

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Assistance Technique d'Ingénieur

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.

Documents à rendre avec la copie :

- Document Réponse n°1 page 10/11.
- Document Réponse n°2 page 11/11.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2010
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 1 sur 11

Étude d'une voiture électrique

INTRODUCTION : Certains constructeurs automobiles proposent des voitures électriques utilisant des moteurs asynchrones triphasés dont la source électrique est réalisée à l'aide d'un onduleur de tension lui-même alimenté par un ensemble de batteries. On se propose d'étudier le moteur, l'onduleur ainsi que la mesure de la vitesse du véhicule.

Ce sujet comporte trois parties indépendantes.

- **Partie A : Étude du moteur asynchrone au régime nominal (6 points).**
- **Partie B: Étude de l'onduleur (3 points).**
- **Partie C : Étude de la mesure de la vitesse du véhicule électrique (11 points).**

Voici le schéma de principe de la voiture (figure n°1)

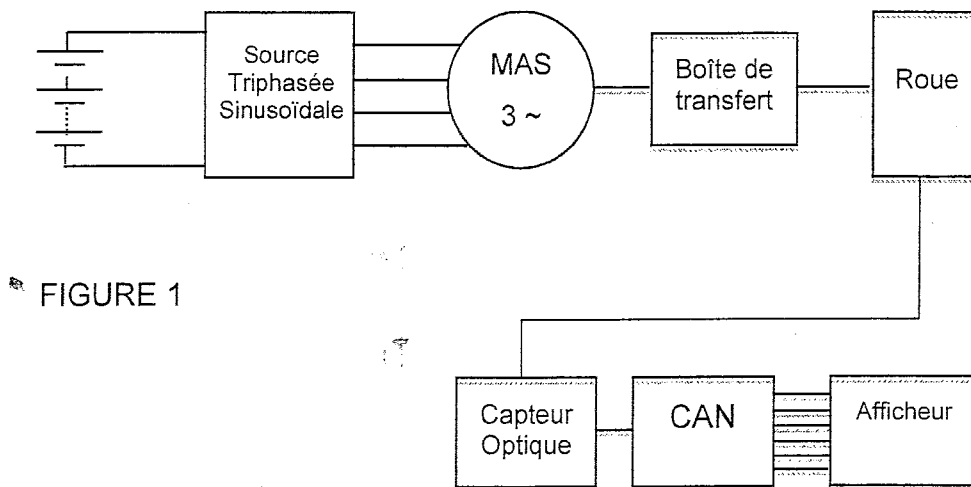


FIGURE 1

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2010
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 2 sur 11

• **Partie A : Étude du moteur asynchrone au régime nominal (6 points).**

Le moteur est alimenté par une source de tension triphasée sinusoïdale de tension efficace et de fréquence réglables. La plaque signalétique du moteur asynchrone triphasé porte les indications suivantes :

300 Hz ; 8500 tr/min ; 127 V / 220 V ; $\cos\phi = 0,79$

Le réseau triphasé qui alimente le moteur est un réseau : 127 V / 220 V.

- 1 Justifier le couplage du stator.
- 2 En utilisant les informations de la plaque signalétique, répondre aux questions suivantes :
 - 2.1 Détermination de la fréquence de synchronisme.
 - 2.1.1 Si le nombre de paires de pôles du moteur est $p = 1$, déterminer la fréquence de synchronisme n_s du moteur en tr/min.
 - 2.1.2 Si le nombre de paires de pôles du moteur est $p = 2$, déterminer la fréquence de synchronisme n_s du moteur en tr/min.
 - 2.1.3 Dédire alors la valeur de la fréquence de synchronisme n_s du moteur.
 - 2.2 Dédire le nombre de pôles du moteur.
 - 2.3 Calculer la valeur nominale du glissement g .
- 3 L'intensité en ligne absorbée par le moteur est $I = 80$ A. Calculer la puissance P_a absorbée par le moteur.
- 4 L'intensité en ligne I est toujours égale à 80 A et la fréquence de rotation est $n = 8500$ tr/min.
 - 4.1 On donne l'ensemble de toutes les pertes du moteur $P_{\text{pertes}} = 2,5$ kW. Calculer la puissance utile P_u du moteur.
 - 4.2 En déduire le rendement η du moteur.
 - 4.3 Calculer le moment du couple utile T_u du moteur pour un fonctionnement avec une puissance utile $P_u = 21,6$ kW.
- 5 Pour régler la vitesse du moteur, le moment du couple utile étant constant et égal à 24,3 N.m, on fait varier la fréquence f de la source triphasée et la valeur efficace U de la tension composée en conservant le rapport U/f constant.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2010
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 3 sur 11

