CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES

Session 2010

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES
GÉNIE ÉLECTRIQUE

(Classe de terminale STI)

ÉLECTROTECHNIQUE

DURÉE 6 Heures

Aucun document n'est autorisé

Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999)

VÉHICULE ÉLECTRIQUE F-City : nouvelle solution de mobilité urbaine !

Ce dossier comprend :

- ☐ La présentation générale du véhicule électrique F-city — Pages PG1 à PG4
- ☐ L'étude mécanique : cahier partie A
  - Questionnement et réponses — Pages A1 à A17
- ☐ L'étude de la motorisation et de sa commande : cahier partie B
  - Questionnement et réponses — Pages B1 à B14
  - Documents techniques — Pages DTB1 à DTB5
- ☐ Le dimensionnement du rack batterie : cahier partie C
  - Questionnement et réponses — Pages C1 à C7
  - Documents techniques — Page DTC1
- ☐ L'étude du lève vitre électrique : cahier partie D
  - Questionnement et réponses — Pages D1 à D11

Remarques importantes : l'épreuve se compose de 4 parties A, B, C et D qui sont indépendantes. Dans chaque partie et pour chaque question un emplacement est réservé pour les réponses. Elles seront traitées dans l'ordre souhaité par le candidat.

PRESENTATION GENERALE DE LA F-CITY

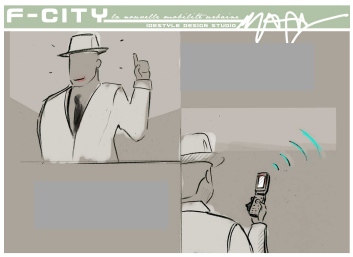
Ce dossier de présentation générale est constitué de :

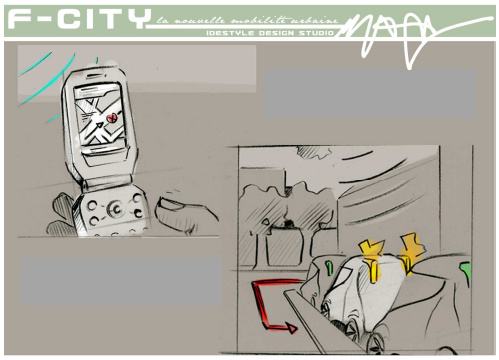
- 4 pages numérotées de PG1 à PG3

F-CITY : la nouvelle solution de mobilité urbaine.

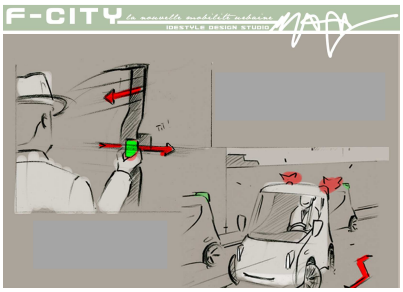
Fabriquée par la société FAM Automobiles, entreprise basée à Etupes dans le nord Franche-Comté, la F-City entend apporter une solution aux nombreux problèmes liés aux déplacements urbains (embouteillages, pollution atmosphérique …).

Il s'agit d'une petite voiture électrique pour la ville. Associé à un concept Vu Log qui permet de localiser en permanence le véhicule, « F-City » peut être utilisé en libre accès et réservé d'un simple coup de téléphone.

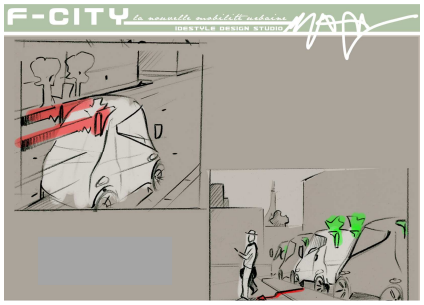




Il suffit de se connecter, grâce à son portable, au système de réservation via un identifiant et un mot de passe. Le système Vu Log indique aussitôt à l'utilisateur, l'emplacement du véhicule libre le plus proche. Grâce à des leds, le véhicule réservé signale sa présence.



Ensuite l'utilisateur valide sa prise en charge du véhicule en passant sa carte devant le lecteur embarqué. Il peut effectuer sa course et, après, libérer le véhicule.



Les points forts de l'association Vu Log F-City :

- Pas de station de prise en charge des véhicules ;
- Géo localisation en temps réel des véhicules ;
- Diagnostic temps réel des véhicules, dont l'état de charge de la batterie.

Les spécifications techniques de la F-City

L'utilisation de ce véhicule dans des zones urbaines engendre les contraintes suivantes :

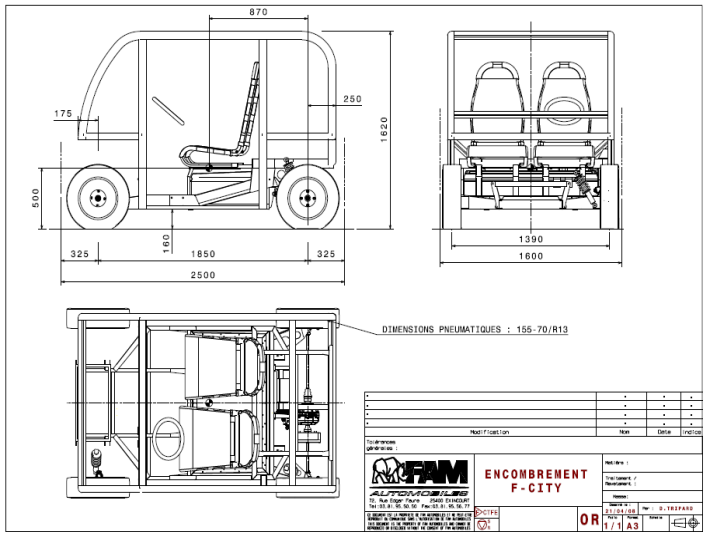
- du fait de son utilisation publique et partagée, il doit être fiable et robuste et l'autorisation de son accès par les seuls abonnés au service doit être contrôlée,
- l'interface homme machine doit être ergonomique, conviviale et intuitive,
- à tout moment le système central de gestion de la flotte doit connaître la position de chacun des véhicules et doit intervenir à distance pour, par exemple, le stopper en cas de forte décharge de la batterie,
- sa petite taille implique un nombre limité de batteries et donc une faible autonomie,
- les batteries positionnées dans un rack doivent être changées en dix minutes.

Description générale.

Véhicule compact (L x l x h : 2,5 x 1,6 x 1,6m) répondant à la réglementation L7E :

- quadricycle lourd,
- masse maximum de 400 kg hors système de stockage batterie,
- capacité au décollage en côte : maximum 14 %,
- groupe moto-propulseur en position arrière.

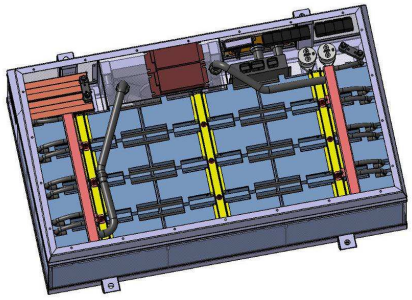
Vitesse maximum de 60 km/h sur le plat.
Vitesse maximum de 40 km/h avec une pente de 10%.
Système batterie amovible.
Autonomie : 80 à 100 km selon le profil de mission.



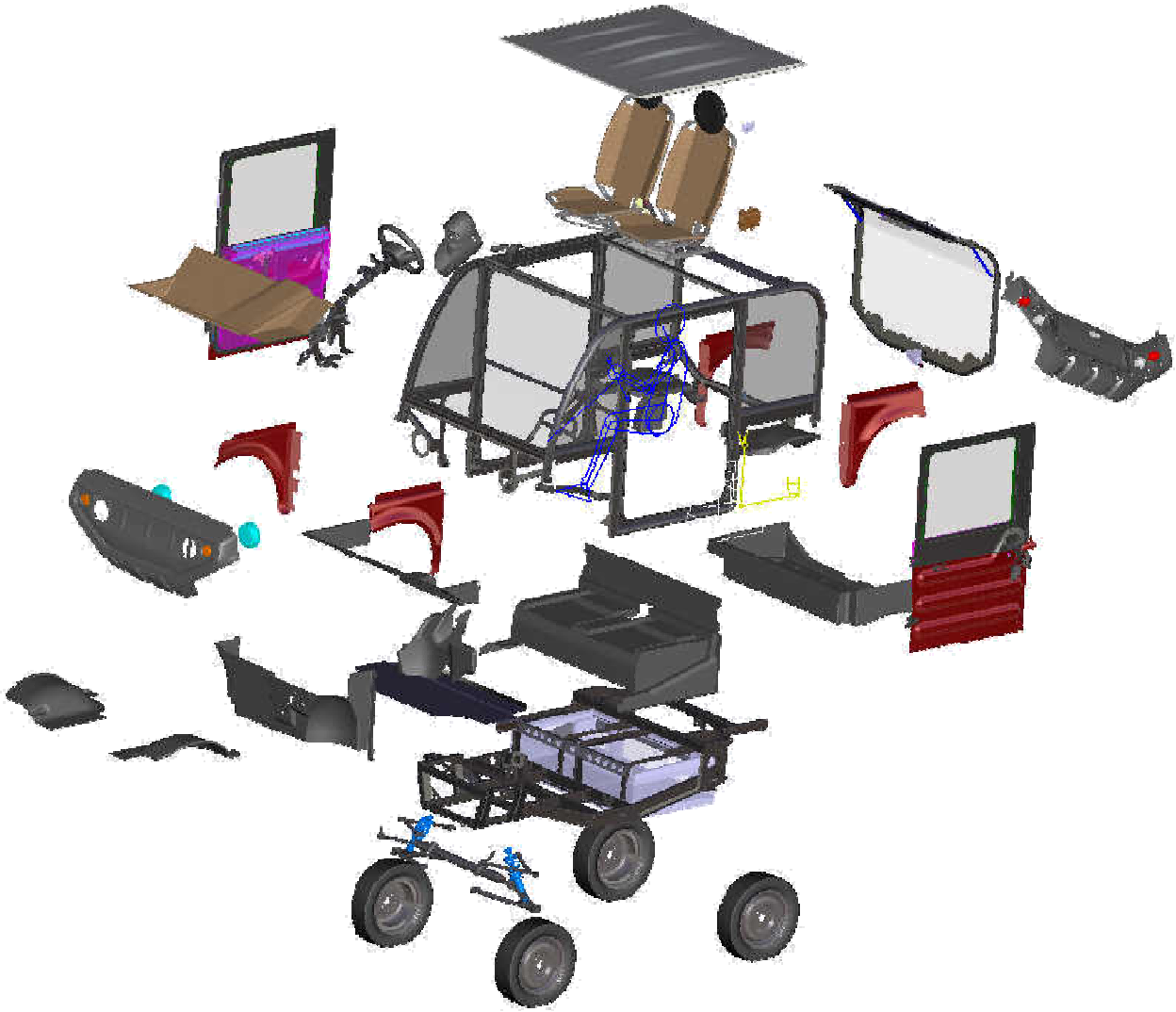
Le rack batteries amovible.

Le rack amovible d'une masse de 273 kg est fixé en 4 points à la structure et participe à la rigidité du véhicule. Il intègre :

- un module de batteries SAFT,
- Le BMS (Battery management Syst) : unité de contrôle électrique de gestion du rack,
- 2 modules chargeur,
- Un échangeur air / eau + ventilation + circuit de refroidissement,
- 2 sondes de T°batterie (E/S) + 1 sonde de T°air ,
- Connecteur 230V pour la recharge,
- Connecteur 72V de traction,
- Relais de sécurité.

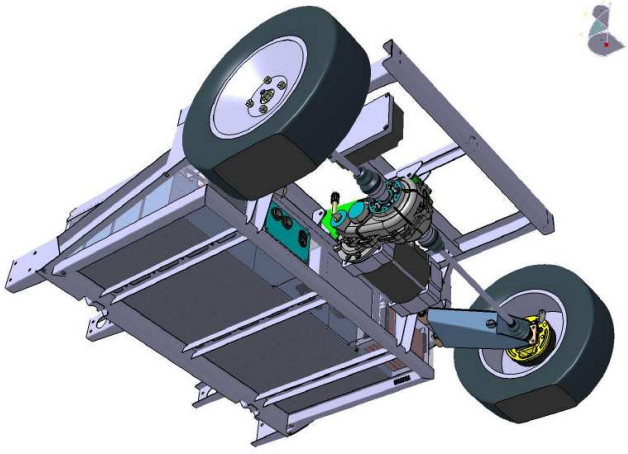


Vue éclatée.



Vue du châssis.

Vue du groupe moto-propulseur



Partie A

ETUDE MECANIQUE DE LA CHAINE DE PROPULSION

Le but de cette étude est de déterminer les caractéristiques du moteur électrique afin de valider des données du cahier des charges.

- Par une étude dynamique nous déterminerons les actions mécaniques au niveau du train arrière motorisé (propulsion).
- Par une étude énergétique de la chaîne de transmission nous déterminerons le couple du moteur ainsi que sa puissance.
- Enfin, nous calculerons des points de fonctionnement pour valider des données du cahier des charges fonctionnel.

Ce dossier est constitué de :

- 17 pages numérotées de A1 à A17.

Temps conseillé : 2 heures.

Objectifs de l'étude

- Détermination des paramètres influents le choix du moteur électrique.
- Détermination des points de fonctionnement de ce moteur.

Les parties A1 ; A2 ; A3 ; A5 ; A6 ; A7 et A9 sont indépendantes !

A1 : Détermination de la position du centre de gravité

Le véhicule F-CITY est modulable à la construction. Il est constitué d'une caisse et accessoires **(c)** ; d'un rack batterie **(b)** et du module « trains roulants, transmission, motorisation » **(t)**.

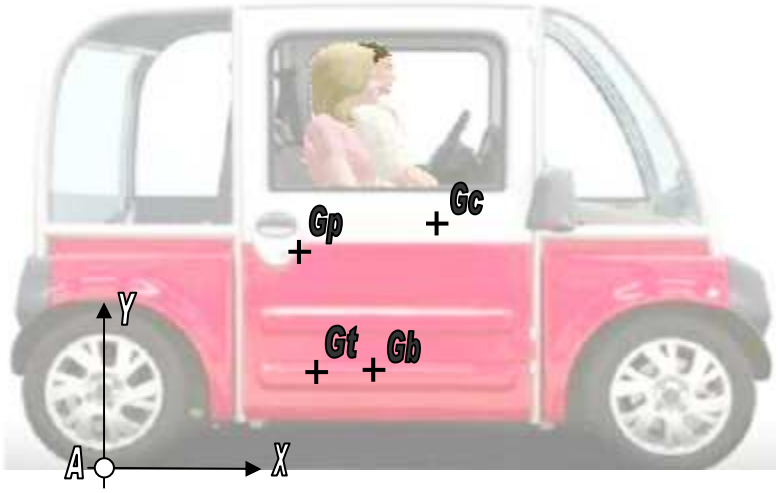
Données et hypothèses :

⇨ Le système admet un plan de symétrie matérielle $(A, \vec{x}, \vec{y})$.

⇨ Masse maximale et position (en mm) du centre de gravité de chacun des modules :

- Caisse **(c)** : $m_c = 259\,kg$ et $\overrightarrow{AG_c} = 1029\,\vec{x} + 775\,\vec{y}$.
- Rack batterie **(b)** : $m_b = 273\,kg$ et $\overrightarrow{AG_b} = 757\,\vec{x} + 283\,\vec{y}$.
- Transmission **(t)** : $m_t = 138\,kg$ et $\overrightarrow{AG_t} = 624\,\vec{x} + 271\,\vec{y}$.
- Personnes et bagages : $m_P = 200\,kg$ et $\overrightarrow{AG_P} = 535\,\vec{x} + 668\,\vec{y}$.

