

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 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.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2018
CODE SUJET : ATIPHYS	Coefficient : 2	Page 1 sur 13

Etude d'une pompe à chaleur

INTRODUCTION :

Face à la nécessité de réduire nos dépenses de chauffage pour préserver les ressources énergétiques de la planète, de plus en plus de pompes à chaleur sont installées.

Le système proposé permet l'étude d'une pompe à chaleur (PAC) Air/Eau servant au chauffage d'une habitation par l'intermédiaire d'un ballon tampon.



Figure 1

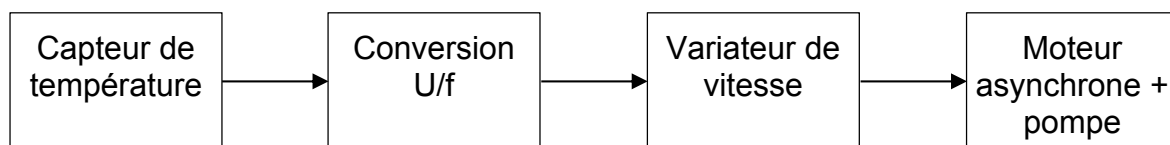
Nous étudierons par ailleurs la régulation assurée par le boîtier figure 2



Figure 2

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2018
CODE SUJET : ATIPHYS	Coefficient : 2	Page 2 sur 13

L'objectif est d'étudier partiellement le dispositif de régulation de vitesse de la pompe et de montrer comment la technologie INVERTER permet d'économiser 30% d'énergie.



Le sujet comporte quatre parties indépendantes dont une synthèse.

- Partie A : Comment mesurer et afficher la température de l'eau ? (8 points)
- Partie B : Comment agir sur l'alimentation du compresseur en fonction de la température ? (4,5 points)
- Partie C : Comment la vitesse du moteur varie-t-elle avec la fréquence ? (5,5 points)
- Partie D : Synthèse : la technologie « inverter » permet-elle de réaliser des économies d'énergie ? (2 points)

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2018
CODE SUJET : ATIPHYS	Coefficient : 2	Page 3 sur 13

• **Partie A : Comment mesurer et afficher la température de l'eau ? (8 points)**

La mesure de la température d'eau se fait par rapport à une sonde fixée sur la tuyauterie (Figure 3).



Figure 3

Cette sonde est une thermistance à Coefficient de Température Négatif (CTN), dont la caractéristique $R = f(T)$ est donnée ci-dessous (Figure 4)

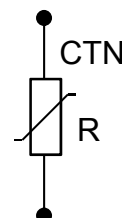
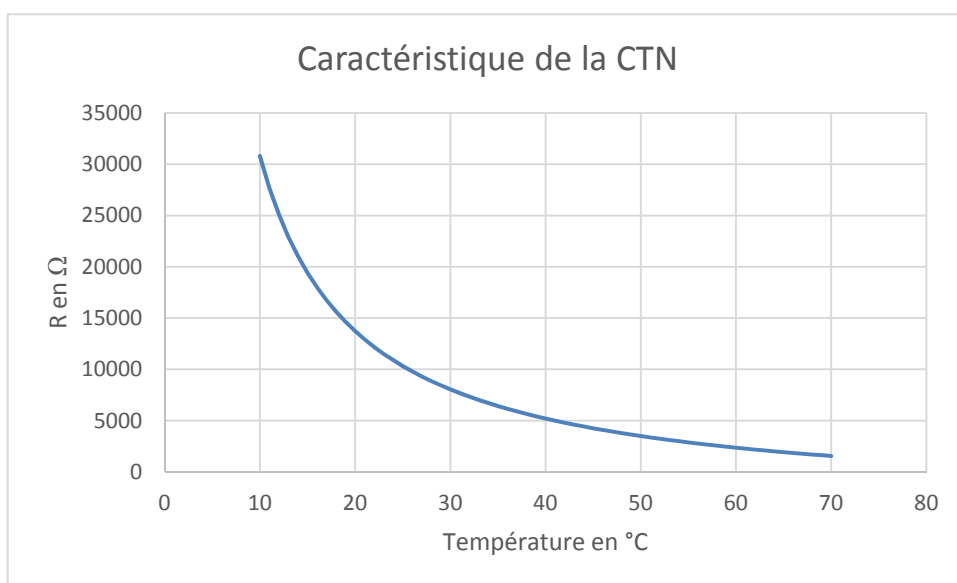


Figure 4

- Q1. Justifier tous les éléments caractérisant la thermistance R : CTN 10 kΩ à 25°C.
- Q2. Préciser dans la 2^{ème} ligne du **document réponse n°1 page 12** les valeurs de R à la température de 25°C.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2018
CODE SUJET : ATIPHYS	Coefficient : 2	Page 4 sur 13

Pour convertir la température en une tension, la thermistance est placée dans le circuit de la figure 5, elle est montée en dérivation avec une résistance R_1 qui permet de linéariser son comportement. Le circuit constitué autour de l'amplificateur différentiel intégré ADI2 permet d'obtenir une tension U_2 proportionnelle à la température.

