

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## Conception et Industrialisation en Microtechniques

### Mathématiques Physique Appliquée

#### ÉPREUVE E3

#### UNITÉ U32

#### SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUÉES

À l'exclusion de tout autre matériel, l'usage de la calculatrice est autorisé conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

**Le candidat répondra aux questions sur le texte même de l'épreuve, qu'il inclura dans une copie double à remettre aux surveillants en quittant la salle d'examen.**

**Si la place allouée pour telle ou telle réponse semble insuffisante, il est possible, en le précisant clairement, d'utiliser le verso de la feuille précédente.**

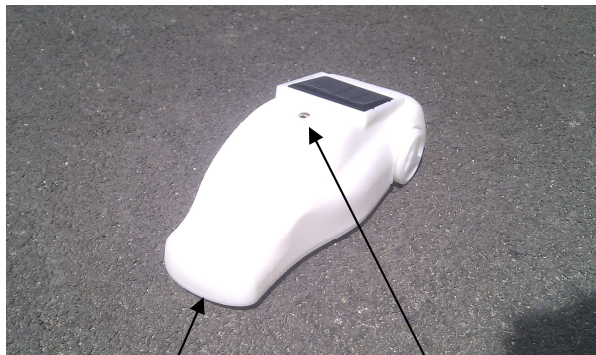
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 16 pages numérotées de 1/16 à 16/16.

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 1 sur 16

## MINI VOITURE SOLAIRE

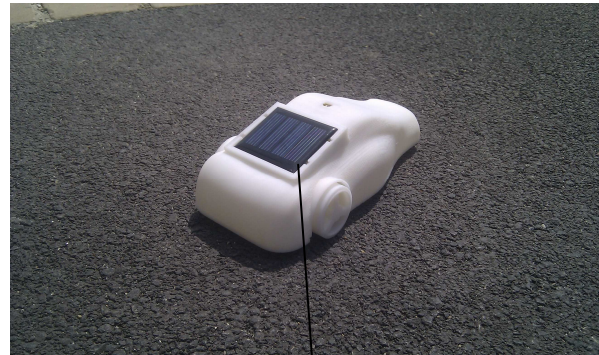
**INTRODUCTION** : Une mini voiture solaire est un jouet électrique qui peut fonctionner sans pile. C'est un jouet éducatif qui apprend aux enfants à découvrir une énergie propre : l'énergie solaire.

La voiture étudiée fonctionne en extérieur ou en intérieur sous lumière artificielle. Elle est télécommandée pour son déplacement et est équipée d'un panneau solaire pour être autonome en énergie électrique. Elle possède 3 roues. Elle avance uniquement en ligne droite et tourne lorsqu'elle recule.



Roue directrice

Récepteur IR



Cellules photovoltaïques

Le problème est composé de 5 parties indépendantes :

- Partie A : Étude du mini panneau solaire (3 points).
- Partie B : Étude de l'alimentation. (5,5 points).
- Partie C : Étude du moteur à courant continu (6 points).
- Partie D : Traitement du signal reçu par le récepteur (4 points).
- Partie E : Étude de la partie mécanique (1,5 point).

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 2 sur 16

• **Partie A : Étude du mini panneau solaire (3 points).**

A.1 Un panneau solaire est un système constitué de cellules photovoltaïques élémentaires qui permet de convertir de l'énergie solaire en énergie électrique continue. La puissance fournie est fonction du flux lumineux.

On a réalisé un relevé expérimental pour un flux lumineux donné et on obtient le tableau ci-dessous où  $U_p$  et  $I_p$  sont respectivement la tension et le courant délivrés par le panneau solaire.

$U_p$ (V)	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,7	1,0	0
$I_p$ (mA)	0	50	85	95	105	110	115	120

Les mesures ont été réalisées en branchant le panneau solaire sur un rhéostat et en y insérant correctement les appareils de mesure nécessaires. (Ampèremètre et voltmètre numériques)

A.1.1 Sur quelle position le commutateur des appareils numériques était-il ? Entourer la bonne réponse.

AC                      ou                      DC

A.1.2 Parmi les rhéostats proposés ci-dessous, lequel a permis d'effectuer toutes les mesures ? Entourer une bonne réponse.

1000  $\Omega$  - 0,57 A      100  $\Omega$  - 1,25 A      23  $\Omega$  - 7 A      10  $\Omega$  - 5,7 A

A.1.3 Porter les points du tableau sur la figure A puis tracer la caractéristique  $I_p(U_p)$  du panneau solaire.