- 5.1 La fréquence de la source de tension triphasée est réglée à la valeur $f_2 = 150$ Hz. En déduire la nouvelle valeur efficace U_2 de la tension composée ainsi que la nouvelle valeur n_{s2} de la fréquence de synchronisme du moteur en tr/min.
- 5.2 On donne sur le DOCUMENT RÉPONSE N°1 la caractéristique mécanique T_u (en fonction de n) du moteur pour $f_1 = 300$ Hz. Tracer la caractéristique mécanique T_{u2} du moteur pour la fréquence $f_2 = 150$ Hz.
- 5.3 Déterminer graphiquement la valeur n_d de la fréquence de synchronisme qui permet le démarrage du moteur en charge. En déduire la fréquence f_d ainsi que la valeur efficace U_d de la tension composée du réseau d'alimentation.

• **Partie B: Étude de l'onduleur (3 points).**

Le circuit de la figure 2 représente le modèle simplifié d'une partie de l'onduleur :

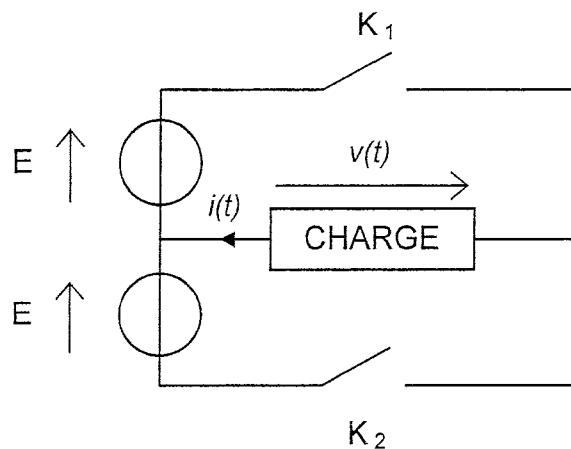


FIGURE 2

$$E = 127 \text{ V}$$

K_1 et K_2 sont des interrupteurs commandés parfaits.

Entre 0 et $T/2$: K_1 fermé et K_2 ouvert.

Entre $T/2$ et T : K_1 ouvert et K_2 fermé.

La charge est inductive.

T désigne la période de fonctionnement des interrupteurs.

- 1 Quel composant peut-on utiliser pour réaliser les interrupteurs K_1 et K_2 ?
- 2 Quel type de conversion réalise l'onduleur ?

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2010
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 4 sur 11

3 Tension de sortie.

3.1 Quelle est la valeur de $v(t)$ quand K_1 est fermé et K_2 est ouvert ?

3.2 Quelle est la valeur de $v(t)$ quand K_2 est fermé et K_1 est ouvert ?

4 Représenter sur le DOCUMENT RÉPONSE N°2 les variations de la tension $v(t)$ si la période de fonctionnement des interrupteurs est T égale à 3,33 ms.

5 Caractéristique de la tension $v(t)$.

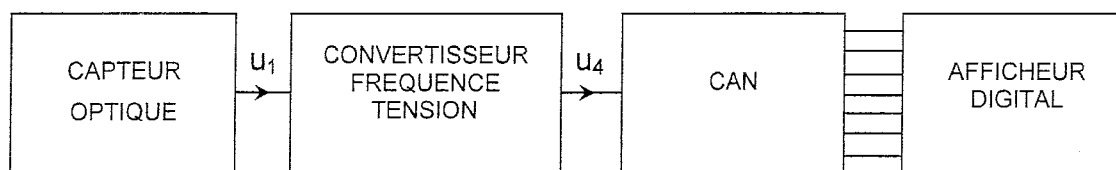
5.1 Calculer la valeur moyenne $\langle v \rangle$ de $v(t)$.

