



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la  
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

**Campagne 2012**

# 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.

**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 18 pages numérotées de 1/18 à 18/18.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 1 sur 18

## ÉTUDE D'UN DÉTECTEUR ET D'UN EXTRACTEUR DE FUMÉE

**INTRODUCTION** : Les effets dûs à un début d'incendie sont chronologiquement : une production de fumée, une élévation de la température et l'apparition de flammes.

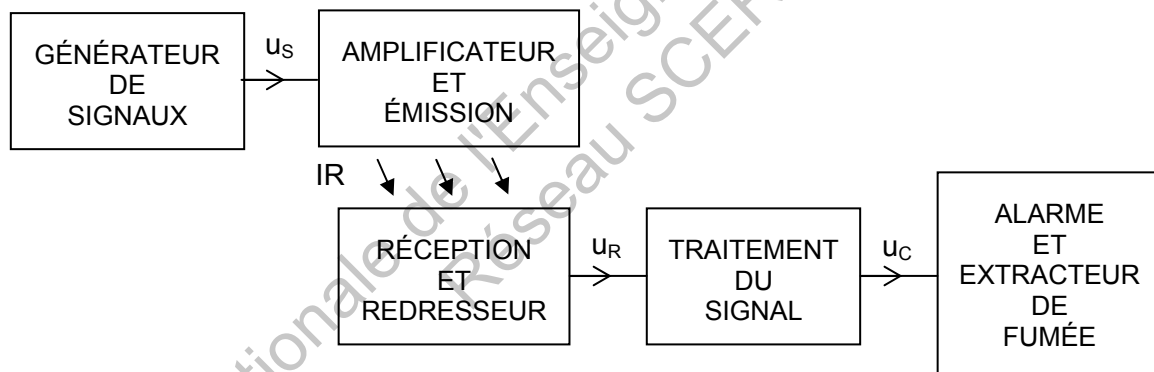
« Il n'y a pas de fumée sans feu ».

La fumée étant le premier élément signalant un début d'incendie, il est intéressant de pouvoir la détecter afin de permettre une prévention et une lutte plus efficace contre l'incendie. Près de 90% des victimes d'incendies succombent d'abord à des intoxications par la fumée. Les installations d'extraction des fumées et d'évacuation de la chaleur sont une composante essentielle des concepts de protection anti-incendie.

L'objectif de ce sujet est d'étudier partiellement le fonctionnement d'un détecteur de fumée dont le principe est basé sur une transmission entre une diode infrarouge et une photodiode. Une autre partie du sujet portera sur le moteur asynchrone de l'extracteur de fumée.

La fumée passant entre l'émetteur et le récepteur crée, par son opacité, une atténuation du signal reçu par la photodiode. C'est la détection de celui-ci qui déclenchera un dispositif d'alerte, tel une sirène, et une retransmission vers une centrale d'alarme qui commandera la mise en route de l'extracteur de fumée.

### SCHÉMA SYNOPTIQUE:



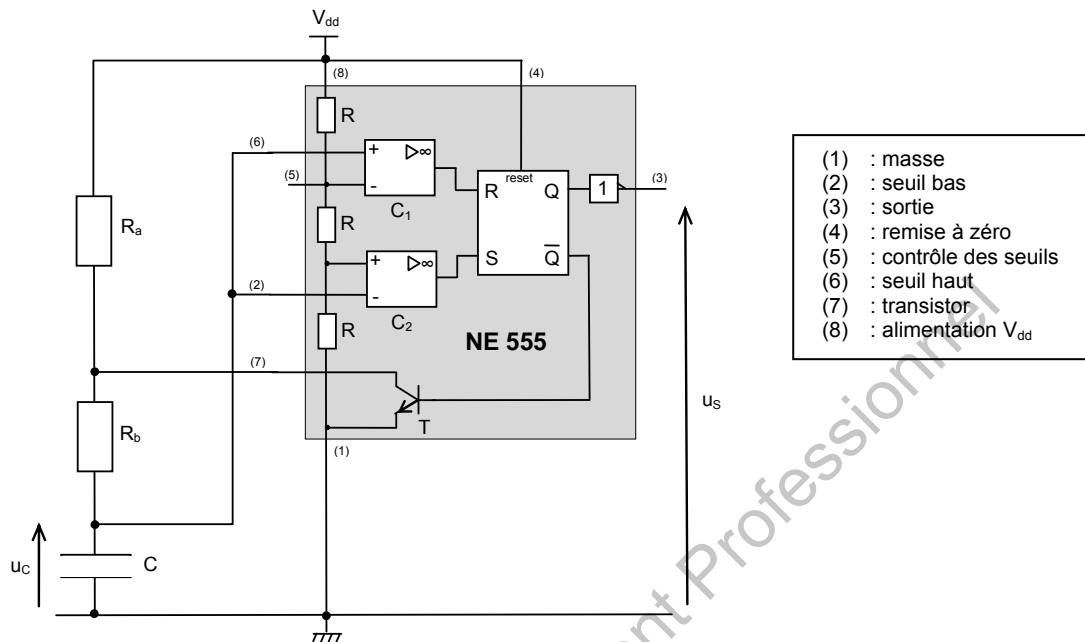
**Le problème est composé de 4 parties indépendantes pouvant être traitées dans un ordre quelconque :**

- Partie A : Étude du générateur de signaux (4 points).
- Partie B : Étude de l'amplificateur (3,5 points).
- Partie C : Étude du traitement du signal (6,5 points).
- Partie D : Étude du moteur asynchrone de l'extracteur (6 points).

