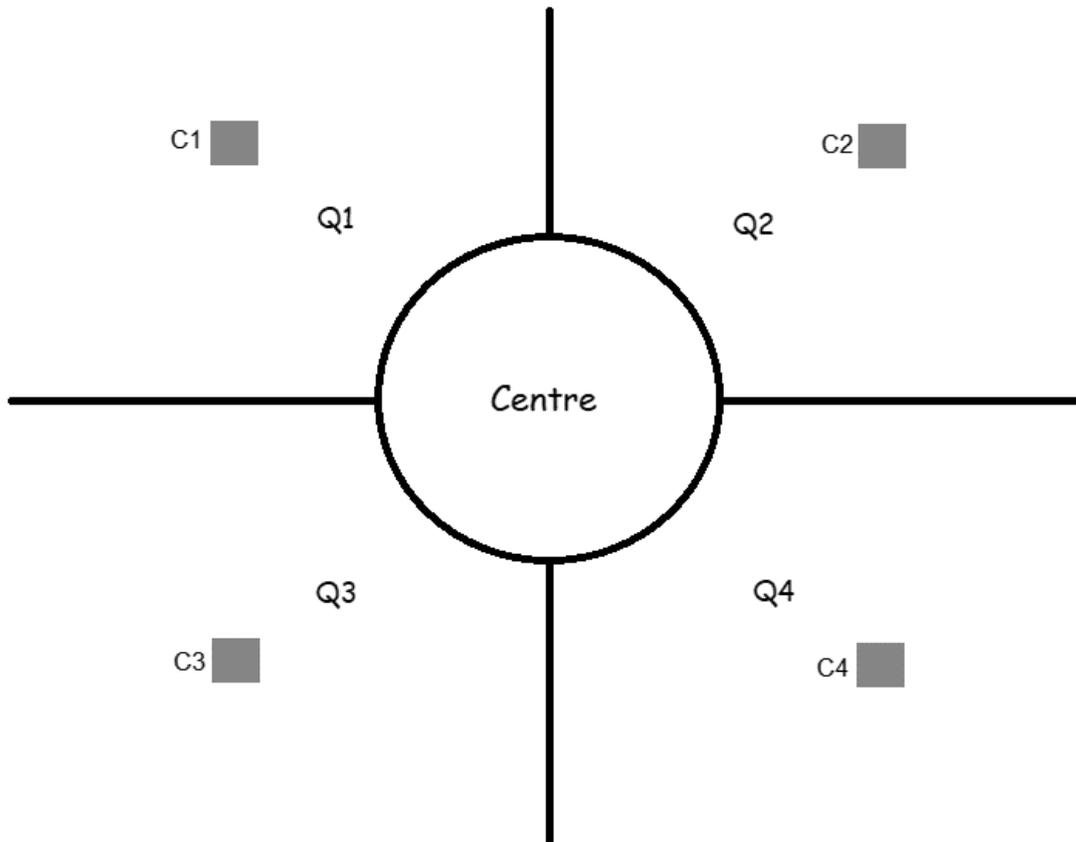


Figure 7. Position des capteurs par rapport à la GU (vue de dessus)

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

Le bus de communication utilisé dans une voiture est le bus CAN. C'est une liaison série différentielle constituée de deux fils (CANH et CANL).

Il existe principalement deux bus CAN différents interconnectés par le boîtier de servitude intelligent qui sert de calculateur (BSI) :

- un bus CAN très rapide (vitesse 1 Mbit.<sup>s-1</sup> max) pour gérer la sécurité et la propulsion (freinage, ABS, détection chocs, airbags, moteur, boîte de vitesse...);
- un autre bus CAN moins rapide pour gérer certains capteurs et tous les accessoires (lampes, moteurs,...).

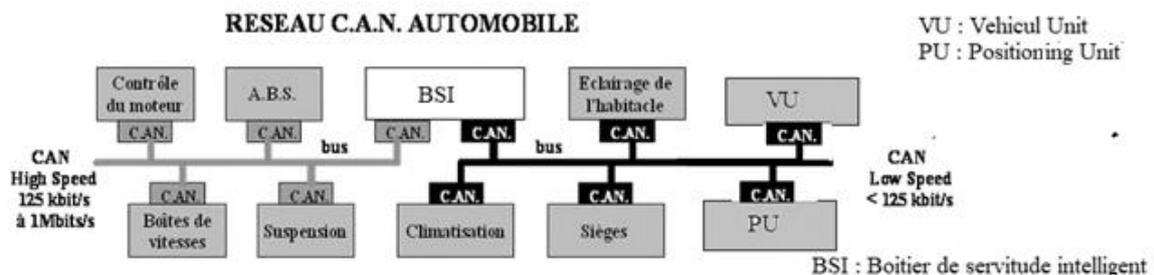


Figure 8. Réseau CAN

L'intégration de la SelfPlug dans le véhicule électrique nécessite l'ajout de deux modules supplémentaires VU et PU qui doivent communiquer avec le véhicule via le bus CAN Low Speed.

Le module PU permet d'envoyer les informations de positionnement du véhicule par rapport à la GU et le module VU transmet les informations liées à l'état de la prise et de la charge.

Les informations (identifiant et données) concernant le module PU sont rassemblées dans le tableau suivant :

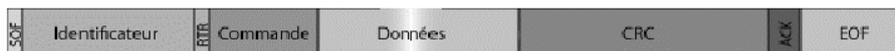
Module	Message PU ou Identifiant	DLC	Données (Data)			
			N1	N2	N3	N4
PU	0x1A4	4	N1	N2	N3	N4

DLC : Data Length Code

N1, N2, N3 et N4 : valeurs numériques proportionnelles au champ magnétique mesuré issu des quatre capteurs à effet hall.

#### *Composition d'une trame CAN :*

Chaque champ possède une longueur (nombre de bit) et un rôle bien précis :



#### **SOF (Start Of Frame) :**

- 1 bit.
- Champ de départ de la trame toujours égal à 0.

#### **Identificateur :**

- 11 bits.
- Identifie l'émetteur du message.

#### **RTR (Remote Transmission Request) :**

- 1 bit.
- Généralement à 0 sauf dans le cas d'une trame de requête.

#### **Commande :**

- 6 bits.
- Contient le DLC (Data Length Code), la longueur des données transmises en nb d'octets. Par exemple si 4 octets de donnée : DLC = 001000.

#### **Données :**

- De 0 à 8 octets.

#### **CRC (Contrôle de Redondance Cyclique) :**

- 16 bits.
- Permet grâce à un algorithme de calcul de vérifier s'il a eu une erreur de transmission.

#### **ACK (ACKnowledge) :**

- 2 bits.
- Acquiescement permettant de savoir si la trame a été lue par un nœud.

#### **EOF (End Of Frame) :**

- 7 bits.
- Indique la fin de la transmission du message, 7 bits à 1 : 1111111.

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

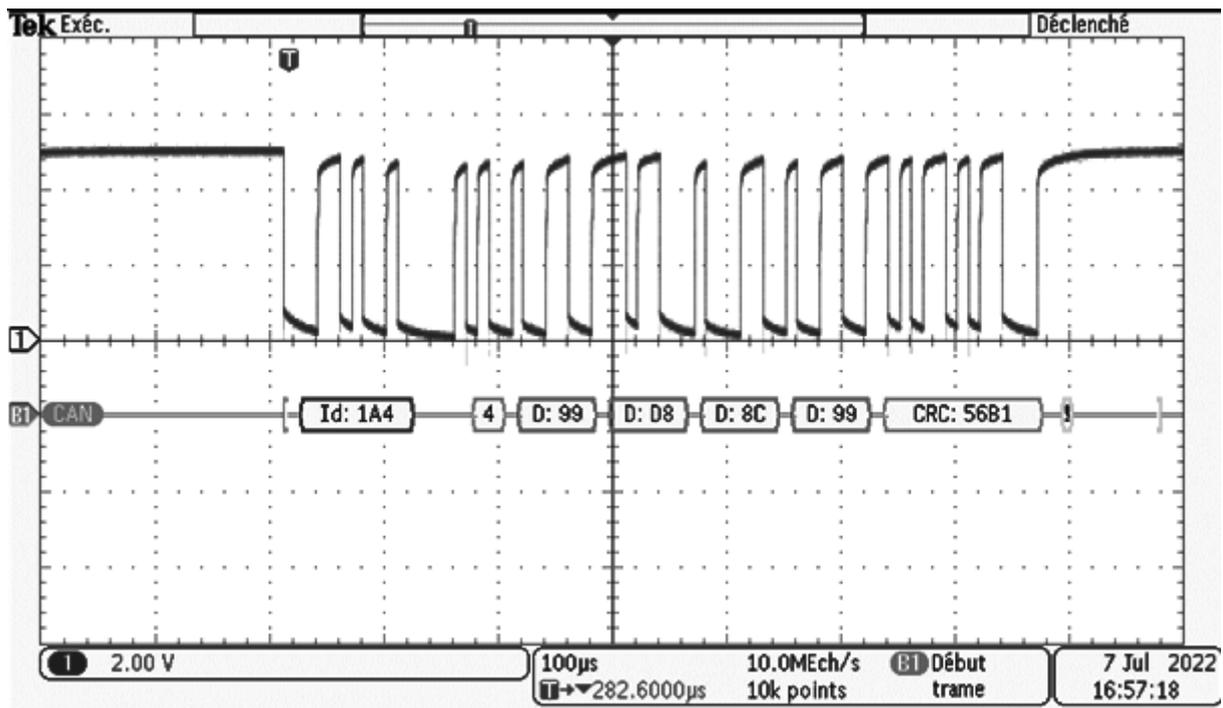
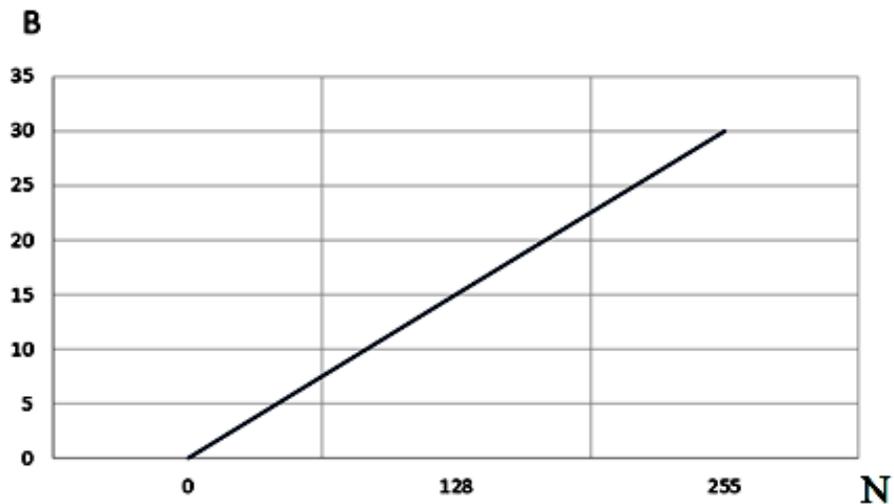


Figure 9. Trame de données relevée avec un oscilloscope

La valeur du champ B en Gauss sera déterminée à partir de la courbe suivante reliant le champ magnétique B en Gauss à la valeur numérique N.



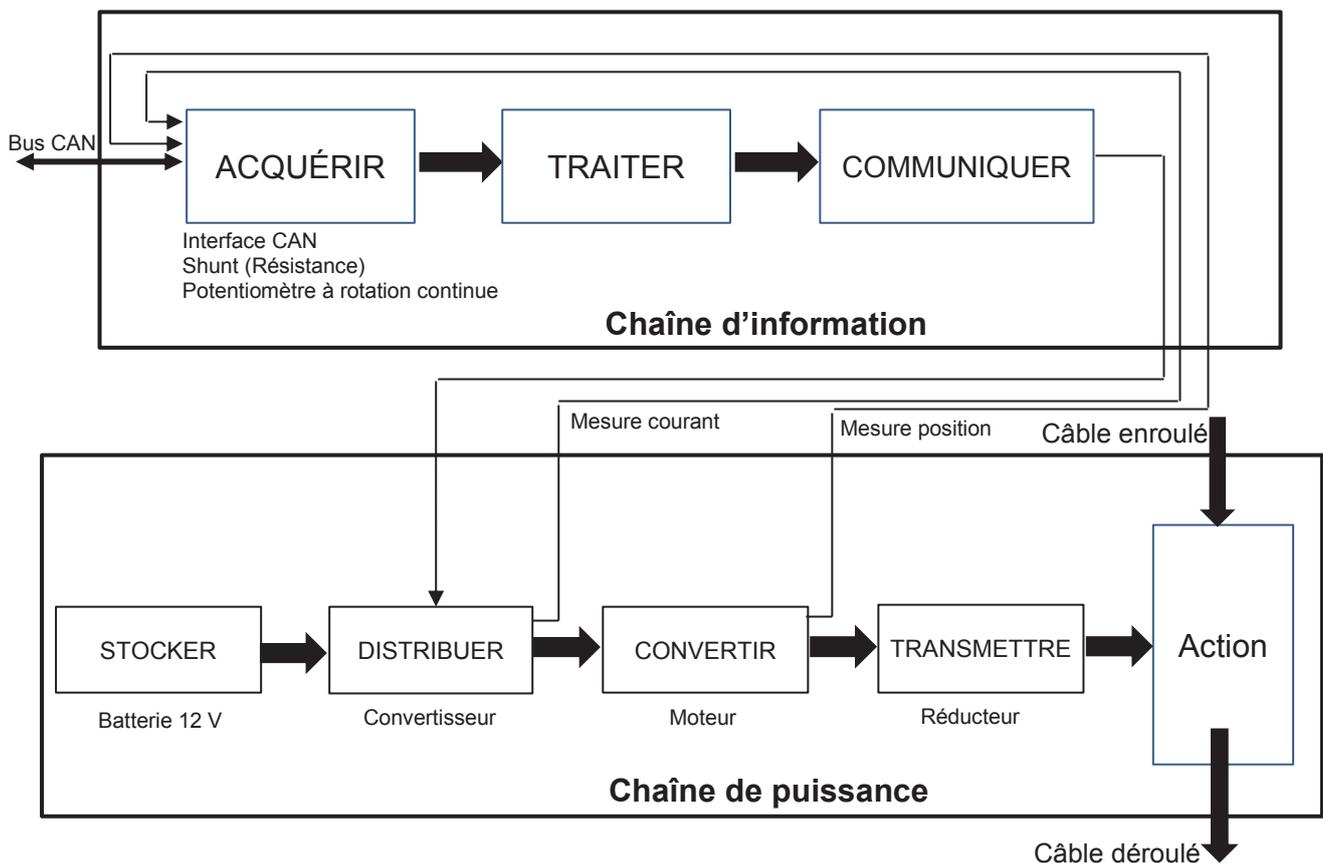
**Question 12 :** Compléter le document DR5 à partir du relevé effectué à l'oscilloscope et de la courbe précédente.