5.2 Quel nom peut-on donner au signal $v(t)$?

• **Partie C : Étude de la mesure de la vitesse du véhicule électrique (11 points).**

On se propose maintenant d'étudier la mesure de la vitesse du véhicule électrique notée v_L .

Le schéma synoptique est le suivant :



1 Étude du capteur optique.

La vitesse du véhicule est déterminée grâce à la mesure de la fréquence de rotation des roues.

Pour cela, on dispose, au niveau des roues du véhicule, d'une roue dentée (analogue à celle représentée ci-contre figure 3) et d'un capteur optique composé d'une diode électroluminescente LED et d'un phototransistor PHT.

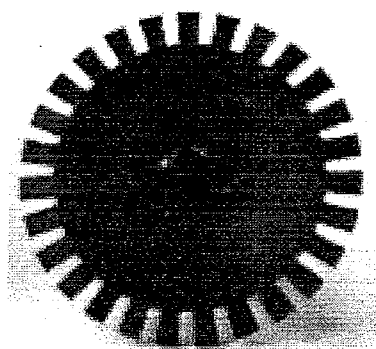
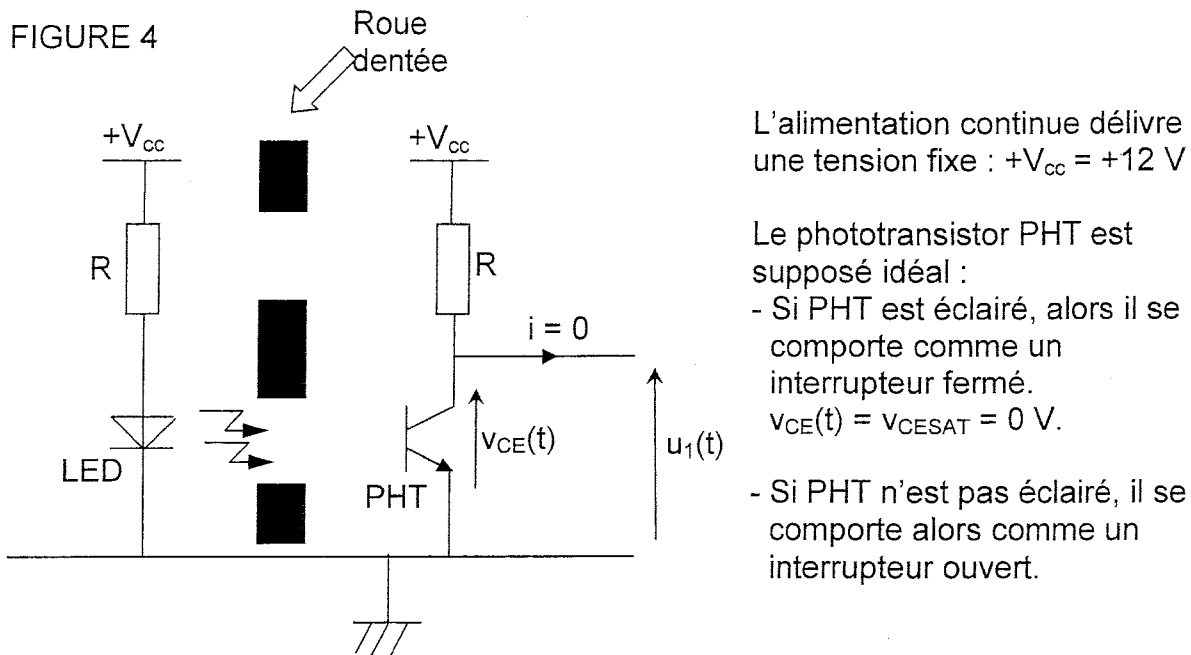