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 2 sur 18

• **Partie A : Étude du générateur de signaux (4 points).**

A.1 Fonctionnement du NE 555 en astable :



Le circuit interne du NE 555 est constitué de deux comparateurs ( $C_1$  et  $C_2$ ) dont l'entrée (6) non inverseuse de  $C_1$  et l'entrée (2) inverseuse de  $C_2$  sont accessibles de l'extérieur.

Les deux autres entrées de ces comparateurs sont alimentées en interne par un diviseur de tension constitué par trois résistances  $R$  de valeurs égales. De ce fait, le seuil de bascule des comparateurs est égal à  $1/3$  de  $V_{dd}$  pour  $C_2$  et  $2/3$  de  $V_{dd}$  pour  $C_1$ .

Quand le condensateur  $C$  est déchargé, il se charge à travers la résistance  $R_a$  en série avec  $R_b$ . Lorsque la tension à ses bornes atteint  $2/3$  de  $V_{dd}$ , le comparateur  $C_1$  change d'état et fait basculer la bascule R-S ( $Q = 0$ ).

Le transistor  $T$  est alors saturé et  $C$  se décharge à travers  $R_b$ . Cette décharge se poursuit jusqu'à ce que la tension aux bornes de  $C$  soit égale à  $1/3$  de  $V_{dd}$ .

Le comparateur  $C_2$  change alors d'état et fait basculer la bascule R-S ( $Q = 1$ ), bloquant à nouveau le transistor. Ce cycle se répète ainsi indéfiniment.

Tous les composants sont considérés comme parfaits.

Les amplificateurs différentiels intégrés (A.D.I) sont alimentés sous :  
+15 V et -15 V.

La tension d'alimentation  $V_{dd}$  vaut 15V.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 3 sur 18

A.1.1 Compléter le tableau ci-dessous à partir des données du fonctionnement du NE 555 ( $x$  = état précédent).

cas	$u_c$	R	S	Q	$\bar{Q}$	État du transistor	$u_s$
1	$< \frac{V_{dd}}{3}$			1			
2	$> \frac{2}{3}V_{dd}$	1					$V_{dd}$
3	$> \frac{V_{dd}}{3}$ et $< \frac{2}{3}V_{dd}$		0		$\bar{x}$	inchangé	

A.1.2 Tracer la caractéristique de transfert  $u_s(u_c)$  sur la figure 1.

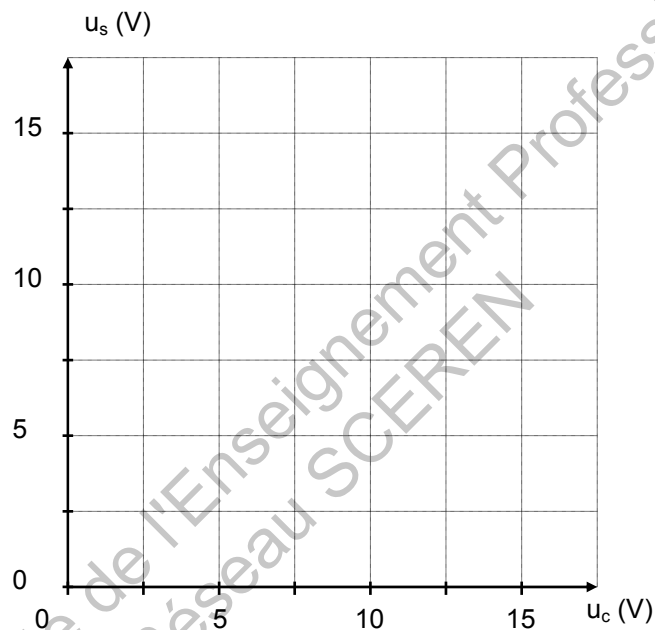


FIGURE 1

A.1.3 Le constructeur donne les chronogrammes de  $u_s$  et  $u_c$  représentés figure 2 et les expressions des durées sont les suivantes :

$$T_{\text{High}} = 0,693(R_a + R_b)C \text{ et } T_{\text{Low}} = 0,693(R_b)C.$$

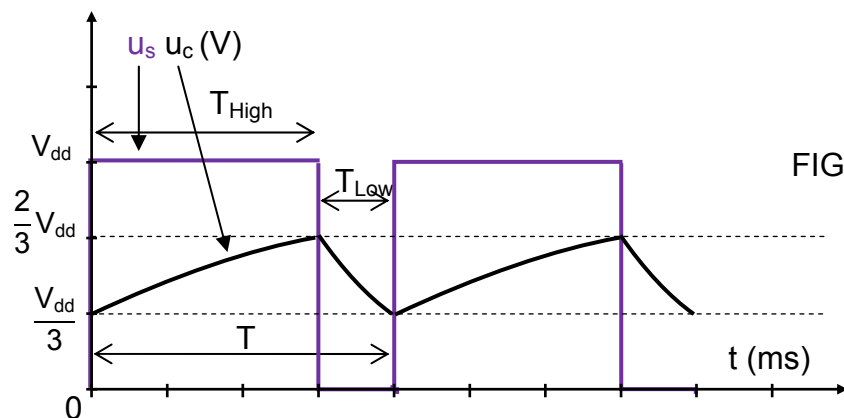


FIGURE 2

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 4 sur 18

### A.1.3.1 Détermination de $T_{\text{High}}$ et $T_{\text{Low}}$ .

Les valeurs des composants sont les suivantes :

$R_a = 15 \text{ k}\Omega$ ,  $R_b = 180 \text{ k}\Omega$  et  $C = 10 \text{ nF}$ .