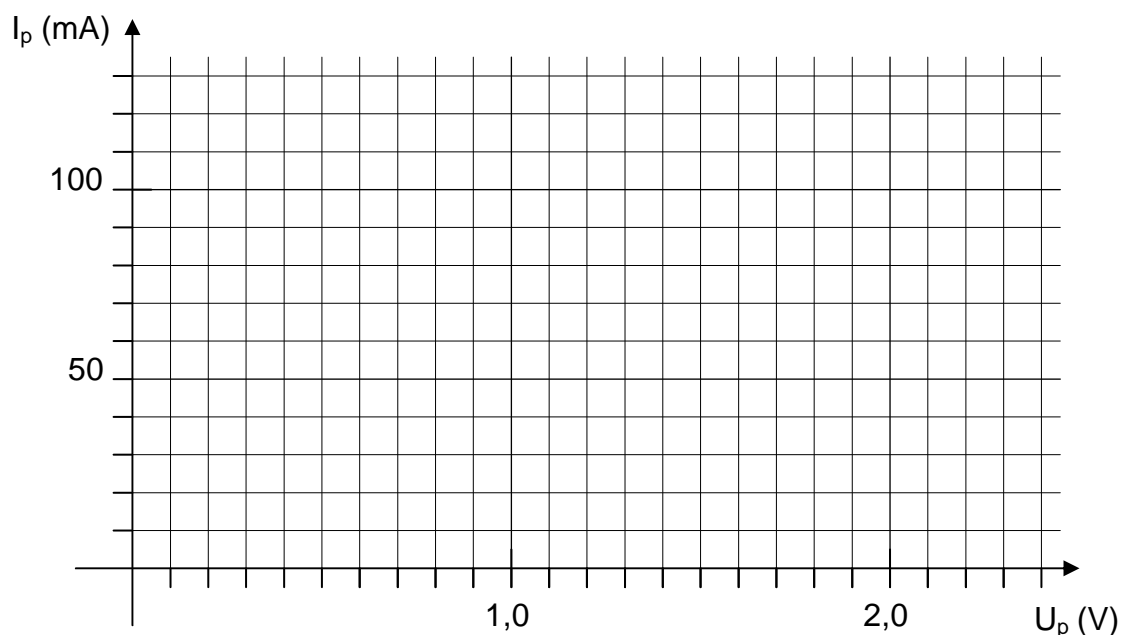


FIGURE A

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 3 sur 16

- A.1.4 Quels sont les coordonnées du point C correspondant au fonctionnement en court-circuit et placer celui-ci sur la figure précédente.
- A.1.5 Quels sont les coordonnées du point V correspondant au fonctionnement à vide et placer celui-ci sur la figure précédente
- A.1.6 La puissance maximale délivrée par le panneau solaire est obtenue au voisinage du coude de la caractéristique  $I_p(U_p)$ .  
Estimer cette puissance maximale  $P_{\max}$  en mW.
- A.1.7 Le panneau solaire est constitué de 4 cellules élémentaires qui fournissent individuellement une tension à vide de 0,55 V et un courant de court-circuit de 120 mA.  
Comment sont associées les cellules et quel est l'intérêt de les associer de cette manière ?

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 4 sur 16

- **Partie B : Étude de l'alimentation (5,5 points).**

La tension fournie par le panneau solaire varie en fonction du flux lumineux. Elle n'est pas suffisante et constante pour alimenter les composants de la partie électronique et le moteur. Il est donc nécessaire d'élever la tension et de la rendre indépendante du flux lumineux. Un circuit spécialisé permet de réaliser cette fonction. Pour une tension d'entrée comprise entre 0,8 et 3,3 V, le composant délivre une tension constante de 3,3 V et un courant jusque 100 mA.

B.1 Étude du convertisseur DC/DC.

La figure B1 représente le principe d'un convertisseur DC/DC. L'étude se fait en régime permanent.

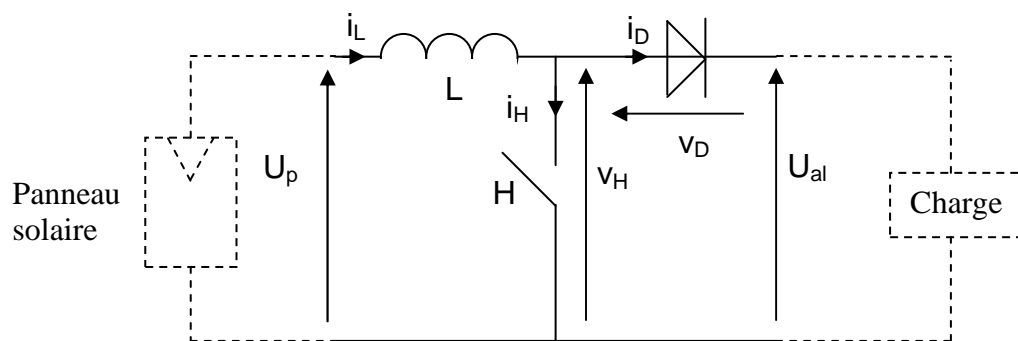


FIGURE B1

$U_p$  est la tension délivrée par le panneau solaire supposée constante et positive mais qui peut évoluer en fonction du flux lumineux.