FIGURE 3

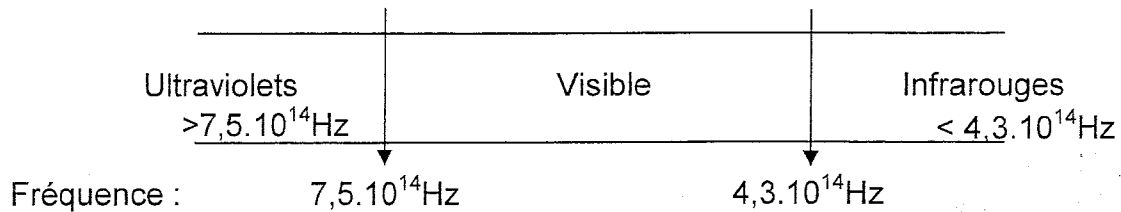
Roue dentée

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2010
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 5 sur 11

Le schéma du capteur est représenté (figure 4) ci-dessous :



La lumière, dont le spectre lumineux est donné ci-dessous, se propage à la célérité : $c = 3.10^8\text{ m/s}$ dans un milieu homogène et isotrope.



La longueur d'onde λ en m et la fréquence ν en Hz d'une radiation lumineuse sont reliées par la relation : $\lambda = \frac{c}{\nu}$.

1.1 La lumière émise par la LED est de longueur d'onde $\lambda = 900\text{ nm}$. Dans quel domaine de radiations se situe cette lumière ?

1.2 Calcul des valeurs de la tension $u_1(t)$:

1.2.1 Montrer que $u_1 = 12\text{ V}$ lorsque le faisceau lumineux est interrompu.

1.2.2 Que vaut u_1 lorsque le faisceau lumineux atteint le phototransistor PHT ?

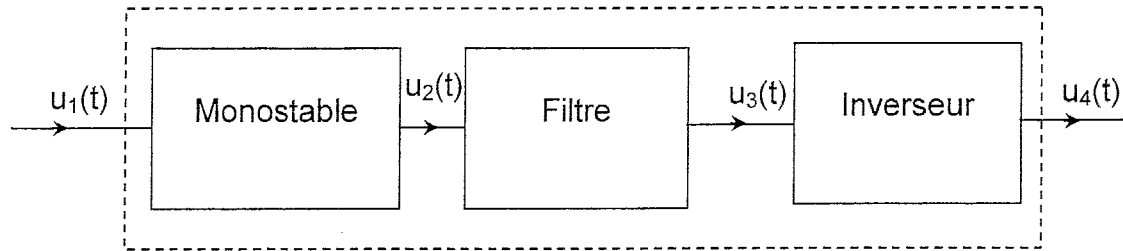
1.3 Les 30 dents de la roue dentée solidaire de la roue du véhicule empêchent donc 30 fois par tour les rayons lumineux issus de la LED d'atteindre le phototransistor PHT. Montrer que la relation qui lie f_R , fréquence de la tension $u_1(t)$ et N_R , nombre de tours par minute de la roue du véhicule, est : $f_R = \frac{N_R}{2}$

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2010
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 6 sur 11

1.4 Pour une roue du véhicule de 60 cm de diamètre, la vitesse de ce dernier en km/h est donnée par la relation $v_L = 3,6 \cdot 10^{-2} \times \pi \times N_R$. En déduire la relation qui lie v_L à f_R . Compléter alors le DOCUMENT RÉPONSE N°2.

2 Étude du convertisseur fréquence-tension.

Pour que la fréquence f_R de la tension $u_1(t)$ liée à la vitesse v_L du véhicule soit exploitable par le Convertisseur Analogique-Numérique (CAN) et permettre ainsi l'affichage de v_L , on utilise un convertisseur fréquence-tension (figure 5). Celui-ci représenté ci-dessous est composé d'un monostable, d'un filtre et d'un inverseur.