Sur la figure ci-dessous, on donne la position des différents centres de gravité.



⇨ La position du centre de gravité d'un solide constitué de n solides élémentaires est définie par la relation suivante : $\overrightarrow{AG} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{n} m_i \times \overrightarrow{AG_i}$, sachant que :

- m : Masse totale du solide.
- m_i : Masse du solide élémentaire (i).
- $\overrightarrow{AG_i}$: Vecteur position du centre de gravité de ce solide élémentaire (i).

A1.1 : Calculer le vecteur position du centre de gravité $\overrightarrow{AG}$ du véhicule F-CITY dans la base $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$.

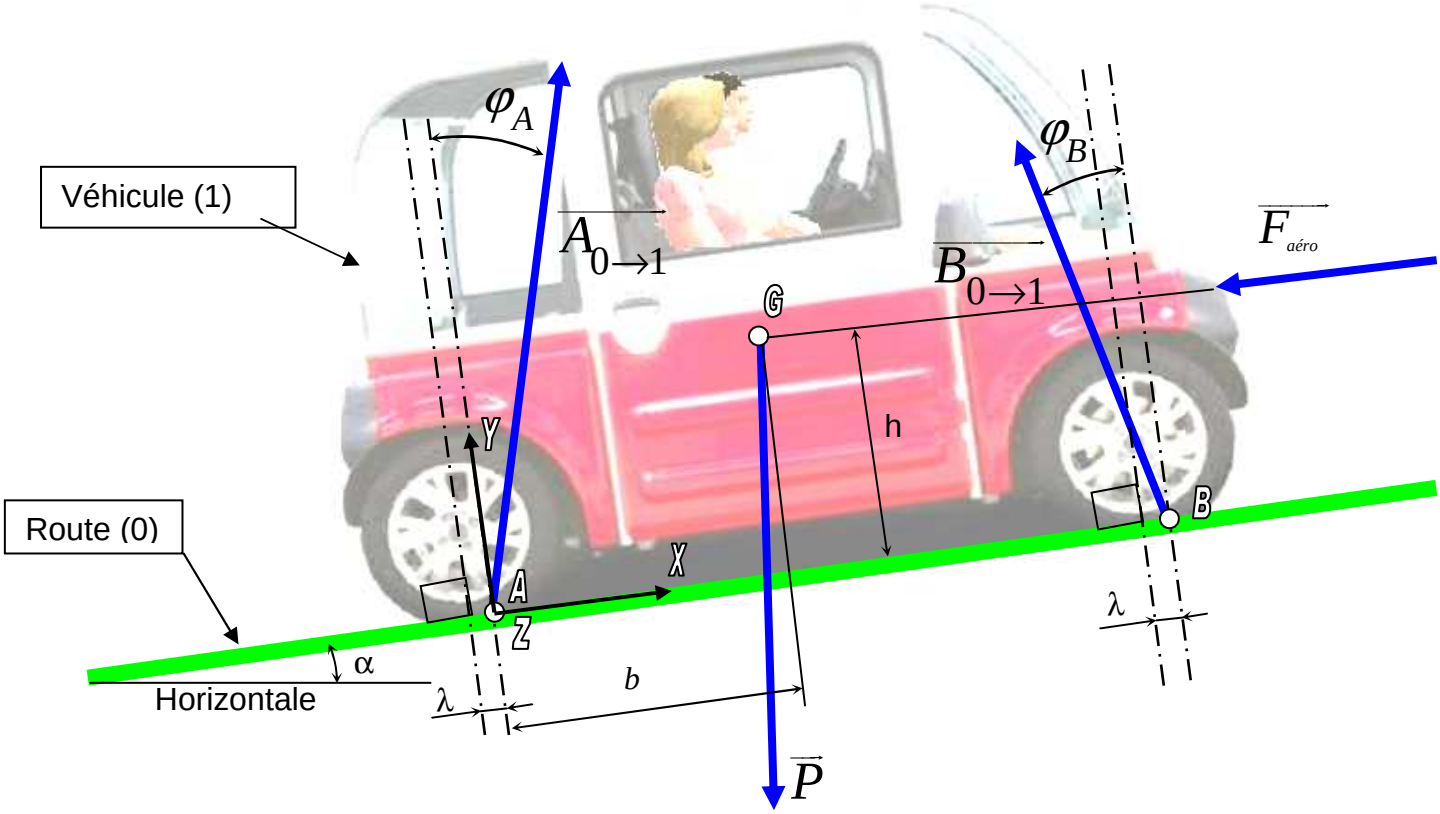
A2 : Détermination du bilan des actions mécaniques extérieures au véhicule.

Données et hypothèses :

⇨ On se place dans une pente d'inclinaison α de la route par rapport à l'horizontale.

⇨ Le véhicule (1) admet un plan de symétrie matérielle $(A, \vec{x}, \vec{y})$.

⇨ On modélise les actions mécaniques extérieures à (1) sur la figure ci-dessous.



✹En A, action de la route sur l'essieu motorisé : $\overrightarrow{A_{0\to1}} = X_A\vec{x} + Y_A\vec{y}$ avec :

φ_A L'angle d'inclinaison de la résultante $\overrightarrow{A_{0\to1}}$ par rapport à la normale à la route au point A.

λ : Résistance au roulement de la roue sur le sol.

✹ En B, action de la route sur l'essieu avant : $\overrightarrow{B_{0\to1}} = -X_B\vec{x} + Y_B\vec{y}$ avec :

φ_B : Angle d'inclinaison de la résultante $\overrightarrow{B_{0\to1}}$ par rapport à la normale à la route au point B avec $\tan\varphi_B = \frac{X_B}{Y_B} = \frac{\lambda}{R}$ et R : rayon de la roue.

$\overrightarrow{AB} = L\,\vec{x}$.

✹ En G : Le poids $\vec{P}$ du véhicule de masse m, avec $\overrightarrow{AG} = b\,\vec{x} + h\,\vec{y}$.

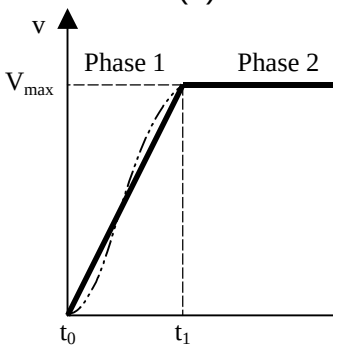
✹ La force aérodynamique $\overrightarrow{F_{aéro}}$ avec $\left\|\overrightarrow{F_{aéro}}\right\| = \frac{1}{2}\rho_{air}.\left\|\overrightarrow{V_{G\in1/0}}\right\|^2.C_X.S$,dont la direction passe par le point G (voir DTA1 page A15).

A2.1 : Effectuer le bilan des actions mécaniques extérieures appliquées au véhicule (1), sous la forme de torseurs, en littéral, dans la base $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$.

A3 : Détermination de l'accélération $\overrightarrow{a_{G\in 1/0}}$ du véhicule par rapport à la route.

Donnée :

⇨ Le mouvement, suivant $\vec{x}$, du véhicule (1) est défini suivant la loi ci-dessous :



A3.1 : Pour la phase1**, identifier** le mouvement du véhicule (1). **Calculer** l'accélération a en fonction de $t_0; t_1$ *et* $V_{\max}$. En **déduire** le vecteur accélération $\overrightarrow{a_{G\in 1/0}}$ dans la base $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$.

A4 : Etude dynamique

Données supplémentaires :

Le théorème de la résultante dynamique s'écrit :

$$\overrightarrow{R(\bar{1} \to 1)} = m\,\overrightarrow{a_{G/R}}$$

$$ou \quad \sum \overrightarrow{F_{ext\to 1}} = m\,\overrightarrow{a_{G/R}}$$

Le théorème du moment dynamique, en A, s'écrit :

$$\overrightarrow{M_A(\bar{1} \to 1)} = \overrightarrow{\delta_A(1/0)} \ .$$

avec $\overrightarrow{\delta_A(1/0)} = \overrightarrow{AG} \wedge m\,\overrightarrow{a_{G/R}}$.

A4.1 : Appliquer le théorème de la résultante dynamique au véhicule (1) et en **déduire** les deux équations scalaires sur $\vec{x}$ et sur $\vec{y}$, en littéral.

A4.2 : Transférer tous les torseurs d'actions mécaniques extérieures identifiés à la question A-2-1, au ***point A*** et **déterminer** le moment résultant, en A, **des** actions mécaniques extérieures $\overrightarrow{M_A(\overline{1} \rightarrow 1)}$.

A4.3 : Déterminer le moment dynamique $\overrightarrow{\delta_A(1/0)}$.

A4.4 : Appliquer le théorème du moment dynamique en A, au véhicule (1) et en **déduire** l'équation scalaire sur $\vec{z}$, en littéral.

A4.5 : Exprimer X_A *et* Y_A en fonction de $m; a; g; \left\|\overrightarrow{F_{aéro}}\right\|; \alpha; \lambda; b; h; L$ *et* R **.**

A5 : Décodage de la désignation du pneu

Le constructeur a choisi pour son véhicule des pneus de dimensions : **155/65 R14**.

A5.1 : A l'aide du document technique DT A2 (page A16), **établir** l'expression littérale donnant le rayon extérieur R de la roue en fonction du diamètre de la jante Di, et de la hauteur du flanc H. En **déduire** la valeur de R en **mm**.

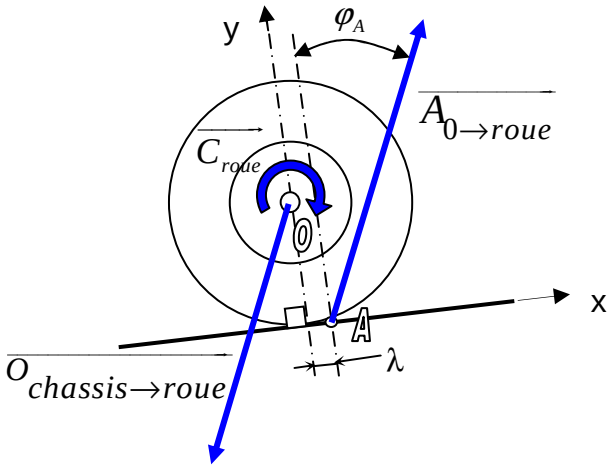
A6 : Calcul du couple sur la roue

Données et hypothèses :

⇨ Le système admet un plan de symétrie matérielle $(A, \vec{x}, \vec{y})$.

⇨ La masse des roues sera négligée.

⇨ On modélise les actions mécaniques extérieures à la roue sur la figure ci-dessous.



✹En A : action de la route sur l'essieu motorisé : $\overrightarrow{A_{0\to 1}} = \overrightarrow{A_{0\to roue}} = X_A\vec{x} + Y_A\vec{y}$ avec :

φ_A L'angle d'inclinaison de la résultante $\overrightarrow{A_{0\to 1}}$ par rapport à la normale à la route au point A.

λ : Résistance au roulement de la roue sur le sol.

✹En O : ➢ action du châssis sur l'essieu, par sa liaison pivot de centre (O ; $\vec{z}$)

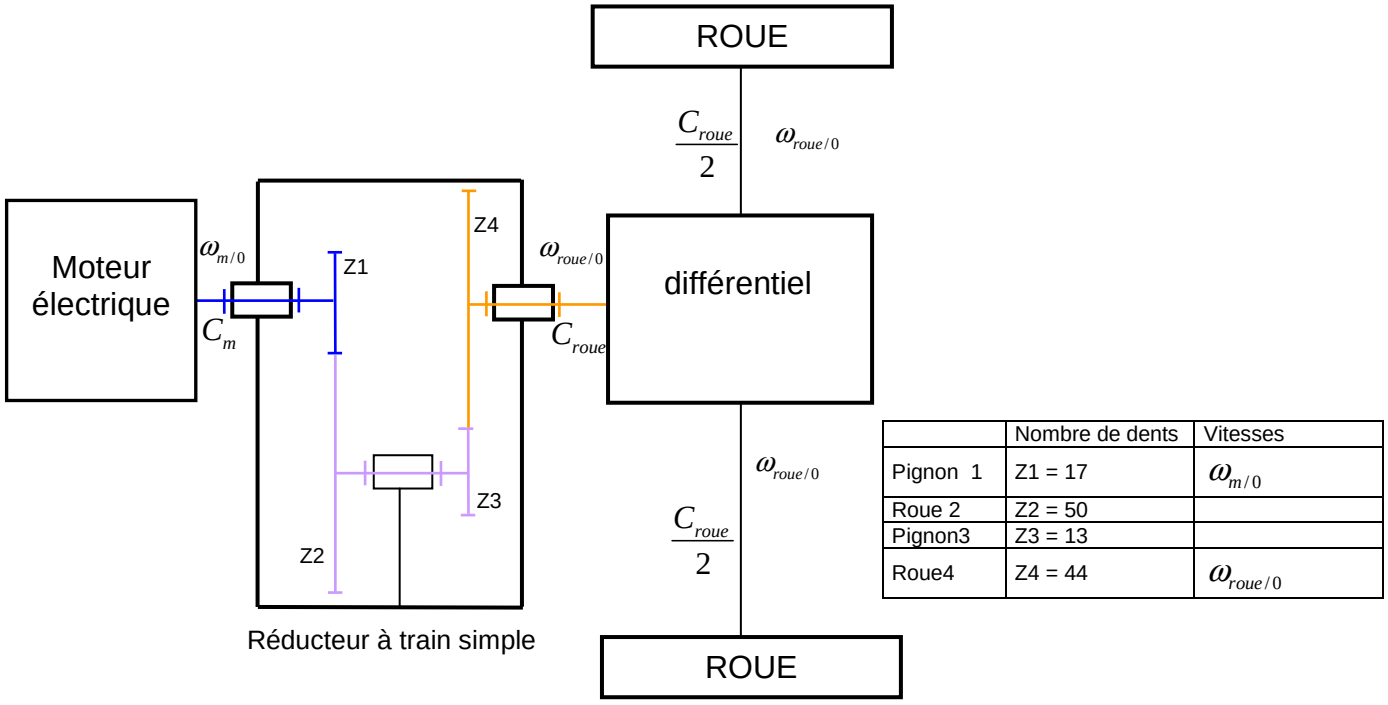
➢ Action de l'arbre de sortie du différentiel sur la roue (*couple sur la roue*) : $\overrightarrow{C_{roue}} = -C_{roue}.\vec{z}$.

A6.1 : Déterminer le moment $\overrightarrow{M_O(\overrightarrow{A_{0\to roue}})}$ par la méthode de votre choix.

A6.2 : A partir des hypothèses précédentes, le théorème du moment dynamique s'écrit : $\overrightarrow{M_O(\overrightarrow{A_{0\to roue}})}+\overrightarrow{C_{roue}}=\vec{0}$, **exprimer** le couple C_{roue} en fonction de $X_A ; Y_A ; \lambda \ et \ R$.

A7 : Calcul du rapport de réduction

La chaîne de transmission du véhicule est représentée sur le schéma synoptique ci-dessous :



Réducteur à train simple

	Nombre de dents	Vitesses
Pignon 1	Z1 = 17	$\omega_{m/0}$
Roue 2	Z2 = 50	
Pignon3	Z3 = 13	
Roue4	Z4 = 44	$\omega_{roue/0}$

Hypothèses :

- On suppose que le véhicule roule en ligne droite. Le différentiel n'intervient pas dans la cinématique de la transmission. Ainsi la vitesse des deux roues motrices est identique de même que la puissance transmise à chaque roue.
- On note $\omega_{roue/0}$ et $\omega_{m/0}$, les vitesses angulaires respectives de l'arbre de sortie (4) du réducteur et de son arbre d'entrée (1).
- Le rendement du réducteur est noté η.

