

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR Assistance Technique d'Ingénieur
--

ÉPREUVE E3 – Mathématiques et sciences physiques
Sous-épreuve – U32 – Sciences physiques

SESSION 2023

Durée : 2 heures
Coefficient : 2

Matériel autorisé :

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

Tout autre matériel est interdit.

Documents à rendre avec la copie :

- Document réponse n°1 page 14/15
- Document réponse n°2 page 15/15

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet et comporte 15 pages numérotées de 1/15 à 15/15.

S'il apparaît au candidat qu'une donnée est manquante ou erronée, il pourra formuler toutes les hypothèses qu'il jugera nécessaires pour résoudre les questions posées. Il justifiera, alors, clairement et précisément ces hypothèses.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2023
CODE SUJET : 23ATPHY	Coefficient : 2	Page 1 sur 15

Robot tondeuse

L'entretien d'une pelouse est une opération longue et fastidieuse. À l'heure où la domotique prend une importance grandissante dans la vie quotidienne, le robot tondeuse apporte tous les avantages d'une technologie entièrement automatisée. La machine peut fonctionner de manière complètement autonome : tonte de zones définies, détection d'obstacles, retour à la station de charge.

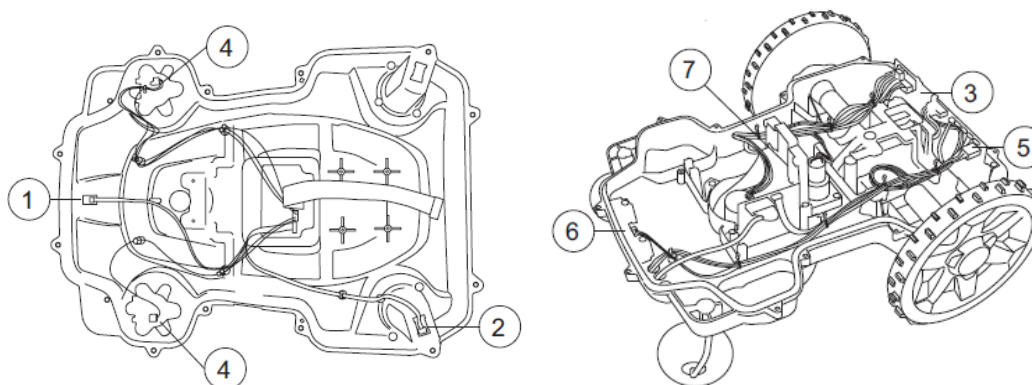


Source : husqvarna.com consulté le 23/06/22

Les capteurs :

Les tondeuses sont équipées de plusieurs types de capteurs :

- le capteur de collision avant (1) ;
- le capteur de collision arrière (2) ;
- le capteur d'inclinaison (3) ;
- les capteurs de soulèvement (4) qui protègent à la fois la tondeuse et l'utilisateur ;
- les capteurs câbles arrière (5) et avant (6) utilisés pour contrôler la tondeuse dans la zone de travail ;
- le capteur de hauteur de coupe (7) qui contrôle la hauteur du disque de coupe.



Source : manuel technique Automower® 430X consulté le 23/06/22

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2023
CODE SUJET : 23ATPHY	Coefficient : 2	Page 2 sur 15

La batterie :

Le robot de tonte est équipé d'une batterie Li-ion.
La charge est principalement régulée par le bloc d'alimentation.

Les moteurs :

Le robot dispose de plusieurs moteurs :

- deux moteurs de roue indépendants permettant une variation de la vitesse, la marche avant ou arrière et la rotation du robot. Chaque moteur absorbe une puissance électrique de 6 W ;
- un moteur de coupe tournant à $2300 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$;
- un moteur permettant le réglage de la hauteur de coupe.

Le sujet comporte **trois parties indépendantes**.