### Partie 3. Connexion automatique des véhicules électriques

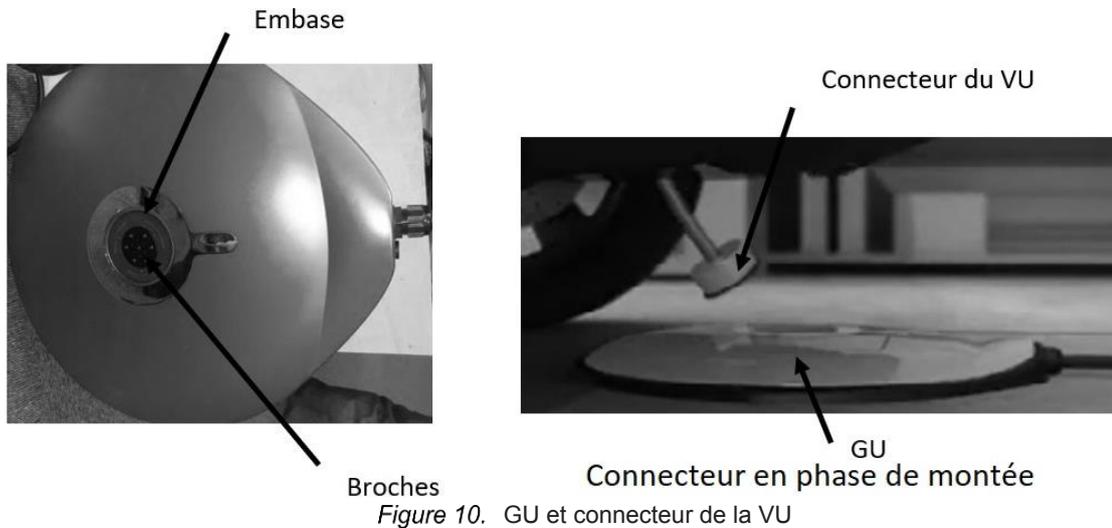
*Objectif : cette partie conduit à vérifier le temps de déconnexion du véhicule à la borne ainsi que les solutions technologiques permettant d'enrouler le câble.*

Une fois le véhicule positionné dans la zone définie, la SelfPlug le connecte à la borne de recharge de manière automatique. Au moment de repartir, le conducteur doit être assuré de la déconnexion et de l'enroulement du câble. Pour des raisons évidentes de confort pour le conducteur, ces opérations doivent respecter le temps défini.

La chaîne fonctionnelle de la VU est représentée à l'aide du schéma bloc suivant.



### 3.1 Validation du temps de déconnexion du connecteur de la VU (Vehicle Unit) à la GU (Ground Unit)



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

La déconnexion du connecteur se réalise suivant un protocole bien précis décrit dans le **DT10**. Les actionneurs sont deux moteurs pas à pas de référence :10PMK406B (voir **DT13**).

**Question 14 :** **Rechercher** dans la documentation des moteurs, document **DT13**, l'angle effectué pour un pas du moteur en degré. **En déduire** le nombre de pas pour réaliser un tour moteur.

#### Temps de déconnexion des broches

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

#### Données :

- Le couple moteur nécessaire est de  $90 \cdot 10^{-3}$  N·m.
- Le moteur est alimenté en 24 V.
- À chaque impulsion de commande des moteurs pas à pas ceux-ci se décalent de 1 pas.

**Question 16 :** À l'aide du document **DT13**, **déterminer** la fréquence d'alimentation (courbes PULL OUT). **En déduire** la vitesse du moteur en  $\text{tr} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Pour faire monter ou descendre les broches, seules 22 dents des 26 dents du secteur denté sont utilisées.

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

## Temps de descente de l'embase

### Données :

- le couple moteur nécessaire est de  $110 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}$  ;
- le moteur est alimenté en 24 V ;
- pour faire monter ou descendre l'embase, seules 13 dents des 15 dents du secteur denté sont utilisées.

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

## Temps de montée du câble

Un logiciel de simulation multiphysique est utilisé afin de réaliser une modélisation partielle de la VU, seul le bloc concernant l'enroulement et le déroulement du câble de la VU (voir document **DT16**) est modélisé.

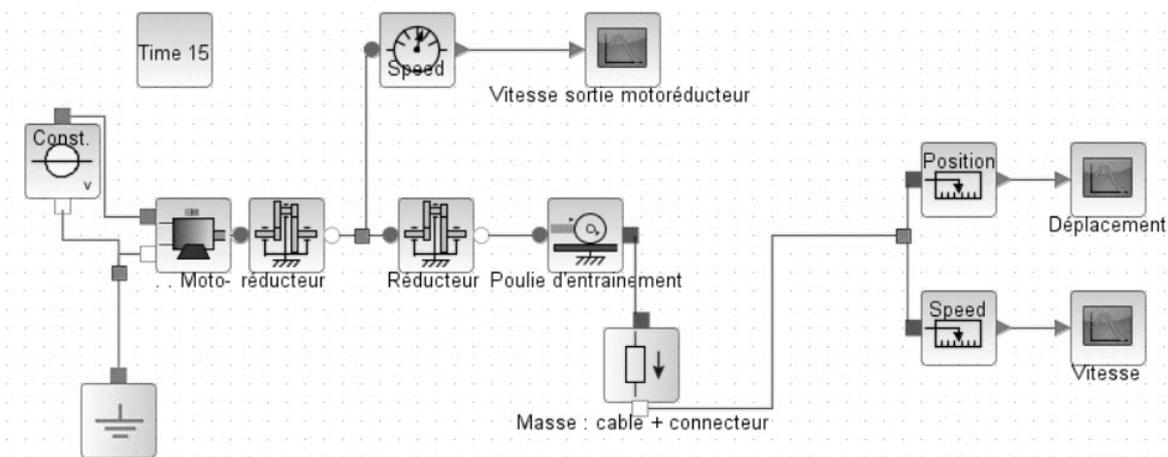
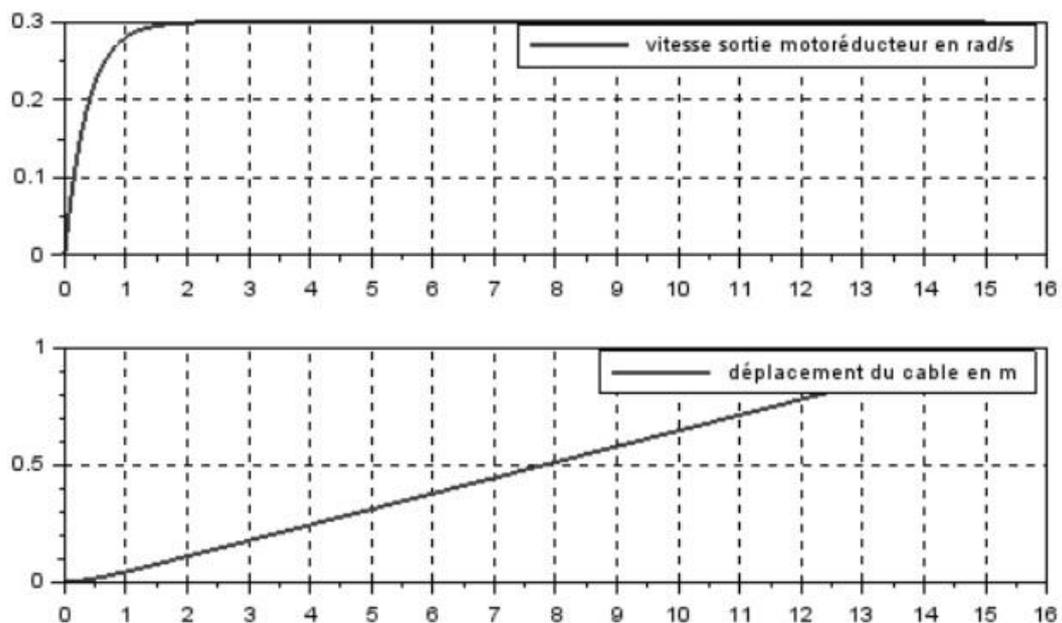


Figure 11. Modèle multiphysique



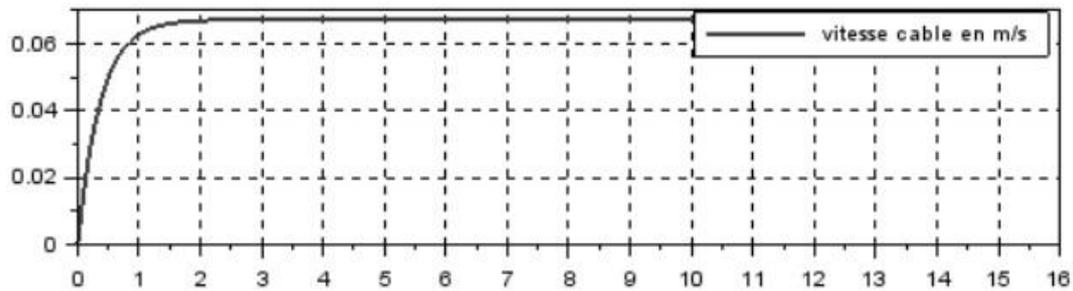


Figure 12. Résultats de la simulation de la remontée du câble (abscisse en seconde)

La longueur maximale du câble déroulé est de 60 cm.

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

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

Le déroulement du câble reliant la VU au connecteur doit respecter plusieurs contraintes entre autres les temps de déroulement et de repliement (validés précédemment). De plus, le moteur doit avoir une puissance minimale pour assurer correctement la remontée du câble et du connecteur.

Le moteur choisi pour assurer l'enroulement et le déroulement du câble et du connecteur est un motoréducteur à courant continu (voir document **DT17**).

Le système d'enroulement et déroulement du câble et du connecteur est détaillé dans le document **DT16**.

#### Hypothèses :

- la vitesse de remontée du câble est considérée constante ;
- l'accélération de la pesanteur a pour valeur  $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  ;
- les frottements sont négligés (pas de perte dans la chaîne de puissance).

La tension d'alimentation de la VU est de 12 V.

**Question 20 :** Relever sur le document **DT17** les caractéristiques suivantes : la vitesse de sortie, et le couple maximum de sortie puis **convertir** celui-ci en N·m.

#### Données :

- masse du câble :  $200 \text{ kg}\cdot\text{km}^{-1}$  ;
- longueur maximum du câble déroulé est de 60 cm ;
- masse de la prise : 300 g.

**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.

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

L'enroulement et le déroulement du câble sont effectués grâce à un moteur à courant continu (MOT) associé à un convertisseur.

Afin de stopper la rotation du moteur lors de la remontée du câble, une mesure de courant moteur est prévue avec une résistance  $R_s$  placée en série avec le moteur à courant continu (voir schéma suivant). La tension image du courant appelée  $V_{IM\_MOT}$  est ensuite convertie au format numérique par un convertisseur analogique-numérique (CAN) intégré dans le microcontrôleur de la carte électronique du VU.

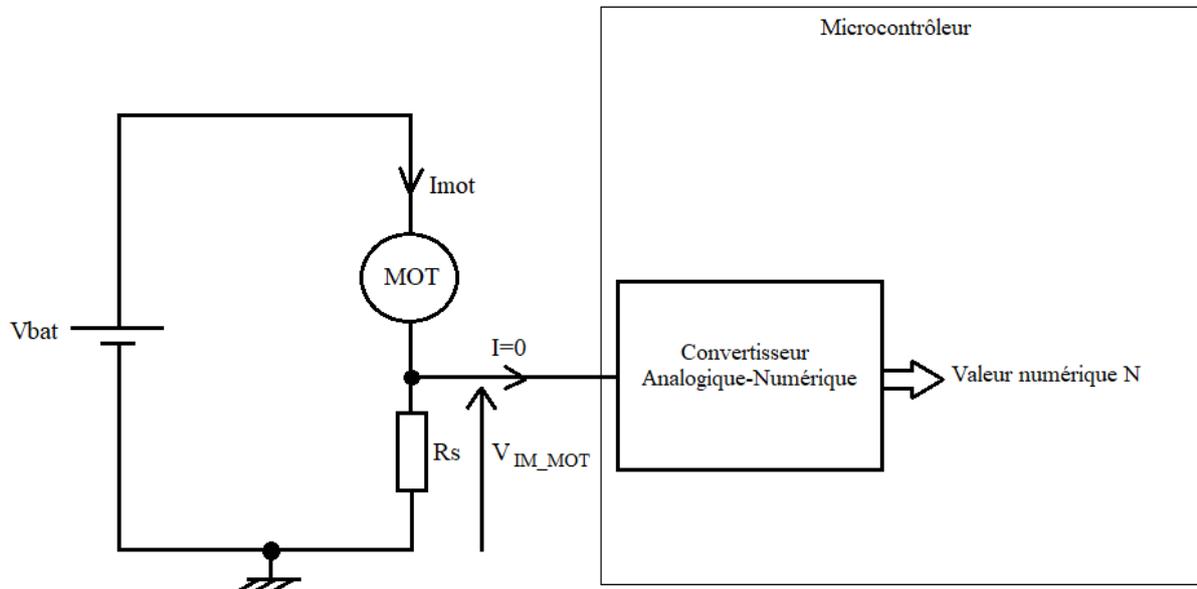


Figure 13. Schéma de la commande d'arrêt

La résistance  $R_s$  est égale à 2 Ohms et les caractéristiques du convertisseur analogique-numérique sont les suivantes :

- Résolution : 8bits
- Tension de référence :  $V_{ref} = 5\text{ V}$

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

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

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

**Question 25 :** À l'aide du document DT18, compléter le programme écrit en langage Python du document 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 permet 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

Le guidage de la prise vers le socle GU se fait automatiquement grâce au champ magnétique produit par trois bobines alimentées successivement.

Les trois bobines présentées sur la figure 14 ont des diamètres moyens égaux à 30, 45 et 60 cm et une section rectangulaire de 2 cm par 1 cm.

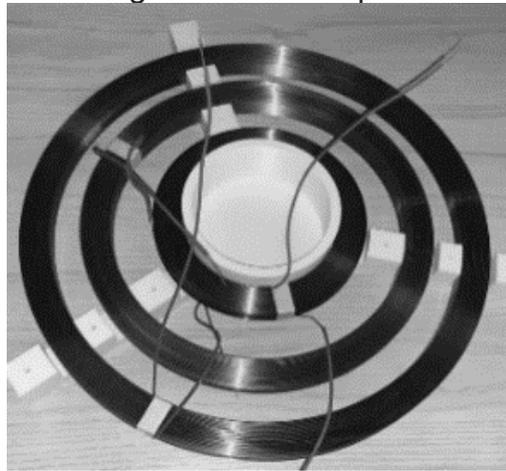


Figure 14. Photo des bobines

Le champ magnétique créé le long de l'axe d'une spire circulaire au point M (voir figure suivante) est égal à  $B = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot R}{2 r^2} \sin \theta$  avec  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$  (H pour Henry).

