

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## Assistance Technique d'Ingénieur

### ÉPREUVE E3 – Mathématiques et sciences physiques

#### Sous-épreuve – U32 – Sciences physiques

SESSION 2022

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 12/13
- Document réponse n°2 page 13/13

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13.

**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 2022
CODE SUJET : 22ATPHY	Coefficient : 2	Page 1 sur 13

## MACHINE DE CONDITIONNEMENT DE BONBONS



D'après : <http://french.flow-packingmachine.com>

Cette machine est utilisée par des entreprises spécialisées dans la fabrication de bonbons. Elle permet de conditionner et d'emballer les bonbons.

Un tapis roulant entraîné par un motoréducteur permet d'orienter les boîtes de bonbons lorsqu'elles contiennent la masse voulue de bonbons vers le poste d'emballage.

Pour une bonne optimisation de fonctionnement, il est nécessaire de régler la cadence de production suivant la demande.

**Le sujet comporte 4 parties indépendantes.**

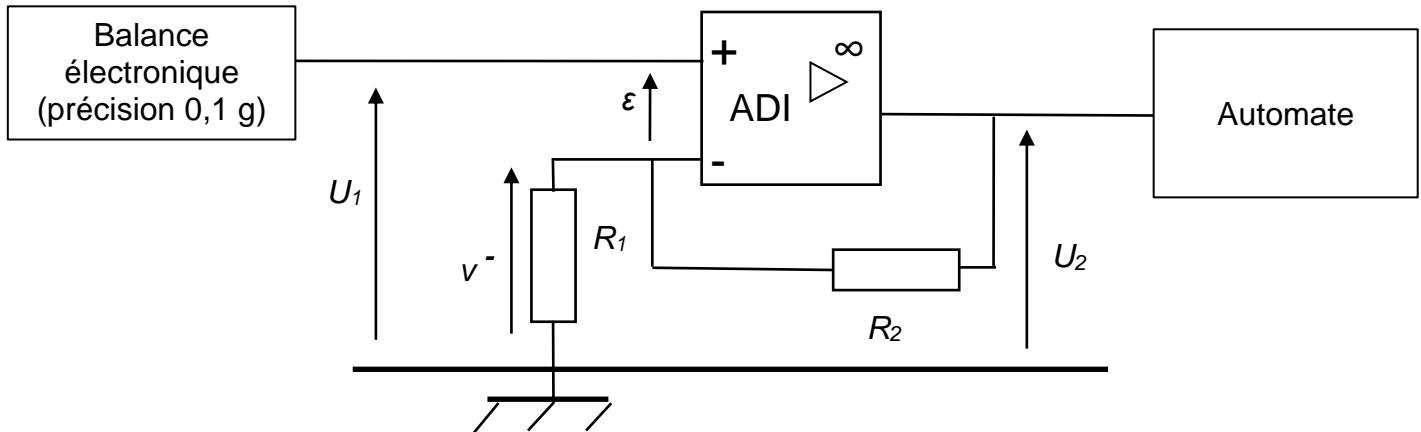
- Partie 1 : condition d'arrêt du remplissage des boîtes de bonbons (4 points)
- Partie 2 : motorisation du tapis roulant (8 points)
- Partie 3 : contrôle de la vitesse du tapis (6,5 points)
- Partie 4 : choix du matériau sur les boîtes de bonbons (1,5 points)

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2022
CODE SUJET : 22ATPHY	Coefficient : 2	Page 2 sur 13

**PARTIE 1 - CONDITION D'ARRÊT DU REMPLISSAGE  
DES BOÎTES DE BONBONS  
(4 points)**

Le principe du dispositif est représenté **Figure 1**.

Les amplificateurs différentiels intégrés (ADI) sont supposés parfaits et alimentés en  $\pm 12 \text{ V}$ .



**Figure 1**

L'automate arrête le remplissage dès que la masse  $M$  de la boîte qui se remplit de bonbons dépasse une valeur seuil  $M_S$ .