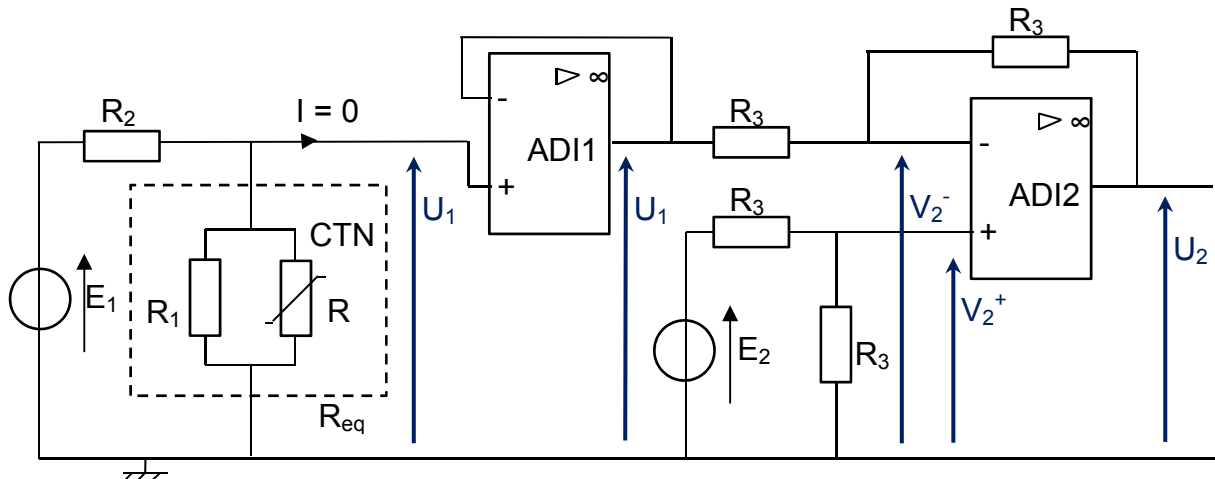


Figure 5

$$E_1 = 15 \text{ V} \quad E_2 = 10 \text{ V} \quad R_1 = 10 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 5 \text{ k}\Omega$$

Les amplificateurs différentiels intégrés (A.D.I.), sont considérés comme idéaux. Les tensions de saturation sont confondues avec ses tensions d'alimentation : $\pm V_{SAT} = \pm V_{CC} = \pm 15 \text{ V}$.

- Q3. Justifier que l'intensité du courant I est nulle.
- Q4. Exprimer la résistance équivalente R_{eq} de l'association en dérivation de la thermistance R avec la résistance R_1 .
- Q5. Remplir la 3^{ème} ligne du **document réponse n°1 page 12**.
- Q6. Exprimer la tension U_1 en fonction de la tension E_1 , et des résistances R_2 et R_{eq} .
- Q7. **Remplir la 4^{ème} ligne du document réponse n°1 page 12**.
- Q8. Donner le nom du circuit réalisé autour de l'ADI1, sachant que $U_1 = U'_1$ et dire quel est son rôle.
- Q9. Donner en le justifiant le régime de fonctionnement de l'amplificateur différentiel intégré ADI2.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2018
CODE SUJET : ATIPHYS	Coefficient : 2	Page 5 sur 13

- Q10. Exprimer le potentiel V_2^+ de l'entrée non inverseuse de l'ADI2 en fonction de E_2 .
- Q11. Exprimer le potentiel V_2^- de l'entrée inverseuse de l'ADI2 en fonction de U_1 et de U_2 .
- Q12. Dédurre des deux questions précédentes que $U_2 = E_2 - U_1$.
- Q13. Remplir la 5^{ème} ligne du **document réponse n°1 page 12**.

La tension U_2 , image de la température est envoyée en entrée d'un convertisseur analogique numérique 10 bits en vue d'être affichée sur le boîtier de commande (Figure 6)



Figure 6

- Q14. Calculer la plus grande valeur numérique, noté N_{\max} , que puisse fournir ce convertisseur.

On veut faire correspondre le nombre 250 à une tension d'entrée de 2,5 V, un « point » étant affiché après le deuxième digit.

- Q15. Calculer le quantum $q = \frac{U}{N}$ de ce convertisseur.
- Q16. Remplir la 6^{ème} ligne du **document réponse 1 page 12**.
- Q17. Dédurre des questions précédentes la valeur de N permettant d'afficher 48,7 °C.
- Q18. Donner la précision ΔT de la mesure (dernier digit).