A7.1 : Etablir l'expression littérale du rapport de réduction du réducteur $k = \frac{\omega_{roue/0}}{\omega_{m/0}}$ en fonction des nombres de dents des différentes roues et pignons le constituant. **Effectuer** l'application numérique.

A8 : Calcul du couple moteur.

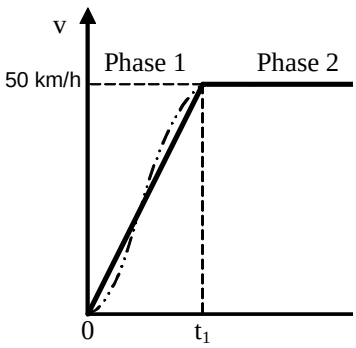
A8.1 : exprimer le rendement η du réducteur en fonction des couples d'entrée C_m, de sortie C_{roue} et du rapport de réduction k.

A8.2 : en **déduire** l'expression littérale donnant le couple moteur C_m en fonction de C_{roue} ; k et du rendement η.

A8.3 : à partir du résultat obtenu à la **question A6.2**, **exprimer** C_m en fonction de $X_A \; et \; Y_A$ **.**

A8.4 : à partir des expressions de $X_A \; et \; Y_A$ obtenues à la **question A4.5**, **exprimer** le couple moteur C_m en fonction de $\eta ; k ; m ; a ; g ; \left\| \overrightarrow{F_{aéro}} \right\| ; \alpha ; \lambda \; et \; R$ **.**

A9 : Calcul de points de fonctionnement



Nous allons étudier le cas d'un véhicule qui démarre en ligne droite sur une route horizontale pour atteindre la vitesse de 50 km/h. L'évolution de sa vitesse en fonction du temps est représentée par la courbe ci-contre.
Pendant la phase transitoire (phase 1), on supposera une accélération constante de 0,3**.**g. imposée par le cahier des charges, avec $g = 9,81 m.s^{-2}$.

A9.1 : Calculer le temps t1 (en seconde) pour lequel le véhicule atteint la vitesse de 50 km/h.

A9.2 : Compléter le document réponse **DR A1** (page A17), en plaçant la valeur du temps t1 sur les graphes. **Tracer** la courbe d'évolution de l'accélération du véhicule en fonction du temps.

A9.3 : Etablir l'expression littérale de la vitesse angulaire du moteur $\omega_{m/0}$ en fonction du rapport de réduction k, de la vitesse du véhicule V (en m/s), et du rayon de la roue R=278.5mm. **Tracer**, sur le document réponse **DRA1**, la courbe d'évolution de cette vitesse $\omega_{m/0}$ en fonction du temps.

A9.4 : On donne le couple moteur : $C_m = \frac{k}{\eta}\left[\lambda.m.g.\cos\alpha + R\left(m.g.\sin\alpha + \left\|\overrightarrow{F_{aéro}}\right\| + m.a\right)\right]$

Simplifier cette expression grâce à la configuration de la route.
Donner l'expression littérale de la résultante des forces aérodynamiques en fonction de l'accélération du véhicule **a** et du temps **t**.
En **déduire** la nouvelle expression du couple moteur C_m en fonction du temps.
Tracer, sur le document réponse **DRA1**, la courbe d'évolution de ce couple C_m en fonction du temps.

A9.5 : Tracer, sur le document réponse **DRA1**, la courbe d'évolution de la puissance P_m en fonction du temps.

A9.6 : Critiquer l'allure de la courbe d'évolution de la puissance P_m en fonction du temps en vous aidant des données constructeur (document DT A1) du moteur.

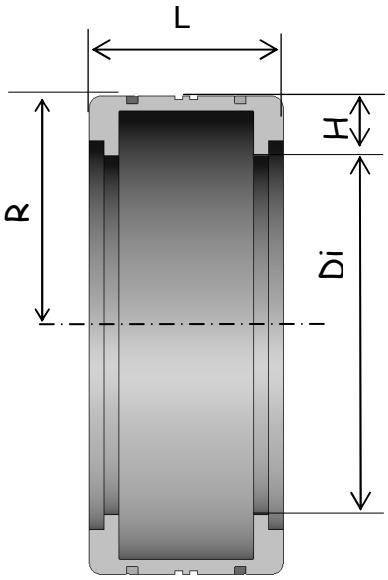
.

DOCUMENT TECHNIQUE DT A1

Empattement	**L=1,8 m**
Hauteur du centre de gravité **h (en m)**	voir calculs
Masse Répartition Avant / Arrière	**m = 870 kg** voir calculs
Maître couple Masse volumique de l'air Coefficient aérodynamique **Cx**	**S= 2,1m²** $\rho_{air} = 1,2\,kg/m^3$ **Cx= 0,37**
Puissance nominale Couple nominal	**Pn= 8kW** jusqu'à **10kW** **Cm= 45 N.m à 0 tr/min**
Transmission ***:***	Rapport de réduction **:** $k = \frac{1}{9,91}$ Rendement : **η= 0,95**
Pneumatiques (pneu vert) Résistance au roulement	**155 65R14** **λ= 0,0104 m**
Performances Accélération maximale: Vitesse maxi Vitesse maxi dans une pente de 10 % : Pente maxi **(en %)**	**a = 0,3.g= 0,3x9,81 m/s²** **Vmax= 60km/h** **Vmax= 40 km/h** **14%**

DOCUMENT TECHNIQUE DT A2

DESIGNATION D'UN PNEUMATIQUE DE VOITURE



Les inscriptions inscrites sur le flan d'un pneu donnent de nombreux renseignements sur ses caractéristiques ainsi que l'utilisation pour laquelle il a été conçu.
Les dénominations de base se décomposent toujours de la même manière, celles-ci ayant été normalisées à l'échelle mondiale.

On y trouve évidemment la **marque** commerciale du manufacturier (le fabricant) ainsi que le nom du **modèle**, suivi d'un groupe de chiffres et de lettres : par exemple **205/65/R15 91V**.

- **Les trois premiers chiffres** (dans cet exemple : 205) : correspondent à la **largeur (L)** de la bande de roulement exprimée en mm. La bande de roulement est la partie sculptée du pneu, qui est en contact avec le sol.

- **Le nombre suivant (ici 65)** indique le rapport entre la **hauteur (H)** du flanc et la **largeur (L)** du pneu. Il s'agit d'un pourcentage. Soit H/L = 0.65. Celui ci n'est pas mentionné lorsqu'il est égal à 80%.

- **La lettre (R)** indique le type de structure du pneu. De nos jours, hormis les voitures de collection, la totalité de la production se compose de pneus à structure radiale identifiée par la lettre R.

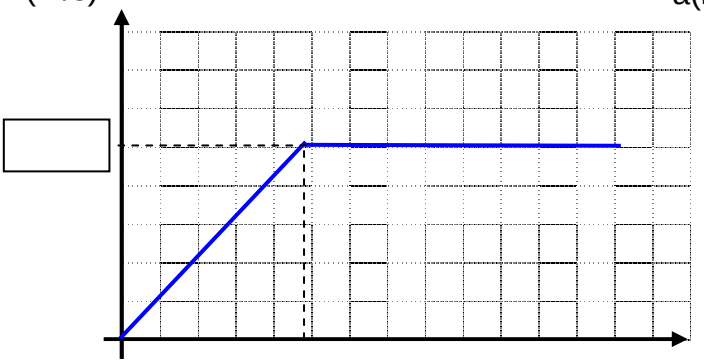
- **Le nombre à deux chiffres, (ici 15)** indique le **diamètre intérieur du pneu (Di).** Il correspond au diamètre de la jante sur laquelle il est monté. Il est exprimé en pouces . **(un pouce = 2.54 cm).**

- **Le nombre suivant est donné pour l'indice de charge** . un indice 91 correspond à une charge par pneu de 450 kg. (voir tableau indices de charge).

- **Enfin la lettre (V)** correspond à l'indice de vitesse. Ici V signifie que la vitesse maximale du pneu est de 240 km/h. (voir tableau indices de vitesse)

DOCUMENT REPONSE DR A1

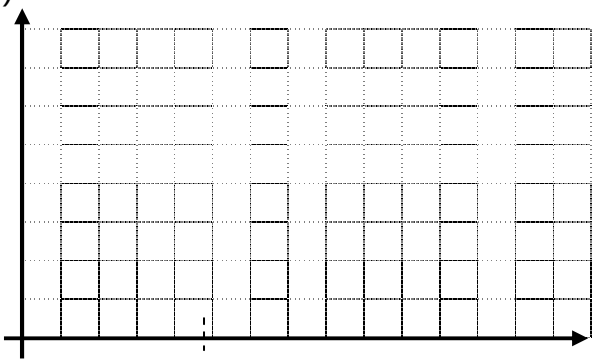
V(m/s)



t1=

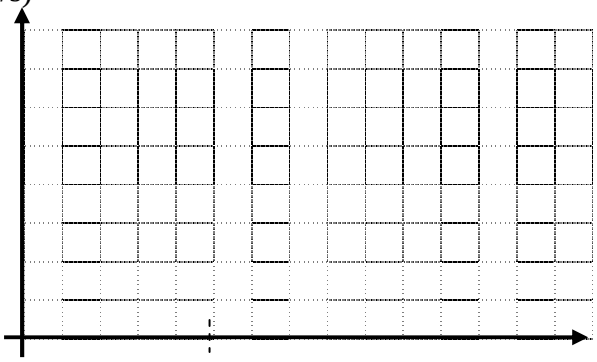
t(s)

a(m/s²)



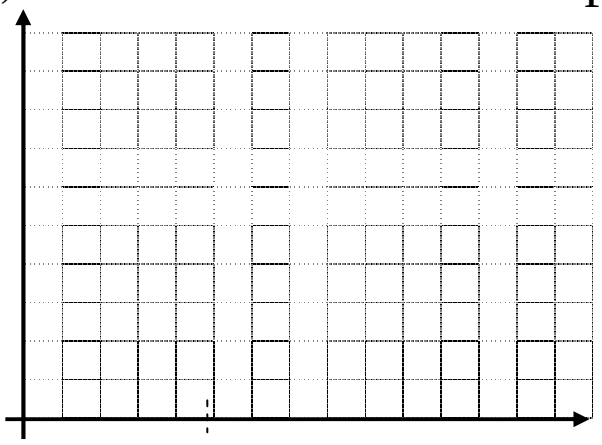
t(s)

ω_m(rad/s)



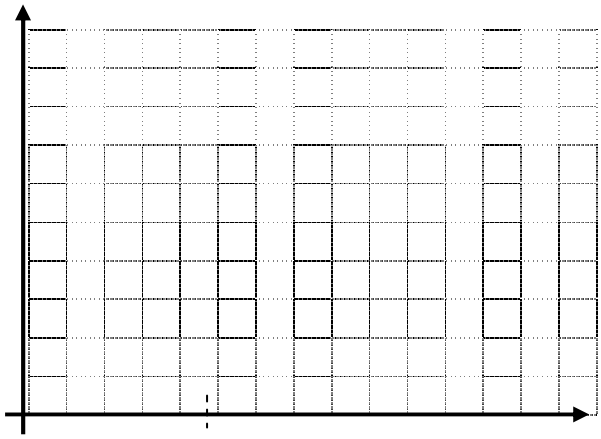
t(s)

C_m(N.m)



t(s)

P_m(kW)



t(s)

Partie B

ETUDE DE LA MOTORISATION ET DE SA COMMANDE

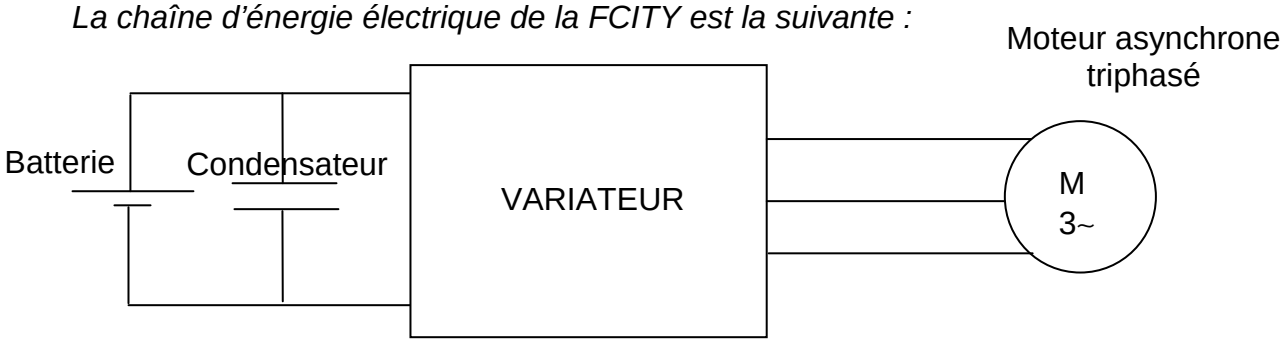
- ❖ Vérification du choix du moteur pour le véhicule
- ❖ Etude du modulateur d'énergie

Ce dossier est constitué de :

- 13 pages numérotées de B2 à B14 (Questionnement et Réponses)
- 5 pages numérotées de DTB1 à DTB5 (Documents techniques)

Temps conseillé : 2h00.

La chaîne d'énergie électrique de la FCITY est la suivante :



Ensemble batterie SAFT délivrant une tension continue de 72V

Variateur de vitesse Curtiss

Moteur asynchrone triphasé ABM

B1 : Etude de l'association moteur-variateur.

Objectifs : Les questions liées à cette partie vont permettre de justifier l'emploi de la commande vectorielle pour la machine asynchrone.

La motorisation de la FCITY est de type asynchrone triphasé à cage. Ce moteur est associé à un variateur de vitesse électronique type MLI.

On donne figure 1 l'allure du couple moteur en fonction de la vitesse du rotor (caractéristique mécanique) pour le démarrage sous tension nominale et à fréquence nominale.

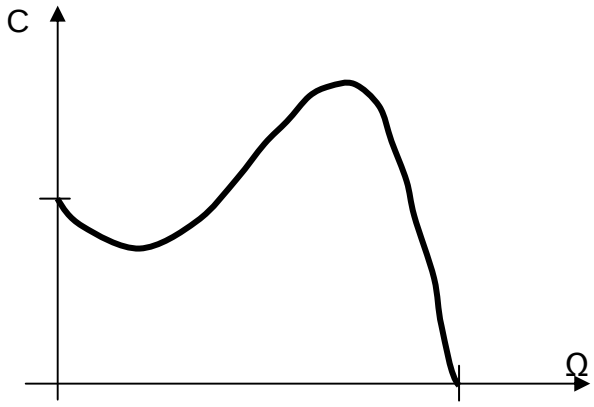


Figure 1

B1.1 : A partir de la documentation moteur fournie page DTB1, **calculer** le couple nominal C_N.

B1.2 : Quel est le nombre de pôles du moteur ?