- **Partie 1** : batterie et sa charge (7,5 points)
- **Partie 2** : vitesse et direction de tonte (6,5 points)
- **Partie 3** : guidage de la tondeuse (6 points)

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2023
CODE SUJET : 23ATPHY	Coefficient : 2	Page 3 sur 15

PARTIE 1 : BATTERIE ET SA CHARGE (7,5 points)

La batterie :

Le manuel technique du robot tondeuse comporte les indications suivantes :

Modèle	Husqvarna 430X
Batterie	Batterie lithium-ion : 18 V / 5,2 A·h / 93,6 W·h
Alimentation électrique	100-230 V / 18 V CC
Longueur de câble basse tension	10 m
Consommation d'énergie moyenne à une utilisation maximale	18 kWh / mois sur une zone de travail de 3 200 m ²
Courant de charge	4,2 A CC
Temps de charge moyen	60 minutes

Document n°1 (d'après <https://www.husqvarna.com/> consulté le 23/06/22)

Q1 - Relever sur le document n°1, les valeurs avec les unités de :

- la tension U_{BAT} délivrée par la batterie ;
- la capacité totale Q_{BATmax} de la batterie ;
- l'énergie totale stockée E_{BATmax} dans la batterie.

Q2 - Vérifier, par le calcul, la cohérence entre ces trois valeurs.

Q3 - Relever sur le document n°1, les valeurs avec les unités de :

- la durée de charge ;
- l'intensité du courant lors de la charge.

Q4 - Déterminer la valeur de la capacité de la batterie Q_{BAT} dans les conditions de la question Q3.

Dans le manuel technique (<https://www.husqvarna.com/>), on peut lire :

« La batterie est considérée comme chargée lorsqu'elle atteint 80 % de sa capacité totale. Le chargement de la batterie à 100 % prendrait trop de temps, en raison de la faiblesse du courant de charge. Le moyen le plus rationnel d'utiliser la batterie Li-ion est donc d'arrêter la charge à 80 %. »

Q5 - Comparer les grandeurs Q_{BAT} et Q_{BATmax} puis commenter en utilisant le texte ci-dessus.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2023
CODE SUJET : 23ATPHY	Coefficient : 2	Page 4 sur 15

La capacité de la batterie de la tondeuse vaut 4,2 A·h, avant une tonte. La hauteur de coupe étant réglée, chaque moteur de roue absorbe une puissance de 6 W et le moteur de coupe une puissance de 15 W. Le robot retourne vers sa station de charge lorsque la capacité de la batterie est égale à 1 A·h.

Q6 - Montrer que la puissance absorbée par l'ensemble des moteurs P_{abs} est de 27 W.

Q7 - Calculer la charge consommée $Q_{consommée}$ avant le retour à la station.

Q8 - Calculer dans ces conditions la durée de tonte Δt_{tonte} .

Le chargeur de batterie :

Le dispositif simplifié de charge de la batterie est représenté sur la figure 1.

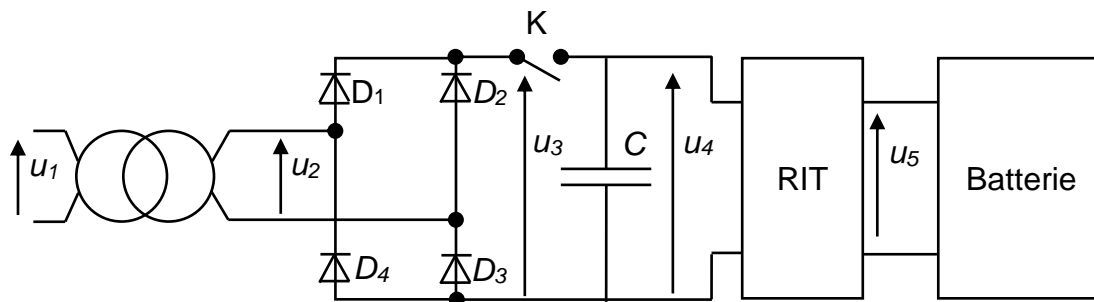


Figure 1 : charge de la batterie

Le transformateur 230 V / 20 V, 50 Hz est supposé parfait.

Les diodes D_1 , D_2 , D_3 et D_4 sont également supposées parfaites.