La balance électronique délivre une tension  $U_1$  proportionnelle à la masse  $M$ .

La tension  $U_2$  à l'entrée de l'automate est proportionnelle à la masse  $M$ .

Données :

- masse seuil :  $M_S = 314 \text{ g}$
- masse de la boîte vide :  $m_0 = 64 \text{ g}$
- $U_1 = K \times M$  avec  $K = 0,080 \text{ V} \cdot \text{kg}^{-1}$

**Q1** - Justifier le régime de fonctionnement (linéaire ou non linéaire) de l'amplificateur différentiels intégrés (ADI). En déduire la valeur de la tension  $\epsilon$ .

**Q2** - Exprimer le potentiel  $v^-$  de l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel en fonction des résistances  $R_1$ ,  $R_2$  et de la tension  $U_2$ .

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2022
CODE SUJET : 22ATPHY	Coefficient : 2	Page 3 sur 13

**Q3** - Montrer que  $U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times U_2$ .

**Q4** - Exprimer le coefficient d'amplification  $A_V$  telle que  $U_2 = A_V \times U_1$ .

On dispose de différents conducteurs ohmiques dont les valeurs de résistance sont :

100 $\Omega$	1,0 k $\Omega$	10 k $\Omega$	50 k $\Omega$	75 k $\Omega$	125 k $\Omega$
--------------	----------------	---------------	---------------	---------------	----------------

**Q5** - Choisir les valeurs des deux conducteurs ohmiques  $R_1$  et  $R_2$  pris dans le tableau ci-dessus, permettant d'obtenir un coefficient d'amplification de valeur  $A_V = 101$ .

**Q6** - Déterminer la valeur minimale de  $U_2$  qui va permettre de commander l'arrêt du remplissage de la boîte de bonbons.

**Q7** - Expliquer pourquoi il est nécessaire d'amplifier le signal de sortie de la balance électronique.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2022
CODE SUJET : 22ATPHY	Coefficient : 2	Page 4 sur 13

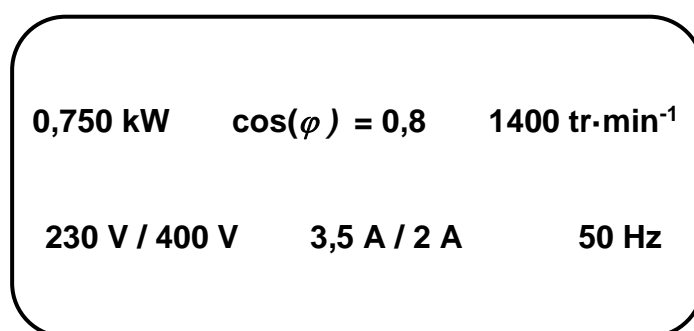
**PARTIE 2 - MOTORISATION DU TAPIS ROULANT  
(8 points)**

Le tapis roulant sur lequel sont placées les boîtes est entraîné par un moteur asynchrone (MAS) triphasé à 4 pôles, alimenté par un réseau triphasé 230 V / 400 V – 50 Hz. Le moteur sera équipé d'un réducteur de vitesse.

À vide le moteur asynchrone tourne à la vitesse de synchronisme.

**Q8** - En utilisant, la caractéristique mécanique du moteur représentée sur le **DOCUMENT RÉPONSE N°1 page 12**, déduire la valeur la vitesse de synchronisme  $n_{S1}$  du moteur asynchrone.