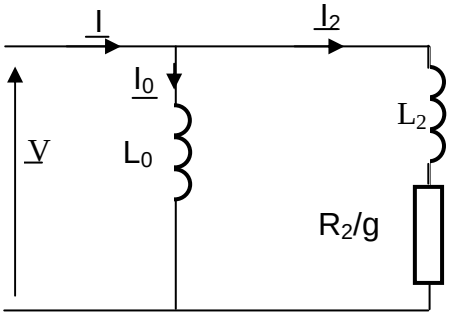
B1.3 : En **déduire**, toujours à l'aide de la documentation moteur, le couple maximal (C_M), le couple de démarrage (C_{DEM}) ainsi que la vitesse de synchronisme (Ω_S en rad.s^{-1}). **Indiquer** C_M, C_{DEM} et Ω_S sur la figure 1 page précédente.

Au démarrage, dans les conditions extrêmes de fonctionnement, le couple résistant est de 82 N.m.

B1.4 : Est-ce que le démarrage est possible ? **Justifier** votre réponse.

La première solution envisagée pour assurer un démarrage est d'utiliser un variateur à commande scalaire de type V/f.

On donne ci-dessous le modèle équivalent simplifié d'un enroulement du moteur asynchrone ramené au stator.



V : tension efficace aux bornes d'un enroulement statorique.
L_0 : inductance magnétisante statorique.
R_2 : résistance rotorique ramenée au stator.
L_2 : inductance de fuite rotorique ramenée au stator.
g : glissement.
R_2/g : résistance fictive représentant la puissance transmise du stator au rotor.
ω : pulsation des courants statoriques.
p : nombre de paires de pôles.

B1.5 : **Exprimer** la valeur efficace de l'intensité I_2 en fonction de V, L_2, R_2, g et ω.

B1.6 : La puissance transmise au rotor P est égale à 3 fois la puissance dans la résistance R_2/g. **Exprimer** cette puissance P en fonction de V, L_2, R_2, g et ω.

B1.7 : **Donner** l'expression de la vitesse de synchronisme Ω_S (en $rad.s^{-1}$) en fonction de ω et p.

B1.8 : A partir des questions précédentes, **démontrer** que la formule du couple électromagnétique est égale à $C = \frac{3 \times p \times V^2}{\omega} \times \frac{\frac{R_2}{g}}{\left(\frac{R_2}{g}\right)^2 + (L_2 \times \omega)^2}$

Le dénominateur de l'expression ci-dessus est la somme de deux termes dont le produit est constant. Il est minimal lorsque les deux termes sont égaux c'est-à-dire $\boldsymbol{R_2/g = L_2 \times \omega}$

B1.9 : En **déduire** l'expression du couple électromagnétique maximal C_{MAX}. **Démontrer** que $C_{MAX}=K\times(V/f)^2$ et **définir** la constante K.

D'après le modèle équivalent donné, la caractéristique du couple en fonction de la vitesse se déplace horizontalement en suivant la variation de fréquence de la tension d'alimentation. On peut obtenir le couple maximum tout au long de ce déplacement et notamment au démarrage. Il suffit de garder le terme V/f constant.

L'objectif de la question B1.10 est de calculer la valeur de la tension d'alimentation ainsi que sa fréquence pour obtenir le couple de démarrage maximum.

Les valeurs éléments du modèle équivalent sont : R_2=21,7mΩ et L_2=0,385mH.

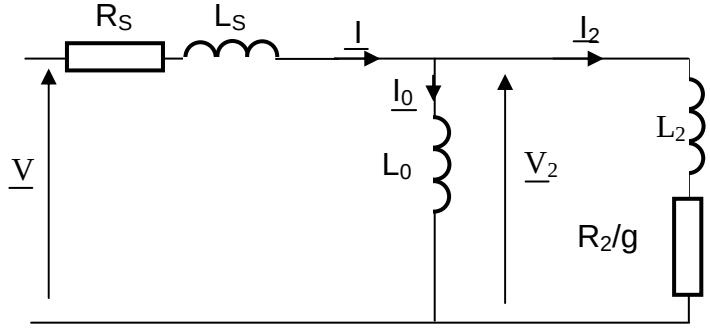
B1.10 : Quelle est la valeur de g au démarrage ? **Calculer** la fréquence de la tension d'alimentation pour obtenir le couple maximal au démarrage. **En déduire** la valeur de la tension d'alimentation correspondante.

On donne ci-dessous la caractéristique mécanique C=f(Ω) lorsque le moteur est alimenté sous tension nominale (V=48V) à fréquence nominale (f=69Hz).

Question B1.11 : **Tracer** la caractéristique mécanique C=f(Ω) correspondant aux valeurs calculées à la question B1.10.

Echelles : C : 1 cm représente 10 N.m Ω : 1 cm représente 20 rad.s^{-1}

Le modèle équivalent donné ne tient pas compte de la résistance statorique R_S et de l'inductance de fuite statorique L_S. Ces composants provoquent une chute de tension qui dépend du courant statorique.



B1.12 : Sachant que le courant statorique I est important au démarrage, quelle va être l'incidence sur la tension V_2 (tension aux bornes de l'ensemble R_2/g et L_2) ?

B1.13 : Quelle peut être la conséquence au démarrage de la voiture ? **Justifier** votre réponse.

Il faut utiliser un variateur de vitesse qui présente un mode de contrôle de la machine asynchrone différent : le contrôle vectoriel de flux ou contrôle à flux orienté.

L'association machine asynchrone variateur se comporte comme une machine à courant continu et on peut comme pour cette machine, contrôler le courant inducteur et le courant induit.

B1.14 : ***Comparer*** *la constitution d'une machine asynchrone et d'une machine à courant continu et* ***justifier*** *le choix de la machine asynchrone.*

L'expression du couple électromagnétique d'une machine à courant continu est $C=K\times\phi_{(Id)}\times I_a$ *avec* $\phi_{(Id)}$ *flux produit par l'inducteur et* I_a *courant d'induit.*

B1.15 : ***Justifier*** *l'utilisation de la commande vectorielle pour le démarrage de la voiture.*

B2 : Etude du variateur de vitesse lié au moteur asynchrone entraînant le véhicule.

Objectifs : Les questions liées à cette partie vont permettre d'étudier le modulateur d'énergie associé au moteur et d'établir son schéma de raccordement.

Le variateur de vitesse associé au moteur asynchrone entraînant le véhicule possède comme référence CURTISS 1238-6572. Il délivre une tension de sortie efficace de 48 V~ entre phases.

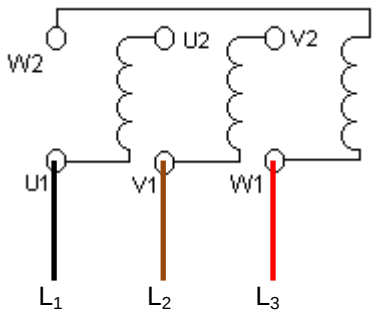
B2.1 : A l'aide des caractéristiques techniques du variateur de vitesse fournies page DTB2, **relever** les valeurs des caractéristiques suivantes :

- courant maximum admissible de sortie pendant 2 minutes $I_{S(2mn)}$
- courant maximum admissible de sortie pendant 1 heure $I_{S(1h00)}$

B2.2 : **Expliquer** pourquoi, dans le cadre de notre étude, le fabricant du variateur fournit 2 valeurs de courant maximum admissible de sortie suivant des critères de temps.

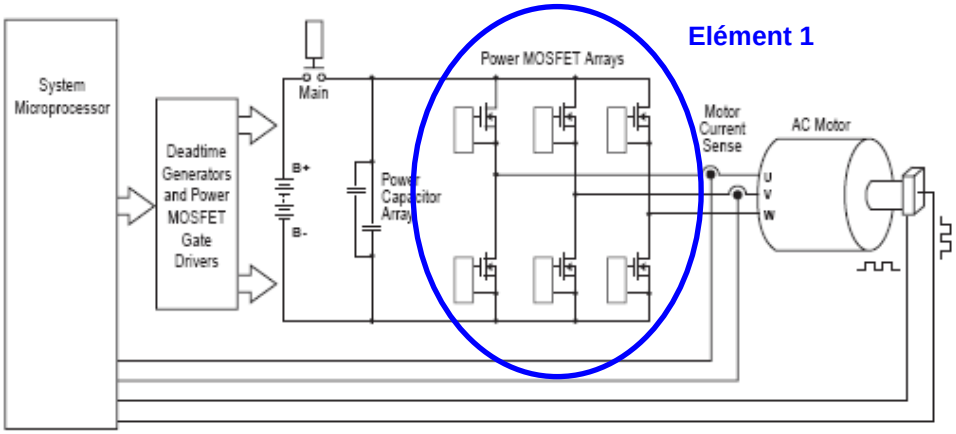
B2.3 : A l'aide des caractéristiques techniques du moteur fournies page DTB1, **Indiquer** le couplage du moteur à réaliser. **Justifier** votre réponse.

B2.4 : **Représenter** sur le schéma ci-dessous le couplage des enroulements conformément à la réponse apportée à la question B2.3.



B2.5 : Dans les caractéristiques techniques du variateur de vitesse données page DTB2 le terme IP65 est indiqué. **Expliquer** à l'aide du document technique DTB3 à quoi correspond cette indication. Au vu de votre réponse et sachant que le variateur est inséré sous le véhicule sans protection mécanique particulière, pensez vous que ce paramètre est bien choisi ? **Justifier** votre réponse.

Le schéma structurel du variateur de vitesse vous est donné ci-dessous :



B2.6 : **Indiquer,** en choisissant parmi la liste suivante, le nom de l'élément 1 entouré sur le schéma structurel (barrer les mauvaises réponses). **Donner** sa fonction.

Nom :

- Redresseur,
- Onduleur
- Correcteur

Fonction

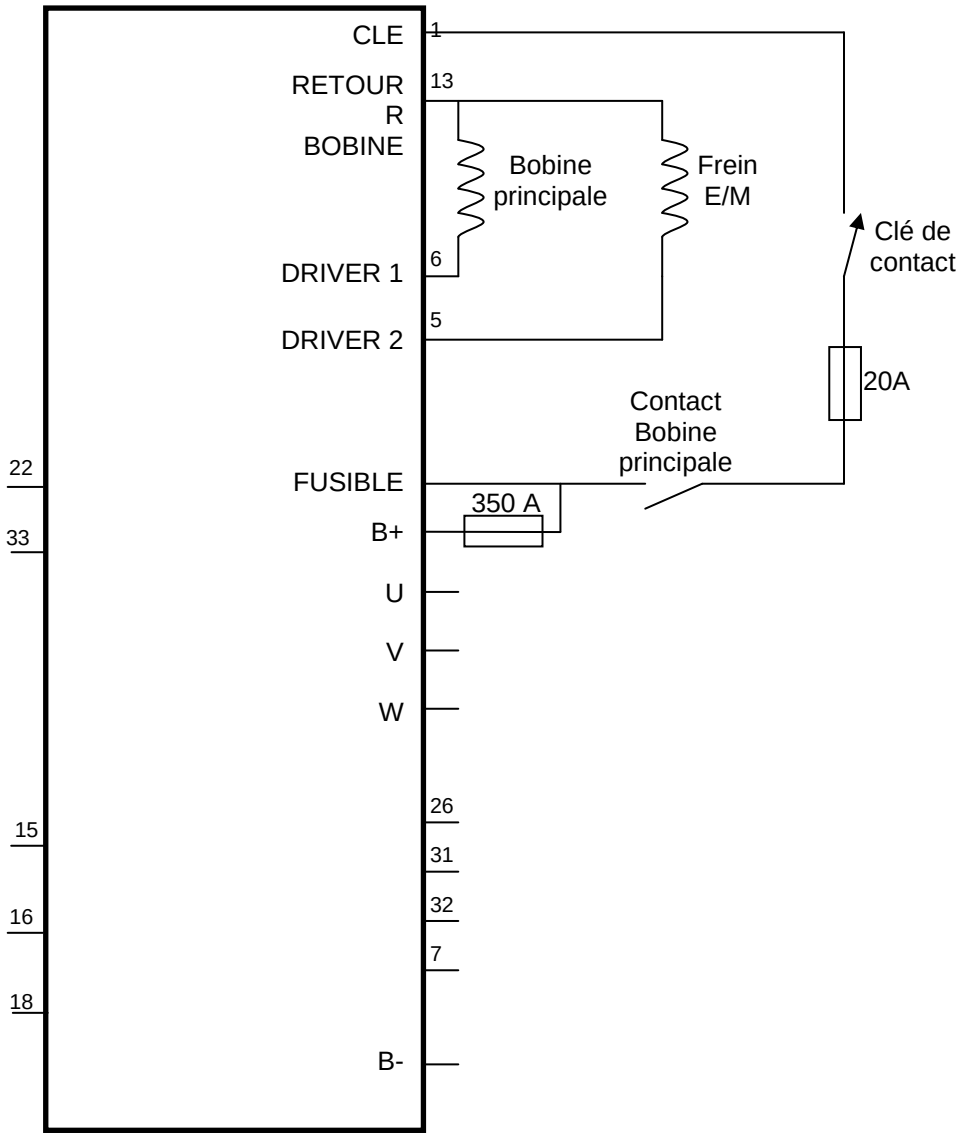
L'élément 1 est constitué de transistors MOS :

B2.7 : **Indiquer** par quelle fonction équivalente il est possible de modéliser un transistor MOS qui travaille en commutation.

Le variateur de vitesse CURTISS possède un système d'exploitation puissant qui permet le traitement en parallèles des fonctions de commande du véhicule, des fonctions de commande moteur et des fonctions d'automate programmables. Il est donc nécessaire à chaque utilisateur de définir ses besoins et d'assurer le raccordement du variateur à ses composants annexes. Une documentation constructeur sur les différentes possibilités de connexion vous est fournie pages DTB4.

B2.8 : Le schéma de raccordement incomplet vous est fourni ci-dessous, **représenter** les connexions à réaliser pour raccorder au variateur de vitesse :

- le moteur asynchrone triphasé.
- le codeur incrémental permettant de mesurer la vitesse moteur.
- la batterie.
- la pédale d'accélérateur électronique sachant que le montage est du type potentiomètrique 3 fils.
- Les contacts de commande permettant de commander les sens Avant et Arrière du véhicule (la logique de commande est positive).



Un fusible de type FERRAZ CNL 350 A DIN protège l'entrée de puissance du variateur de vitesse CURTISS. La courbe de fusion du fusible vous est fournie page DTB5.

B2.9 : Le courant fourni par la batterie imposé lors du fonctionnement du véhicule dans le cas le plus défavorable est de 333 A, **justifier** à l'aide de la documentation technique page DTB5 que le fusible est bien choisi.

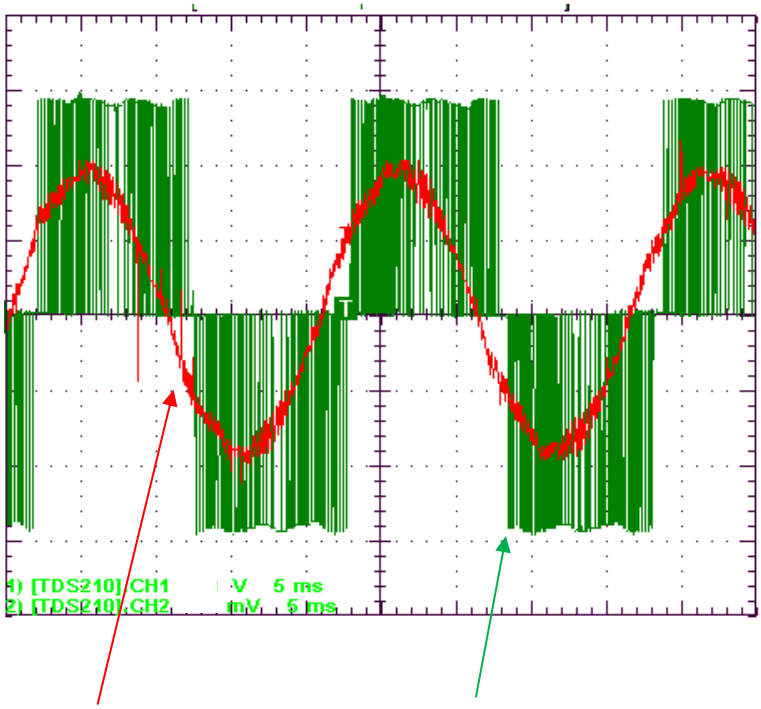
B2.10 : Suite à une anomalie de fonctionnement du véhicule, le courant débité par la batterie atteint 800 A, **indiquer** la nature du défaut : surcharge ou court-circuit. **Justifier** votre réponse.