#### A.1.3.1.1 Déterminer $T_{\text{High}}$ :

$T_{\text{High}} =$

#### A.1.3.1.2 Déterminer $T_{\text{Low}}$ :

$T_{\text{Low}} =$

#### A.1.3.2 Calculer la valeur de la période $T$ .

$T =$

#### A.1.3.3 Dédure de ce qui précède la valeur du rapport cyclique

$$\alpha = \frac{T_{\text{High}}}{T}$$

$\alpha =$

A.2 Pour réaliser une liaison infrarouge, il est plus intéressant d'émettre un signal pulsé plutôt que continu pour des raisons d'économie d'énergie. La diode infrarouge accepte des courants très importants pendant un temps très court, ce qui permet de générer une plus grande puissance d'émission en utilisant le mode impulsionnel.

Le signal de référence est constitué à partir de deux signaux successifs : un premier  $us_1(t)$  d'une période  $T_1$  de 1,3 ms et un second  $us_2(t)$  d'une période  $T_2$  de 25  $\mu\text{s}$ .

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 5 sur 18

Ce générateur de signaux est réalisé à partir de deux timers NE 555 placés en cascade, utilisés en mode astable (figure 3). La sortie du Timer 1 est reliée à la broche RAZ du Timer 2.

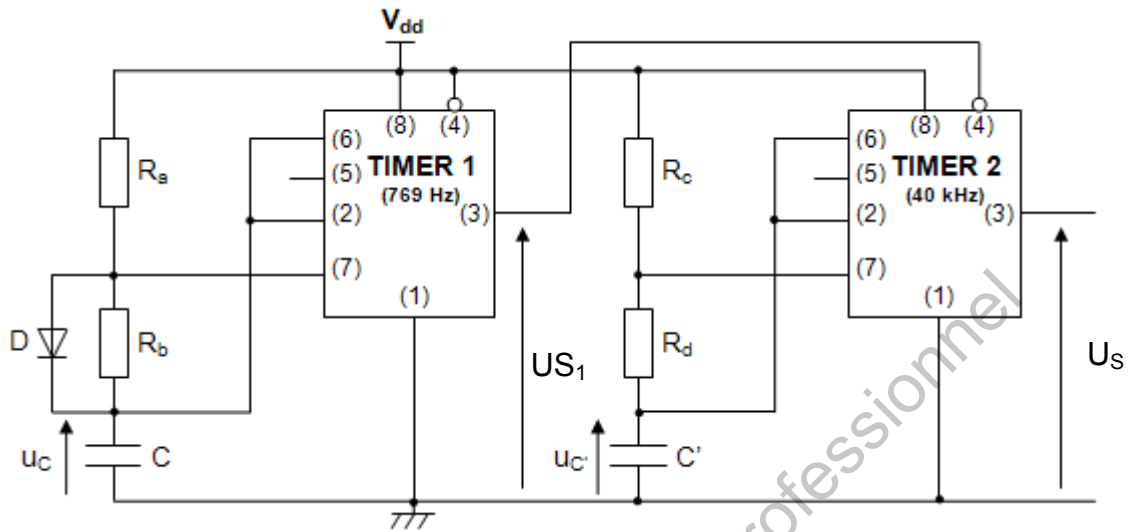


FIGURE 3

A.2.1 Une diode D est placée en parallèle aux bornes de  $R_b$  afin d'obtenir un rapport cyclique inférieur à 50 % pour le TIMER 1.

A.2.1.1 Indiquer le rôle de la diode D placée en parallèle aux bornes de  $R_b$  en cochant la (ou les) bonne(s) réponse(s).

- La diode D court-circuite la résistance  $R_b$  durant la charge de C.
- La diode D redresse la tension  $u_{s1}$ .
- La diode D court-circuite la résistance  $R_b$  durant la décharge de C.

A.2.1.2 Calculer pour un rapport cyclique  $\alpha = 7,7 \% T_{High}$ .

$T_{High} =$

A.2.1.3 Mesurer sur la figure 4 la durée  $T_{High}$  du TIMER 1.

$T_{High} =$

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 6 sur 18

A.2.2 Le TIMER 2, quand la broche (4) RAZ est reliée à  $V_{dd}$ , fournit un signal  $u_{s_2}(t)$  représenté figure 4.

Représenter le signal  $u_s$  sur la figure 4 lorsque la sortie du TIMER 1 est reliée à la broche (4) RAZ du TIMER 2.