La plaque signalétique du moteur asynchrone donne les indications suivantes :



**Figure 2**

**Q9** - Donner la valeur efficace de la tension nominale  $V$  aux bornes d'un enroulement du stator.

**Q10** - En déduire le couplage, étoile ou triangle, du moteur. Justifier la réponse.

**Q11** - En déduire la valeur de l'intensité nominale du courant  $I_N$  dans les fils de ligne.

**Q12** - Calculer la valeur de la puissance active nominale  $P_a$  absorbée par le moteur asynchrone.

**Q13** - Calculer la valeur du moment du couple utile nominal  $T_{UN}$ .

**Q14** - En déduire la valeur de la puissance **totale** perdue  $P_P$  dans le moteur en fonctionnement nominal.

**Q15** - Calculer la valeur du rendement  $\eta_N$  du moteur en fonctionnement nominal.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2022
CODE SUJET : 22ATPHY	Coefficient : 2	Page 5 sur 13

Le moteur subit de la part du système {tapis + 400 boîtes} un couple résistant, dont la valeur est constante  $T_R = 4,0 \text{ N}\cdot\text{m}$  dans la plage d'utilisation considérée.

**Q16** - Tracer sur le **DOCUMENT RÉPONSE N°1 page 12**, la caractéristique mécanique  $T_R(n)$  de ce couple résistant.

**Q17** - En déduire, graphiquement, la valeur de la vitesse de rotation  $n_1$  du moteur.

Pour des raisons techniques, la vitesse du tapis doit être comprise entre  $0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  et  $0,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

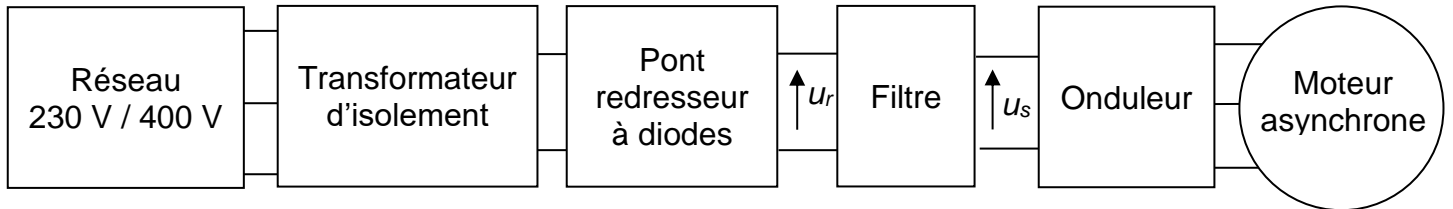
La vitesse d'avance  $v$  du tapis en fonction de la vitesse de rotation  $n$  du moteur est donnée par la relation :  $v = 3,75 \times 10^{-4} \times n$  (avec  $v$  en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  et  $n$  en  $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$ ).

**Q18** - Dans les conditions des questions précédentes, justifier que la valeur de la vitesse du tapis est conforme aux données techniques.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2022
CODE SUJET : 22ATPHY	Coefficient : 2	Page 6 sur 13

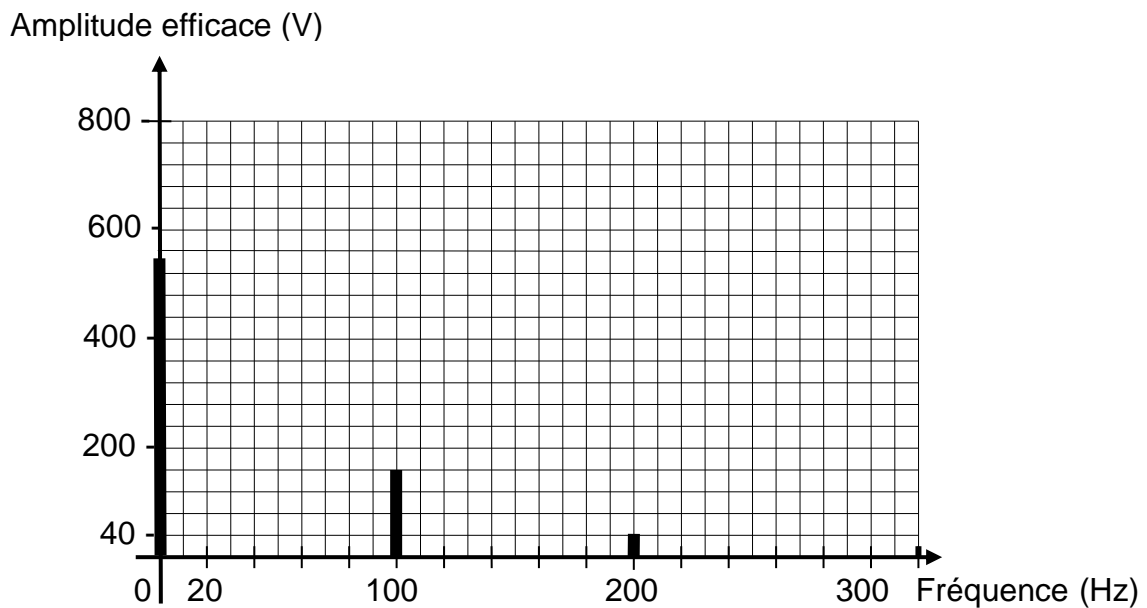
## PARTIE 3 - CONTRÔLE DE LA VITESSE DU TAPIS (6,5 points)