B2.11 : **Relever** sur la courbe de fusion du fusible fournie page DTB5 le temps de coupure pour ce défaut.

Le variateur CURTISS raccordé et paramétré, on souhaite étudier les signaux en sortie du variateur afin de valider le bon fonctionnement de l'ensemble.

B2.12 : Le signal de la tension en sortie du variateur est dit « M.L.I. ». **Expliquer** ce que signifie ce sigle.

Les relevés effectués pour u_{31} = f(t) (tension composée entre phases 3 et 1) et i_1 = f(t) (courant de ligne phase 1) en sortie du variateur de vitesse sont donnés ci-dessous :



Voie 1 : u = f(t)		
Calibre amplification : 2,5 V / Div		
Base de temps : 5 ms / Div		
Mode :		
AC	DC	XY
Voie 2 : i = f(t)		
Calibre amplification : 1V / Div		
Base de temps : 5 ms / Div		
Mode :		
AC	DC	XY

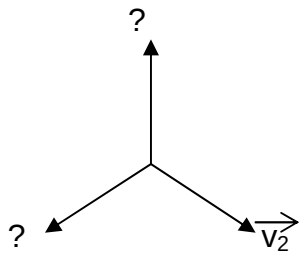
B2.13 : **Identifier** sur le graphique ci-dessus le signal de la tension et celui du courant.

B2.14 : A l'aide des courbes données ci-dessus et sachant que le calibre de sonde de tension atténuatrice utilisée est de 1/10, **calculer** la valeur de U_{max}.

B2.15 : A l'aide des courbes données ci-dessus et sachant que le calibre de la pince ampèremétrique utilisée est de 10 mV/1 A, **calculer** la valeur de I_{max}, la valeur de I_{eff} et la fréquence du courant fourni par le variateur (on supposera le courant purement sinusoïdal).

B2.16 : **Préciser** si le courant i_1 est en retard ou en avance sur la tension composée u_{31} et **déterminer** la valeur du déphasage (qui sera nommé β) en degrés.

B2.17 : **Représenter** sur le diagramme de Fresnel les tensions simples v_1, v_3, la tension composée u_{31} et le courant de ligne i_1.



B2.18 : **Déterminer** graphiquement la valeur en degrés du déphasage φ_1 du courant i_1 par rapport au fondamental de la tension simple v_1. Dans ce cas, peut-on parler de charge « inductive » ou « capacitive » ? Pourquoi ?

B2.19 : Sachant que la puissance active est transportée par les grandeurs sinusoïdales (U_{31eff} = 35 V et i_{1eff} = 141 A), **calculer** sa valeur.

B2.20 : En **déduire** le fonctionnement du véhicule (traction ou récupération d'énergie). **Justifier** votre réponse.

B2.21 : Dans ce cas de fonctionnement le glissement g est-il positif ou négatif ? **Justifier** votre réponse.

B2.22 : **Indiquer** et **justifier** le signe du couple moteur pour cet essai.

B2.23 : Pour les 2 fonctionnements possibles du véhicule en marche avant (traction et récupération d'énergie), **compléter** le tableau ci-dessous.

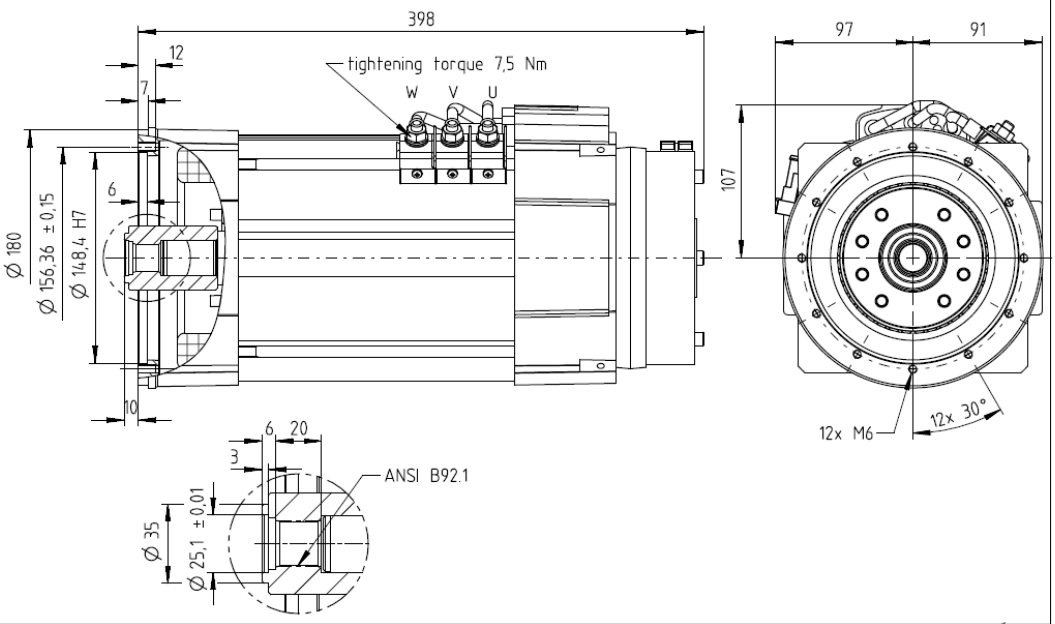
Fonctionnement du véhicule	Traction	Récupération d'énergie
Mode de fonctionnement de la machine asynchrone		
Signe de la puissance absorbée par le moteur		
Zone de fonctionnement du moteur (Hyposynchronisme ou Hypersynchronisme)		
Signe du glissement		
Signe du couple moteur		
Signe de la vitesse moteur		

DOCUMENTATION TECHNIQUE

A : Caractéristiques moteur asynchrone ABM

DATA SHEET

Designation



GREIFFENBERGER
Antriebstechnik GmbH, 95615 Marktredwitz

Données techniques :
Type ZFB40l / DLGF112200-4
Service type S2 – 60 min (E21011)
Puissance nominale 8Kw
Vitesse nominale 2000 tr/min
Tension 48 / 82 V triphasé
Frequence 69 Hz
IP54
Couple maximal / Couple nominal = 2,5
Couple de démarrage / Couple nominal = 2,1

	Name	Date
Designed	Hille	7.10.08
Checked		

Issue:	Replacement for
Date:	Replaced by

Modification | Date

B : Caractéristiques variateur de vitesse CURTISS

Spécifications : 1236/38 Controller	
Nominal Input voltage	24-36 V, 36-48 V, 48-80 V
PWM operating frequency	10 kHz
Electrical isolation to heatsink	500 V AC (minimum)
Storage ambiant temperature range	-40 ℃ to 95 ℃
Operating ambient temperature range	-40 ℃ to 95 ℃
Internal heatsing operating temperature range	-40 °C to 95 ℃
Package environmental rating	IP65
Dimensions (WxLxH)	1236 : 165 x 232 x 98 mm
	1238 : 275 x 232 x 98 mm

Model Number	Nominal Battery voltage (V)	Current limit (A)	2 min rating (A)	1 hour rating (A)	Under-voltage cutback (V)	Over-voltage cutback (V)
1236-44XX	24-36	400	400	133	17	45
-45XX	24-36	500	500	160	17	45
-53XX	36-48	350	350	115	25	60
-63XX	48-80	300	300	100	34	100
1238-46XX	24-36	650	650	210	17	45
-46XX	24-36	800	800	260	17	45
-54XX	36-48	450	450	150	25	60
-54XX	36-48	650	650	210	25	60
-65XX	48-80	550	550	180	34	100

C : Indices de protection des matériels électriques

Indices de protection des matériels électriques

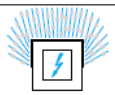
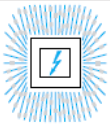
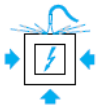
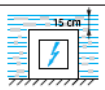
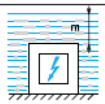
Le degré de protection des enveloppes de matériel électrique basse tension est défini par deux codes :

- **l'indice de protection IP,** défini par la norme NF EN 60-529. Il est caractérisé par 2 chiffres relatifs à certaines influences externes :
  - 1er chiffre : (de 0 à 6) protection contre les corps solides
  - 2ème chiffre : (de 0 à 8) protection contre les liquides
- **le code IK,** défini par la norme NF EN 50-102. Il est caractérisé par un groupe de chiffres (de 00 à 10) relatif à la protection contre les chocs mécaniques.

1er chiffre :
protection contre les corps solides

IP	désignation	
0		pas de protection
1		protégé contre les corps solides supérieurs à 50 mm Ø (ex : dos de la main)
2		protégé contre les corps solides supérieurs à 12 mm Ø (ex : doigts de la main) minimum exigé pour la protection contre les contacts directs
3		protégé contre les corps solides supérieurs à 2,5 mm Ø (ex : fils, outils...)
4		protégé contre les corps solides supérieurs à 1mm Ø (ex : petits fils, outils fins...)
5		protégé contre les poussières (pas de dépôts nuisibles)
6		étanche à la poussière

2ème chiffre :
protection contre les liquides

IP	désignation	
0		pas de protection
1		protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau (condensation)
2		protégé contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15° de la verticale
3		protégé contre l'eau en pluie jusqu'à 60° de la verticale
4		protégé contre les projections d'eau de toutes directions
5		protégé contre les jets d'eau de toutes directions à la lance
6		protégé contre les projections d'eau assimilables aux paquets de mer
7		protégé contre les effets de l'immersion
8		protégé contre les effets prolongés de l'immersion sous pression

code IK : protection contre les chocs mécaniques

code IK selon la norme NF EN 50-102 (nouvelle désignation)

IK	Energie de choc	"AG" de la NF C 15-100	Ancien 3e chiffre IP
00	non protegé		0
01	0,14 joule		
02	0,2 joule	AG1	1
03	0,35 joule		
04	0,5 joule		3
05	0,7 joule		
06	1 joule		
07	2 joules	AG2	5
08	5 joules	AG3	
(1)	6 joules		7
09	10 joules		
10	20 joules	AG4	9

Ce tableau permet de connaître la résistance d'un produit à un impact donné en joules, à partir de code IK.
Il permet aussi de connaître la correspondance avec l'ancien 3e chiffre des IP et les conditions correpondantes d'influence externes "AG"
Pour connaître la résistance aux chocs et l'IP nécessaire en fonction des locaux où le produit est installé, se reporter à la page ci-contre du catalogue.

(1) il est admis qu'un produit qui était IP XX-7 remplit les conditions d'un IP XX-IK 08

D : Raccordement du variateur de vitesse.

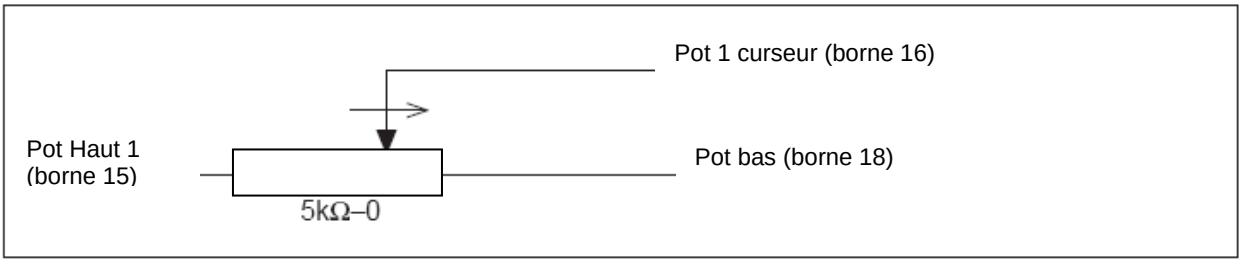
D1 : Connexion des bornes de puissance.

Borne	Type	Fonction
B+	Entrée	Connexion + batterie
B-	Entrée	Connexion - batterie
Fusible	n/a	Connexion fusible entre la batterie et la borne B+
U	Entrée/Sortie	Phase U moteur
V	Entrée/Sortie	Phase V moteur
W	Entrée/Sortie	Phase W moteur

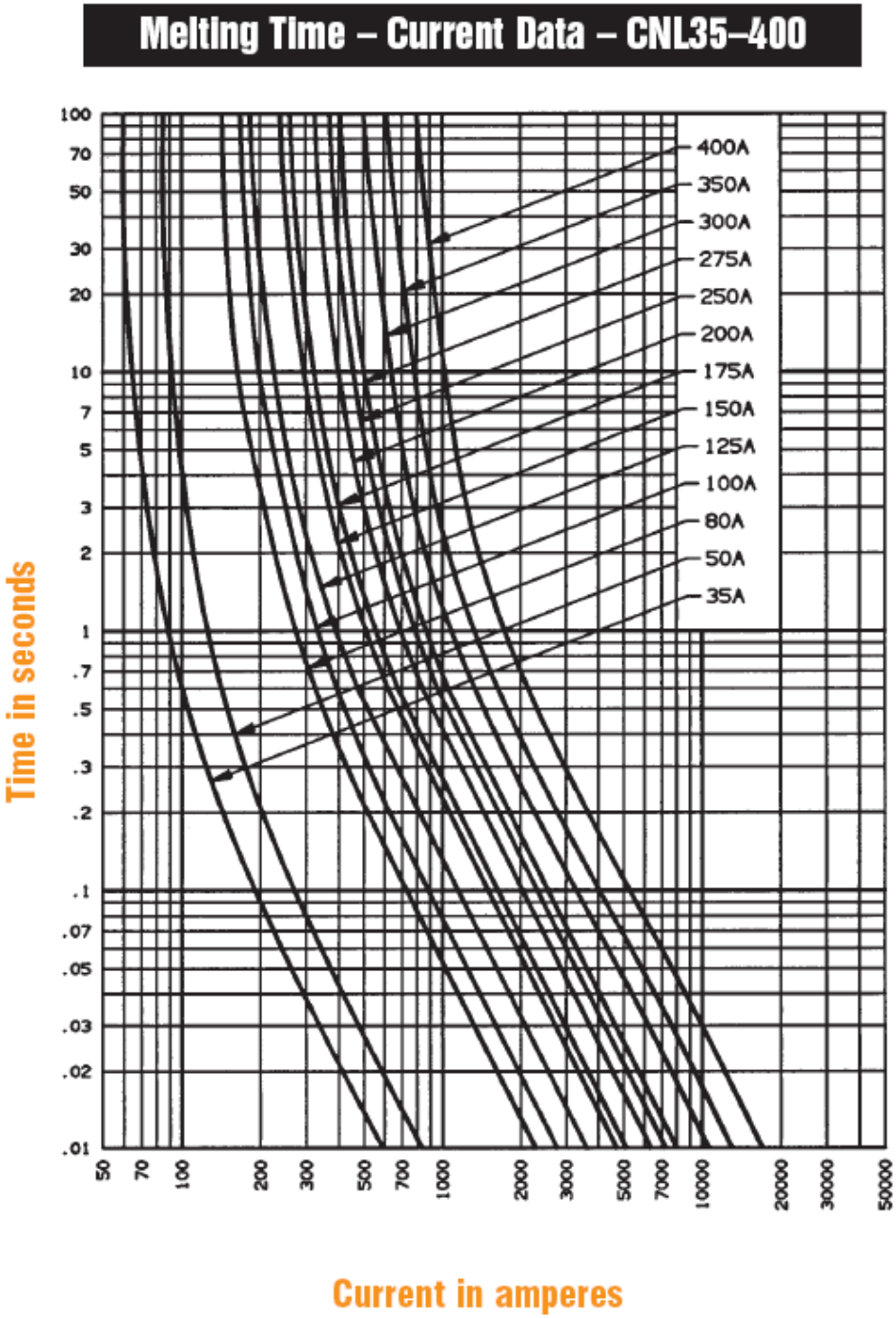
D2 : Connexion des bornes de commande.