Convertisseur fréquence - tension

FIGURE 5

Pour l'étude du filtre représenté figure 6, on supposera que la tension $u_2(t)$ est un signal alternatif sinusoïdal de fréquence f : $u_2(t) = U_2 \sqrt{2} \sin(2\pi f t)$.

On notera \underline{U}_2 et \underline{U}_3 , les grandeurs complexes associées respectivement à $u_2(t)$ et $u_3(t)$.

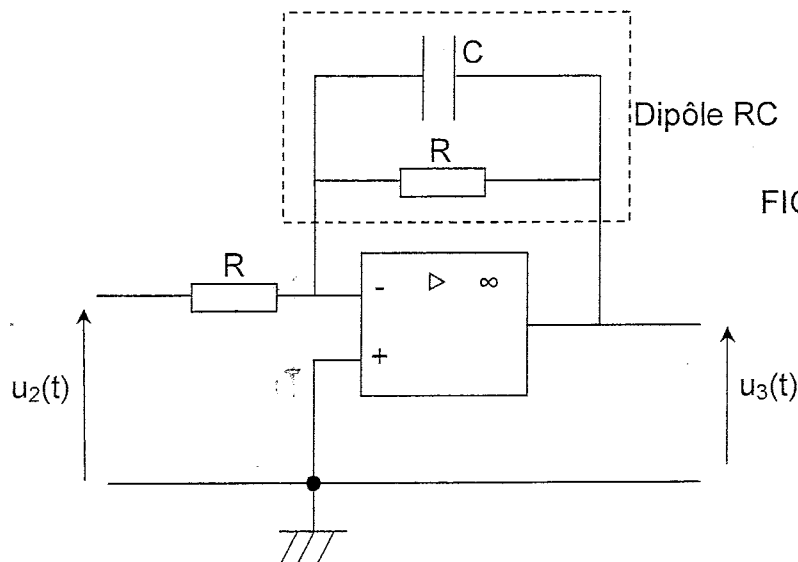


FIGURE 6

L'amplificateur différentiel intégré (A.D.I) est supposé parfait et alimenté en +15 V et -15 V. Les tensions de saturation de l'ADI sont : $\pm V_{\text{sat}} = \pm 15$ V.

On donne : $R = 10 \text{ k}\Omega$; $C = 100 \text{ }\mu\text{F}$.

2.1 Justifier le fait que l'amplificateur différentiel intégré (ADI) fonctionne en régime linéaire.

2.2 Donner l'expression de l'admittance complexe \underline{Y}_{RC} du dipôle RC en fonction de R, C et f.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2010
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 7 sur 11

2.3 Rappeler la relation qui lie l'impédance complexe Z_{RC} du dipôle RC à Y_{RC} .

2.4 Mettre la fonction de transfert du filtre sous la forme : $\underline{T} = \frac{U_3}{U_2} = \frac{T_0}{1+j\frac{f}{f_c}}$.

2.5 Dédurre de ce qui précède les expressions de T_0 et f_c ainsi que leurs valeurs numériques.

Pour la suite de l'étude, on prendra $T_0 = -1$ et $f_c = 0,159$ Hz.

2.6 Donner l'expression du module T de \underline{T} en fonction de f.

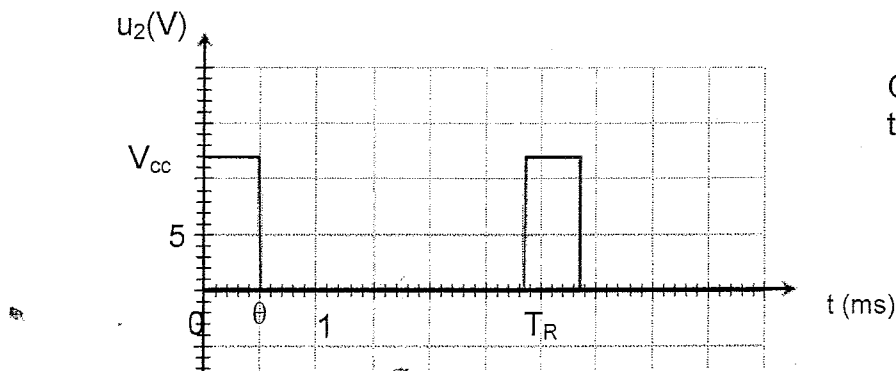
2.7 Détermination de la nature du filtre :