C : condensateur de filtrage de la tension.

RIT : régulateur intégré de tension 18 V.

K : interrupteur ajouté pour permettre de visualiser la tension u_3 .

Les oscillogrammes des tensions ci-dessous sont représentés sans leur nom sur le document réponse n°1 :

- u_2 ,
- u_3 , lorsque K est ouvert ;
- u_4 , lorsque K est fermé ;
- u_5 , lorsque K est fermé.

L'ordre de ces noms de tension ne correspond pas à l'ordre des oscillogrammes.

Les oscillogrammes ont tous été obtenus avec les réglages de l'oscilloscope suivants :

- voie : 10 V / DIV ;
- base de temps : 5 ms / DIV.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2023
CODE SUJET : 23ATPHY	Coefficient : 2	Page 5 sur 15

- Q9** - Compléter le **document réponse n°1** en associant à chaque oscillogramme, le nom de la tension correspondante.
- Q10** - Calculer le rapport de transformation à vide m du transformateur.
- Q11** - Déterminer la valeur de la période T_3 représentée sur l'oscillogramme 3. En déduire celle de la fréquence f_3 de ce signal.
- Q12** - Donner le type de conversion réalisée par ce dispositif.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2023
CODE SUJET : 23ATPHY	Coefficient : 2	Page 6 sur 15

PARTIE 2 : VITESSE ET DIRECTION DE TONTE (6,5 points)

La propulsion du robot est assurée par deux motoréducteurs (moteur + réducteur) sur les roues arrières de diamètre D .

Les caractéristiques d'un des moteurs de roue sont les suivantes :

Moteur à courant continu à aimants permanents	
Tension nominale U	18 V
Vitesse de rotation nominale n	3000 tr·min ⁻¹
Résistance de l'induit R	3 Ω
Intensité nominale I	0,33 A
Somme des pertes du moteur P_P	0,94 W

Document n°2 : caractéristiques du moteur

Données :

- le réducteur associé au moteur a un rapport de réduction $r = 126$;
- la vitesse de rotation des roues est $n_{roue} = \frac{n}{r}$;
- la vitesse linéaire du robot V_{robot} est liée à la vitesse angulaire Ω par la relation :

$$V_{robot} = R \times \Omega ;$$

- le diamètre des roues arrières vaut : $D = 248$ mm.

Q13 - Représenter le schéma équivalent de l'induit du moteur et flécher les grandeurs électriques U et E . Indiquer le sens du courant.

Q14 - Donner la relation entre U , E , R et I .

Q15 - Calculer la puissance absorbée P_{abs} par le moteur dans les conditions définies dans le document n°2.

Q16 - Montrer que la puissance utile P_u est égale à 5,0 W dans les conditions précédentes.

Q17 - En déduire la valeur du rendement η du moteur dans les conditions précédentes.

Q18 - Calculer la vitesse de rotation n_{roue} de la roue en tr·s⁻¹.

Q19 - Montrer que la vitesse du robot V_{robot} est environ de 0,3 m·s⁻¹.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2023
CODE SUJET : 23ATPHY	Coefficient : 2	Page 7 sur 15

La vitesse du robot doit pouvoir varier en fonction de la hauteur de l'herbe. Le robot doit également pouvoir tourner et faire marche arrière.

Chaque moteur est ainsi alimenté par un hacheur de type « pont en H » constitué de quatre interrupteurs bidirectionnels H_1 , H_2 , H_3 et H_4 , considérés comme parfaits.

Le schéma d'alimentation d'un motoréducteur est représenté sur la figure 2.