Borne	Nom	Description
7	Masse I/O	Référence masse pour les entrées/sorties
15	Pot Haut 1	Connexion tension haute du potentiomètre d'accélération
16	Pot 1 curseur	Connexion curseur du potentiomètre d'accélération
18	Pot bas	Connexion tension basse du potentiomètre d'accélération
22	Contact 7	Sélection marche avant
26	+ 5V	Alimentation 5V codeur incrémental
31	Phase A	Voie A codeur incrémental
32	Phase B	Voie B codeur incrémental
33	Contact 8	Sélection marche arrière

D3 : Connexion du potentiomètre d'accélération.

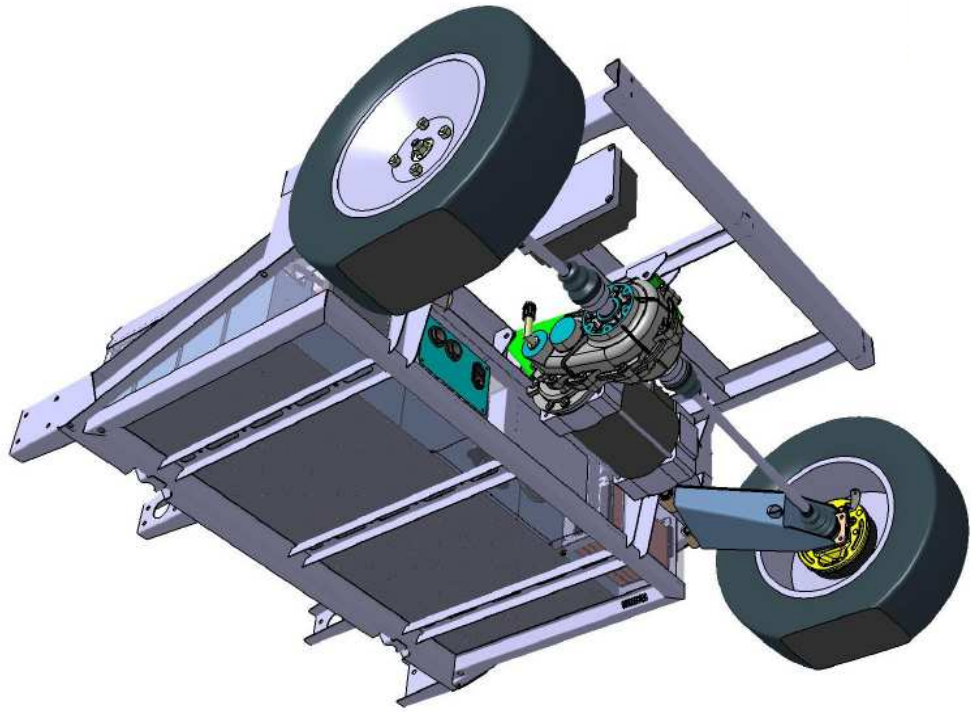


E : Courbes de fusion fusibles.



Partie C

DIMENSIONNEMENT DU RACK BATTERIE



- Calcul de l'énergie embarquée dans le rack batterie
- Choix de la technologie des batteries
- Etude économique

Ce dossier est constitué de :

- 6 pages numérotées de C2 à C7 (Questionnement)
- 1 page numérotée DTC1 (Documents techniques)

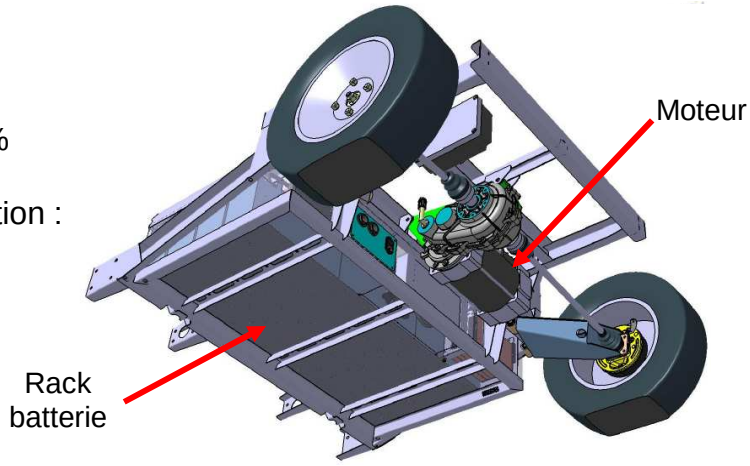
Temps conseillé : 1h00.

C1 : Calcul de l'énergie embarquée dans le rack batterie

Objectif : A partir d'un profil de parcours et d'un cahier des charges, on vous demande de calculer l'énergie embarquée dans le rack batterie.

Cahier des charges :

Masse du véhicule hors batterie : 400 kg
Puissance maximale batterie : 24 kW
Profondeur maximale de décharge : 80 %
Puissance moyenne accessoires (feux, chauffage, essuie glace,..) suivant utilisation : 250 W
Autonomie souhaitée : 100 km
Tension du rack : 72V DC

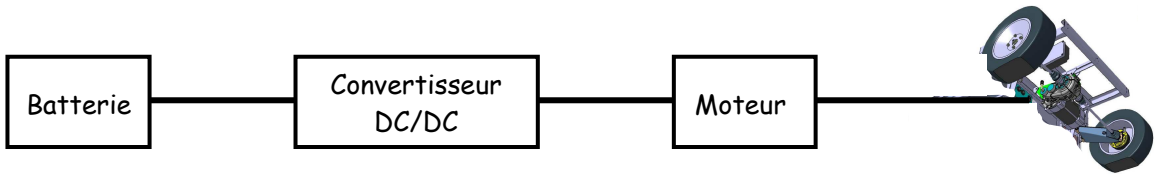


Trajet d'un parcours dans la ville de Montbéliard (25) d'une distance de 10,6 km. Durée : 23 min

Le rendement de la chaîne d'énergie est identique quel que soit le mode de transfert de l'énergie et est égal à 77 %.

C1.1 **Indiquer** par une flèche le sens de circulation de l'énergie pour la traction et la récupération.

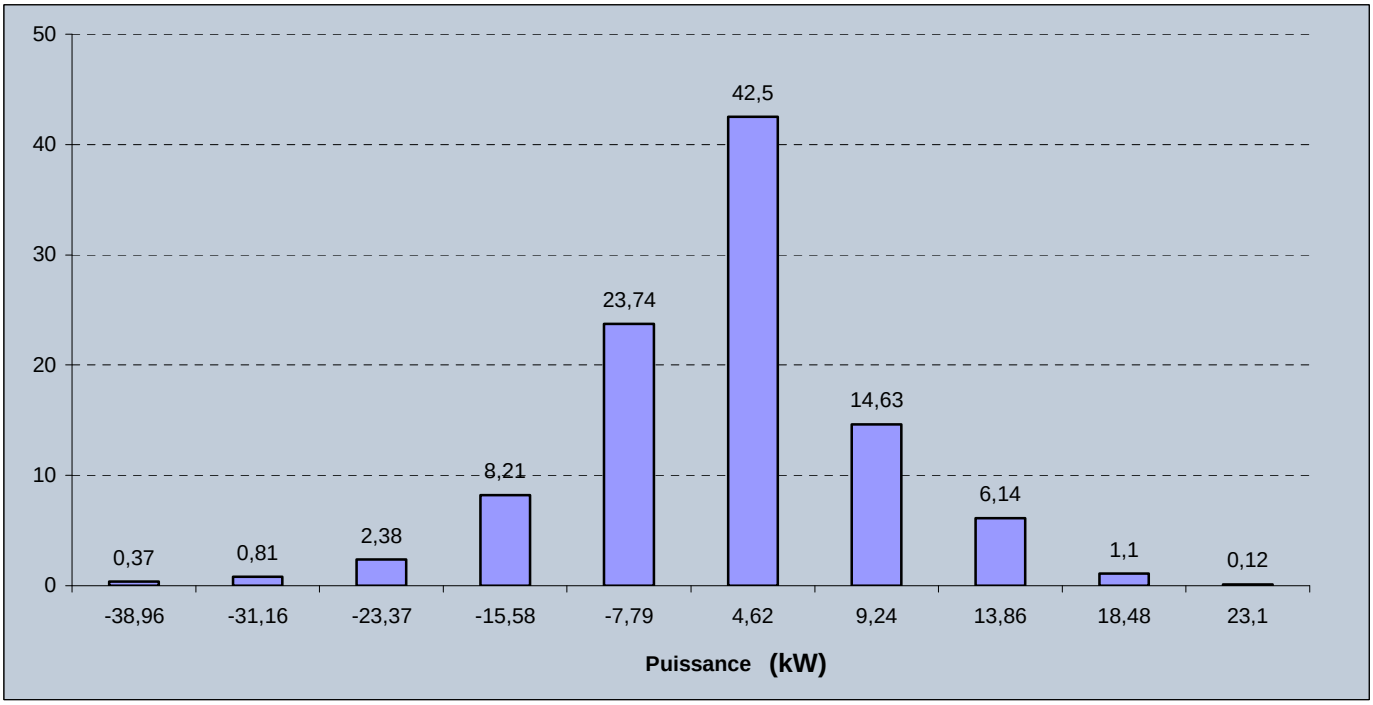
Traction _____



Récupération _____

On donne ci-dessous la distribution de puissance relevée au niveau de l'essieu lors du parcours.

Distribution de puissance (%)



Exemple : pendant 42,5 % du temps du parcours, l'essieu a développé 4,62 kW.

C1.2 **Calculer** la puissance **P1** que doit fournir la batterie lorsque la puissance mécanique relevée sur l'essieu est égale à 9,24 kW.

C1.3 **Calculer** la puissance **P2** restituée à la batterie lorsque la puissance mécanique relevée sur l'essieu est égale à –15,58 kW.

C1.4 **Calculer** la puissance moyenne $\mathbf{P_{bat}}$ au niveau de la batterie pour le parcours.

C1.5 Etant donné le temps mis pour effectuer le parcours (23 min), **calculer** l'énergie nécessaire $\mathbf{W_{bat1}}$ en kWh.

C1.6 **Calculer** l'énergie $\mathbf{W_{bat2}}$ pour l'autonomie désirée de 100 km et en prenant le même parcours et la même distribution de puissance.

C1.7 Pour l'autonomie souhaitée (mêmes conditions que C1.6), **calculer** l'énergie $\mathbf{W_{acc}}$ consommée par les accessoires.

C1.8 **En déduire** l'énergie totale $\mathbf{W_t}$ (autonomie + accessoires) nécessaire.

C1.9 Pour des raisons de garantie « constructeur », on tolère une profondeur de décharge maximale de 80%, **calculer** l'énergie $\mathbf{W_{rack}}$ du rack batterie.

C2 : Choix de la technologie du rack batterie

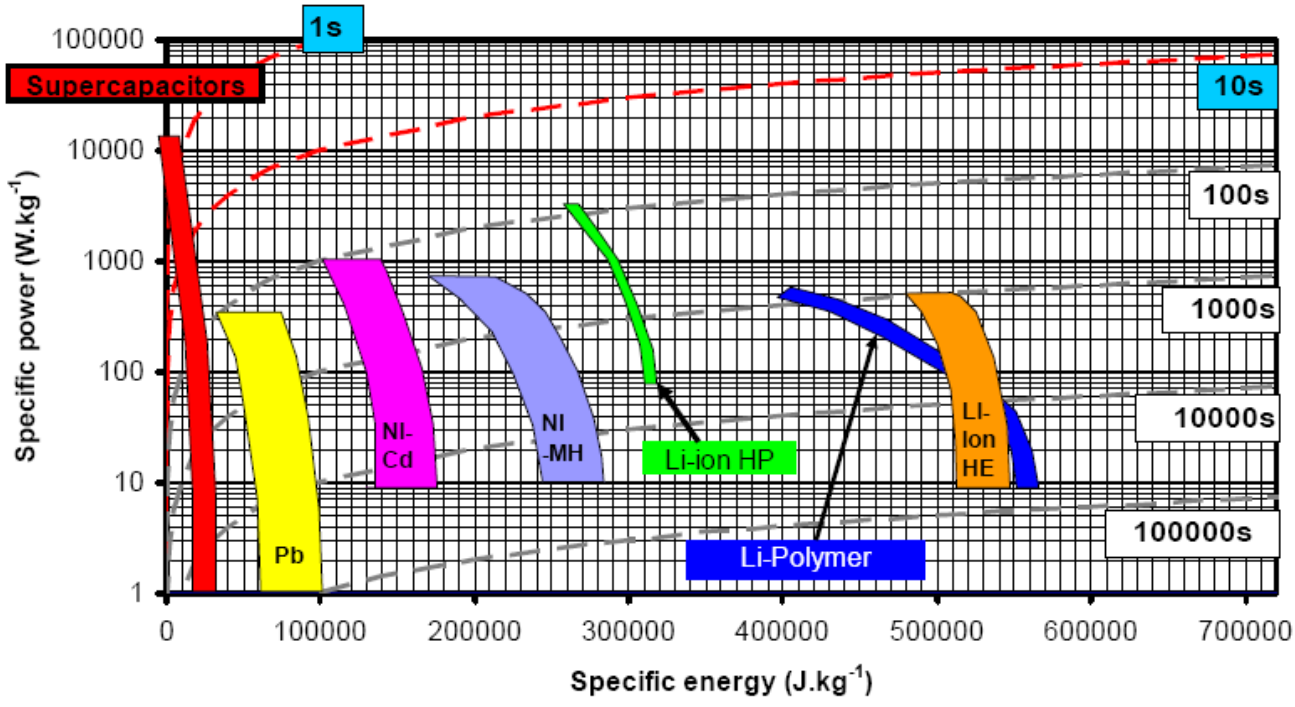
Objectif : Il s'agit de déterminer la technologie du rack batterie.

Le choix technologique d'une batterie nécessite de connaître la puissance spécifique (W/kg) et l'énergie spécifique (J/kg).

C2.1 On prendra l'énergie minimale du rack batterie égale à 14,4 kWh, **calculer** l'énergie spécifique $\mathbf{W_s}$ sachant que la masse est de 300 kg.

C2.2 Connaissant la puissance maximale du rack batterie (cahier des charges), **calculer** la puissance spécifique $\mathbf{P_s}$.

On vous donne ci-dessous le diagramme de Ragone permettant de choisir la technologie des modules du rack batterie.



C2.3 D'après vos réponses aux questions C2.1 et C2.2, **donner** la technologie à employer. **Indiquer** sur le diagramme le point de fonctionnement.