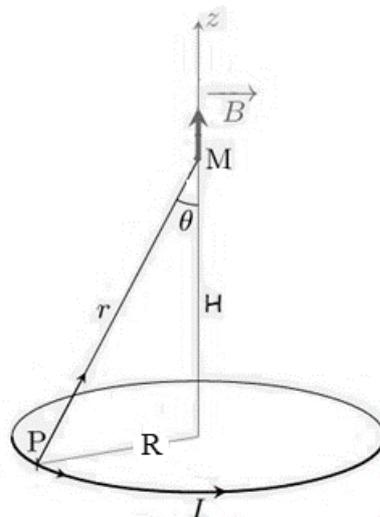


Figure 15. Modélisation du champ magnétique

Pour une bobine constituée de  $N$  spires, le champ magnétique total produit est donc de  $B_t = N \cdot B$ .

La bobine comprend 100 spires et le courant traversant chaque spire est de 10 A.

**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.

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

Le graphique ci-dessous présente les valeurs limites fixées par le décret du 3 mai 2002 en matière d'exposition du public aux ondes électromagnétiques pour l'Union européenne.

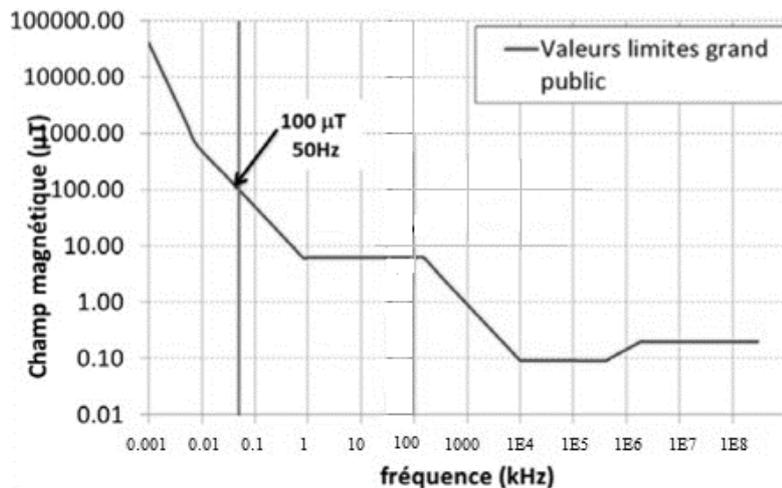


Figure 16. Valeur limite d'exposition aux ondes magnétiques

**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.

#### 4.2 Détermination du matériau pour les bobines

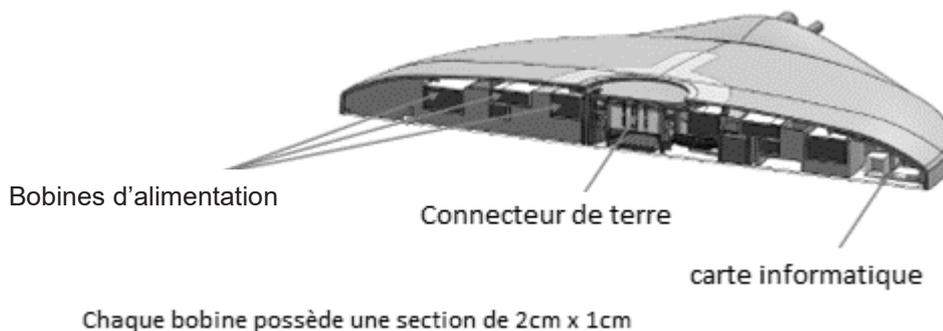


Figure 17. Coupe de la GU

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

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

**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 document **DT9**, **conclure** sur la cohérence et la faisabilité d'un tel choix.

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

Les normes de sécurité contre les incendies imposent une mesure de température « aux alentours » des contacts de puissance. Des sondes sont donc placées dans les supports de contact de la Ground Unit (GU).

Pour assurer la protection thermique, la solution proposée par le concepteur consiste à insérer un fusible thermique dans le fil de communication PP utilisé dans le câble de recharge entre la borne et le véhicule :

#### **Communication entre la borne de recharge et le chargeur du véhicule**

Pour effectuer la recharge des véhicules électriques sur les bornes du parc solaire, la prise utilisée est de type 2 comportant 7 orifices :

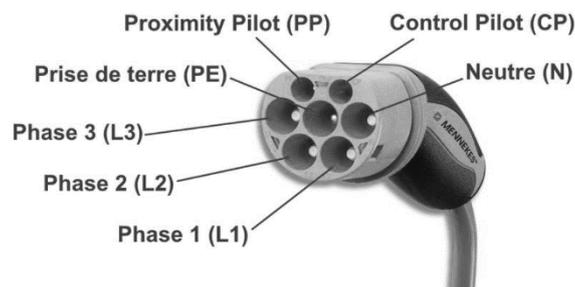


Figure 18. Prise type 2

- signal de proximité (PP) ;
- signal de contrôle (CP) ;
- mise à la terre (PE) ;
- phase neutre (N) ;
- trois phases (L1, L2, L3). Dans le cas où le courant d'entrée est monophasé, seule la première phase est utilisée.

Les deux fils de communication (PP et CP) sont utiles pour assurer la recharge en toute sécurité.

Le fil de communication PP sert à la détection de présence du câble de recharge et une résistance  $R_c$  placée entre PP et PE indique le courant accepté par le câble comme indiqué sur le schéma suivant :

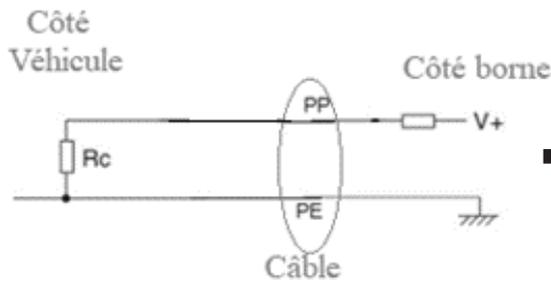


Figure 19. Schéma d'origine

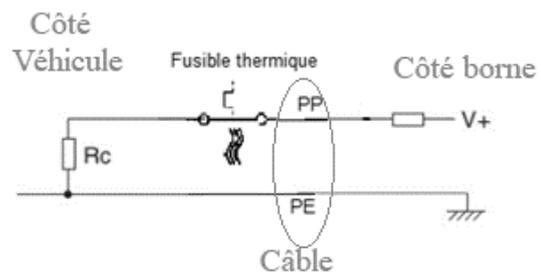


Figure 20. Schéma final avec protection thermique

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

Courant max accepté par le câble	Résistance Rc entre PP et PE
Pas de câble	Open ( $\infty$ )
13 A	1,5 k $\Omega$
20 A	680 $\Omega$
32 A	220 $\Omega$
63 A	100 $\Omega$

Le fusible thermique est un élément de sécurité utilisé pour protéger les circuits électriques contre la surchauffe d'éléments (appareils ou fils électriques par exemple).

#### Caractéristiques du fusible thermique utilisé de référence P82 90 05100

Attribut	Valeur
Température de fonctionnement	+90°C
Courant maximum	2,5 A
Plage de tension	250 V c.a.

La température de fonctionnement correspond à la température à laquelle l'élément de sécurité (fusible thermique) ouvre le circuit.

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

**Question 34 :** En vous aidant du tableau de la question 33, expliquer le principe utilisé permettant d'assurer la protection thermique contre la surchauffe des contacts.

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

En cas de coupure d'alimentation électrique, l'utilisateur du véhicule en charge doit pouvoir déconnecter la SelfPlug pour pouvoir utiliser sa voiture. Il est donc nécessaire de stocker suffisamment d'énergie dans la GU pour pouvoir assurer au moins une déconnexion.

**Question 35 :** Sur le document **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.

**Données :**

- Les temps de descente des broches et de l'embase sont respectivement de 2s et 5s pour cette phase de fonctionnement.
- L'intensité du courant consommé par la chaîne d'information est estimée à 170 mA.

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

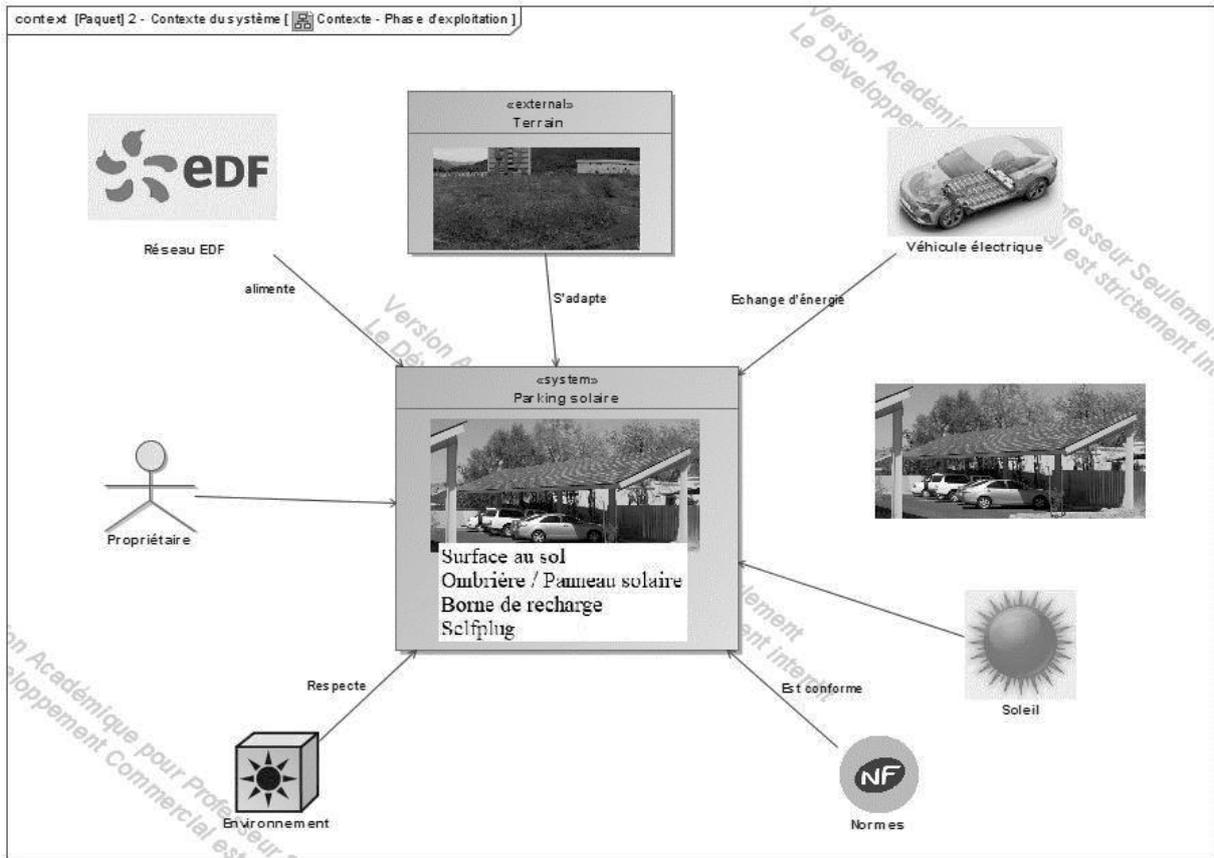
**Question 37 :** À l'aide du document **DT14**, **calculer** la capacité minimale totale des supercondensateurs nécessaires.

Il est nécessaire que la tension stockée dans les supercondensateurs soit supérieure de 10 à 20% à celle désirée.

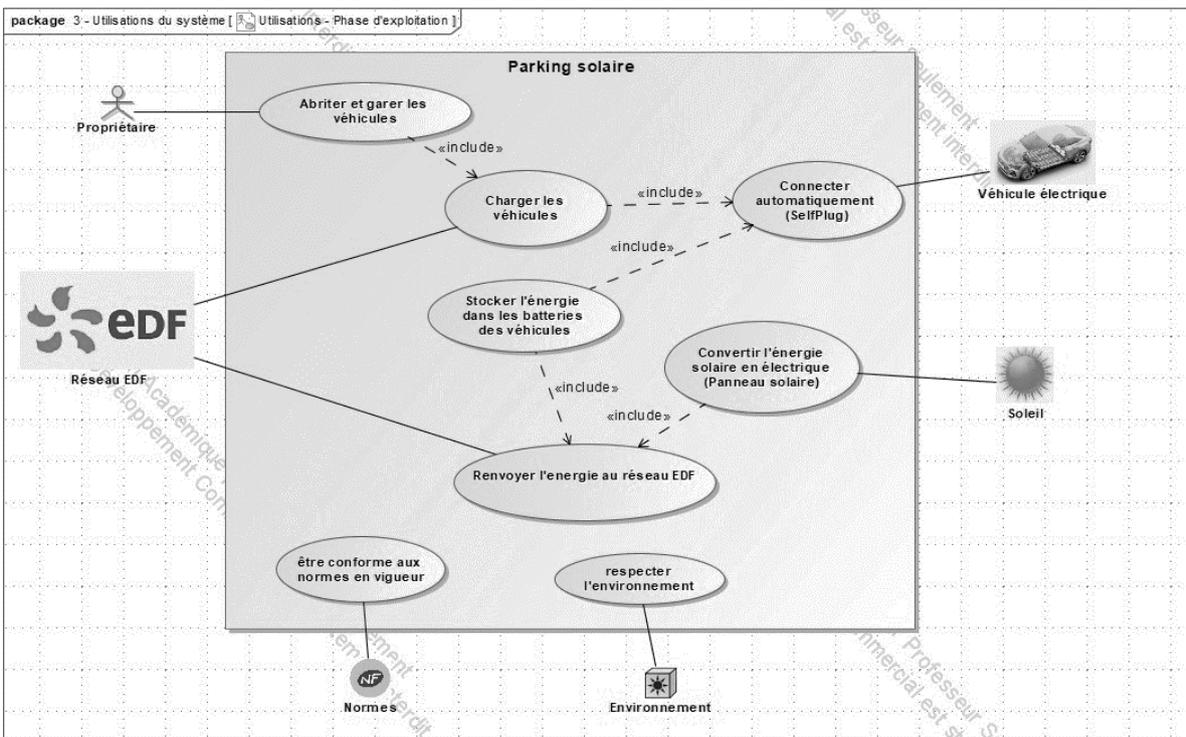
**Question 38 :** En se référant au document **DT15**, **effectuer** le choix du supercondensateur (en capacité et en nombre) le mieux adapté. **Justifier** ce choix.