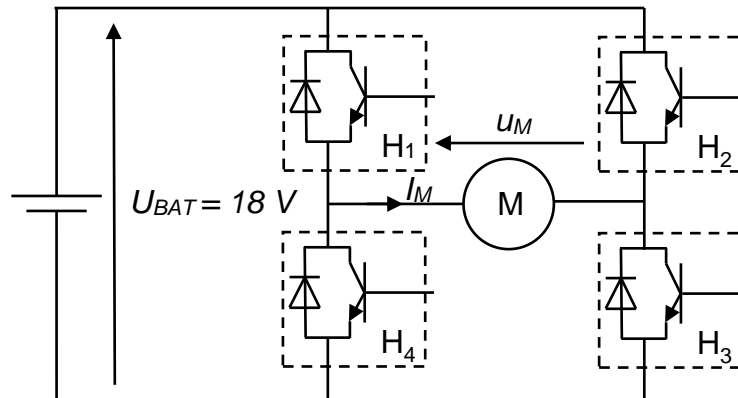


Figure 2 : le pont en H

On suppose que l'intensité du courant I_M dans le moteur est constante.

Les interrupteurs H_1 , H_2 , H_3 et H_4 peuvent être commandés de façon indépendante. (Le circuit de commande n'est pas représenté).

On note $\langle u_M \rangle$ la valeur moyenne de la tension u_M aux bornes du moteur.

Si $\langle u_M \rangle > 0$, la roue tourne pour faire avancer la tondeuse.

Si $\langle u_M \rangle < 0$, la roue tourne pour faire reculer la tondeuse.

Si $\langle u_M \rangle = 0$, la roue ne tourne pas.

La tension u_M est représentée sur **le document réponse n°1**.

Q20 - Nommer l'appareil de mesure qui permet de mesurer la valeur moyenne $\langle u_M \rangle$ de la tension u_M en précisant la position du commutateur.

Q21 - Préciser à chaque instant sur **le document réponse n°1**, le nom des interrupteurs commandés.

Q22 - À partir de **document réponse n°1**, calculer le rapport cyclique α en sachant qu'il est donné par la relation :

$$\alpha = \frac{\text{durée passée dans l'état haut}}{\text{période}}$$

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2023
CODE SUJET : 23ATPHY	Coefficient : 2	Page 8 sur 15

On suppose qu'à un instant donné, on a le réglage suivant :

- commande de la roue droite : rapport cyclique $\alpha_d = 0,7$;
- commande de la roue gauche : rapport cyclique $\alpha_g = 0,65$.

On rappelle l'expression de la valeur moyenne de la tension u_M :

$$\langle u_M \rangle = (2\alpha - 1) \cdot U_{BAT}$$

Q23 - Préciser le mouvement de la tondeuse, en détaillant le raisonnement.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2023
CODE SUJET : 23ATPHY	Coefficient : 2	Page 9 sur 15

PARTIE 3 : GUIDAGE DE LA TONDEUSE (6 points)

Pour guider le robot tondeuse sur le terrain, un ensemble de câbles périphériques est installé délimitant ainsi les zones de tonte ainsi que les arbres et massifs.

La figure 3 montre l'installation du câble périphérique ainsi que du câble guide permettant un retour rapide à la station de charge.