En régime permanent, la tension  $U_{al}$  est considérée constante et égale à 3,3 V.

L'inductance  $L$  est assez grande pour que l'on puisse considérer l'intensité du courant  $i_L$  constante égale à  $I$ , soit  $i_L = I$ .

Les éléments du convertisseur sont supposés parfaits.  $H$  est un interrupteur électronique qui s'ouvre et se ferme périodiquement. Sur une période  $T$  :  $H$  est fermé de  $0$  à  $\alpha.T$  et ouvert de  $\alpha.T$  à  $T$ ,  $\alpha$  désignant le rapport cyclique.

B.1.1 Donner la relation entre  $v_H$ ,  $v_D$  et  $U_{al}$ .

B.1.2 Donner la relation entre  $i_D$ ,  $i_H$  et  $I$ .  
On rappelle que  $i_L = I$ .

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 5 sur 16

B.1.3 Compléter le tableau ci-dessous en vous aidant des relations précédentes.

H est <b>fermé</b> sur $[0 ; \alpha.T]$	H est <b>ouvert</b> sur $[\alpha.T ; T]$
$v_H =$	$i_H =$
$v_D =$	$i_D =$
Etat de D :	Etat de D :
$i_D =$	$v_D =$
$i_H =$	$v_H =$

B.1.4 Etude sur une période T.

B.1.4.1 En vous aidant du tableau, dessiner la courbe représentative de  $v_H$  sur la figure B2.

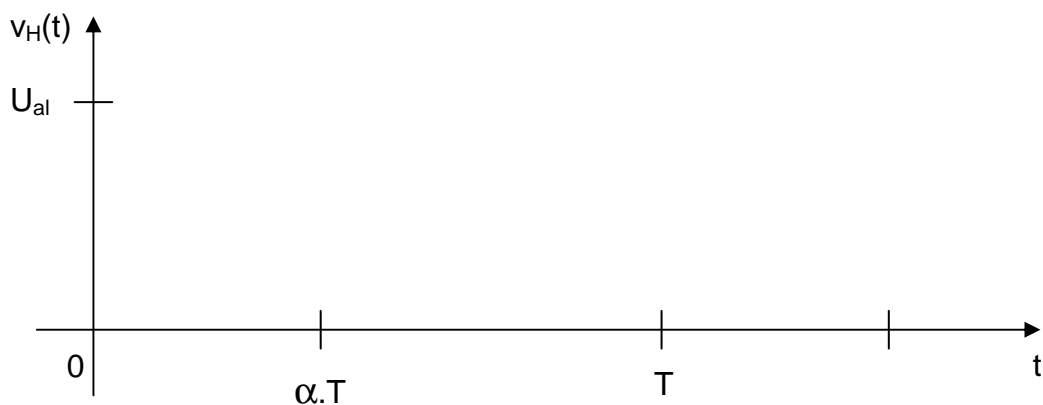


FIGURE B2

B.1.4.2 Montrer que la valeur moyenne de  $v_H(t)$  s'écrit :  
 $\langle v_H \rangle = (1-\alpha).U_{al}$ .

B.1.4.3 En appliquant la loi des mailles à l'entrée du circuit montrer que  $\langle v_H \rangle = U_p$ . On rappelle que la valeur moyenne de la tension aux bornes d'une bobine est nulle.

B.1.4.4 Application numérique :  
 Calculer  $\alpha$  pour  $U_p = 2,0 \text{ V}$  et  $U_{al} = 3,3 \text{ V}$ .

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 6 sur 16

## B.2 Étude de l'inversion de l'alimentation (pont en H).

La figure 4 permet d'obtenir une tension continue positive ou négative aux bornes du moteur, selon l'état des interrupteurs électroniques  $K_i$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) supposés parfaits. Ainsi, la voiture peut se déplacer en marche avant ou marche arrière.