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

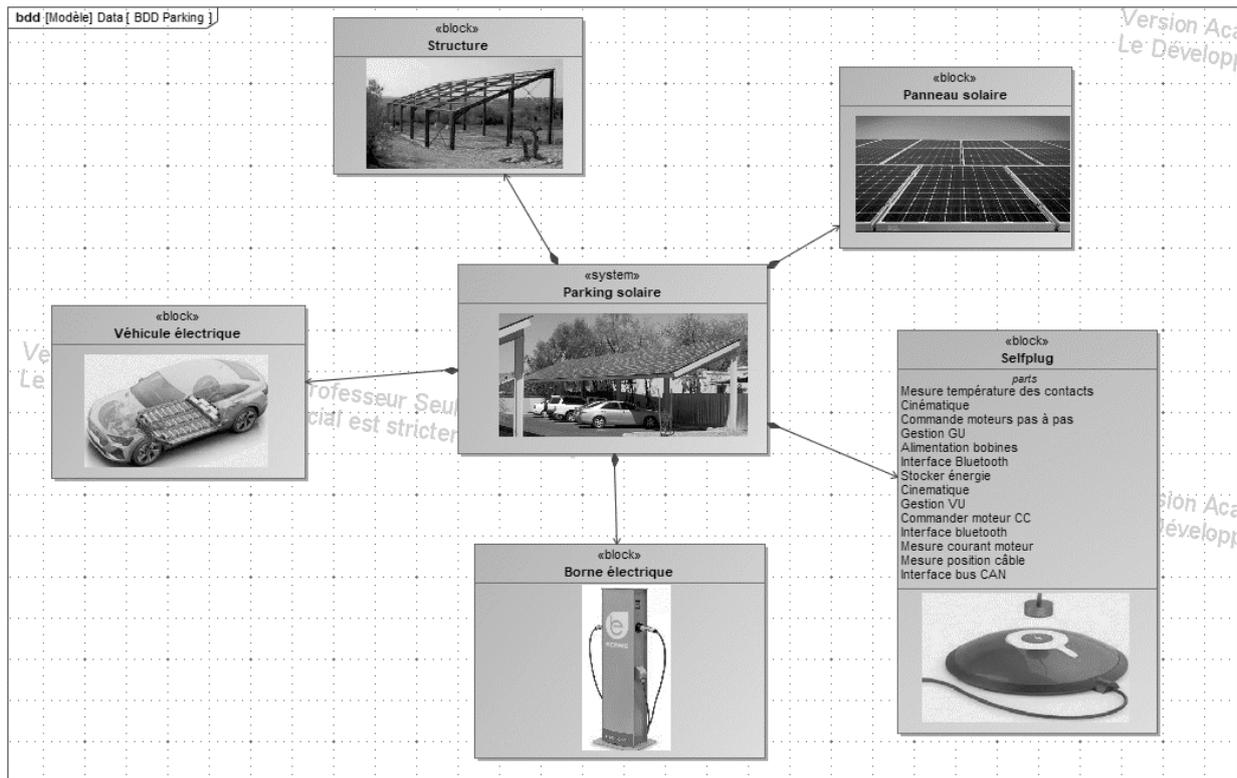
## DT1 – Diagramme de contexte



## DT2 – Diagramme de cas d'utilisation



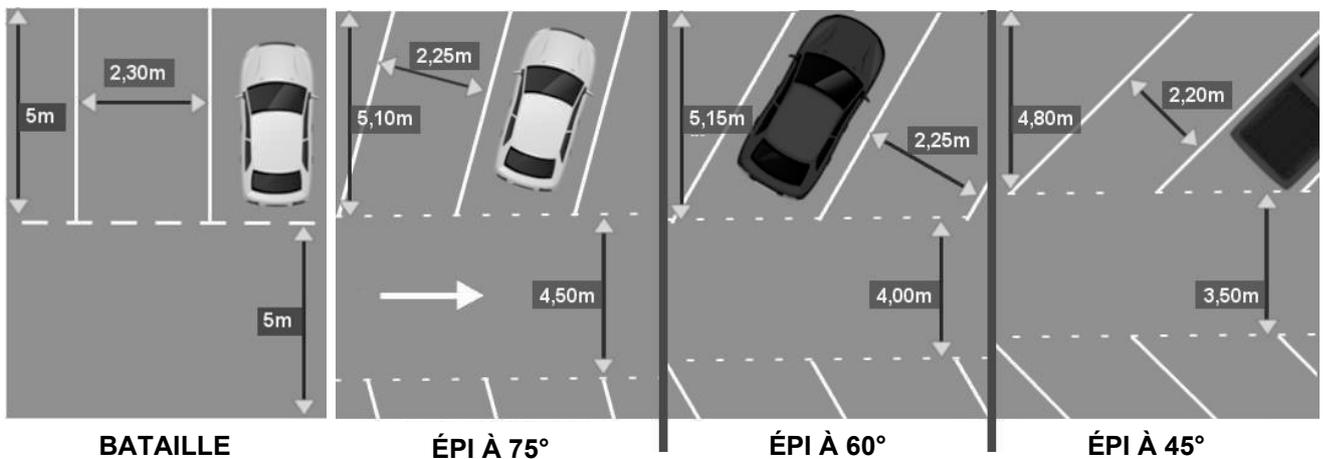
## DT3 – Diagramme de définition de blocs du système



## DT4 – Extrait norme NF-P 91-120

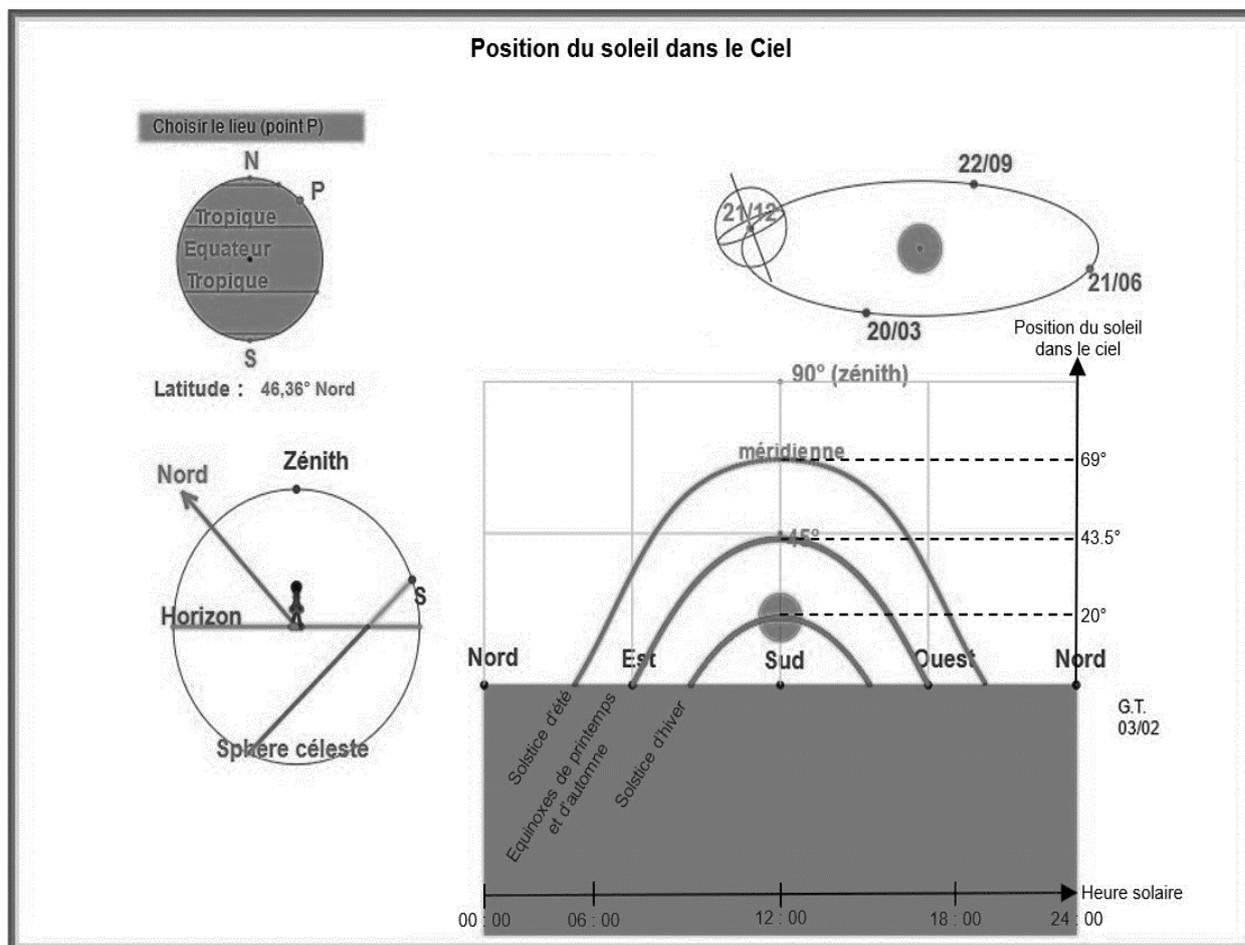
Pour les véhicules légers de moins de 3,5 t et de 1,90 m de haut, la norme NF-P 91-120 définit les dimensions des places de stationnement, les voies de circulation, les rampes d'accès et la hauteur minimale de plafond si le stationnement est couvert.

### Dimensions et implantation des places de parking en fonction du type de stationnement



Hauteur de plafond exigée :  $H_{\text{mini}} = 2,20 \text{ m}$

## DT5 – Trajectoire du soleil.

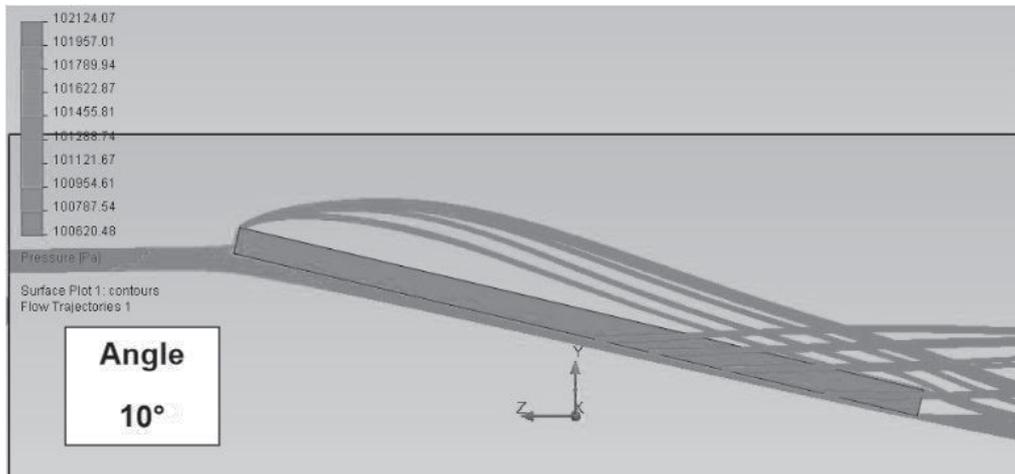


Source : [https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/Soleil/Mouvement/Jour\\_nuit.php](https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/Soleil/Mouvement/Jour_nuit.php)

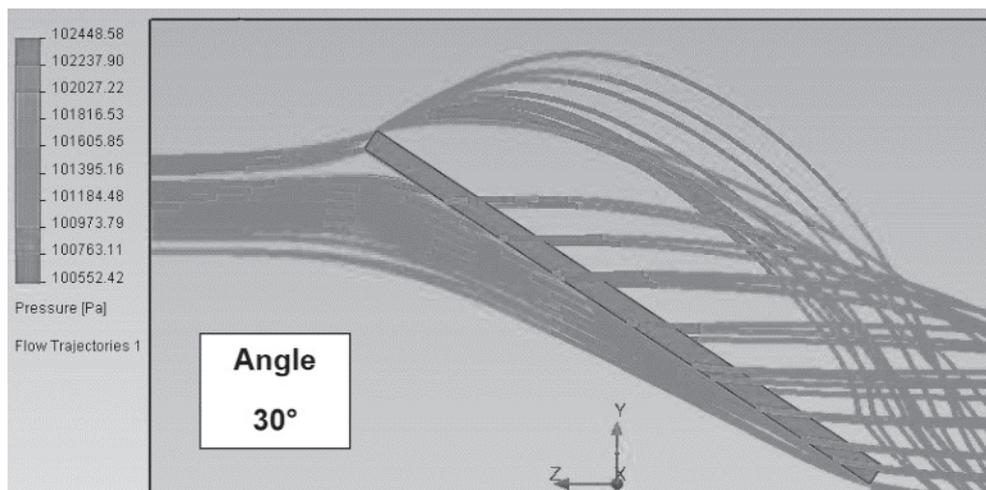
## DT6 – Bilan des actions mécaniques appliquées sur le solide S2

Poids	Structure inclinée à 10°		Structure inclinée à 30°	
	Appliqué en	Norme	Appliqué en	Norme
Poutre 1	G1 (0,00 ; -2,50 ; 2,64)	1 091 N	G1 (0,00 ; -2,50 ; 3,64)	1 240 N
Poutre 2	G2 (0,00 ; 2,50 ; 3,52)	1 091 N	G2 (0,00 ; 2,50 ; 6,53)	1 240 N
Contrefiche 1	G3 (0,00 ; -1,67 ; 2,35)	288 N	G3 (0,00 ; -1,67 ; 2,68)	299 N
Contrefiche 2	G4 (0,00 ; 1,67 ; 2,94)	314 N	G4 (0,00 ; 1,67 ; 4,61)	505 N
Rails support + panneaux	G6 (0,00 ; 0,00 ; 3,28)	10 400 N	G6 (0,00 ; 0,50 ; 5,60)	11 900 N

## DT7 – Influence du vent en fonction de l'inclinaison des panneaux



PORTANCE = 5 181,86 N ; TRAINÉE = -2 262,93 N



PORTANCE = 16 804,3 N ; TRAINÉE = -12 509,8 N

## DT8 – Charge de neige

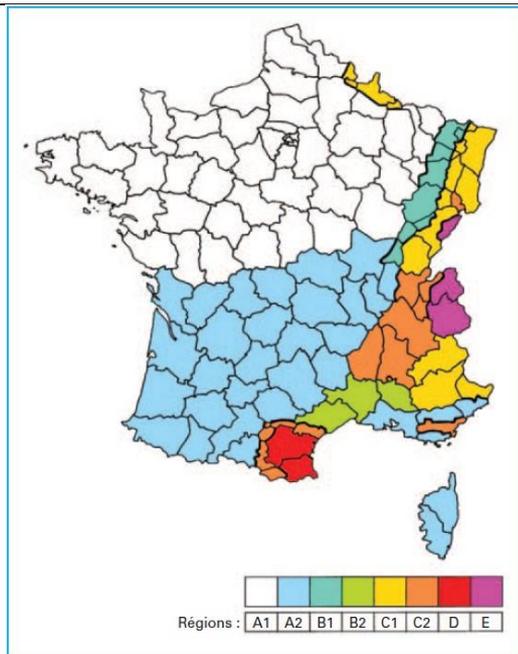


Figure 1 – Carte de zonage

La charge de neige s'exerce verticalement et doit être rapportée à une projection horizontale de la surface de la toiture.