C2.4 On s'oriente vers une technologie Ni-Mh, à l'aide de la documentation constructeur « Saft » DTC1, **préciser** la référence d'un module et **indiquer** le nombre à utiliser.

C2.5 Suivant la réponse précédente, **représenter** le schéma électrique du rack batterie.

C 3 : Etude économique

C3.1 Sachant que l'énergie électrique consommée par le véhicule pour une autonomie de 100 km est de 10,2 kWh, **calculer** le coût de l'énergie avec un prix du kWh égal à 11c€.

C3.2 Etant donné qu'un véhicule urbain à moteur diesel consomme en moyenne 5l/100 et que le prix du carburant diesel est environ 1€/litre, **calculer** le coût pour l'autonomie souhaitée puis **comparer** votre résultat à la question précédente.

Le constructeur souhaite proposer plusieurs versions afin de diversifier sa clientèle.
On vous donne ci-dessous les caractéristiques de batterie de différentes technologies.
(On conserve l'autonomie de 100 km avec une énergie embarquée de 14,4 kWh).

	Pb-acide	**Ni/MH HE**	**Li-Ion HE**
Energie spécifique (Wh/kg)	35	60	110
Puissance max (kW)	24	24	18
Prix (€/kWh)	150	250	400

C3.3 **Calculer** la masse des batteries pour les 3 cas.

C3.4 La solution économique retenue par le constructeur est la technologie Pb-acide.
Quelles seront les incidences de ce choix par rapport au cahier des charges du véhicule (page C2).

NHE Module
High energy
Nickel-metal hydride module

Saft's NHE Ni-MH batteries are specifically designed for applications requiring enhanced energy density and maintenance-free operation.

NHE modules are available in two configurations:

- **NHE 10-100: 12 V, 100 Ah**
- **NHE 5-200: 6 V, 200 Ah**

Applications

Energy applications for all-electric vehicles, rail and mass-transit equipments, telecom central offices, offshore installations,...

Main advantages

- Maintenance-free operation
- High power/energy ratio
- Excellent safety and resistance to abuse
- Fully recyclable
- Liquid cooling system available as an option depending on the application

Technology

- Sealed - 100% recombination
- Foam positive electrode
- Nickel metal hydride negative electrode (AB_5 alloy)
- Alkaline electrolyte
- Chemically treated polypropylene separator

Module characteristics

High energy modules	NHE 10-100	NHE 5-200
Electrical characteristics		
Nominal voltage (V)	12	6
Rated capacity at C/3, after charge at constant current (Ah)	100	200
Specific energy (Wh/kg)	66	66
Energy density (Wh/l)	137	137
Specific power (W/kg)	150	150
Power density (W/l)	310	310
Dimensions		
Height (mm)	195	195
Length (mm)	390	390
Width (mm)	120	120
Weight (kg)	18.6	18.6

Partie D

ETUDE DU LEVE VITRE ELECTRIQUE

- Etude du fonctionnement du système d'anti-pincement
- Etude du bus CAN

Temps conseillé : 1h00.

Ce dossier est constitué de :

- 11 pages numérotées de D1 à D11 (Questionnement et réponses)

D1 : Etude du fonctionnement de l'anti-pincement

Objectif : lorsque la vitre remonte, celle-ci peut rencontrer un obstacle (bras, main, doigt..). Comment éviter l'accident ?

Mise en situation : la FCITY est une voiture de location « libre service ».

Lorsque le locataire quitte le véhicule et le ferme, un protocole de contrôle de la situation est lancé. Si les fenêtres ne sont pas fermées au moment du verrouillage des portières, elles sont remontées automatiquement.

Ceci impose des contraintes de sécurité, notamment en ce qui concerne le risque de pincement entre la vitre et le montant de la porte pendant la fermeture.

Schéma de principe du lève-vitre :

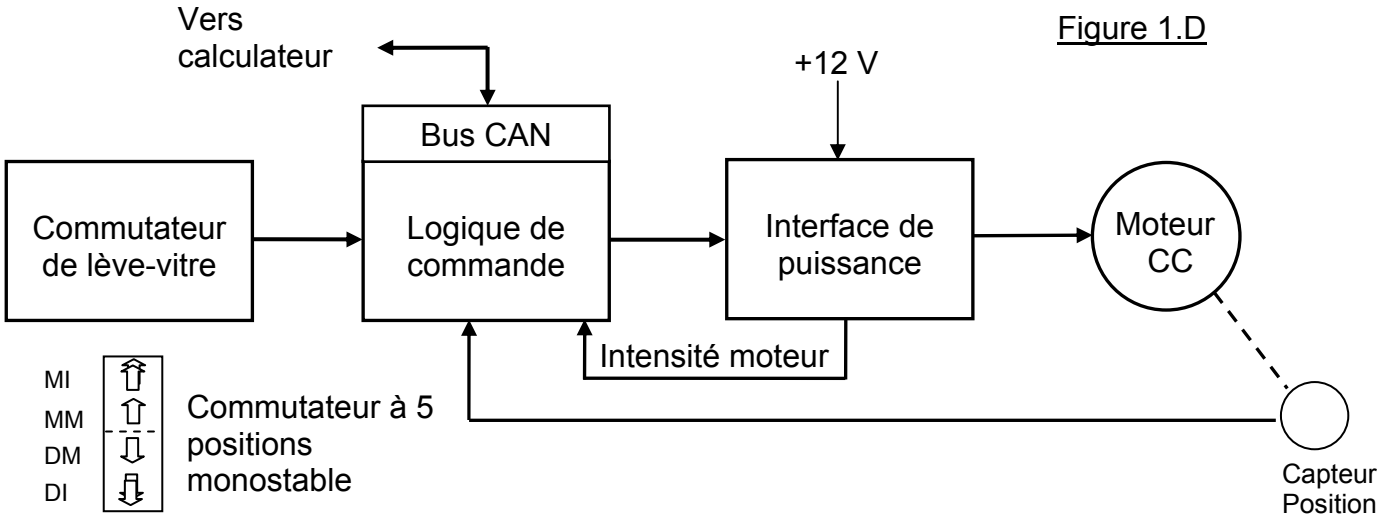


Figure 1.D

Description du fonctionnement :

La vitre peut être commandée manuellement par le commutateur 5 positions ou automatiquement par un ordre arrivant à partir du bus CAN.

Le commutateur 5 positions possède 4 positions pour commander le mouvement de la vitre et une position stable de repos.

MI : montée impulsionnelle. Un appui sur ce bouton entraîne la remontée complète de la vitre.

MM : montée manuelle. Le mouvement de montée de la vitre est effectif tant que le commutateur est dans cette position et que la vitre n'est pas en position haute.

DM : descente manuelle. Le mouvement de descente de la vitre est effectif tant que le commutateur est dans cette position et que la vitre n'est pas en position basse.

DI : descente impulsionnelle. Un appui sur ce bouton entraîne la descente complète de la vitre.

Tout appui en cours de mouvement provoque l'arrêt.

La mesure de la position de la vitre se fait avec un capteur à effet Hall qui transmet des impulsions à un compteur. Ces impulsions sont comptabilisées et POS est la variable de sortie du compteur.

La position basse correspond à POS=515 et la position haute à POS=0.

Lorsque le moteur arrive en position haute ou basse, le système détecte une surintensité qui provoque l'arrêt du moteur.

Fonctionnement de l'antipincement : il consiste à descendre la vitre de 20mm lorsque le moteur est bloqué (détection de surintensité) et que la vitre n'est pas en position haute.

D1.1 Etude de l'interface de puissance

L'interface de puissance reçoit deux informations (montée ou descente) de type logique via des micro-relais Kmo et Kde.

Les contacts de Kmo commandent la montée et les contacts de Kde, la descente.

Lorsque la vitre remonte, la tension aux bornes du moteur U_M doit être positive.

D1.1.1 : **Compléter** le schéma de l'interface de puissance figure D1, en précisant le nom des contacts (Kmo ou Kde).

Schéma de l'interface de puissance :

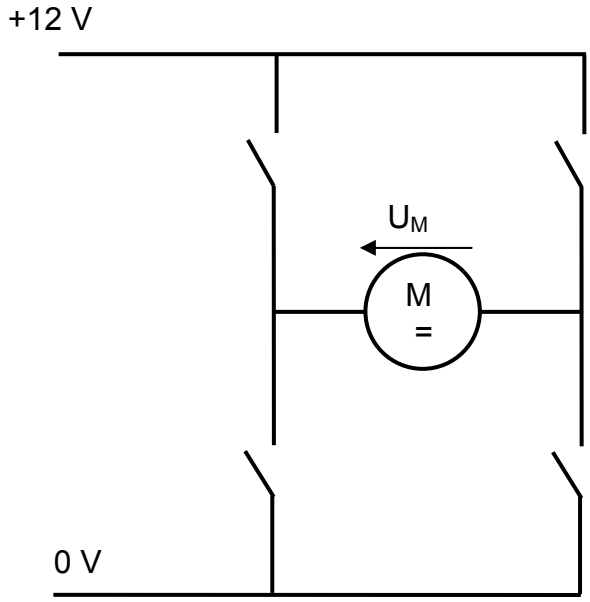


Figure 2.D

D1.1.2 : Que se passe-t-il si les contacts de Kmo et Kde sont fermés en même temps ? Que faut-il prévoir dans la logique de commande pour éviter cet inconvénient ?

On souhaite mesurer l'intensité du courant électrique absorbé par la machine à courant continu. Cette intensité doit être mesurée par un shunt. (Résistance montée en série dans le circuit et aux bornes de laquelle on mesure la tension. Cette tension est proportionnelle à l'intensité que l'on veut mesurer)

On veut que la tension mesurée, à partir du shunt, soit toujours de même signe quelque soit le sens de rotation du moteur.

D1.1.3 : **Placer** le shunt sur le schéma de l'interface de puissance figure 2.D (page D3). **Justifier** votre réponse.

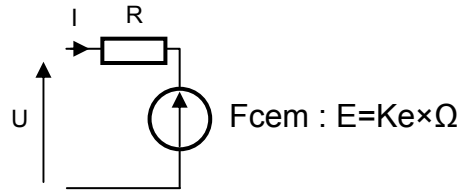
La force de fermeture de la vitre ne doit pas dépasser 100N. Le couple moteur correspondant est de 0,75N.m. On considère que le couple moteur est proportionnel à la force de fermeture.

Les caractéristiques du moteur à courant continu à aimants permanents sont:

tension nominale U=12V, résistance équivalente de l'induit R=0,2Ω,
couple nominal C_N=0,5N.m, vitesse nominale N_N=1200 tr.min^{-1},
le couple de pertes mécaniques est négligé.
Les seules pertes à prendre en compte sont les pertes Joules de l'induit.

Le modèle équivalent de l'induit du moteur à courant continu est le suivant :

Figure 3.D



Rappel des équations MCC :
$P_N=C_N\times\Omega_N$
U=E+R×I (fonctionnement moteur)
$P_N=P_{ABS}-P_J$
C_N=Ki×I (Ke=Ki)

P_N :puissance utile nominale en W. P_J : pertes Joules induit en W.
C_N : couple utile nominal en N.m. P_{ABS} : puissance absorbée par l'induit en W.
Ω_N : vitesse nominale en rad.s^{-1}. R : résistance d'induit en Ω.
U : tension d'alimentation de l'induit. I : intensité dans l'induit en A
Ke : coefficient de proportionnalité entre E et Ω en V.s/rad.
Ki : coefficient de proportionnalité entre le couple en N.m et l'intensité dans l'induit en A.

Lorsque le moteur remonte la vitre, l'intensité I est égale à la valeur nominale.

D1.1.4 : **Calculer** l'intensité nominale I_N du courant dans l'induit du moteur et **en déduire** l'intensité du courant dans l'induit I_B correspondant à la force maximale de 100N.

D1.2 : Etude de l'élaboration du signal de détection de surintensité.

Le schéma fonctionnel de la détection de l'antipincement est le suivant :

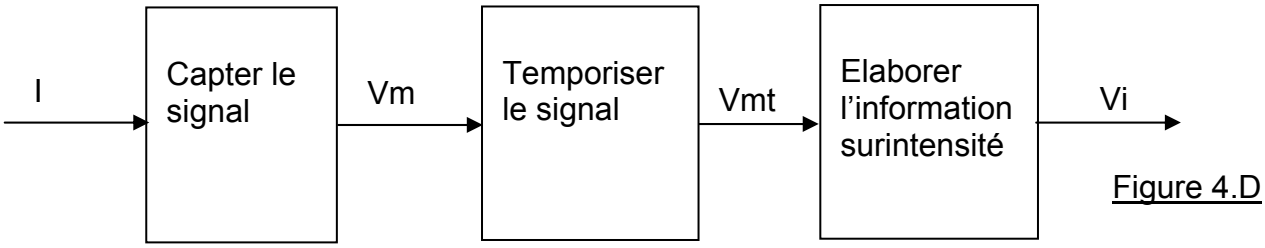


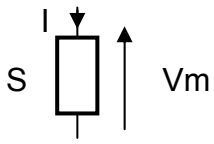
Figure 4.D

I : valeur de l'intensité du courant de l'induit du moteur à courant continu
Vm : tension image de la valeur absolue de l'intensité du courant de l'induit.
Vmt : tension à la sortie de la temporisation
Vi : information logique (0V-5V) indiquant une surintensité.

D1.2.1 : D'après les particularités du moteur à courant continu au démarrage, **expliquer** le rôle de la fonction temporiser.

On ne prend pas en compte la temporisation pour la suite de cette partie.

La mesure de la valeur de l'intensité se fait avec un shunt de valeur 0,05Ω. Le schéma est donné ci-dessous :



Fonction de transfert de la fonction ***élaborer l'information surintensité*** :

Vi=f(Vmt)

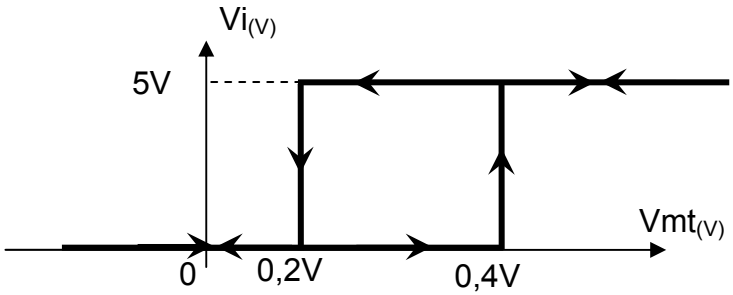
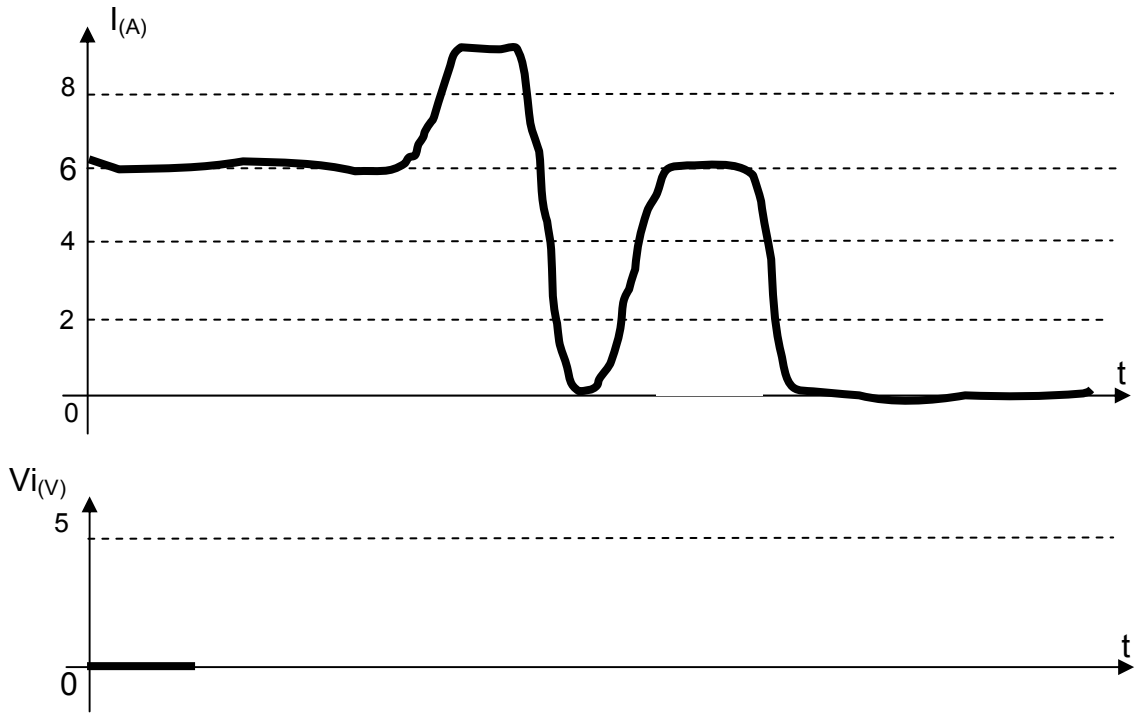


Figure 5.D

D1.2.2 : **Compléter** le chronogramme ci-dessous



Vous préciserez les phases : montée normale, pincement, arrêt de sécurité, descente de 20mm.