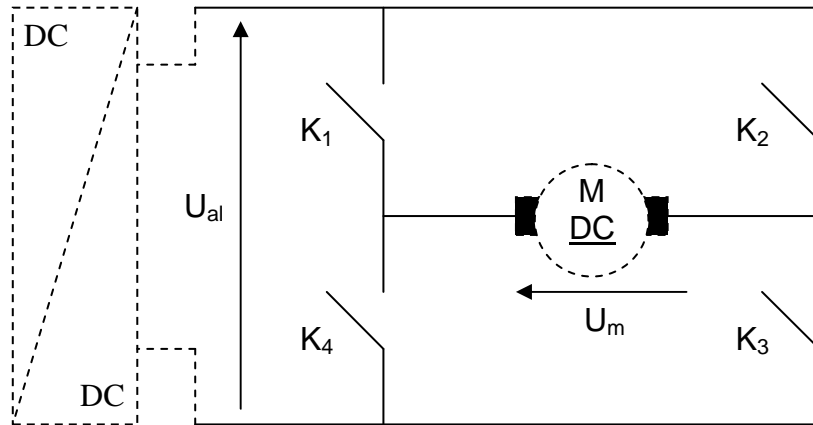


FIGURE B3

$U_m$  représente la tension aux bornes du moteur.

B.2.1 Pourquoi ne peut-on pas commander la fermeture des interrupteurs ( $K_1$  et  $K_4$ ) ou ( $K_2$  et  $K_3$ ) simultanément ?

B.2.2 Quels sont les interrupteurs fermés pour avoir  $U_m = U_{al}$  ?

B.2.3 Quels sont les interrupteurs fermés pour avoir  $U_m = -U_{al}$  ?

B.2.4 En quoi le dispositif répond-il au cahier des charges ?

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 7 sur 16

• **Partie C. Étude du moteur à courant continu (6 points).**

Le moteur à courant continu est à aimant permanent.

C.1 Détermination de la résistance du moteur.

C.1.1 A partir des éléments représentés ci-dessous, compléter le schéma de câblage de la figure C1 afin de déterminer expérimentalement la résistance de l'induit du moteur par la méthode volt-ampèremétrique. Repérer par un astérisque (\*) la borne positive des appareils de mesure.

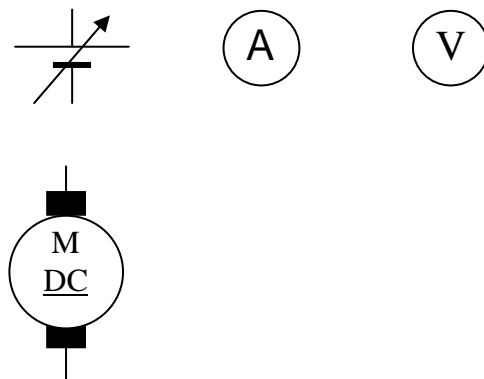


FIGURE C1

C.1.2 Pour quelle raison faut-il bloquer le rotor lors de l'essai ?

C.1.3 Les mesures ont données :  $U_c = 1,1 \text{ V}$  et  $I_c = 105 \text{ mA}$   
Déterminer la résistance  $R$  de l'induit du moteur.

C.2 Exploitation des caractéristiques du moteur.

Les caractéristiques :

- du courant en fonction du couple utile  $I(T_u)$ ,
- de la vitesse de rotation en fonction du couple utile  $N(T_u)$ ,
- du rendement en fonction du couple utile  $\eta(T_u)$ ,

du moteur sont données figure C2 pour une tension d'alimentation de  $U = 3 \text{ V}$ .  
On prendra la résistance d'induit du moteur  $R = 10 \Omega$ .

*Traduction*

- Efficiency : rendement  $\eta$  en %,
- Current : courant  $I$  en A,
- Speed : vitesse de rotation  $N$  en  $\text{tr.min}^{-1}$ ,
- Torque : couple utile  $T_u$  en  $\text{mNm}$ ,