Certains facteurs peuvent influencer des distributions diverses de la neige dont :

- la forme ;
- la pente de la toiture ;
- les conditions météorologiques (vent, pluie, température...).

Deux dispositions de charge sont à prendre en compte :

- sans accumulation ;
- accumulée (redistribuée).

Il convient de vérifier la structure en :

- Situations de projets durables et transitoires :

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

- Situations de projets accidentelles

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_{Ad}$$

avec :

- $C_e$  coefficient d'exposition (sans dimension) = 1,25 dans des conditions d'abri quasi-permanentes de la toiture (pas de déplacement possible de la neige par le vent), ou = 1 dans tous les autres cas,
- $C_t$  coefficient thermique (sans dimension) = 1 sauf dans des spécifications particulières du marché (bâtiments non isolés),
- $\mu_i$  coefficient de forme (sans dimension).

**Tableau 3 – Valeur caractéristique et charge exceptionnelle par région**

Régions	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
Valeur caractéristique ( $s_{k,0}$ ) de la charge de neige sur le sol à une altitude inférieure à 200 m (en $\text{kN/m}^2$ )	0,45	0,45	0,55	0,55	0,65	0,65	0,90	1,40
Valeur de calcul ( $s_{Ad}$ ) de la charge exceptionnelle de neige sur le sol (en $\text{kN/m}^2$ )	–	1,00	1,00	1,35	–	1,35	1,80	–

**Tableau 5 – Valeurs des coefficients de forme  $\mu_i$**

$\alpha$ (angle du toit avec l'horizontale)	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
$\mu_2$	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	–

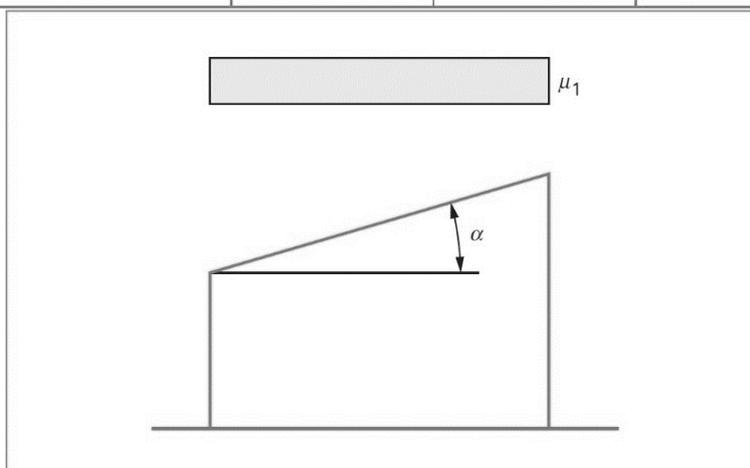
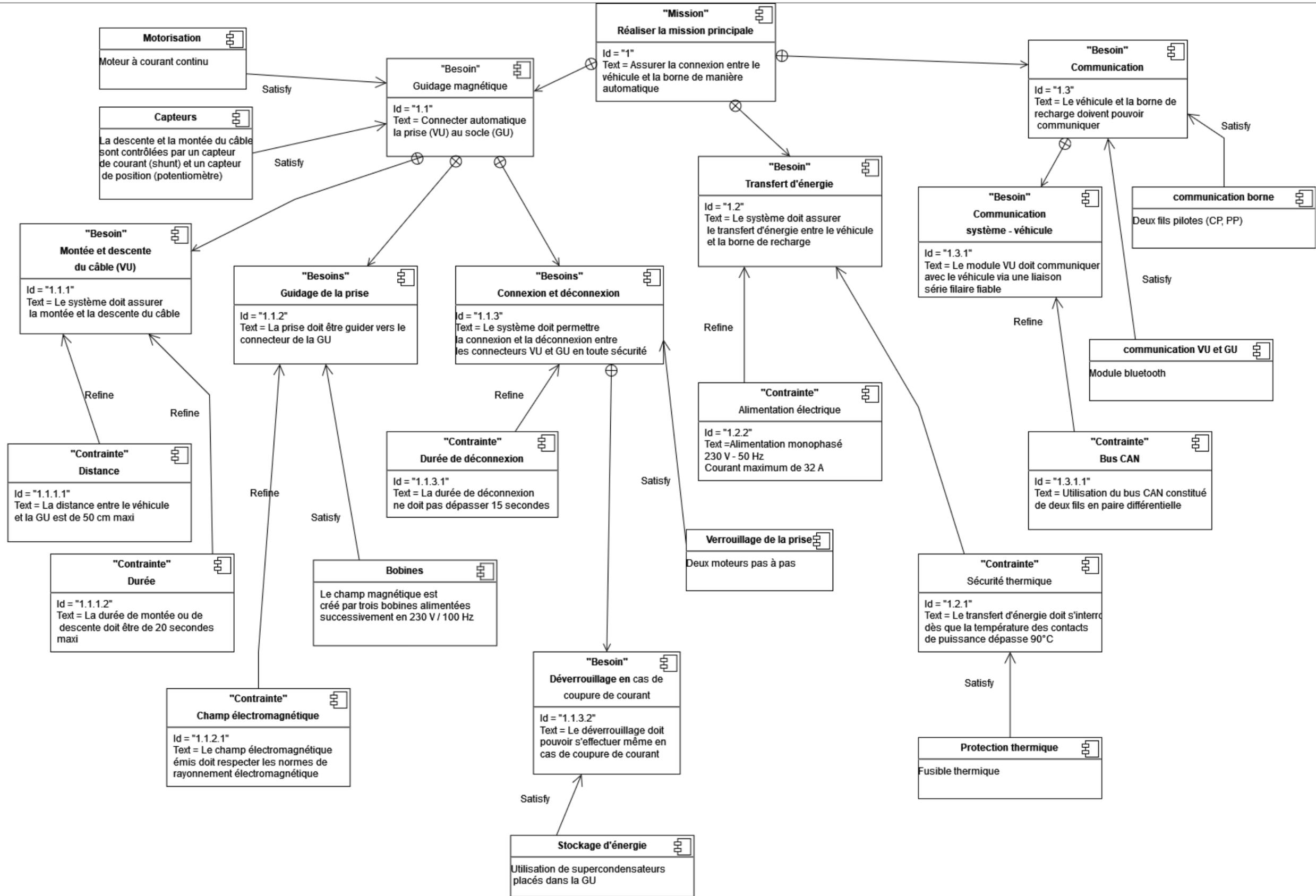


Figure 4 – Cas de charge pour les toitures à versant unique

## DT9 – Diagramme des exigences de la connexion entre le véhicule et la borne



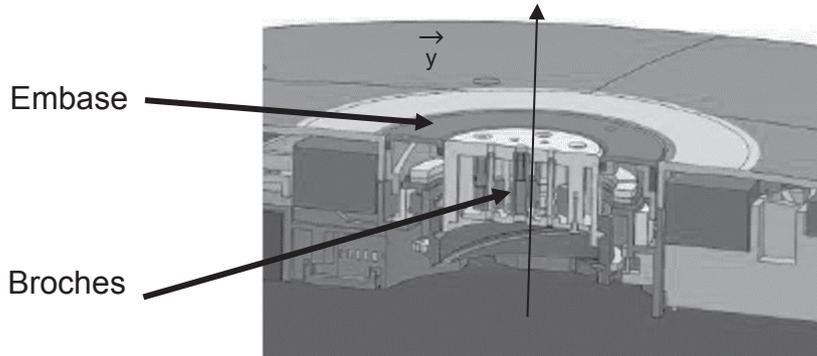
## DT10 – Protocole de connexion et de déconnexion de la VU

Pendant la charge du véhicule, le connecteur de la VU est maintenu en place par trois aimants permanents qui font partie du connecteur de la VU.

Le connecteur de la GU est composé de trois parties : une partie fixe et deux parties mobiles que sont les broches et l'embase.

- Les broches femelles ont un mouvement de translation rectiligne d'axe  $\vec{y}$  pour se connecter ou se déconnecter à la VU.
- L'embase a un mouvement de translation rectiligne d'axe  $\vec{y}$ . Lors de la déconnexion, l'embase descend et crée un entrefer pour éloigner les aimants et annuler le champ magnétique qui maintient la connexion.

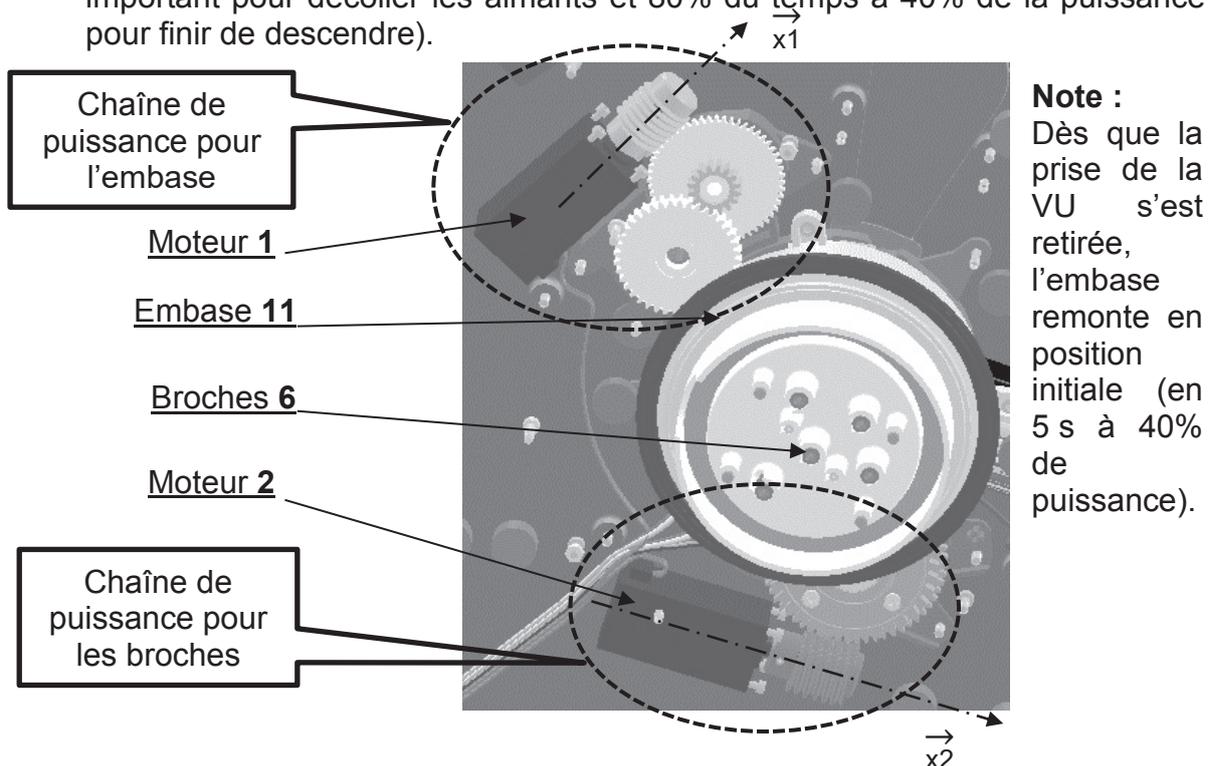
En attente d'un véhicule, l'embase et les broches sont en position basse.



**Connexion :** lorsque la prise de la VU est en place (maintenue par les 3 aimants), les broches se déplacent suivant l'axe  $\vec{y}$ . Ce mouvement est provoqué par le moteur 2 (durée : 2s à 70% de la puissance).

**Déconnexion :** la déconnexion se fait en deux étapes

- Mouvement de translation rectiligne d'axe  $\vec{y}$ , dans le sens négatif, des broches provoqué par le Moteur2 (utilisation de 70% de la puissance nominale) ;
- Mouvement de translation rectiligne d'axe  $\vec{y}$  dans le sens négatif de l'embase provoqué par le Moteur1 (20% du temps à 100% de la puissance effort important pour décoller les aimants et 80% du temps à 40% de la puissance pour finir de descendre).

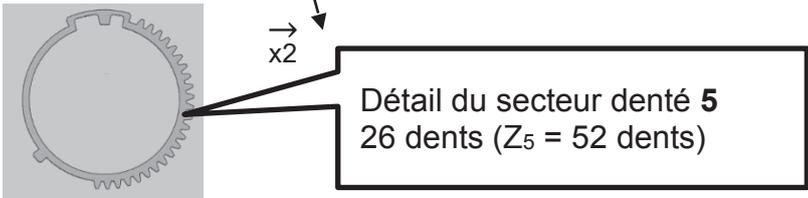
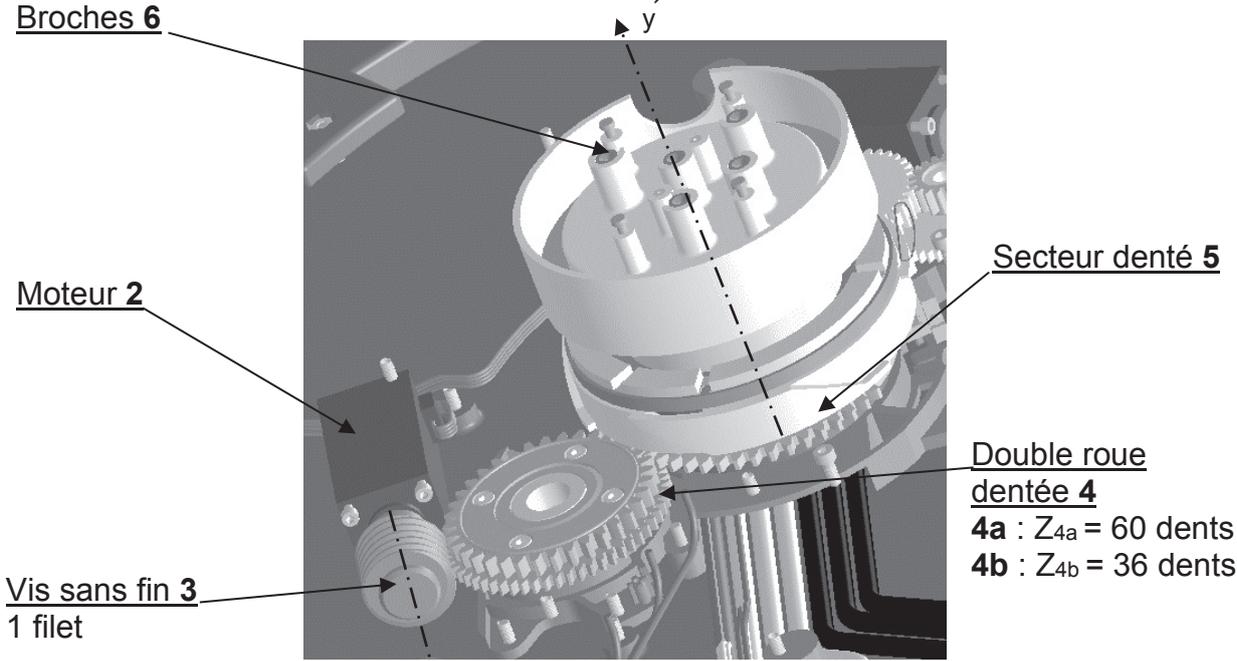