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2018
CODE SUJET : ATIPHYS	Coefficient : 2	Page 6 sur 13

• **Partie B : Comment agir sur l'alimentation du compresseur en fonction de la température ? (4,5 points)**

La technologie INVERTER permet à votre PAC d'adapter sa vitesse à la température programmée. Elle module en continu la puissance du système, évitant ainsi le lancement et l'arrêt répétés du compresseur : dès que la température idéale est atteinte, sa vitesse est automatiquement réduite. Ce qui permet d'économiser 30% d'énergie et d'optimiser les performances acoustiques.



Pour cela, la tension U_3 correspondant à l'écart entre la tension U_2 , image de la température, et une tension de consigne (correspondant à la température programmée), est envoyée en entrée d'un convertisseur « tension / fréquence ». Le circuit correspondant est représenté à la figure 7.

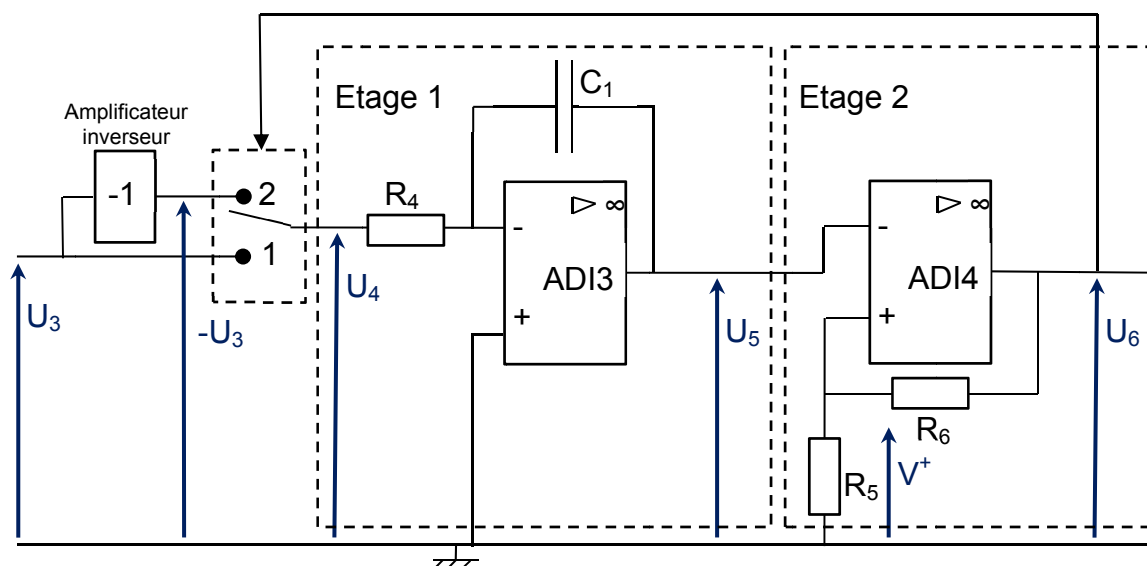


Figure 7

Si $U_6 = +V_{SAT}$, l'interrupteur est en position 2, $U_4 = -U_3$

Si $U_6 = -V_{SAT}$, l'interrupteur est en position 1, $U_4 = +U_3$

$R_4 = 33 \text{ k}\Omega$, $R_5 = R_6 = 10 \text{ k}\Omega$

• **Etage 1**

Pour une tension $U_3 = 2,5V$, on relève les oscillogrammes des tensions U_4 (CH1) et U_5 (CH2) (Figure 8).

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2018
CODE SUJET : ATIPHYS	Coefficient : 2	Page 7 sur 13

Measure time: 14:22:06
 Measure date: 12/06/2017
 CH1: 1.000V/DIV DC CH2: 5.000V/DIV DC TB A: 10 ms TR: CH1-AC PT: 25

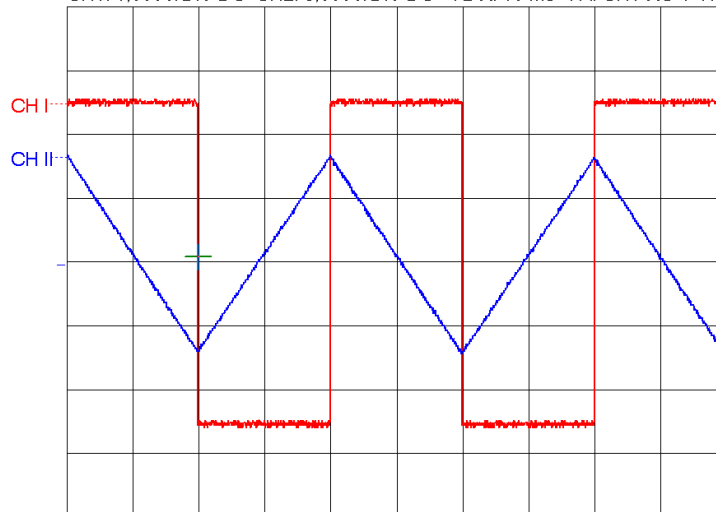


Figure 8

Q19. Déterminer la période T des tensions.