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 8 sur 16



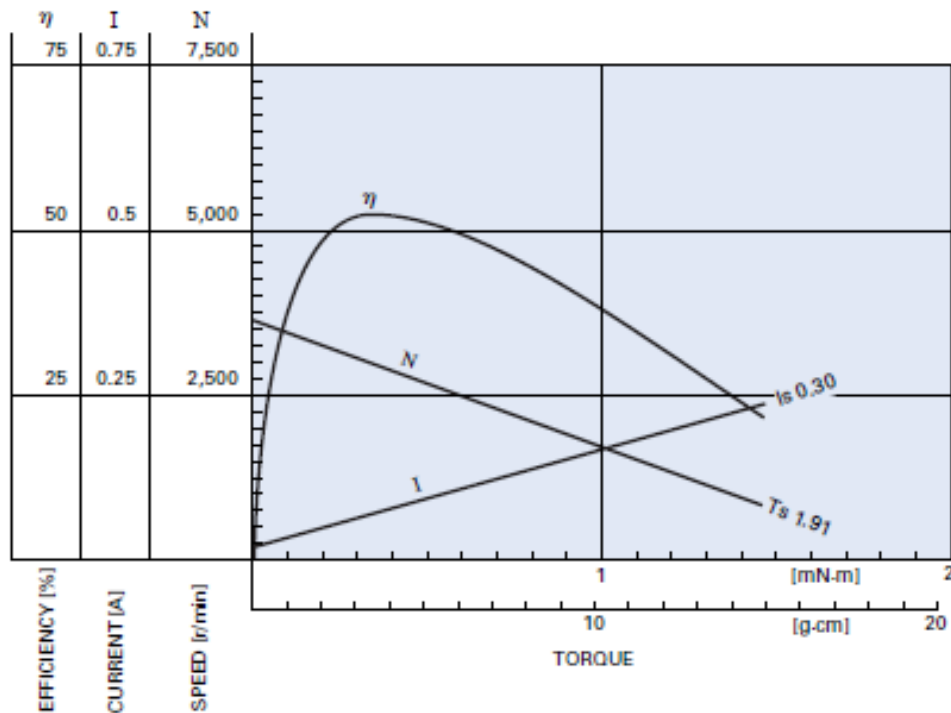


FIGURE C2

## C.2.1 Fonctionnement à vide du moteur

A l'aide de la figure C2, on relève l'intensité du courant  $I_v$  ainsi que la vitesse  $N_v$  du moteur à vide :  $I_v = 25 \text{ mA}$  et  $N_v = 3625 \text{ tr.min}^{-1}$ .

C.2.1.1 Quel est le couple utile à vide  $T_{uv}$  du moteur ?

C.2.1.2 Calculer la vitesse  $\Omega_v$  en  $\text{rad.s}^{-1}$  et la f.e.m.  $E_v$ .

C.2.1.3 En déduire la constante  $K = E / \Omega$  de la machine et préciser son unité.

C.2.1.4 Calculer la puissance absorbée  $P_{av}$ , les pertes par effet Joule  $p_{Jv}$  et les pertes collectives  $p_{Cv}$  à vide.

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 9 sur 16

## C.2.2 Fonctionnement en charge

On considère un couple utile en charge  $T_{uch} = 0,5 \text{ mNm}$ .

C.2.2.1 A l'aide de la figure C2, déterminer le courant  $I_{ch}$  et la vitesse  $N_{ch}$  du moteur en charge.

C.2.2.2 Calculer la puissance absorbée  $P_{ach}$  et la puissance utile  $P_{uch}$  en charge.  
En déduire le rendement et vérifier qu'il correspond à celui indiqué par la figure C2.

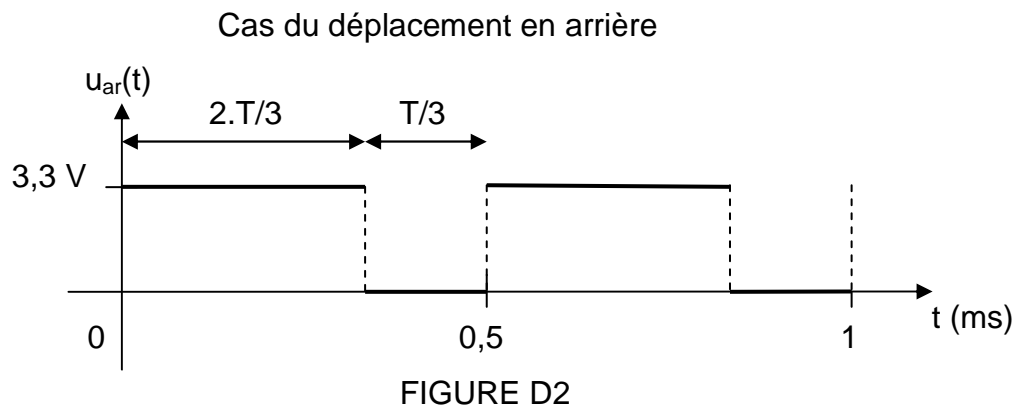
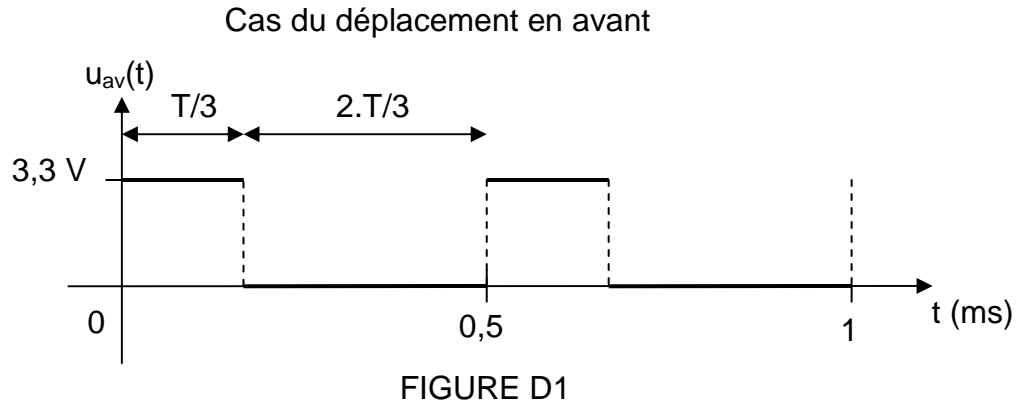
C.2.2.3 Calculer les pertes par effet Joule  $p_{Jch}$  et les pertes collectives  $p_{Cch}$  en charge.