### Note :

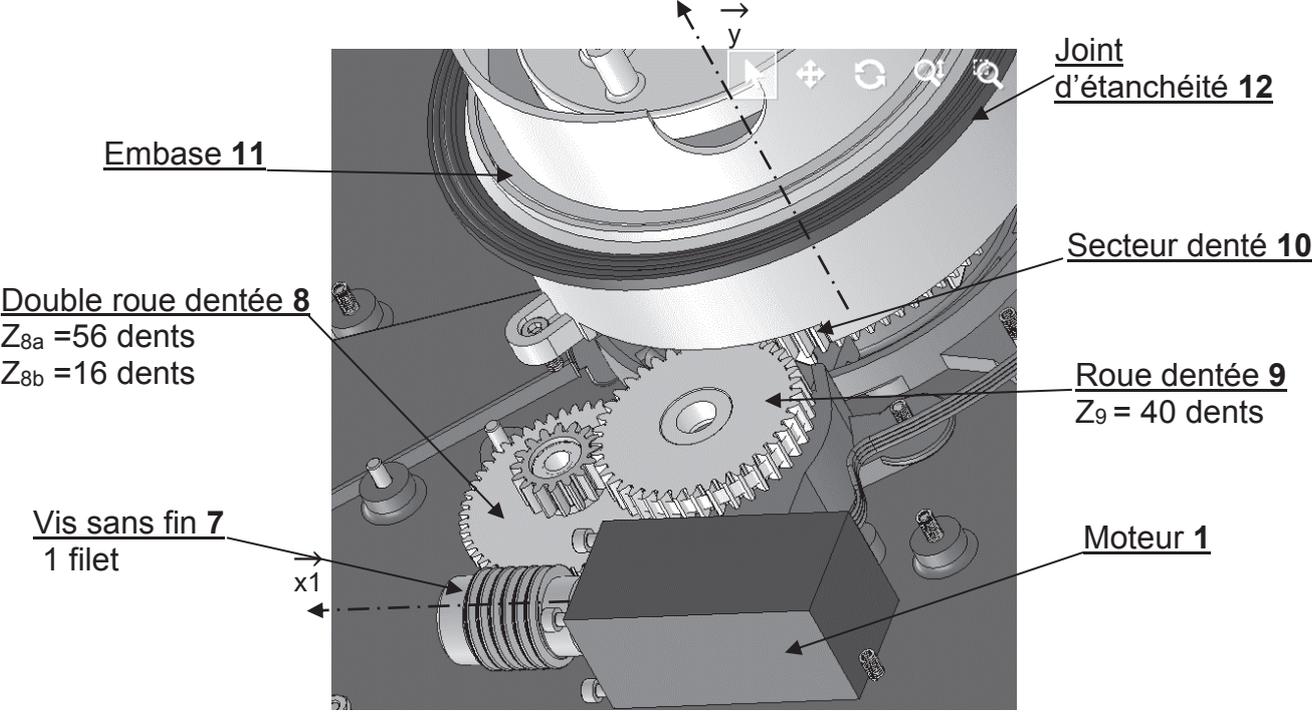
Dès que la prise de la VU s'est retirée, l'embase remonte en position initiale (en 5 s à 40% de puissance).

**DT11 – Détails des chaînes de puissance : broches et embase**

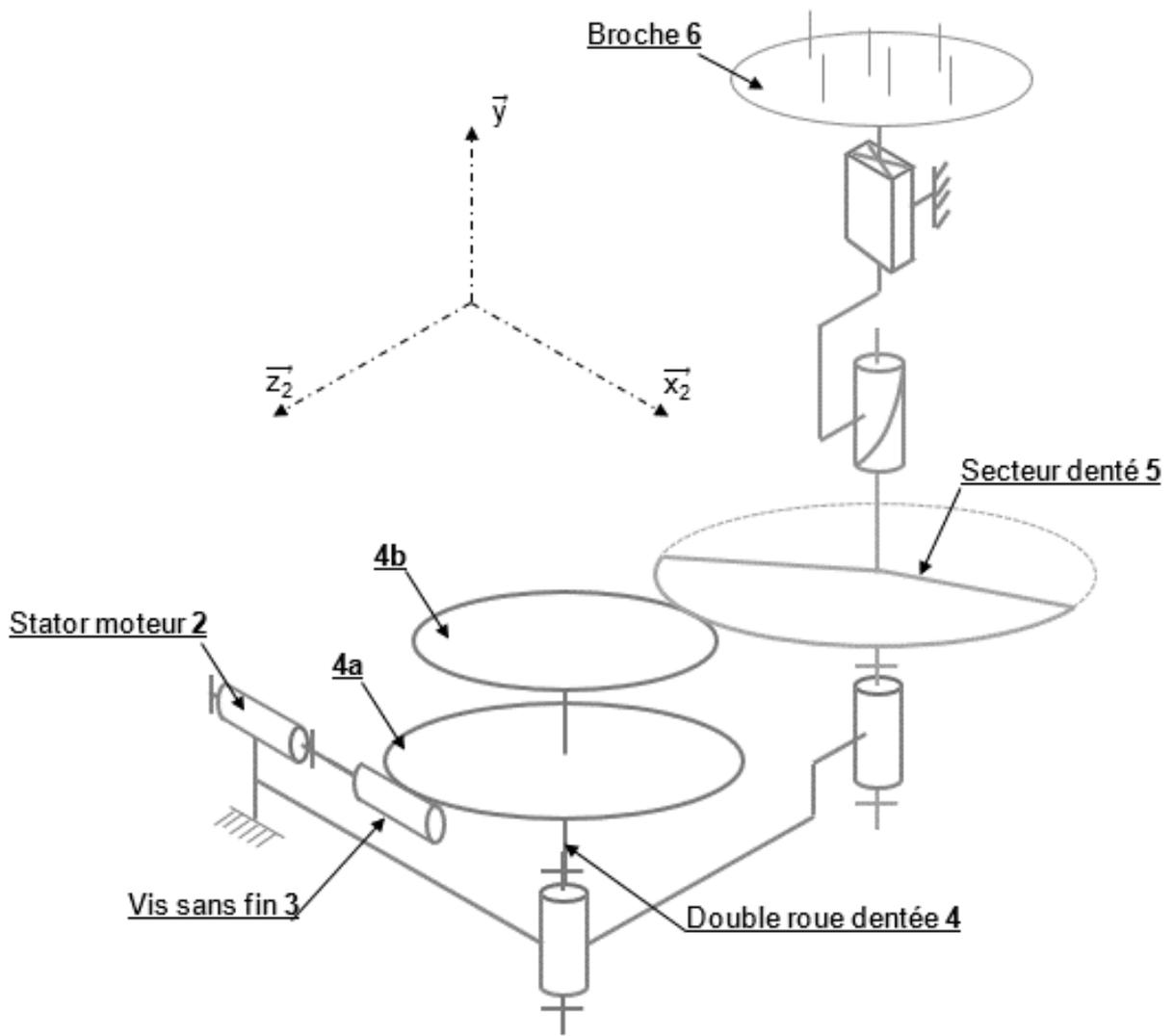
**Chaîne de puissance des broches**



**Chaîne de puissance de l'embase**



**DT12 – Schéma cinématique de la chaîne de puissance des broches**



# DT13 – Document technique des moteurs Pas à Pas

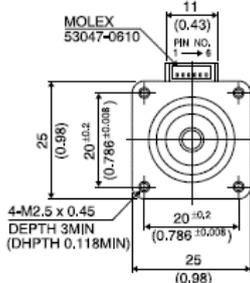
**Minebea**

**10PM-K**  
25 □ 1.8°

1.8°

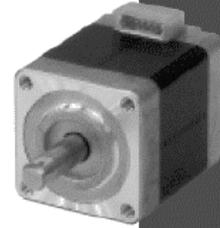
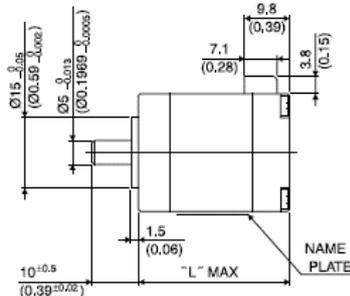
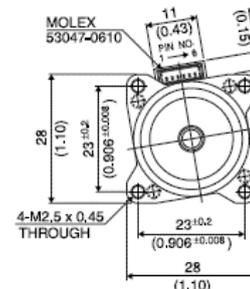
## Outline

• LEAD WIRE SIDE  
-HSG: 51021-0600  
-PIN: 50079-8000



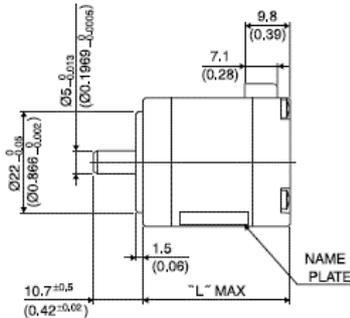
□ 28mm Motor frame size of 28mm is also available.

• LEAD WIRE SIDE  
-HSG: 51021-0600  
-PIN: 50079-8000



Hybrid

UNIT: mm (inch)



UNIT: mm (inch)

	"L"
10PM-K2**	23.5 (0.92)
10PM-K0**	27.5 (1.08)
10PM-K7**	33 (1.30)
10PM-K1**	40.5 (1.59)
10PM-K4**	51.5 (2.03)

PIN NO. vs. PHASE

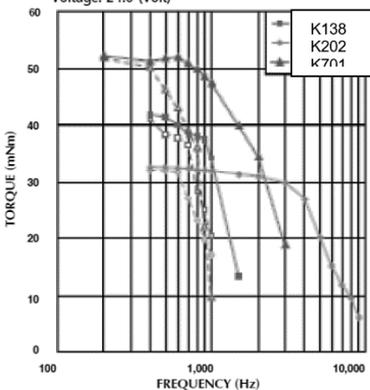
PHASE	A	B	$\bar{A}$	$\bar{B}$
PIN NO.	4	1	6	3

## Specifications

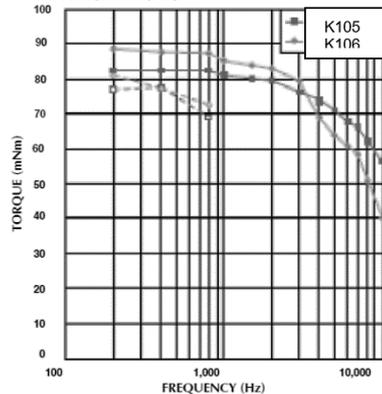
Model	Step Angle (deg)	Drive Sequence	Rated Current (A)	Resistance (Ohms)	Holding Torque (mNm)	Inductance (mH)	Rotor Inertia (g·cm <sup>2</sup> )	Detent Torque (mNm)	Mass (g)
10PM-K013B	1.8	BI-POLAR	0.21	47.0	49	30.0	3	2.5	70
10PM-K105B	1.8	BI-POLAR	1.5	1.2	90	1.0	8	4.0	110
10PM-K106B	1.8	BI-POLAR	1.0	2.8	90	2.5	8	4.0	110
10PM-K202B	1.8	BI-POLAR	0.7	3.8	33	2.0	2	2.0	55
10PM-K405B	1.8	BI-POLAR	1.5	1.6	120	1.6	12	5.0	150
10PM-K406B	1.8	BI-POLAR	1.0	3.8	120	3.6	12	5.0	150
10PM-K701B	1.8	BI-POLAR	0.63	5.8	62	5.4	5	3.0	90

## Torque/Speed Characteristics

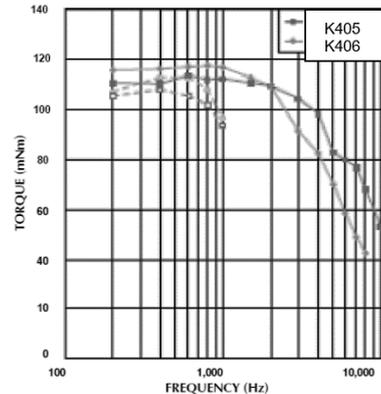
Model No: 10PM-K013B/K202B/K701B  
Driver: Chopper Dual  
Voltage: 24.0 (Volt)



Model No: 10PM-K105B/K106B  
Driver: Chopper Dual  
Voltage: 24.0 (Volt)



Model No: 10PM-K405B/K406B  
Driver: Chopper Dual  
Voltage: 24.0 (Volt)

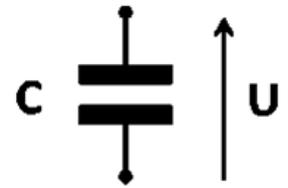


— : PULL OUT  
- - - : PULL IN

## DT14 – Supercondensateurs

Un condensateur est un composant capable de stocker de l'énergie électrique sous forme électrostatique.

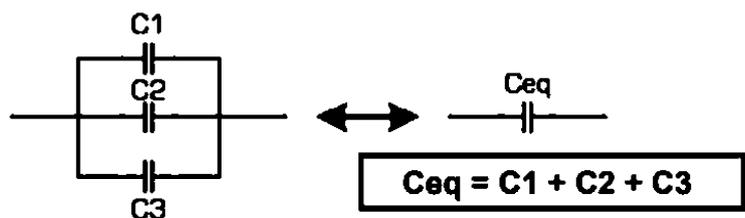
$$E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 \quad \text{avec} \quad \begin{cases} C : \text{capacité du condensateur en Farad (F)} \\ U : \text{Tension en volt (V)} \\ E : \text{Energie électrique (J)} \end{cases}$$



### Principales caractéristiques des supercondensateurs :

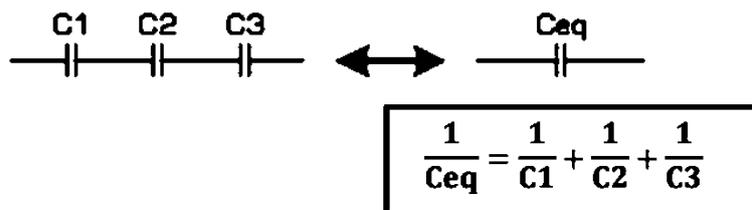
- Leur capacité peut être très élevée, plusieurs milliers de Farads (un million de fois plus que les condensateurs électrolytiques), ce qui permet de stocker d'importantes quantités d'énergie.
- Très bonne tenue dans le temps.
- Association de supercondensateurs selon deux câblages possibles :

#### Montage en dérivation :



La capacité équivalente à un groupement de condensateurs en parallèle est égale à la somme des capacités des différents condensateurs.