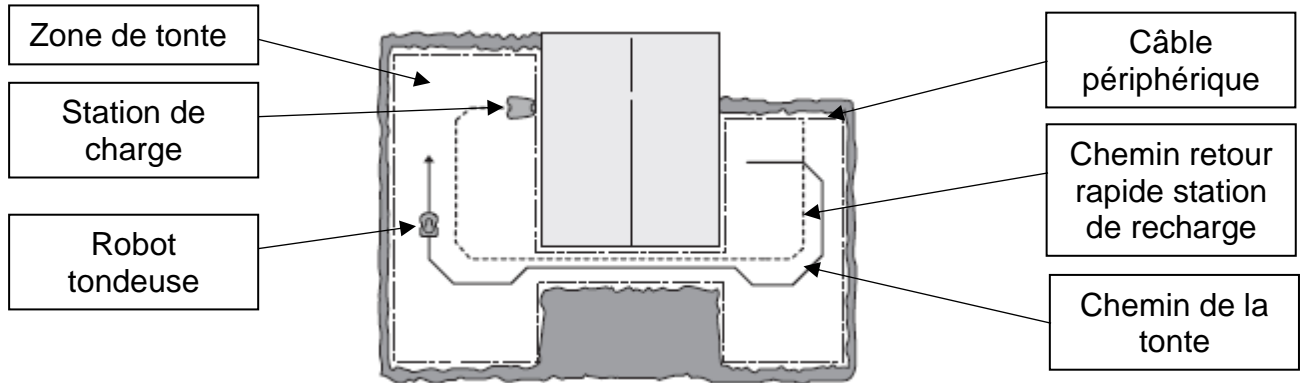


Figure 3 : schéma de zone de tonte
Source : Manuel technique Automower® 430X

La station de charge est reliée au câble périphérique qui envoie des signaux alternatifs d'intensité relativement faible et de fréquences comprises entre 0 et 100 kHz en direction du robot tondeuse.

Le capteur de position du robot tondeuse est constitué d'une antenne et d'une carte électronique. Le fonctionnement est représenté sur la figure 4.

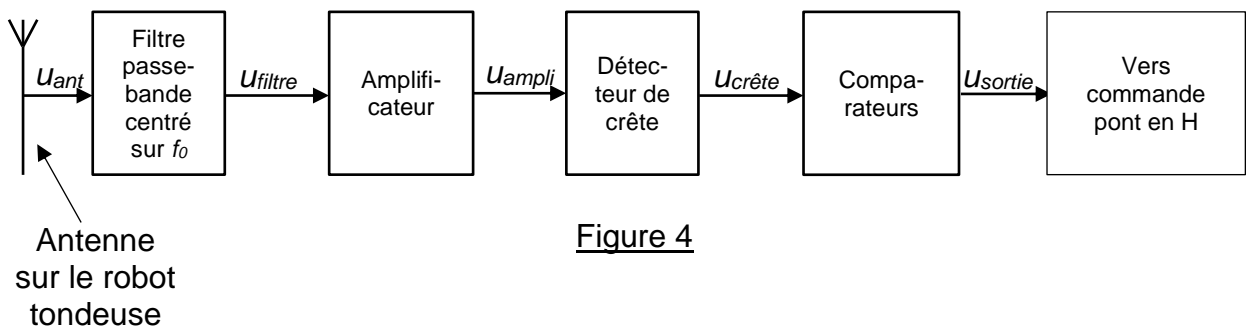


Figure 4

Les amplificateurs différentiels intégrés (ADI) sont alimentés en +12 V / -12 V. Ils sont considérés comme parfaits. Leurs tensions de saturation sont confondues avec leurs tensions d'alimentation.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2023
CODE SUJET : 23ATPHY	Coefficient : 2	Page 10 sur 15

Filtre passe-bande

Q24 - Expliquer l'intérêt d'utiliser un filtre passe-bande centré sur f_0 , fréquence d'émission du câble périphérique.

La réponse du filtre nécessaire pour cette opération est représentée sur la figure 5 qui donne l'évolution du gain G en fonction de la fréquence f .