Le moteur est relié à un onduleur permettant de modifier sa vitesse selon le schéma représenté **Figure 3**.



**Figure 3**

Le pont redresseur à diodes fournit une tension redressée  $u_r$ , dont la représentation fréquentielle est donnée **Figure 4**.



**Figure 4**

**Q19** - Expliquer pourquoi la tension  $u_s(t)$  est continue.

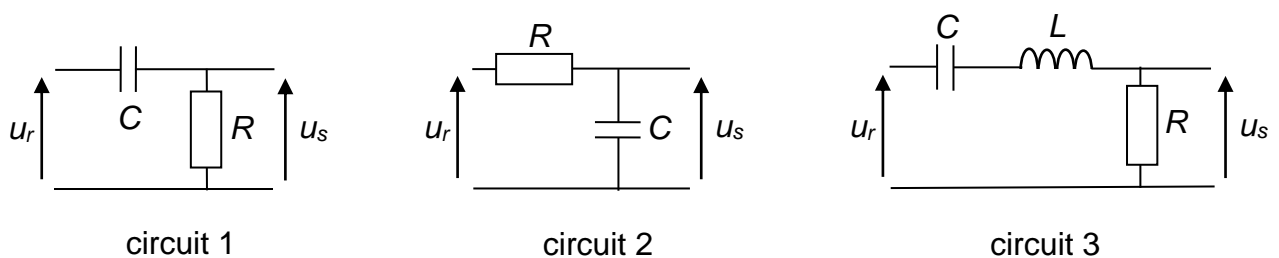
BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2022
CODE SUJET : 22ATPHY	Coefficient : 2	Page 7 sur 13

Parmi les filtres suivants, on choisit le filtre F2 :

- F1 : filtre passe haut avec une fréquence de coupure de 10 Hz
- F2 : filtre passe bas avec une fréquence de coupure de 10 Hz
- F3 : filtre passe bande avec une fréquence centrale 100 Hz
- F4 : filtre passe haut avec une fréquence de coupure de 300 Hz
- F5 : filtre passe bas avec une fréquence de coupure de 300 Hz

**Q20** - Justifier ce choix parmi ceux proposés.

**Q21** - Parmi les circuits proposés, identifier par analyse du comportement à basse fréquence ( $f \rightarrow 0$ ) et à haute fréquence ( $f \rightarrow \infty$ ), celui qui permet de réaliser le filtre sélectionné à la question précédente.



**Q22** - Donner la représentation fréquentielle de la tension  $u_s(t)$  en sortie du filtre sur le **DOCUMENT RÉPONSE 2 page 13**.