D1.3) Grafcet de fonctionnement du lève vitre.

On rappelle les différentes variables :

Vi : surintensité
MI : montée impulsionnelle
MM : montée manuelle
DM : descente manuelle
DI : descente impulsionnelle

Montée : ordre de montée de la vitre. **Descente** : ordre de descente de la vitre.

POS : variable indiquant la position de la vitre. POS=515 position basse, POS=0 position haute. POS=POS+20 pour une descente de 20mm en cas de pincement.

Vous pouvez utiliser la variable **MEMO** pour mémoriser la position de la vitre.

La gestion du compteur ne se fait pas dans le grafcet.

D1.3.1 **Donner** le(s) GRAFCET(S) décrivant le fonctionnement du lève vitre.

D2 : Etude de la communication entre le système lève vitre et le calculateur.

Le bus CAN (**C**ontrol **A**rea **N**etwork), utilisé dans sa basse vitesse (125 000 bits/s), est un standard pour relier les équipements de confort d'un véhicule (éclairage, lève vitre, rétroviseur, etc…).
Ce principe a été adopté afin de minimiser les coûts de câblage et de maintenance.

Le circuit de commande de la vitre doit informer un calculateur de la position de celle-ci, ainsi que de l'état du commutateur situé sur la portière. Grâce au bus CAN, deux fils sont suffisants pour communiquer ces informations. On y ajoute deux fils d'alimentation (0V-12V).

Dans cette partie, l'étude portera sur le protocole CAN et la gestion des conflits.

La structure étudiée est composée de média de transmission (fils électriques) et d'**U**nités de **C**ontrôle **É**lectrique (ECU). Les ECU sont les stations du réseau CAN (nœuds CAN).

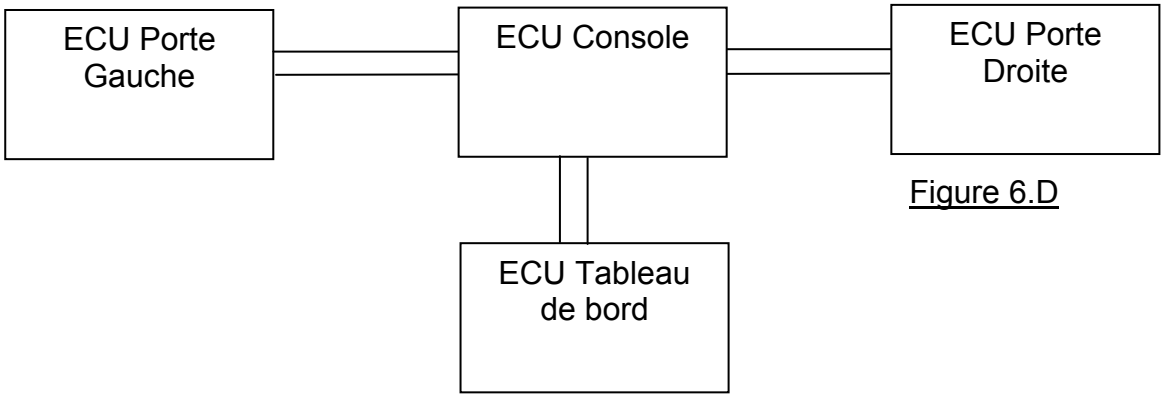
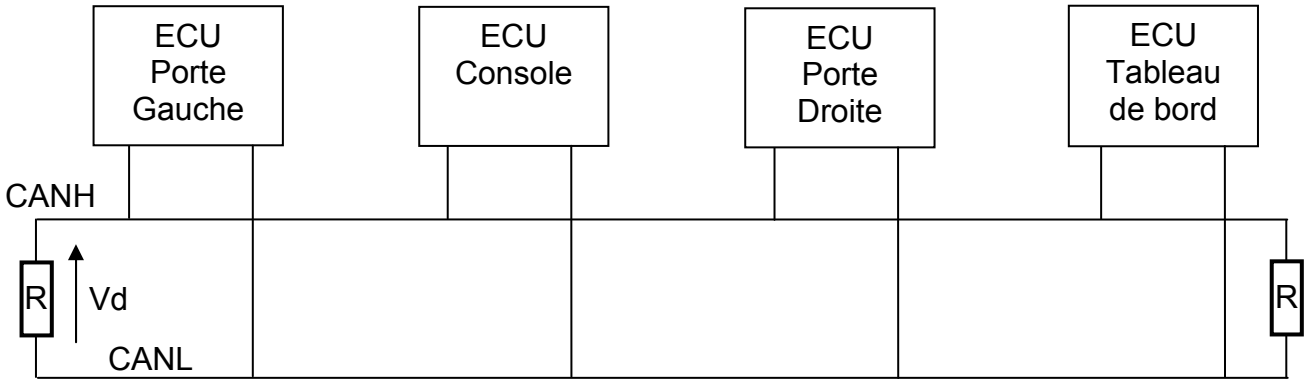


Figure 6.D

Le schéma de câblage est le suivant :

Figure 7.D



R : résistance de terminaison du bus. CANH : Can High. CANL : Can Low.

Les informations sont de type série. Le protocole CAN impose la trame ci-dessous :

Début	Identificateur	Commande	Information	Contrôle	Acquittement	Fin

Début : SOF (Start OF Frame): symbole indiquant le début d'une trame **(1bit)**.

Identificateur : champ d'identification de la trame sur **12 bits**. Les 11 premiers indiquent l'identité du contenu du message et servent également à l'arbitrage (gestion des priorités). Le dernier bit permet de coder la nature du message. Pour une trame de donnée, le bit est à 0 (ex information sur la position de la vitre) et pour une trame de requête, le bit est à 1 (ex demande de la position de la vitre).

Commande : champ de commande constitué de **6 bits** dont 4 bits (**DLC**) qui indiquent la taille du champ information (Nombre d'octets). Les deux bits non utilisés sont gardés en réserve pour une augmentation éventuelle du nombre d'octets du champ information.

Information : ce champ contient de **0 à 8 octets** de données (un octet = 8 bits). Exemple : information de régime moteur envoyée sur l'ECU tableau de bord.

Contrôle : ce champ de vérification des données est composé de **16 bits**. Ce contrôle est effectué par tous les boitiers du réseau.

Acquittement : ce champ d'acquittement est composé de **2 bits.**

Fin : champ de fin de trame, suite de **7 bits** à l'état 1.

Séparateur de trame : **3 bits** à l'état 1 séparent obligatoirement deux trames consécutives. On considère que ces trois bits font partie intégrante de la trame.

On ne tient pas compte du bit STUFFING pour créer des fronts sur le signal lorsque plusieurs bits identiques se succèdent.

D2.1) Connaissant la vitesse de transmission du bus, **indiquer** le temps de communication maximum d'une trame sachant que le champ information peut contenir jusqu'à huit octets.

En agissant sur le commutateur 5 positions commandant la vitre gauche, le conducteur déclenche une transmission de données provenant de l'ECU porte gauche.

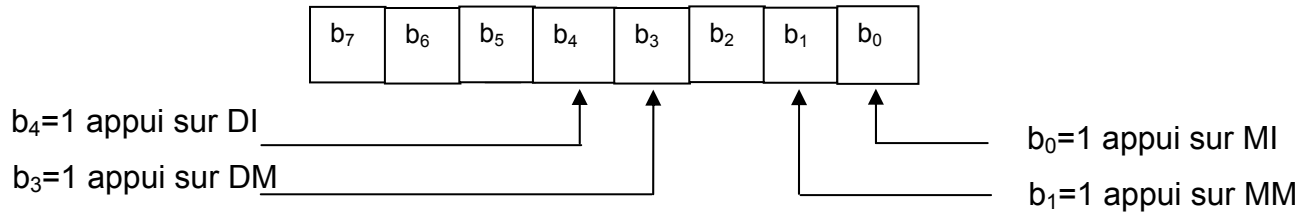
On relève dans la trame circulant sur le bus CAN :

Identificateur	Commande		Information
	(2 bits)	(4 bits) DLC	
1F0	0	?	02

Nombres en hexadécimal

D2.2) Quelle est la valeur de DLC en hexadécimal ?

La donnée contenue dans le champ information indique l'état du commutateur commandant la vitre gauche. La signification de chaque bit utile de l'octet est la suivante :



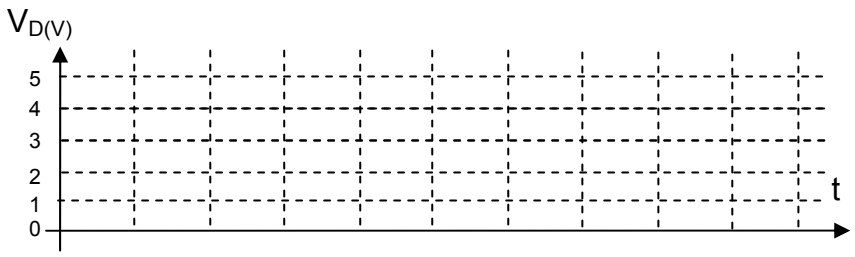
D2.3) D'après la trame relevée, **indiquer** quelle est la nature de l'information renvoyée par l'ECU porte gauche ?

On veut vérifier à l'oscilloscope le câblage du contact DM de l'ECU porte gauche. Pour cela, on visualise les signaux sur V_{CANL} et V_{CANH}. Pour un état logique 0, on a V_{CANL}=1V et V_{CANH}=4V et pour un état logique 1, on a V_{CANL}=2,5V et V_{CANH}=2,5V.

D2.4) Pourquoi n'a-t-on pas utilisé le 0V pour les potentiels de V_{CANH} ou de V_{CANL} ?

D2.5) **Donner** la valeur de l'octet du champ information lorsque le contact DM du commutateur de la porte gauche est actionné. **Dessiner** le chronogramme de V_D (tension différentielle voire figure 7.D page D8) transmettant cet octet sachant que le bit de poids de poids fort est émis en premier.

Valeur de l'octet :



Comme toutes les stations sont connectées sur deux fils, toutes les trames passent sur ces deux fils. Or chaque station est susceptible de transmettre un message à tout moment. Il est très probable que deux stations essaient de communiquer en même temps. Il est nécessaire de disposer d'un mécanisme d'arbitrage.

Lorsqu'une station émet, c'est son champ d'identification qui est transmis en premier. Elle envoie son premier bit d'identification (bit de poids fort) et ensuite lit la valeur émise sur le bus. Si les deux valeurs sont égales, elle continue avec le deuxième bit.

Elle s'arrête d'émettre lorsque la valeur lue sur le bus est différente de celle envoyée. Cela signifie qu'elle a perdu l'arbitrage donc qu'une autre station plus prioritaire émet en même temps.

Le schéma de principe de génération des signaux V_{CANH} et V_{CANL} est donné ci-dessous :

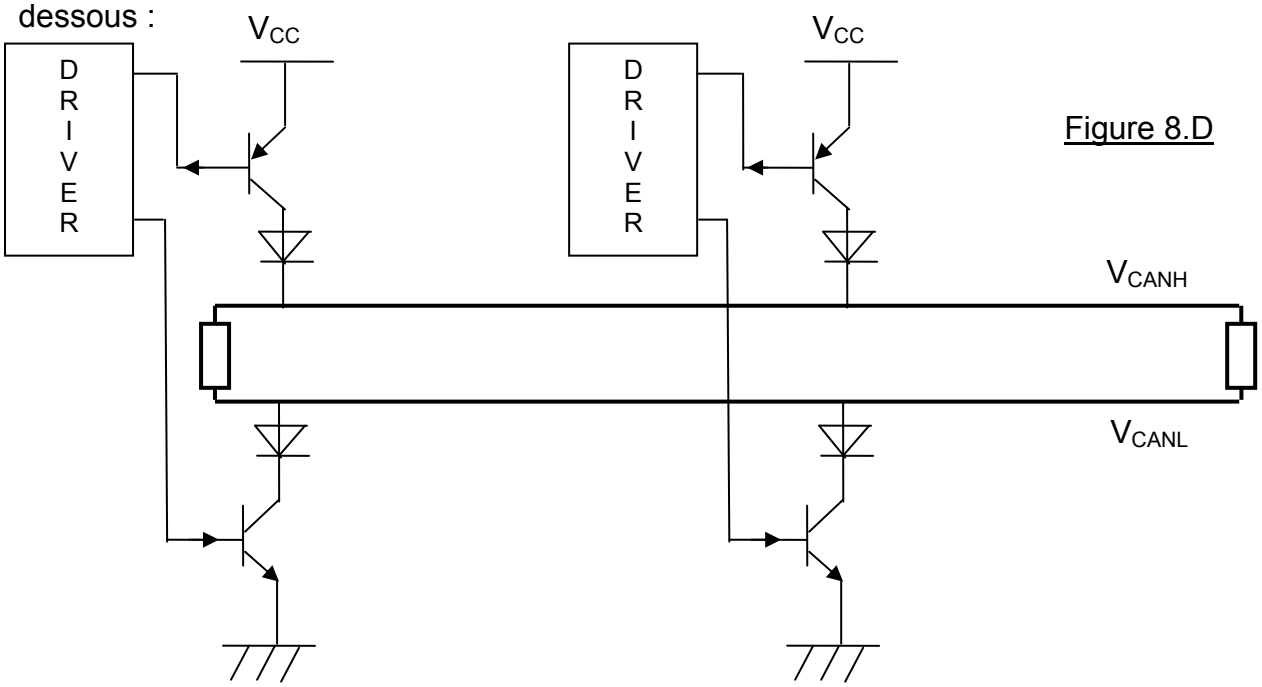


Figure 8.D

ECU Porte Gauche ECU Porte Droite

L'identificateur de l'ECU porte gauche est 1F0 (hexadécimal) et l'identificateur de l'ECU porte droite est 1F2 (hexadécimal).

D2.6) Quelle station remportera l'arbitrage en cas d'émission simultanée ? **Justifier** votre réponse.