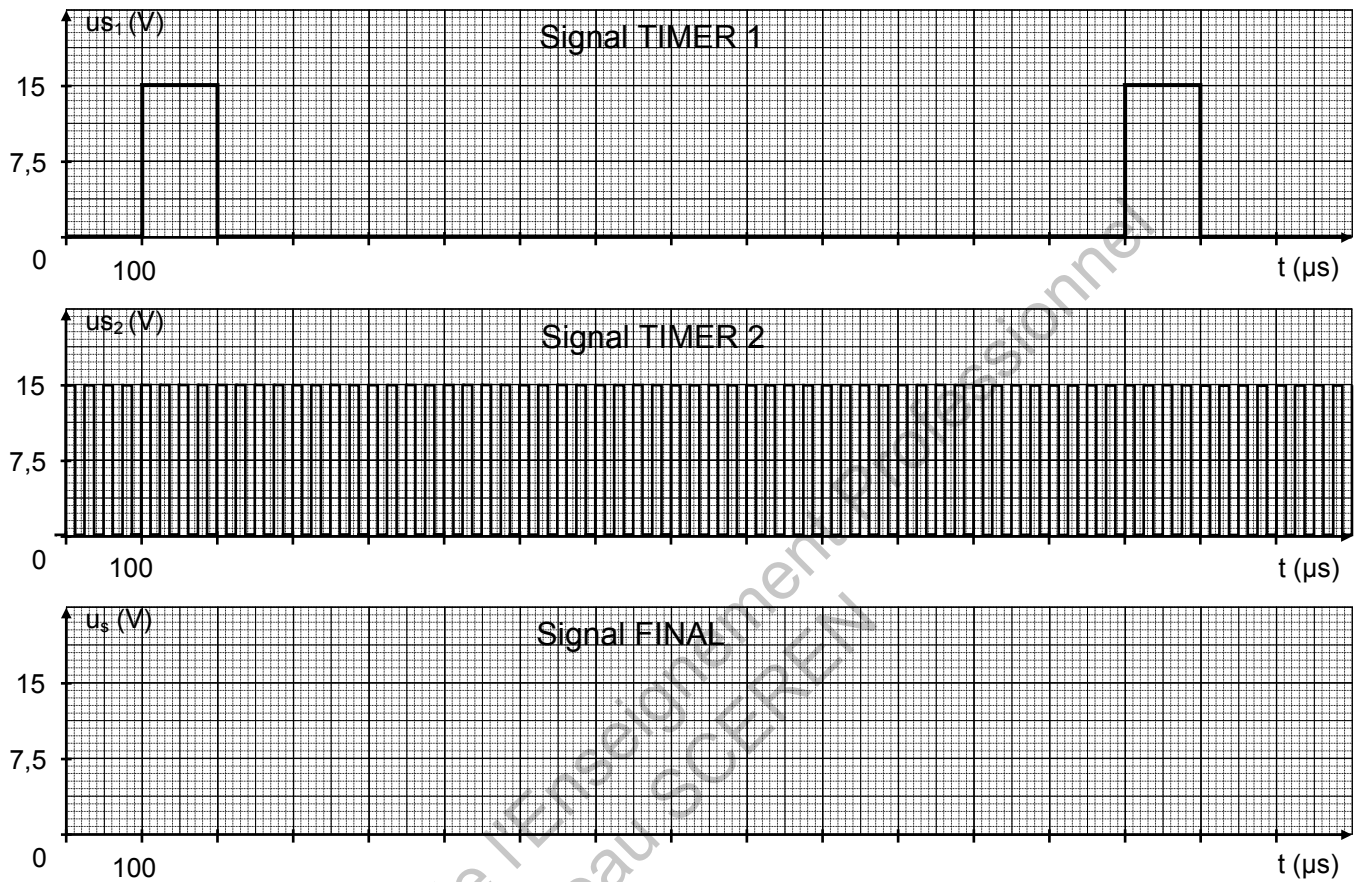


FIGURE 4

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 7 sur 18



**Partie B : Étude de l'amplificateur (3,5 points).**

L'ensemble amplificateur – émission – réception est représenté figure 5.

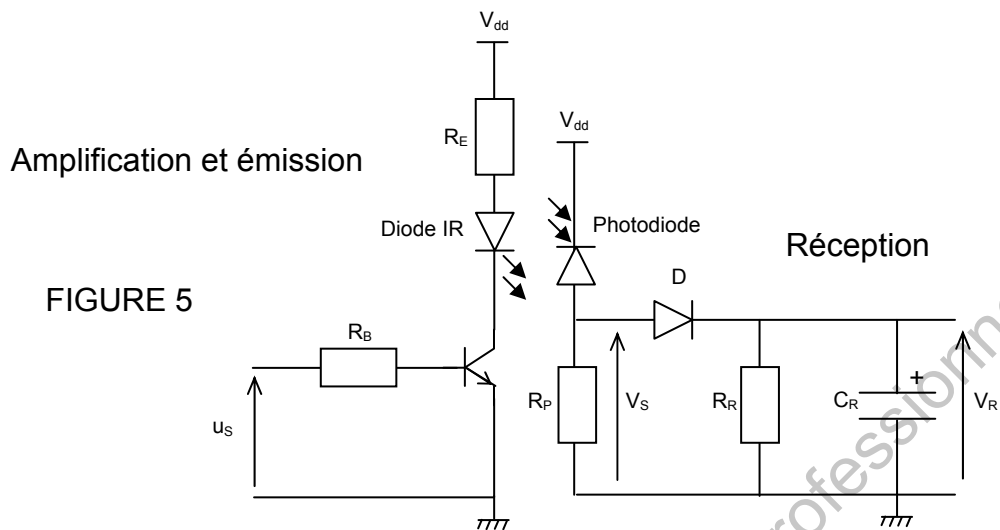


FIGURE 5

B.1 Le générateur de signaux précédent ne permet pas de commander directement la diode infrarouge (Diode IR). Il est donc nécessaire d'amplifier le courant de sortie avec un transistor représenté figure 6.

Lorsque le transistor est saturé, on utilisera les valeurs suivantes :

$V_{CEsat} = 0,2 \text{ V}$  et  $V_{BEsat} = 0,6 \text{ V}$ . Le coefficient d'amplification  $\beta$  vaut 75.

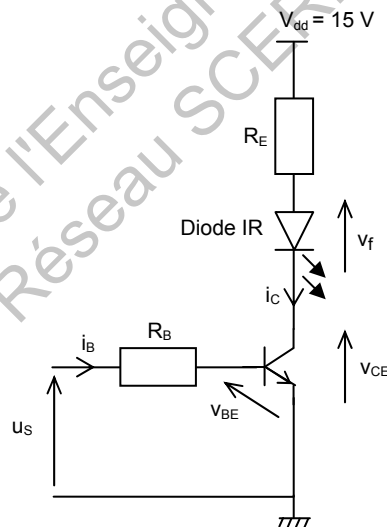


FIGURE 6

Ce circuit amplificateur de courant permet d'émettre le signal de référence par l'intermédiaire de la diode IR.

B.1.1 Quels sont la famille et le type du transistor utilisé ?

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 8 sur 18

B.1.2 Lorsque la diode infrarouge est passée, la tension à ses bornes  $V_f$  vaut 1,3 V. Le courant maximum admissible  $I_f$  vaut 100 mA. Calculer l'intensité du courant  $I_C$  traversant la résistance  $R_E = 150 \Omega$  lorsque le transistor est saturé.