2.7.1 Que vaut le gain $G = 20 \log T$ pour $f = 0$ Hz ?

2.7.2 Comment évolue G lorsque f tend vers $+\infty$?

2.7.3 En déduire la nature du filtre.

2.8 Le chronogramme de la tension $u_2(t)$, tension périodique de fréquence f_R (350 Hz) issue du monostable (figure 7), est le suivant :



On note T_R : période de la tension $u_2(t)$

FIGURE 7

On donne : $\theta = 0,5$ ms. La décomposition de la tension $u_2(t)$ est alors :

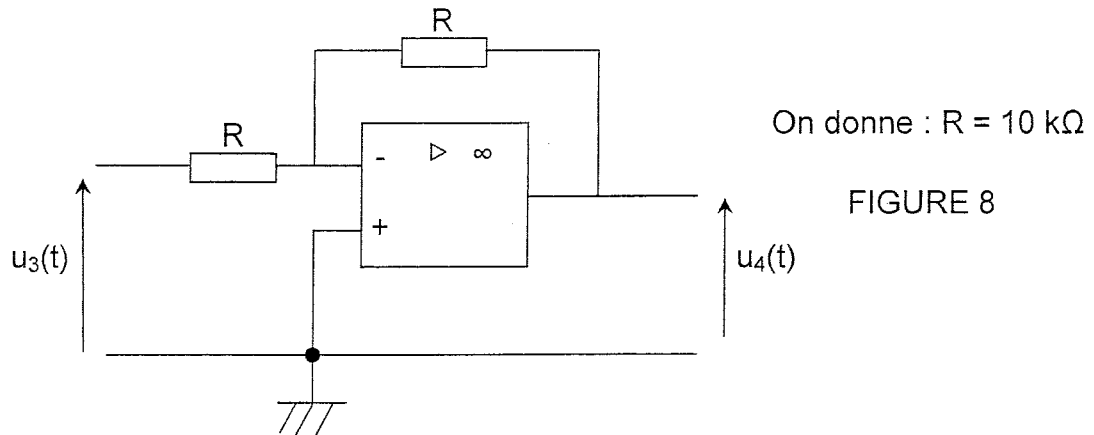
$$u_2(t) = \langle u_2 \rangle + U_{1MAX} \sin(2\pi f_R t + \Phi_1) + U_{2MAX} \sin(2\pi (2f_R) t + \Phi_2) + U_{3MAX} \sin(2\pi (3f_R) t + \Phi_3) + \dots$$

2.8.1 Exprimer la valeur moyenne de u_2 , $\langle u_2 \rangle$ en fonction de V_{cc} , θ et f_R .

2.8.2 Calculer la valeur numérique de $\langle u_2 \rangle$ si $f_R = 350$ Hz.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2010
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 8 sur 11

2.8.3 Pour la suite de l'étude, la fréquence f_R est une variable de valeur quelconque supposée supérieure à $100f_c$. On ajoute derrière le filtre, un circuit inverseur représenté figure 8 :



L'amplificateur différentiel intégré (ADI) est supposé parfait et alimenté en $+15 \text{ V}$ et -15 V . Les tensions de saturation de l'ADI sont : $\pm V_{\text{sat}} = \pm 15 \text{ V}$. On donne : $R = 10 \text{ k}\Omega$.