C.2.2.4 En comparant les pertes collectives à vide et en charge, préciser si celles-ci dépendent de la vitesse de rotation.

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 10 sur 16

• **Partie D : Traitement du signal reçu par le récepteur (4 points).**

En fonction du déplacement choisi au niveau de la télécommande, la partie réception doit traiter, après mise en forme, l'un ou l'autre des signaux représentés figure D1 et D2.



D.1 Traitement analogique du signal

L'une des solutions pour déterminer le sens de déplacement consiste à appliquer l'un des signaux représentés ci-dessus à l'entrée d'un filtre analogique et à analyser le signal de sortie  $v_s(t)$ .

D.1.1 Les signaux appliqués à l'entrée du filtre sont représentés figure D1 et D2. Compléter le tableau ci-dessous :

	T(ms)	F(kHz)	$\alpha$	$\langle u \rangle$ (V)
$u_{ar}(t)$				
$u_{av}(t)$				

Où T, F,  $\alpha$  et  $\langle u \rangle$  représentent respectivement la période, la fréquence, le rapport cyclique et la valeur moyenne des signaux  $u_{ar}(t)$  et  $u_{av}(t)$ .

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 11 sur 16

### D.1.2 Étude du filtre

On donne ci-dessous la caractéristique du gain du filtre.

$$G_{dB} = 20 \cdot \text{Log}(T) = 20 \cdot \text{Log}\left(\frac{V_s}{V_e}\right) \text{ en fonction de la fréquence du filtre.}$$

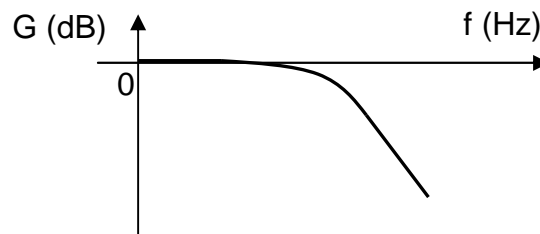


FIGURE D5

D.1.2.1 Déterminer la nature du filtre, son gain  $G_0$  et l'amplification  $T_0$  quand  $f \rightarrow 0$ .

D.1.2.3 Comment choisir la fréquence de coupure  $f_c$  du filtre par rapport à la fréquence  $F$  du signal appliqué à l'entrée afin que le filtre puisse extraire la valeur moyenne du signal ?

D.1.3 Dans les conditions de la question précédente, donner les 2 valeurs de  $v_s(t)$  selon le signal appliqué à l'entrée du filtre.

### D.2 Traitement numérique du signal.

Après avoir réalisé une étude de coût, on s'aperçoit que l'on peut remplacer le traitement analogique par un traitement numérique utilisant le microcontrôleur déjà présent sur le système.

Le microcontrôleur associé à son programme analyse alors le signal reçu pour lui permettre de distinguer la marche avant de la marche arrière.

Les signaux analogiques doivent donc être, avant tout, échantillonnés : cela consiste à prélever les valeurs du signal analogique à des instants multiples entiers de la période d'échantillonnage  $T_E$ . L'ensemble de ces échantillons constitue le signal échantillonné.

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 12 sur 16

### D.2.1 Cas du déplacement en avant

On a tracé sur la figure D4 le signal échantillonné à la fréquence  $F_E$  dans le cas d'un déplacement en AV.

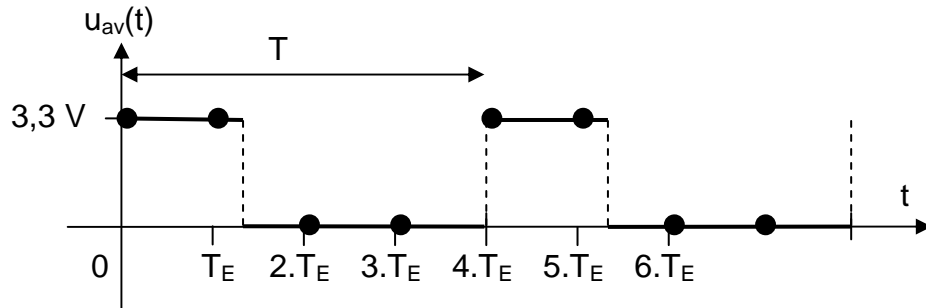


FIGURE D4

D.2.1.1 Quelle est la relation entre la fréquence d'échantillonnage  $F_E$  et la fréquence du signal  $F = 1/T$ .