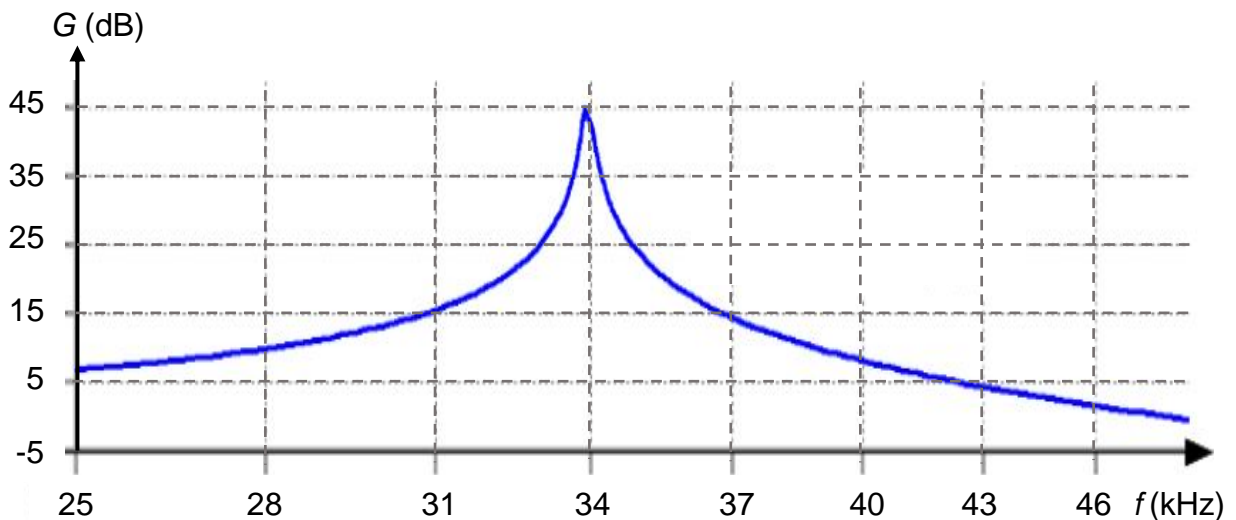


Figure 5 : réponse du filtre passe-bande

La formule donnant la fréquence de résonance f_0 de ce filtre est :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \times C}} \text{ avec } L = 1 \text{ mH.}$$

Q25 - Calculer la capacité C du condensateur pour que ce filtre sélectionne la fréquence $f_{fil} = 34$ kHz.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2023
CODE SUJET : 23ATPHY	Coefficient : 2	Page 11 sur 15

Amplificateur

Le signal U_{filtre} doit ensuite être amplifié. Le schéma de l'amplificateur est donné sur la figure 6.

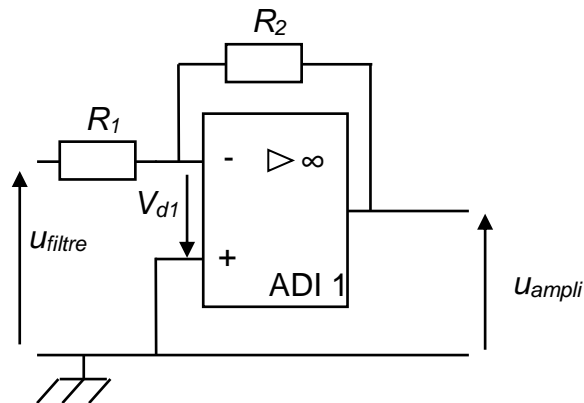


Figure 6 : l'amplificateur

Q26 - Justifier le régime de fonctionnement de l'ADI 1.

Q27 - Donner la valeur de V_{d1} en régime linéaire. En déduire la relation entre V_+ et V_- .

Q28 - Montrer que la tension U_{ampli} s'exprime $U_{\text{ampli}} = -\frac{R_2}{R_1} \times U_{\text{filtre}}$.

Les comparateurs

Un des comparateurs permet au robot de savoir qu'il approche d'un fil périphérique. Ils envoient des informations à la commande du pont en H pour le faire ralentir ou tourner. La tension V_{Ref} est fixée en fonction de la distance entre le robot et le fil périphérique.

Le schéma d'un comparateur est représenté sur la figure 7.

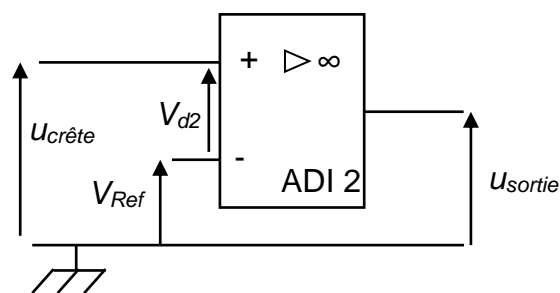


Figure 7 : le comparateur

Sur le **document réponse n°2**, est représentée l'évolution de la tension V_{Ref} quand le robot avance vers le fil.

Q29 - Exprimer la tension différentielle V_{d2} en fonction de $U_{\text{créte}}$ et V_{Ref} .

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2023
CODE SUJET : 23ATPHY	Coefficient : 2	Page 12 sur 15

Q30 - Donner le signe et la valeur de la tension de sortie U_{sortie} selon la valeur de $U_{\text{crête}}$ par rapport à V_{Ref} .