Rappels :

- L'onduleur autonome de tension, fournit un réseau triphasé de tensions de fréquence  $f$  réglable, en gardant le rapport  $\frac{U}{f}$  constant.
- Dans un fonctionnement à  $\frac{U}{f}$  constant, la partie utile de la caractéristique mécanique du moteur  $T_u(n)$  est assimilable à un segment de droite se déplaçant parallèlement à lui-même lorsque la fréquence d'alimentation  $f$  change.
- À vide, la vitesse de rotation du moteur asynchrone triphasé à 4 pôles est égale à la vitesse de synchronisme.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2022
CODE SUJET : 22ATPHY	Coefficient : 2	Page 8 sur 13



Le rapport entre le nombre de boîtes sur le tapis et la fréquence de la tension d'alimentation reste constant.

L'onduleur permet de faire varier la cadence du moteur.

Pour une fréquence d'alimentation de  $f_1 = 50$  Hz, la cadence maximale est de 1800 boîtes à l'heure.

**Q23** - Montrer que pour traiter 1440 boîtes par heure, l'onduleur fixe une fréquence de valeur  $f_2 = 40$  Hz.

**Q24** - Calculer la valeur de la fréquence de synchronisme  $n_{s2}$  en  $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$  du moteur asynchrone.

**Q25** - Tracer, dans ces conditions, sur le **DOCUMENT RÉPONSE N°1 page 12**, la nouvelle caractéristique mécanique du moteur.

**Q26** - Déterminer la nouvelle valeur de la vitesse  $v_2$  du tapis sachant que :  $v = 3,75 \times 10^{-4} \times n$  (avec  $v$  en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  et  $n$  en  $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$ ). La valeur du couple résistant est supposée égale à  $4,0$  N·m.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2022
CODE SUJET : 22ATPHY	Coefficient : 2	Page 9 sur 13

## PARTIE 4 - CHOIX DU MATÉRIAU SUR LES BOÎTES DE BONBONS (1,5 points)

Les boîtes en fer ont été choisies pour la commercialisation des bonbons. Après plusieurs années, ces boîtes présentent des zones rouillées.



Zones  
rouillées  
(taches  
brunes)

### Document 1

La rouille est la substance de couleur brun-rouge formée quand des composés contenant du fer se corrodent en présence de dioxygène et d'eau. C'est une réaction d'oxydation lente qui aboutit à la formation d'oxydes ou d'hydroxydes plus ou moins hydratés et mal cristallisés, dont le plus stable est l'hématite.

La rouille est donc un mélange complexe composé d'oxydes et d'hydroxydes de fer.

D'après <https://fr.wikipedia.org/wiki/Rouille> consulté le 19/11/2021

### Document 2

Un acier est dit inoxydable quand il comporte un minimum de 11% de chrome dans ses éléments d'addition.

Leurs principaux avantages :

- bonne tenue à la corrosion ;
- excellente tenue en basse et très basse température.

Ils sont utilisés principalement dans les domaines de la chimie, de la pharmacie, de l'alimentaire et dans les applications cryogéniques.

D'après guichon-vannes consulté le 19/11/2021

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2022
CODE SUJET : 22ATPHY	Coefficient : 2	Page 10 sur 13

**Q27** - Donner le nom de la transformation chimique provoquant l'apparition des taches brunes correspondant aux zones rouillées sur la boîte métallique.