2.8.3.1 Donner la relation qui lie $u_4(t)$ à $u_3(t)$.

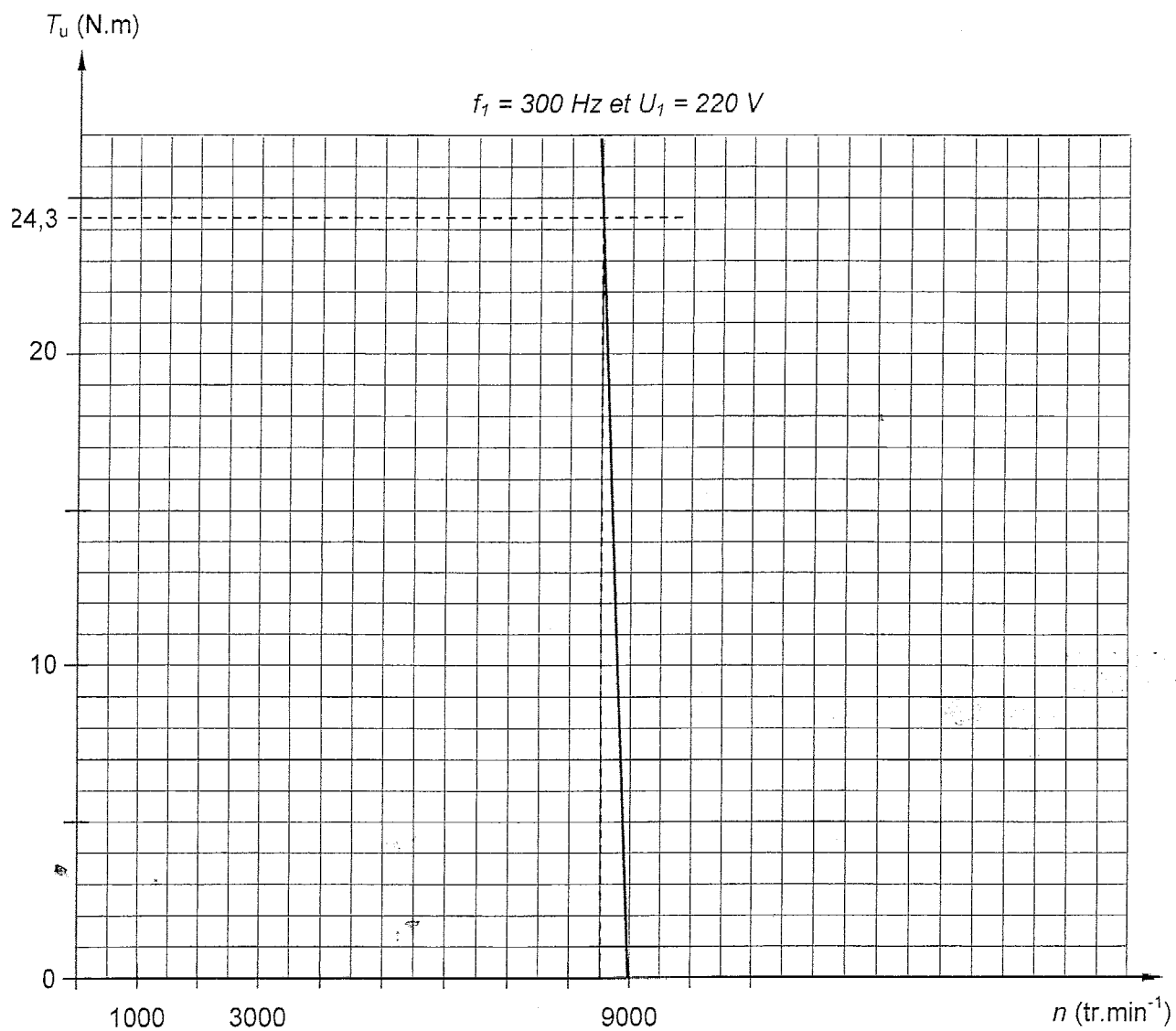
2.8.3.2 En tenant compte de l'action du filtre et du circuit inverseur, montrer que la tension $u_4(t)$ est proportionnelle à la fréquence f_R de la tension $u_2(t)$: $u_4(t) = K.f_R$.