#### Montage en série :



L'inverse de la capacité équivalente à un groupement de condensateurs en série est égal à la somme des inverses des capacités des différents condensateurs.

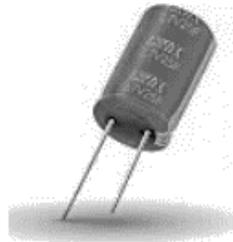
## DT15 – Différents modèles de supercondensateurs

Modèle 1 :



Supercondensateur,  
1.5F, 5.5V c.c.,  
Traversant, -40 °C →  
+70 °C

Modèle 2 :



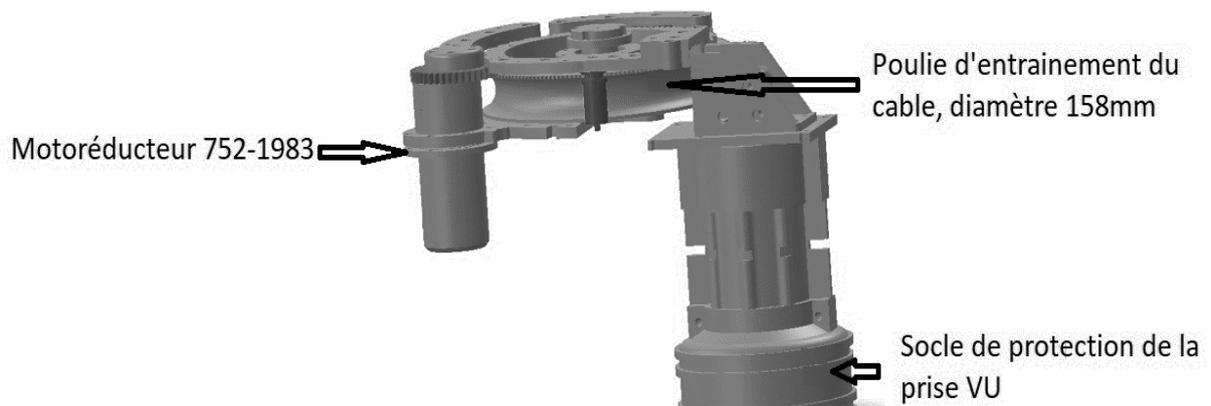
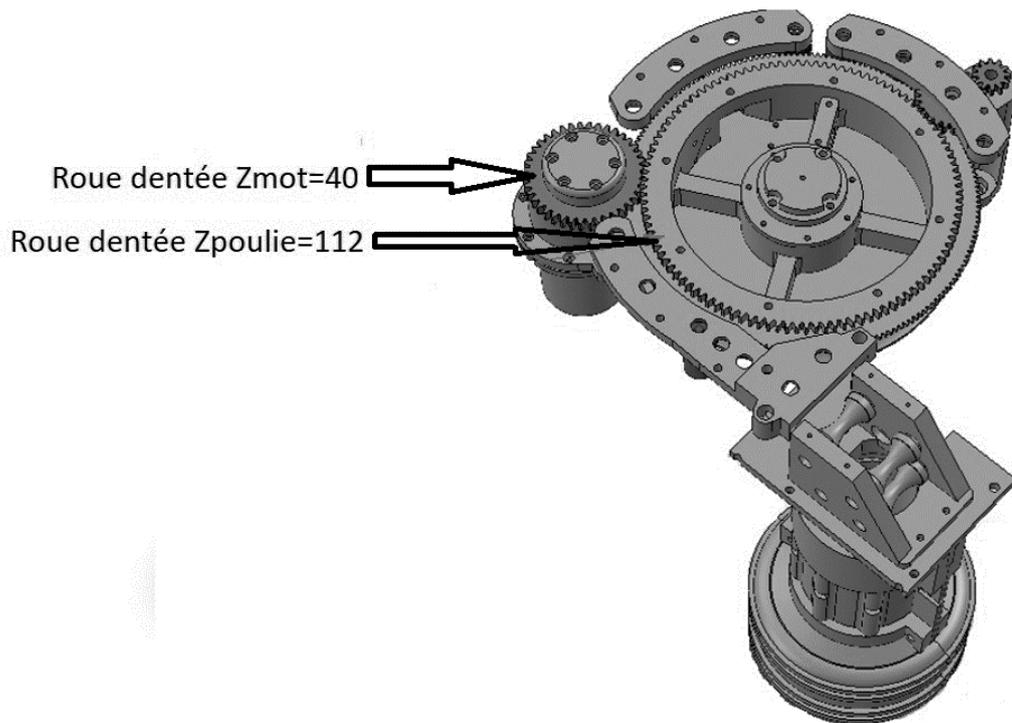
Supercondensateur, 2F, 0,736 €  
2.7V c.c.,  
Traversant, 8 (Dia.) x  
16mm, pas de 3.5mm

Modèle 3 :

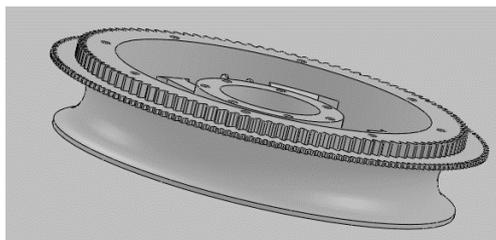


Supercondensateur, 3,3F 2.007 €  
5.6V c.c., Traversant, 7  
(Dia.) x 10mm, pas de  
10mm, -20 °C → +70 °C

## DT16 – Enroulement et déroulement du câble de la VU



Tambour (Poulie d'entraînement du câble)



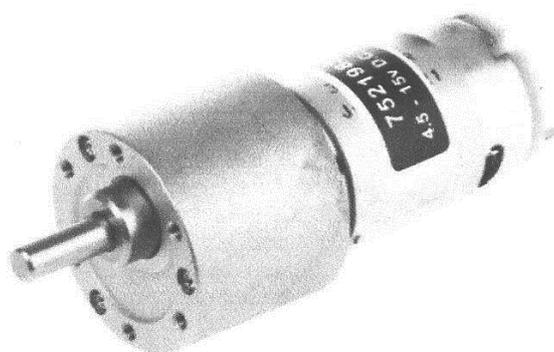


Datasheet

ENGLISH

**RS PRO DC Motor, 7 W,  
4.5 - 15 V, 6000 gcm, 14 rpm,  
6mm Shaft Diameter**

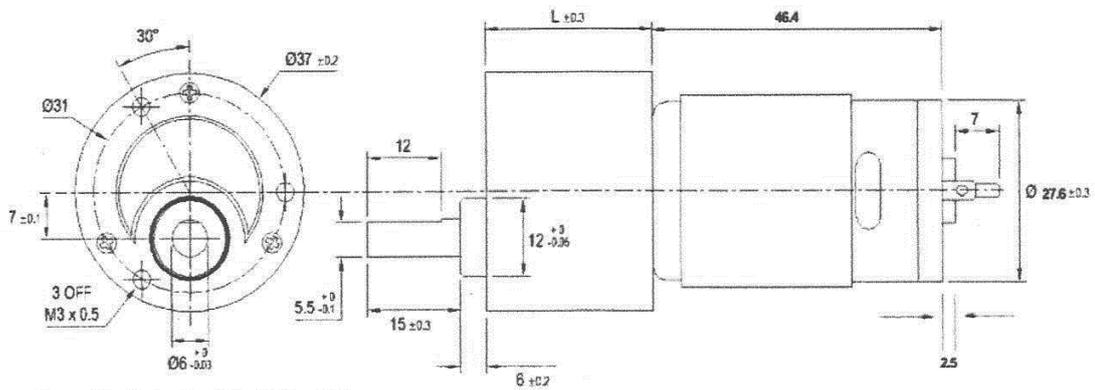
Stock No: 752-1983



**Specifications:**

Output Speed	14 rpm
Supply Voltage	4.5 - 15 V dc
Maximum Output Torque	6000 g.cm
DC Motor Type	Brushed
Shaft Diameter	6mm
Power Rating	7 W
Gearhead Type	Spur
Length	75.9mm
Width	37mm
Current Rating	840 mA
Weight	220g

rspro.com



Operating relative humidity 20% ~ 85%  
 Operating temperature range -10°C ~ +60°C

Ratio	L
500:1	29.5mm

Gearbox Housing material	Metal
Backlash at no-load	< 2°
Bearing at output	Sleeve bearings
Radial load (10mm from flange)	< 1 kgf
Shaft axial load	< 0.7 kgf
Shaft press fit force max	< 20 kgf
Radial play of shaft	< 0.05mm
Thrust play of shaft	< 0.35mm

Reduction Ratio	Rated tolerance Torque	Max momentary Tolerance Torque	Efficiency
1/500	6 kgf-cm Max.	18 kgf-cm	53%

Reduction Table RPM	4.5v	6v	9v	12v	15v
SUPPLY VOLTAGE					
752-1983	5	7	11	14	18

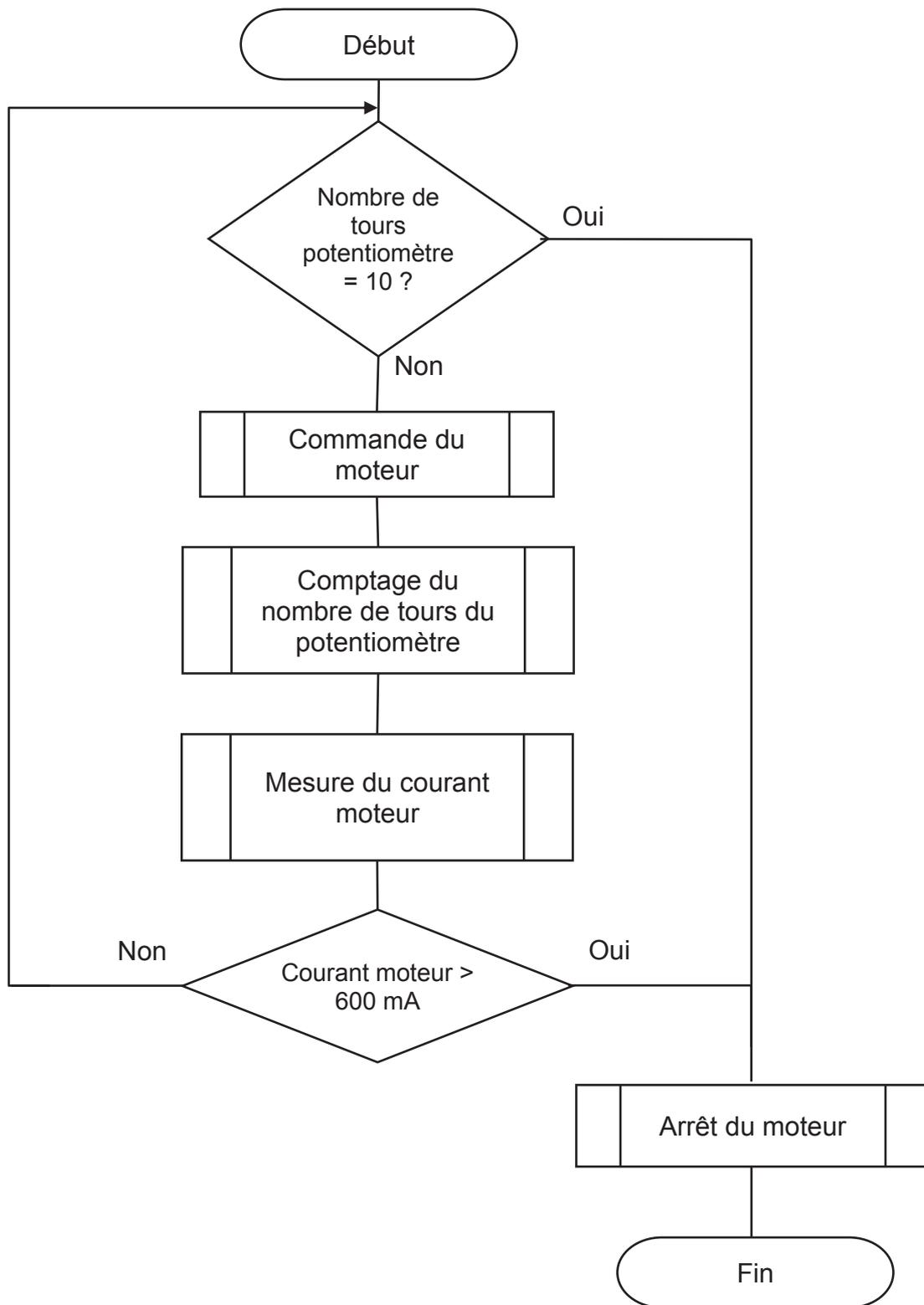
Note: Motor speeds may vary by (+) or (-) 10%



rspro.com

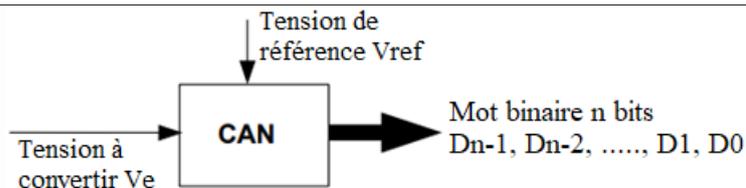


**DT18 – Algorithme du sous-programme  
« Déroulement du câble »**



Remarque : l'arrêt du déroulement est déterminé grâce à un codeur de type potentiomètre à rotation continue.

## DT19 – Convertisseur analogique numérique



La fonction « **Conversion analogique – numérique** » a pour rôle de convertir une tension analogique en un nombre « N » image de cette tension. Ce nombre « N » est la plupart du temps codé en binaire naturel ou en binaire codé décimal.