Q31 - Représenter sur **le document réponse n°2**, la tension U_{sortie} en concordance des temps entre $U_{\text{crête}}$ et U_{sortie} .

Si la tension de sortie U_{sortie} est positive, le robot ralentit.

Q32 - Compléter sur **le document réponse n°2**, la vitesse du robot :

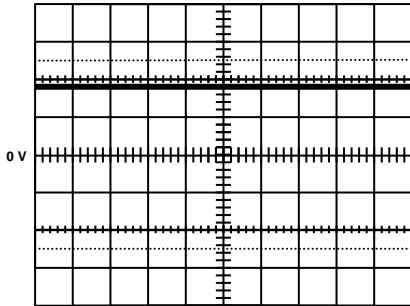
- V_C : vitesse constante ;
- V_R : vitesse ralentie.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2023
CODE SUJET : 23ATPHY	Coefficient : 2	Page 13 sur 15

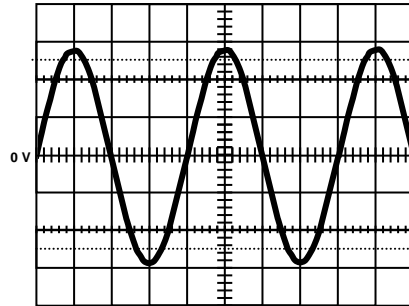
DOCUMENT RÉPONSE N°1

À rendre avec votre copie

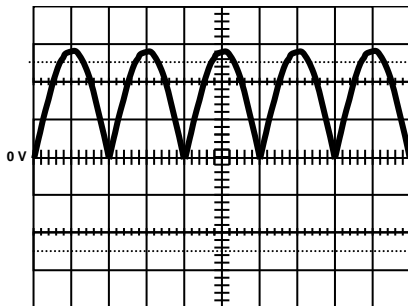
Q9 –



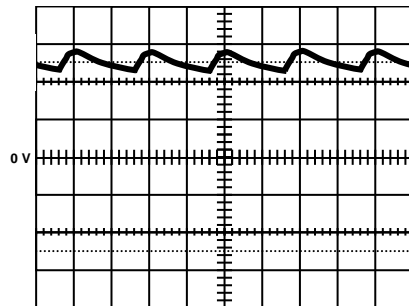
Oscillogramme 1
Tension observée :



Oscillogramme 2
Tension observée :

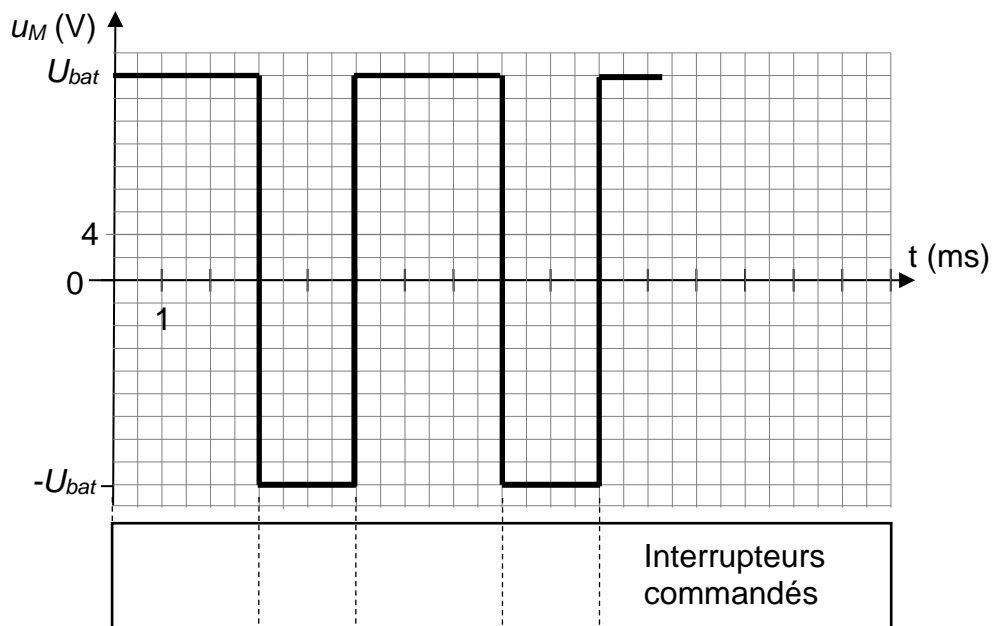


Oscillogramme 3
Tension observée :