$I_C =$

B.1.3 Calculer la valeur maximale de la résistance  $R_B$  qui permette au transistor d'être saturé. Le transistor est saturé quand  $u_S = V_{out} = 15 V$ . Vous calculerez d'abord la valeur de  $I_B$  pour la valeur de  $I_C$  trouvée à la question précédente.

$R_B =$

B.2 La conversion optique/électrique se fait par l'intermédiaire d'une photodiode, représentée figure 7. Le principe est de détecter le courant inverse qui traverse la photodiode et qui varie en fonction de l'intensité lumineuse reçue.

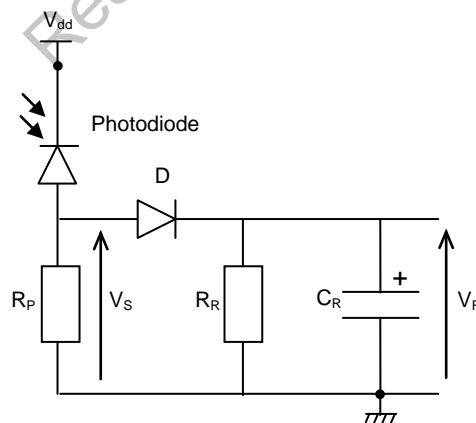


FIGURE 7

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 9 sur 18

Les deux oscillogrammes de la tension  $V_R$  (calibre 2 V/div) ont été relevés en absence et en présence de fumée (figure 8).

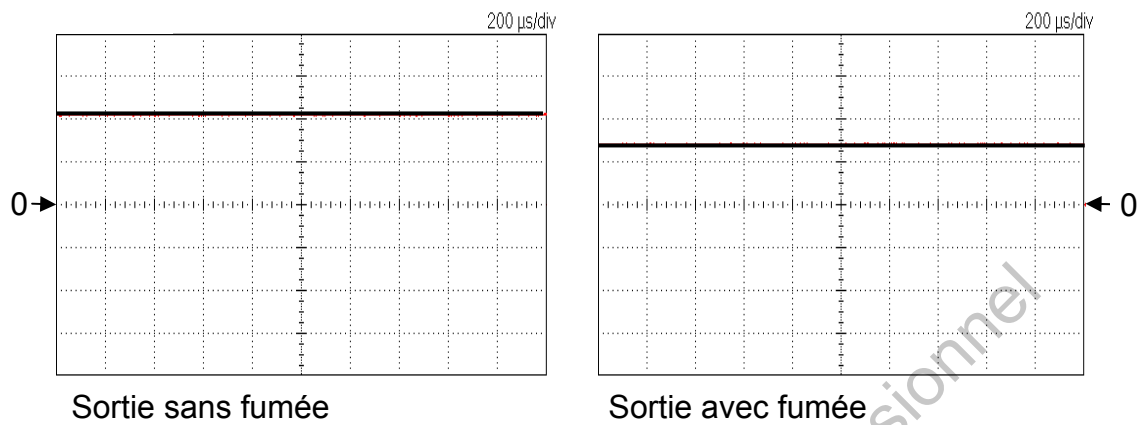


FIGURE 8

B.2.1 Quelle est la valeur de la tension  $V_R$  dans les deux cas ?

$V_{R_{\text{sans fumée}}} =$

$V_{R_{\text{avec fumée}}} =$

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 10 sur 18

• **Partie C : Étude du traitement du signal (6,5 points).**

L'amplificateur différentiel intégré est alimenté sous + 15 V et – 15 V (figure 9).

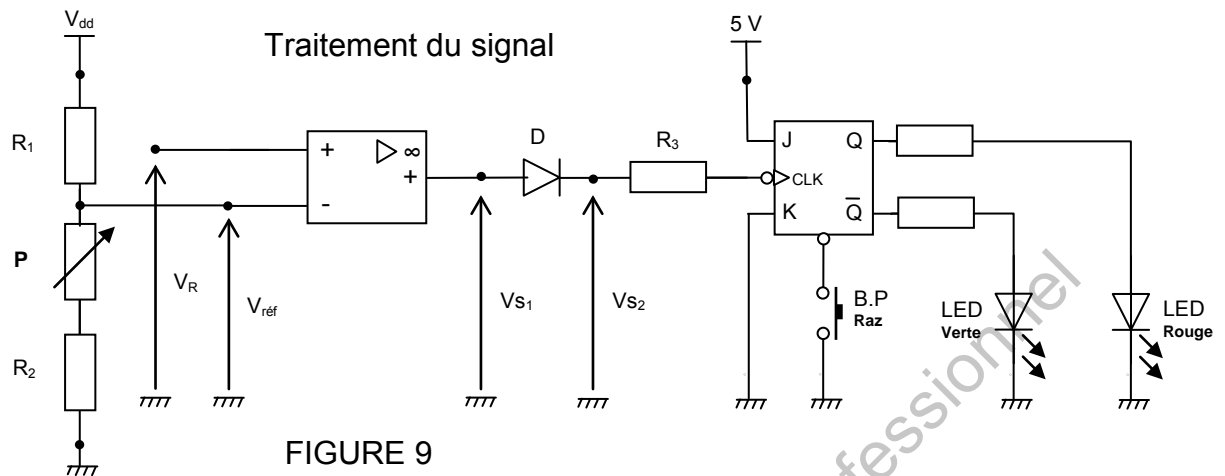


FIGURE 9

C.1 Le principe est de comparer le signal reçu  $V_R$  avec une tension de référence  $V_{réf}$ . La sortie du comparateur est appliquée à l'horloge d'une bascule JK.