### Définitions :

- La **pleine échelle** : c'est la plage de variation possible en entrée, elle correspond généralement à la tension de référence. On la désigne par PE ou Vref.
- La **résolution** : c'est le nombre n de bits de sortie du CAN. Par exemple, on parle d'un CAN 8 bits ou 14 bits. Cette valeur définit le nombre de codes différents possible en sortie. Un CAN 10 bits permet d'obtenir 1024 codes de sortie différents.
- Le **quantum** : c'est la plus grande valeur de variation de la tension d'entrée qui ne fait pas changer le code de sortie.  
Le quantum q est défini mathématiquement par la relation :  $q = \frac{PE}{2^n}$
- Le **nombre binaire N** : il est déterminé mathématiquement par la formule :

$$N = \frac{Ve}{q}$$

## DT20 – Matériaux conducteurs

Matière	Cuivre	Aluminium
<b>Conductivité</b> ( $\rho_{cu}$ )	0,017 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$	0,027 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$
<b>Masse volumique</b>	8,92 g/cm <sup>3</sup>	2,7 g/cm <sup>3</sup>
<b>Prix</b>	9,7 €/Kg	3,1 €/Kg

Une section d'aluminium est 1,8 fois supérieure à une section de conducteur en cuivre pour la même intensité

### Calcul d'une section de câble

$$S = (\rho \times L \times I) / \varepsilon \times V_A$$

$\varepsilon$  = Chute de tension admise pour recharge de véhicule électrique = 5%  $\rightarrow = 0,05$

$\rho_{cu}$  = Résistivité du Cuivre à 20° = 0,017  $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$

$\rho_{alu}$  = Résistivité de l'Alu à 20° = 0,027  $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$

L = Longueur du câble

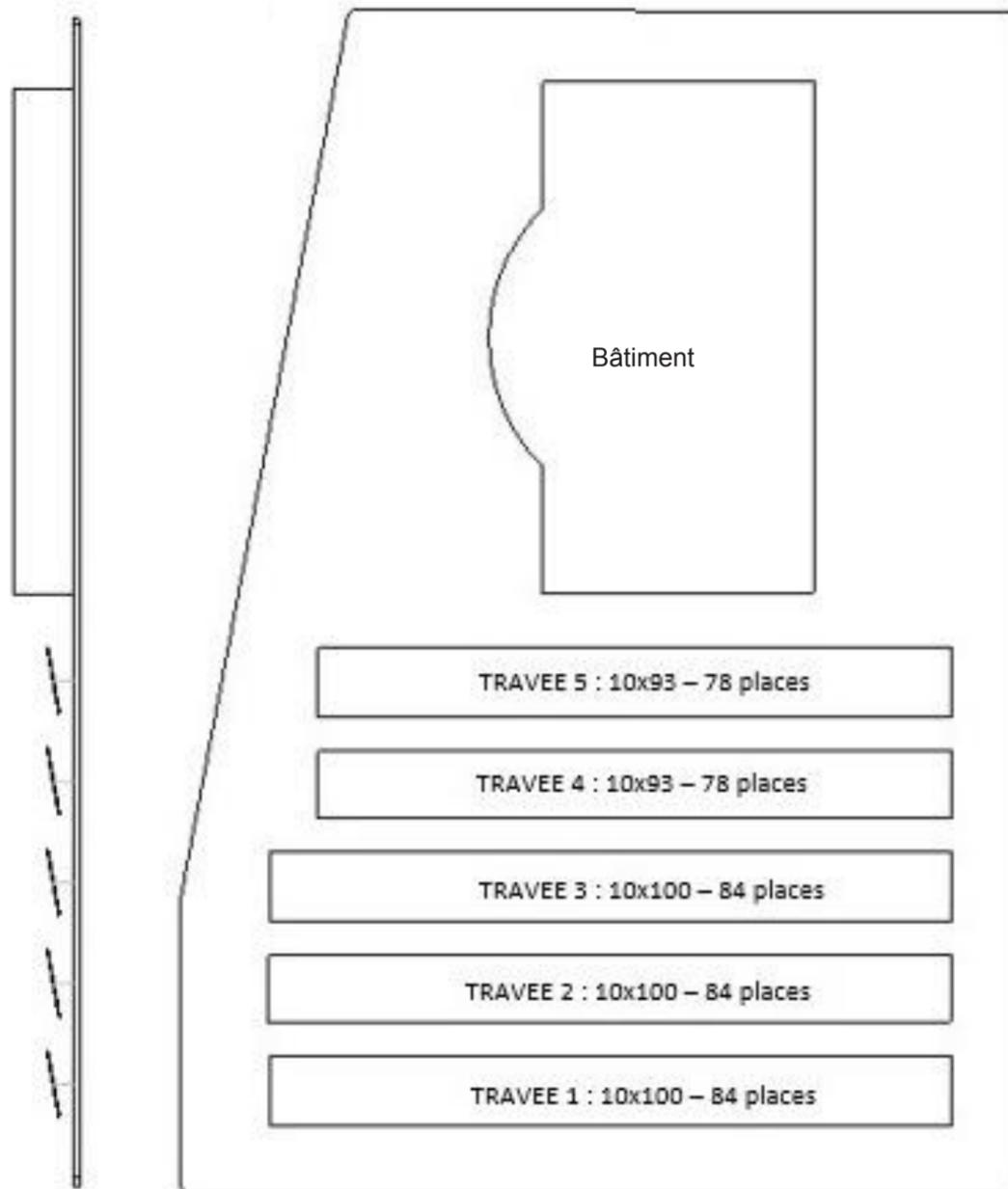
I = Intensité du circuit

$V_A$  = Tension à l'origine du câble  $\rightarrow 230$  V

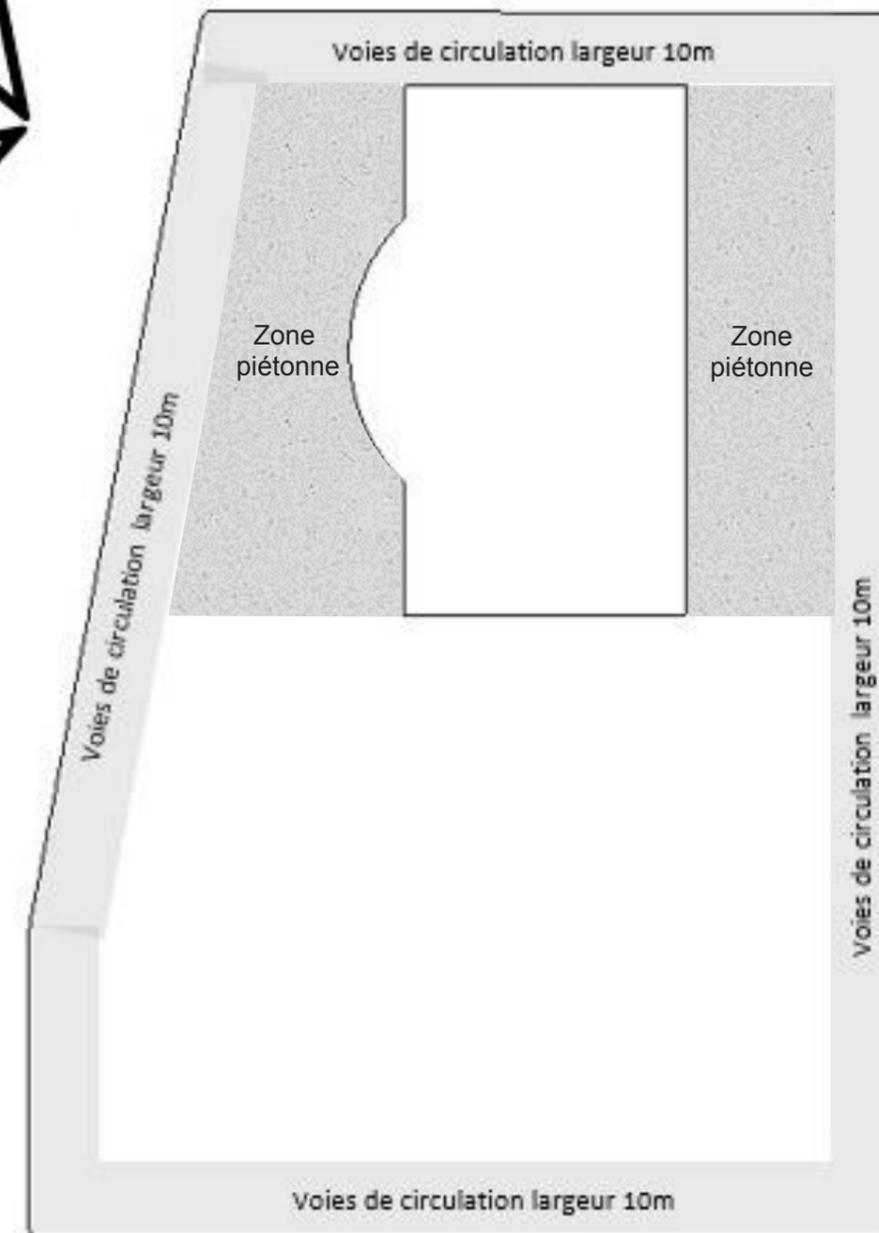


NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR1 – Implantation des ombrières

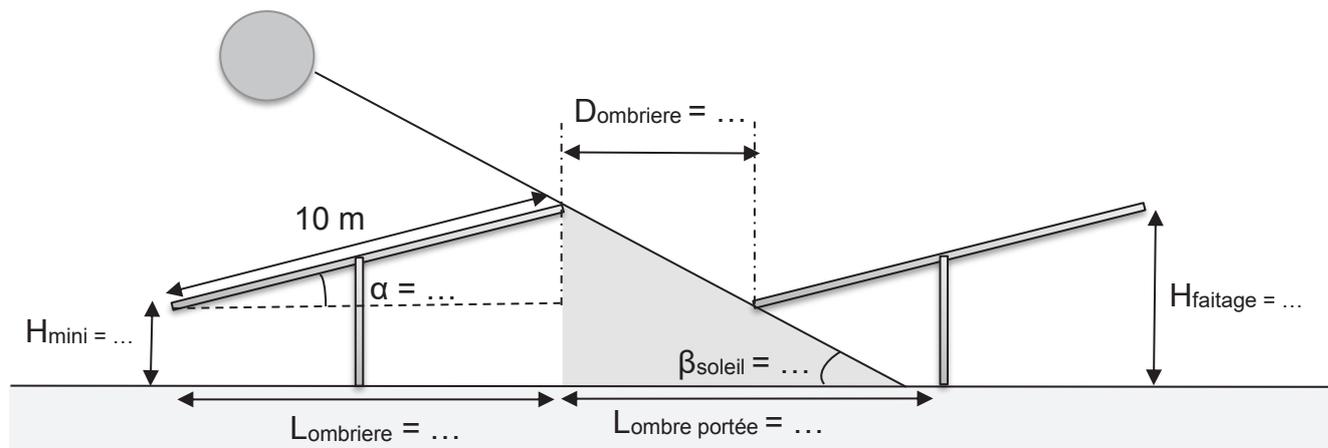


Installation existante



Installation orientée Sud

## DR2 – Emprise au sol



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

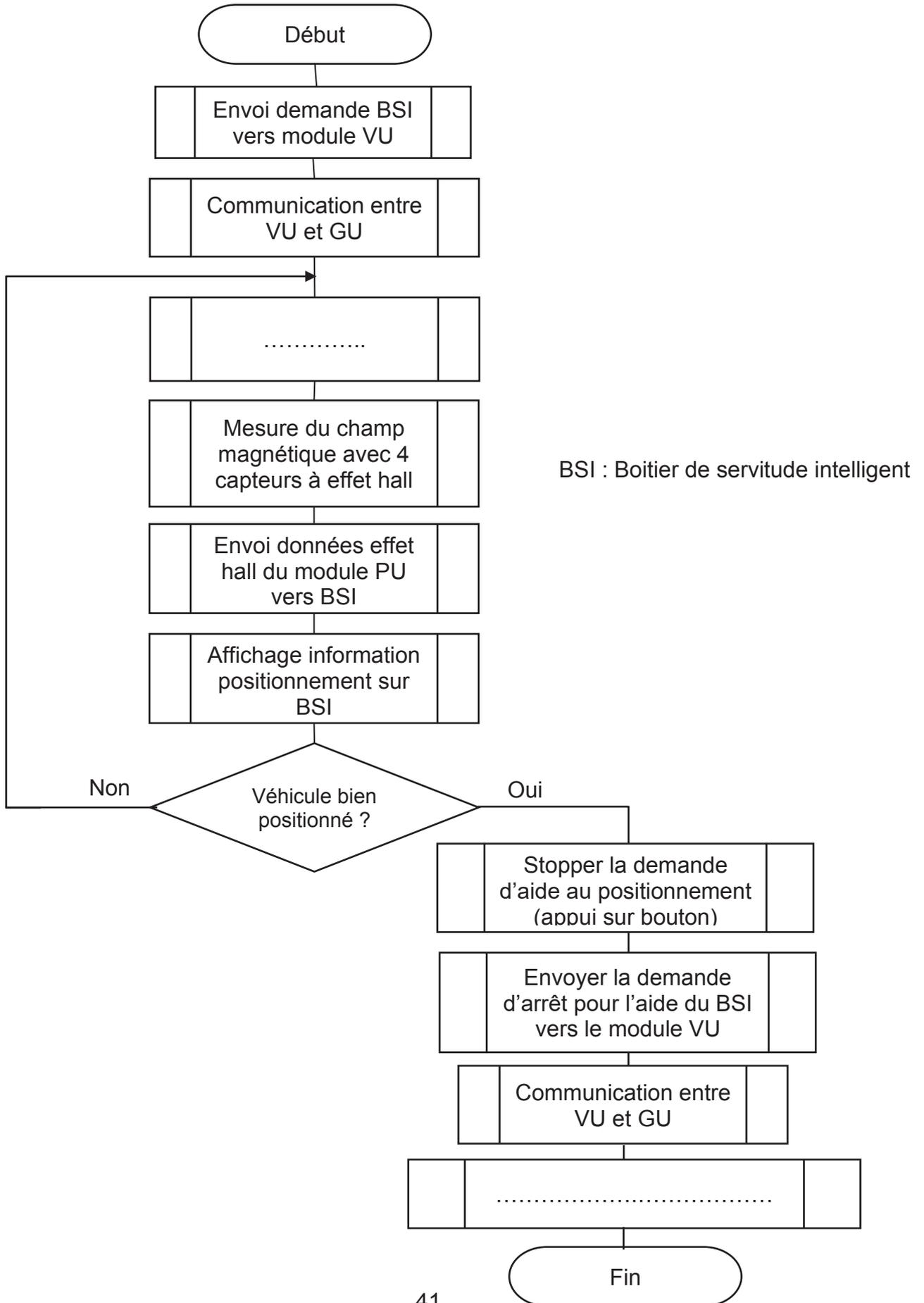
### Synthèse :

	Nombre de places sur le parking	Efficacité énergétique	Comportement au vent	Comportement à la neige
Installation existante - Orientation -15° Sud - Inclinaison 10°		L'orientation et l'inclinaison ne sont pas optimales		
Installation étudiée - Orientation Sud - Inclinaison 30°				



**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

**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		Véhicule trop à droite et trop reculé
3,5V	3,5V	3,5V	3,5V		
4,25V	3V	3V	2,75V		

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 « véhicule bien positionné ».

## DR5 – Données de la trame CAN

	Data 0 (N1)	Data 1 (N2)	Data 2 (N3)	Data 3 (N4)
Hexadécimal				
Décimal				
Champ B en Gauss				

## 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 ..... :  
    Cde_moteur()  
    Comptage_N_pot()  
    Mesure_lmot()  
    .....  
    .....  
    .....
```

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