Oscillogramme 4
Tension observée :

Q21

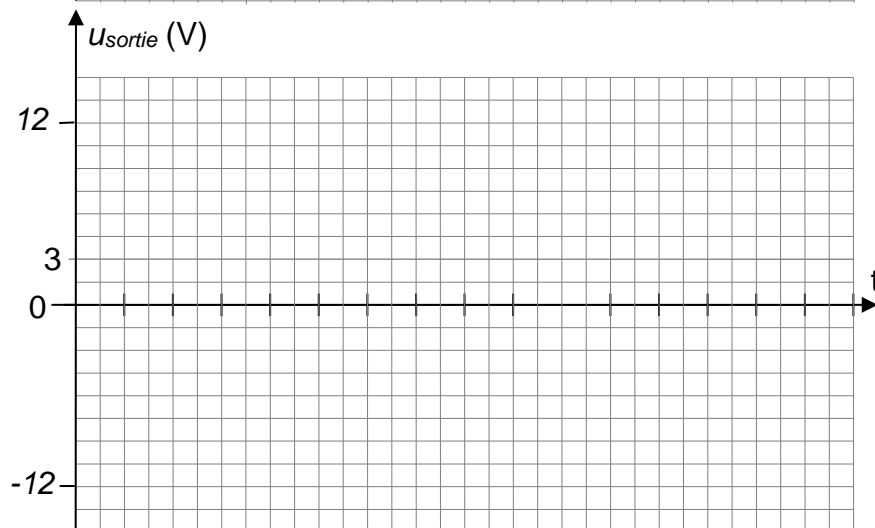
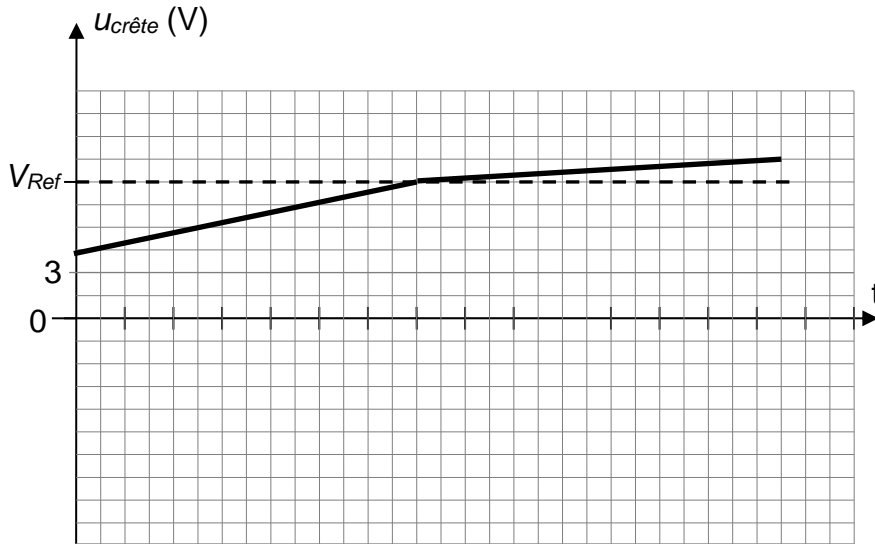


BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2023
CODE SUJET : 23ATPHY	Coefficient : 2	Page 14 sur 15

DOCUMENT RÉPONSE N°2

À rendre avec votre copie

Q31 ; Q32



	Vitesses du robot
--	-------------------