Pour créer la tension de référence, on utilise un pont diviseur de tension réglable à l'aide d'une résistance ajustable P, figure 10.

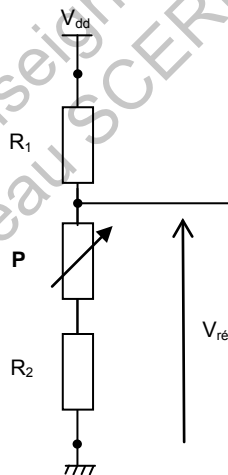


FIGURE 10

On veut obtenir une tension de référence  $V_{réf} = 3 \text{ V}$ . On donne l'expression de

la tension  $V_{réf}$  : 
$$V_{réf} = \frac{P+R_2}{R_1+P+R_2} \times V_{dd}$$

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 11 sur 18

C.1.1 On donne  $P = 2,2 \text{ k}\Omega$ ,  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$  et  $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ .

C.1.1.1 Calculer  $V_{\text{réf Mini}}$  :

$V_{\text{réf mini}} =$

C.1.1.2 Calculer  $V_{\text{réf Maxi}}$  :

$V_{\text{réf Maxi}} =$

C.1.2 Le choix de cette résistance ajustable permet-il d'obtenir la tension  $V_{\text{réf}} = 3 \text{ V}$  ?

C.1.3 Calculer la valeur de  $P$  pour obtenir la tension de référence désirée ?

$P =$

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel  
Réseau SCEREN

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 12 sur 18

C.2 Un circuit comparateur est représenté figure 11.

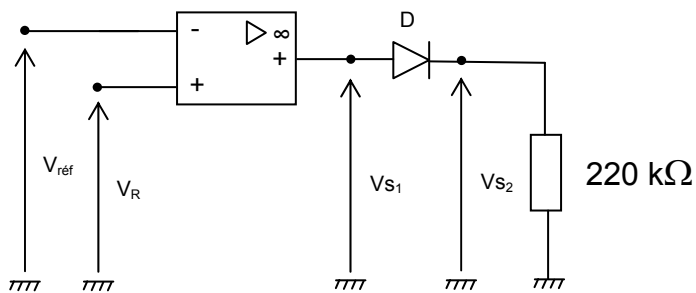


FIGURE 11

C.2.1 Étude du comparateur.

C.2.1.1 L'A.D.I est-il monté en comparateur simple ou double seuil ?  
Inverseur ou non inverseur ?

C.2.1.2 Quelle est la condition de basculement de l'A.D.I ?

C.2.1.3 Quelles sont les valeurs possibles pour  $V_{S1}$  ?

C.2.2 Donner les valeurs des tensions à la sortie de l'A.D.I puis de la diode D pour les cas suivants :

Cas où :	Signe de $V_R - V_{réf}$	$V_{S1}$	$V_{S2}$
Fumée			
Sans fumée			

Rappel :

$V_{réf} = 3 \text{ V}$ ,  $V_{R_{\text{sans fumée}}} = 4,25 \text{ V}$  et  $V_{R_{\text{avec fumée}}} = 2,75 \text{ V}$ .

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 13 sur 18

C.2.3 L'évolution de  $V_R$  au cours d'un essai est représentée figure 12.

C.2.3.1 Compléter les graphes de la figure 12.

C.2.3.2 Compléter les intervalles avec « avec présence de fumée » et « sans présence de fumée » à partir du graphe de  $V_{s2}$  figure 12.