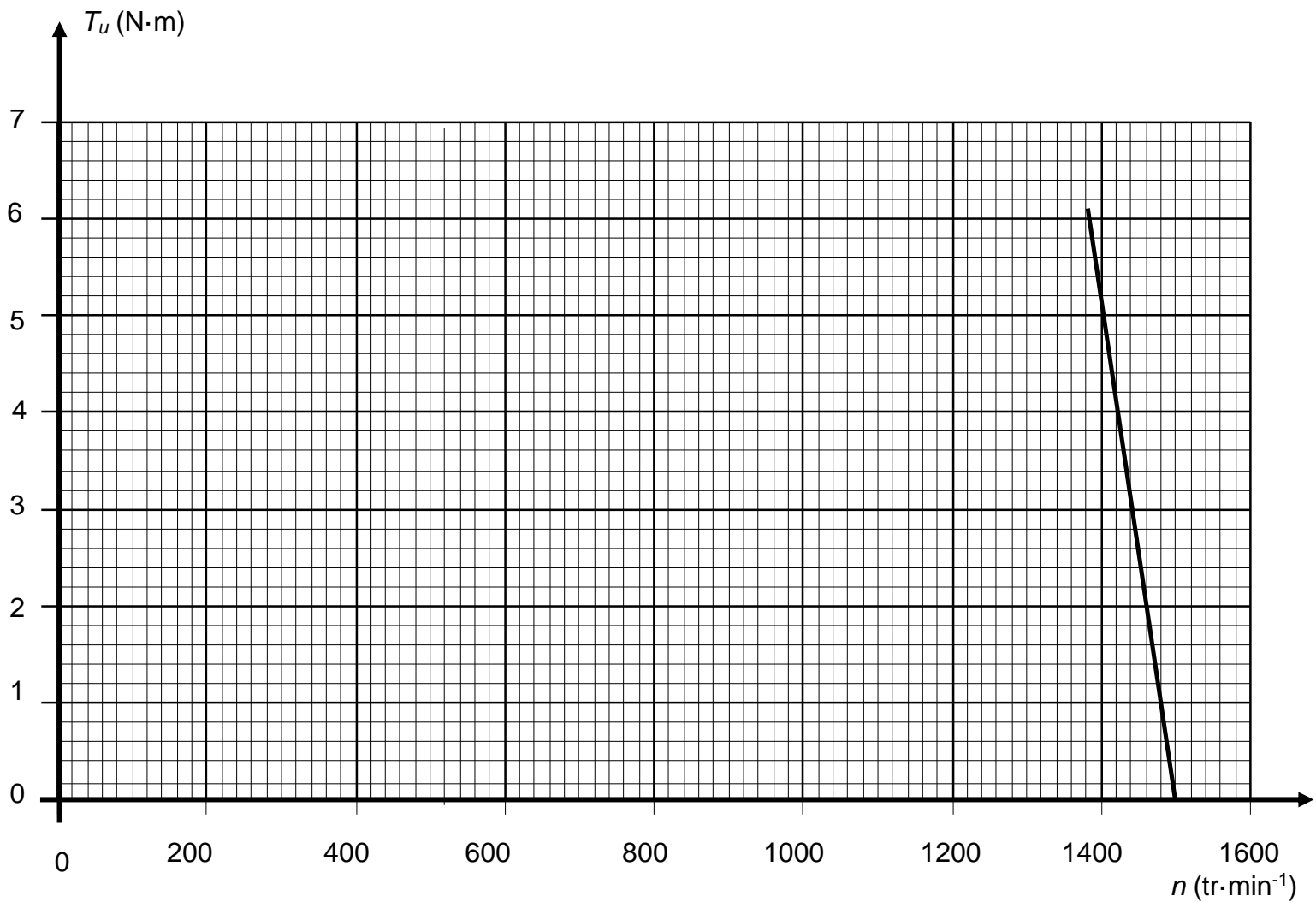
**Q28** - Expliquer pourquoi la peinture empêche la formation de la rouille.

**Q29** - Proposer une modification pour éviter la détérioration de la boîte.

BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2022
CODE SUJET : 22ATPHY	Coefficient : 2	Page 11 sur 13