2.8.3.3 En déduire la valeur numérique du coefficient K .

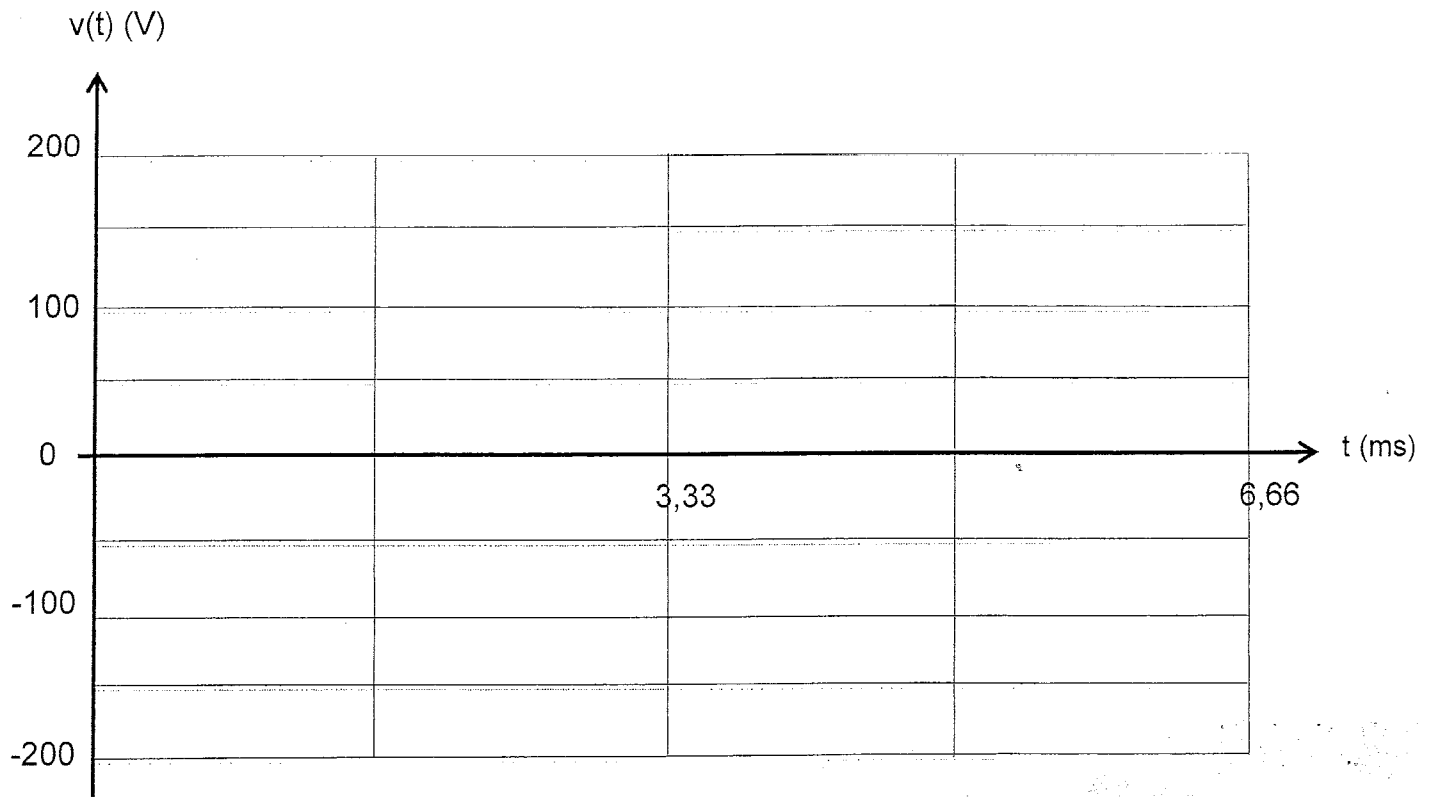
2.8.3.4 En utilisant les résultats précédents, montrer que la tension à convertir par le CAN est proportionnelle à la vitesse du véhicule.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2010
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 9 sur 11

DOCUMENT RÉPONSE N°1
À rendre avec votre copie



DOCUMENT RÉPONSE N°2
À rendre avec votre copie



N_R (tr/min)	300	900
f_R (Hz)		
v_L (km/h)		

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2010
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 11 sur 11