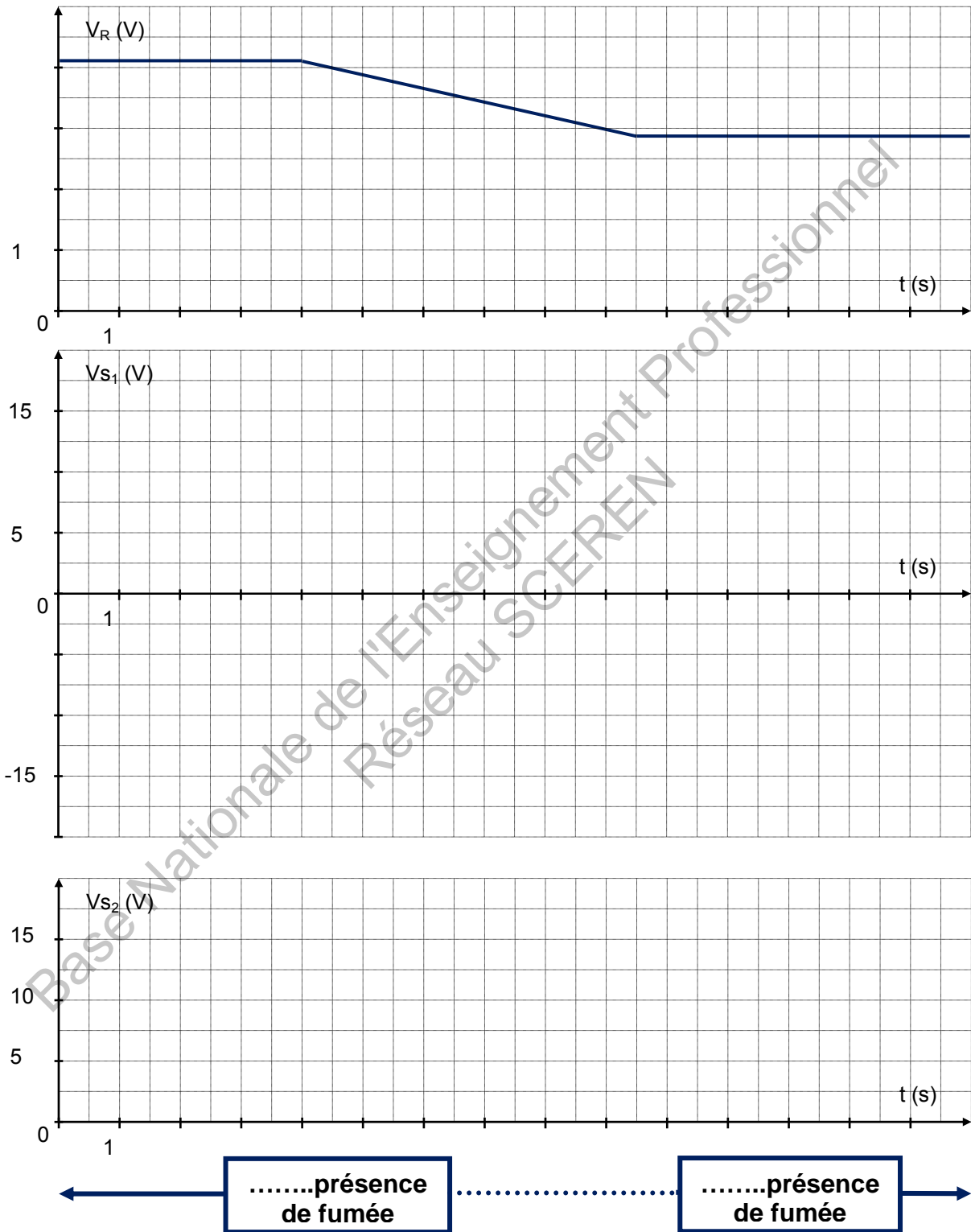


FIGURE 12

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 14 sur 18

C.3 La tension  $V_{S2}$  est appliquée sur l'entrée d'horloge (CLK) de la bascule JK représentée sur la figure 13, afin de détecter un front descendant.

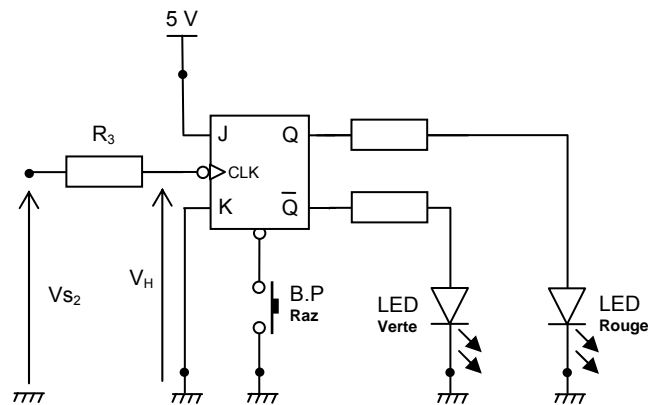


FIGURE 13

La table de vérité de cette bascule est décrite ci-dessous :

J	K	Front	Sortie Q
0	0	↓	$Q_{n-1}$
0	1	↓	0
1	0	↓	1
1	1	↓	$\overline{Q_{n-1}}$

C.3.1 Entourer, dans la table de vérité, la ligne d'état utilisée lors de la détection de fumée. Préciser alors l'état des LED.

C.3.2 Calculer la valeur de la résistance de protection  $R_3$  pour obtenir une tension d'horloge à 5 V et pour limiter à 5,55 mA le courant qui la traverse .

$R_3 =$

C.3.3 À quoi sert le bouton poussoir B.P ? Pourquoi est-il nécessaire ?

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 15 sur 18



• **Partie D : Étude du moteur asynchrone de l'extracteur (6 points).**

D.1 Le ventilateur de désenfumage est entraîné par un moteur asynchrone triphasé 230 V/400 V à cage branché sur un réseau 400 V entre phases et de fréquence 50 Hz.

La résistance entre deux bornes du stator, mesurée à chaud, vaut  $1,5 \Omega$ .

D.1.1 Quel est, des deux tensions indiquées sur la plaque signalétique, celle que peut supporter un enroulement du stator ? (cocher la bonne réponse)

230 V                       400 V

D.1.2 En déduire le couplage du stator sur le réseau 400 V.

Étoile                       Triangle

D.1.3 Réaliser le couplage sur le schéma du stator figure 14.

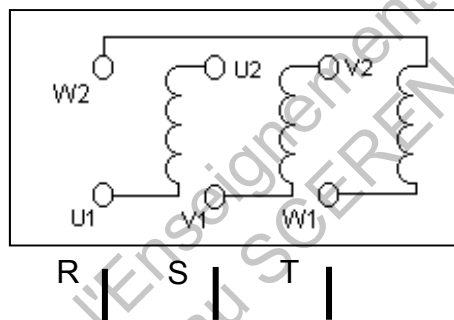


FIGURE 14

D.2 À vide, le moteur tourne à une vitesse proche de la vitesse de synchronisme  $n_s = 1500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ , absorbe un courant  $I_v = 5,17 \text{ A}$  et consomme une puissance  $P_v$  de 850 W.

D.2.1 En déduire le nombre de paires de pôles du moteur asynchrone.

$p =$

D.2.2 Déterminer les pertes Joule statoriques à vide  $P_{Jsv}$ .

$P_{Jsv} =$

D.2.3 Calculer les pertes fer statoriques  $P_{Fs}$ , sachant que les pertes mécaniques  $P_{méca}$  s'élèvent à 500 W.

$P_{Fs} =$

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 16 sur 18

D.3 À la charge nominale, le courant statorique  $I_n$  vaut 16,6 A, le facteur de puissance 0,8 et la vitesse nominale  $n_n$  1440 tr.min<sup>-1</sup>.

D.3.1 Déterminer pour ce moteur en charge :

D.3.1.1 Le glissement  $g$ .

$g =$

D.3.1.2 La puissance absorbée  $P_a$ .