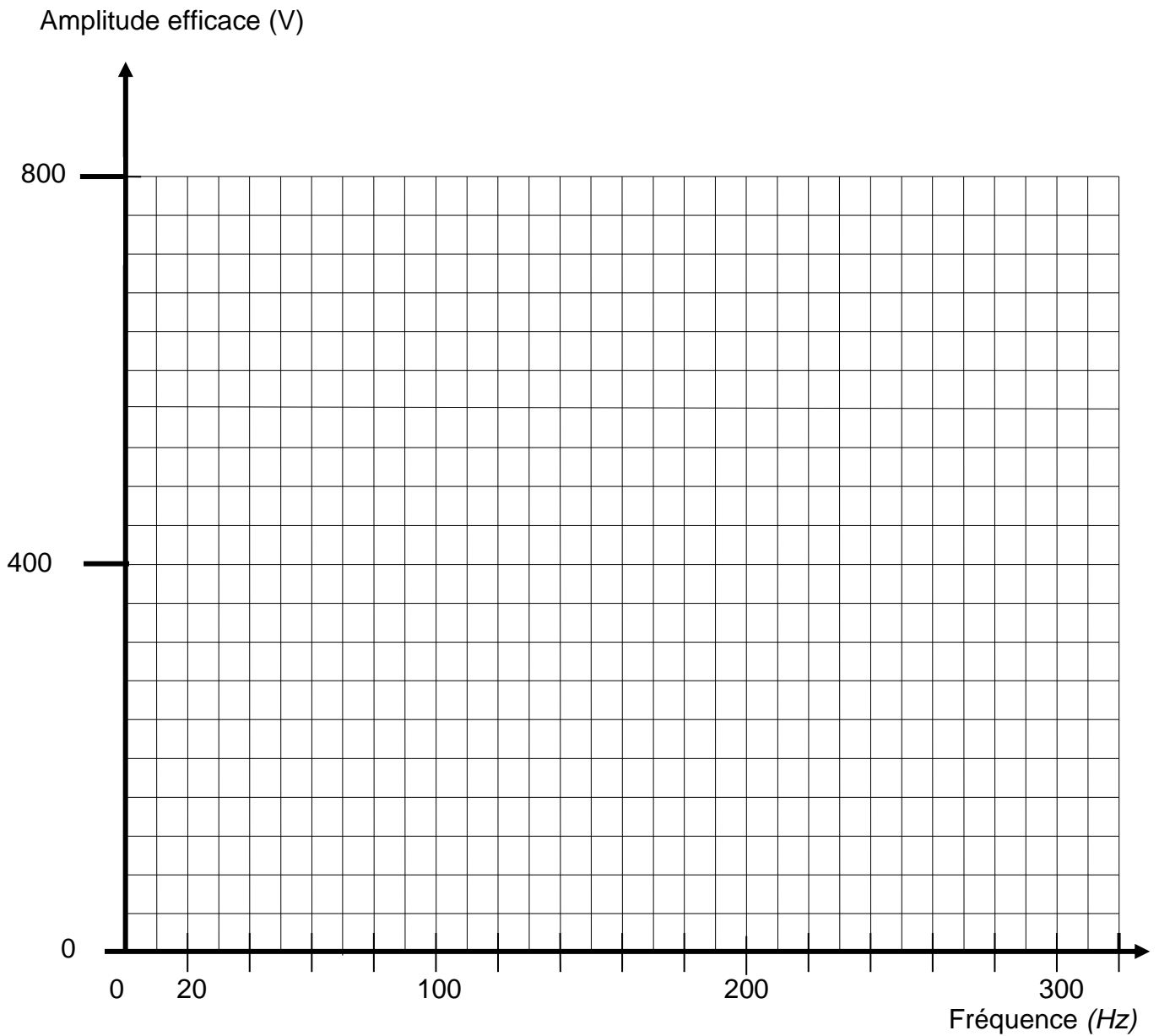
**DOCUMENT RÉPONSE N°1**  
**À rendre avec la copie**

**Q16 et Q25**



**DOCUMENT RÉPONSE N°2**  
**À rendre avec la copie**

**Q22.**



BTS ATI unité U32 : Sciences physiques	Durée : 2h	Session 2022
CODE SUJET : 22ATPHY	Coefficient : 2	Page 13 sur 13