D.2.1.2 Vérifier que la condition de Shannon est respectée sachant que le théorème de Shannon impose que  $F_E$  doit être deux fois plus grand que la fréquence  $F$  du signal à échantillonner.

D.2.1.3 Compléter le tableau ci-dessous.

t	0	$T_E$	$2.T_E$	$3.T_E$
$u_{av}(t)$ en V				

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 13 sur 16

## D.2.2 Cas du déplacement en arrière

D.2.2.1 Echantillonner le signal  $u_{ar}(t)$  donné figure D5 à la fréquence  $F_E = 4.F$  sur le même principe que celui de la figure D4

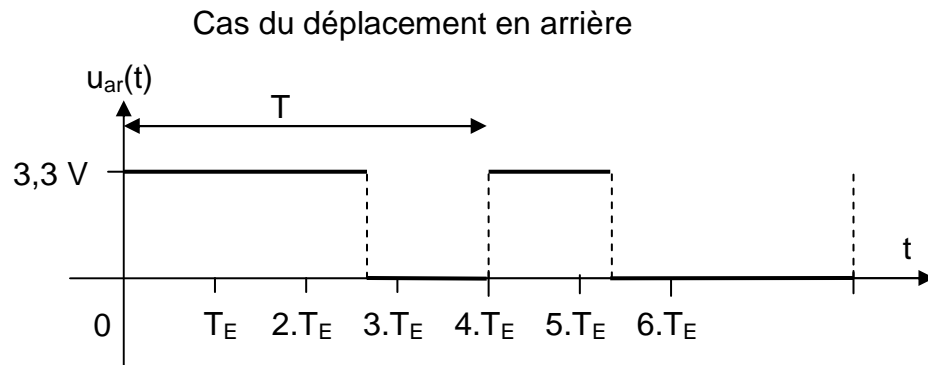


FIGURE D5

D.2.2.2 Compléter le tableau ci-dessous où

$t$	$0$	$T_E$	$2.T_E$	$3.T_E$
$u_{ar}(t)$ en V				

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 14 sur 16

- **Partie E : Étude de la partie mécanique (1,5 points).**

E.1 La voiture ne peut se déplacer qu'en ligne droite en marche avant. Pour tourner il suffit de commander la marche arrière. Ainsi, l'axe de la roue avant pivote, lui permettant de tourner dans une direction privilégiée comme indiquée sur la figure E.

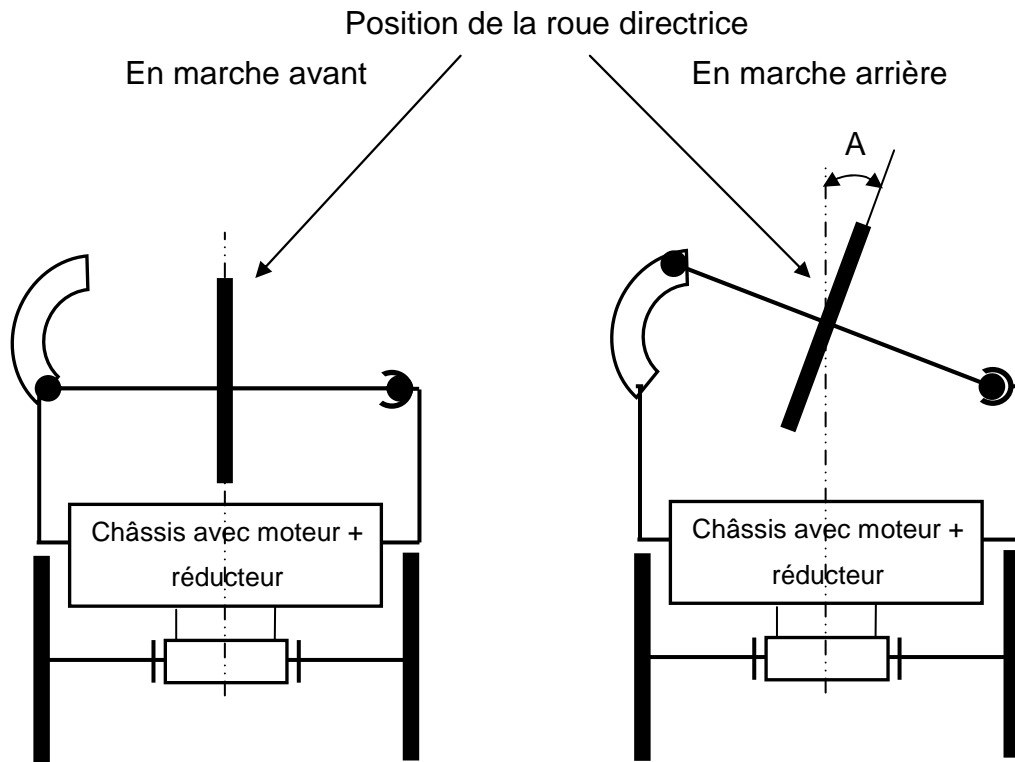


FIGURE E1 (vue de dessus)

E.1.1 Lorsque la voiture arrive devant un obstacle, dans quel sens va-t-elle le contourner, vers la droite ou vers la gauche ?