$P_a =$

D.3.1.3 Les pertes Joule statoriques.

$P_{Js} =$

D.3.2 On considère que les pertes fer statoriques en charge sont les mêmes qu'à vide.

D.3.2.1 Calculer la puissance transmise au rotor  $P_{tr}$ .

$P_{tr} =$

D.3.2.2 Calculer le moment du couple électromagnétique  $T_{em}$ .

$T_{em} =$

D.3.3 On considère que les pertes mécaniques en charge sont les mêmes qu'à vide.

D.3.3.1 Calculer les pertes Joule rotoriques en charge.

$P_{Jr} =$

D.3.3.2 Calculer la puissance utile en bout d'arbre.

$P_u =$

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 17 sur 18

D.3.3.3 Calculer le moment du couple utile nominal.

$T_U =$

D.3.4 Dédurre de ce qui précède le rendement  $\eta$  du moteur.

$\eta =$

D.4 Le ventilateur présente un couple résistant dont le moment est proportionnel au carré de la vitesse  $T_r = 21,5 \cdot 10^{-6} n^2$  ( $T_r$  en N.m et  $n$  en  $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$ ) ramené sur l'arbre moteur.

D.4.1 Dans la zone utile, la caractéristique mécanique du moteur  $T_u(n)$  est une portion de droite passant par les coordonnées :  $(1500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1} ; 0 \text{ N.m})$  et  $(1440 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1} ; 49,45 \text{ N.m})$   
Représenter sur le graphique figure 15 la partie linéaire de  $T_u(n)$ .

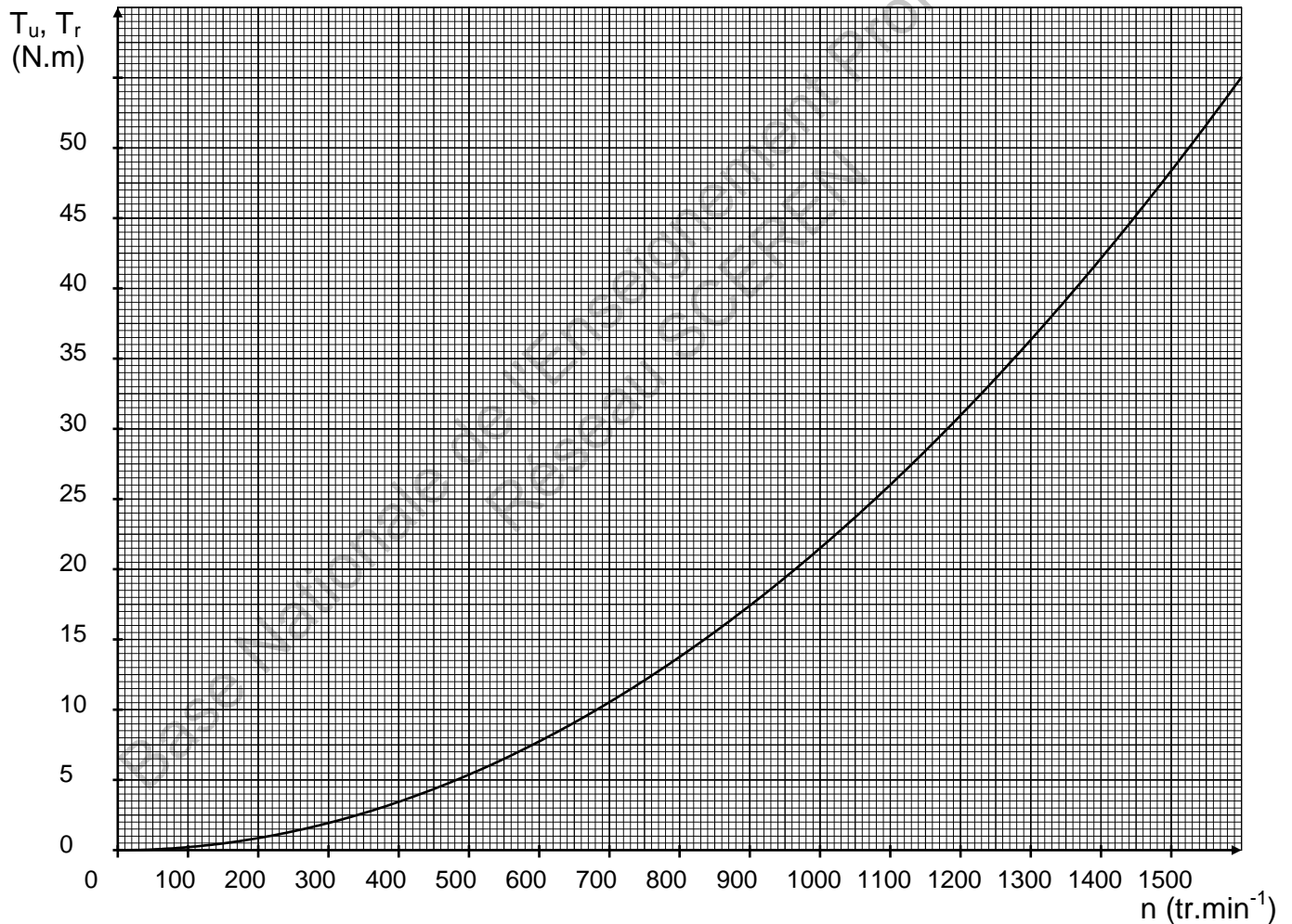


FIGURE 15

D.4.2 En régime établi, déterminer graphiquement la vitesse de rotation de l'ensemble ainsi que le moment du couple utile du moteur.

$T_U =$   ;  $\eta =$

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2012
CODE DE L'ÉPREUVE : ATPHY	Coefficient : 2	Page 18 sur 18