E.1.2 Déterminer la relation entre le rayon de braquage  $R$ , l'empattement  $L$  de la voiture et l'angle  $A$ , en vous aidant de la figure E2.

E.1.3 Quelle est la distance minimale  $D_{\min}$  pour que la voiture puisse effectuer un  $\frac{1}{2}$  tour en effectuant une seule marche arrière.  
On donne ;  $L = 12 \text{ cm}$ ,  $d = 8 \text{ cm}$  et  $A = 15^\circ$ .

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 15 sur 16

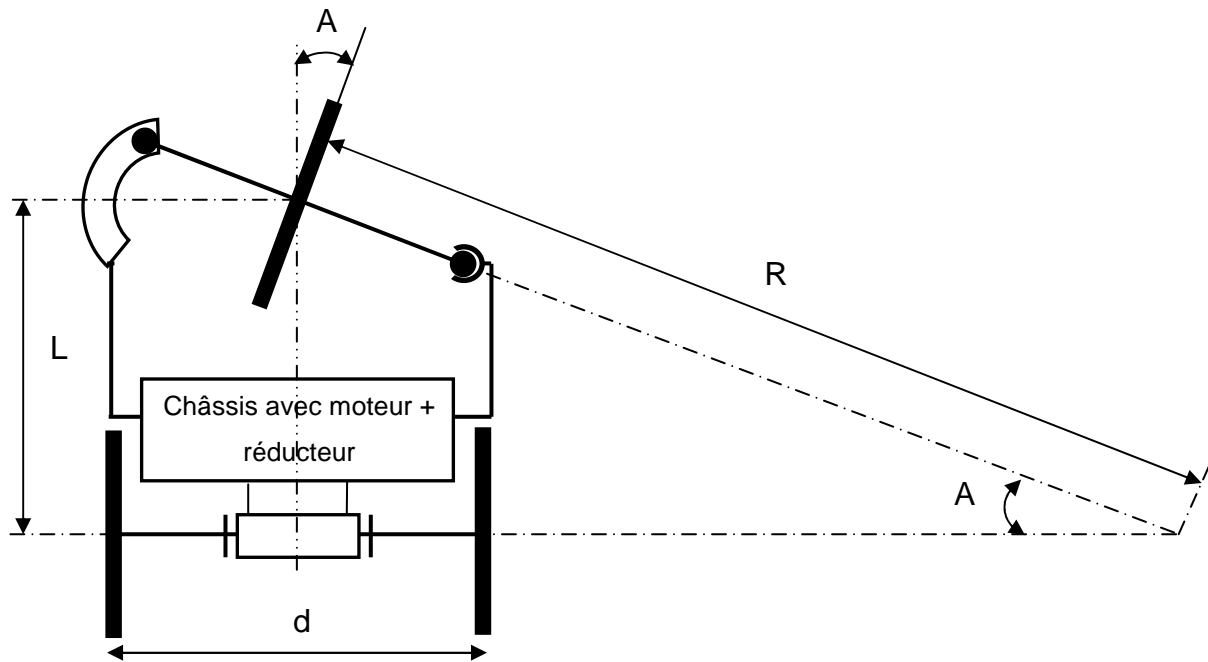


FIGURE E2

E.2 Les roues motrices de la voiture sont entraînées par un moteur associé à un réducteur de rapport de réduction 27 : 1. La vitesse de rotation du moteur est  $N_m = 3500 \text{ tr.min}^{-1}$ .

E.2.1 Déterminer la vitesse de rotation  $\Omega_r$  (en  $\text{rad.s}^{-1}$ ) des roues de la voiture.

E.2.2 Déterminer la vitesse de déplacement  $v$  (en  $\text{m.s}^{-1}$ ) de la voiture si le diamètre des roues est  $D_r = 25 \text{ mm}$ .

E.2.3 Calculer la durée  $\Delta t$  mise pour se déplacer de 3 m en ligne droite pour une vitesse  $v = 0,17 \text{ m.s}^{-1}$ .

BTS CIM Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE :	Coefficient : 1,5	Page 16 sur 16