Q20. Calculer la fréquence f correspondante.

Q21. Déterminer la valeur crête à crête U_{5CC} de la tension U_5 .

Q22. Donner un nom à l'étage 1.

- *Etage 2*

Q23. Donner le régime de fonctionnement de l'ADI4

Q24. Exprimer V^+ en fonction de R_5 , R_6 et U_6 .

Q25. Montrer alors que le montage a deux seuils de basculements pour $U_5 = +7,5V$ et $U_5 = -7,5V$.

Q26. Représenter le chronogramme de U_6 sur le **document réponse n°1 page 12**

On montre que la fréquence f de U_6 est proportionnelle à U_3 : $f = \frac{U_3}{2 \cdot V_{SAT} \cdot R_4 \cdot C_1}$

Q27. Calculer la valeur qu'il faudra donner au condensateur C_1 pour obtenir une fréquence de 25 Hz, quand la tension U_3 vaut 2,5 V.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2018
CODE SUJET : ATIPHYS	Coefficient : 2	Page 8 sur 13

• **Partie C : Comment la vitesse du moteur varie-t-elle avec la fréquence ? (5,5 points)**

*Le moteur du compresseur est alimenté grâce à un variateur de vitesse dont le schéma synoptique est donné sur le **document réponse n°2 page 13***

Q28. Compléter le **document réponse n°2 page 13** avec les mots COMMANDE, FILTRAGE, ONDULEUR, REDRESSEUR

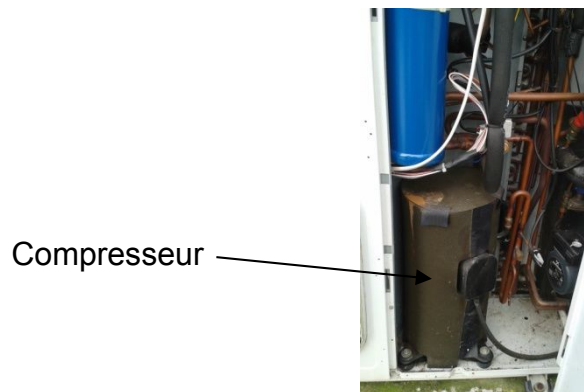


Figure 9

Le moteur du compresseur (Figure 9) est un moteur asynchrone triphasé dont la plaque signalétique porte les indications suivantes :

230 V / 400 V 50 Hz 1450 tr.min⁻¹ cos φ = 0,866

Q29. Préciser quel type de couplage devra être réalisé si le réseau électrique est un réseau 230 V / 400 V.

Q30. Déterminer la vitesse de synchronisme n_s en tr.min⁻¹.

Q31. Dédurre de cette vitesse le nombre de paires de pôles du moteur.

Q32. Calculer le glissement au fonctionnement nominal.

Q33. Calculer la puissance absorbée P_{abs} , si le courant en ligne vaut 2,5 A.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2018
CODE SUJET : ATIPHYS	Coefficient : 2	Page 9 sur 13

Sur le document réponse n°2, est représentée la caractéristique mécanique du moteur (moment du couple utile T_u en fonction de la vitesse) pour une fréquence de 50 Hz et celle de la charge (moment du couple résistant T_C du compresseur en fonction de la vitesse).

Q34. Relever sur la caractéristique les valeurs du couple et de la vitesse du point de fonctionnement.

L'écart entre la température mesurée et la température de consigne diminuant, la fréquence diminue. Le variateur de vitesse maintient le rapport U/f constant. Dans ces conditions, la caractéristique mécanique $T_u(n)$ se déplace parallèlement à elle-même.

Q35. Calculer la nouvelle valeur de la vitesse de synchronisme n_{s2} correspondant à une fréquence de 25 Hz.

Q36. Tracer sur **le document réponse n°2 page 13** la nouvelle caractéristique mécanique $T_{u2}(n)$

Q37. En déduire les nouvelles valeurs du couple et de la vitesse au nouveau point de fonctionnement.

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2018
CODE SUJET : ATIPHYS	Coefficient : 2	Page 10 sur 13

• **Partie D : Synthèse : La technologie inverter permet-elle de réaliser des économies d'énergie ? (2 points)**

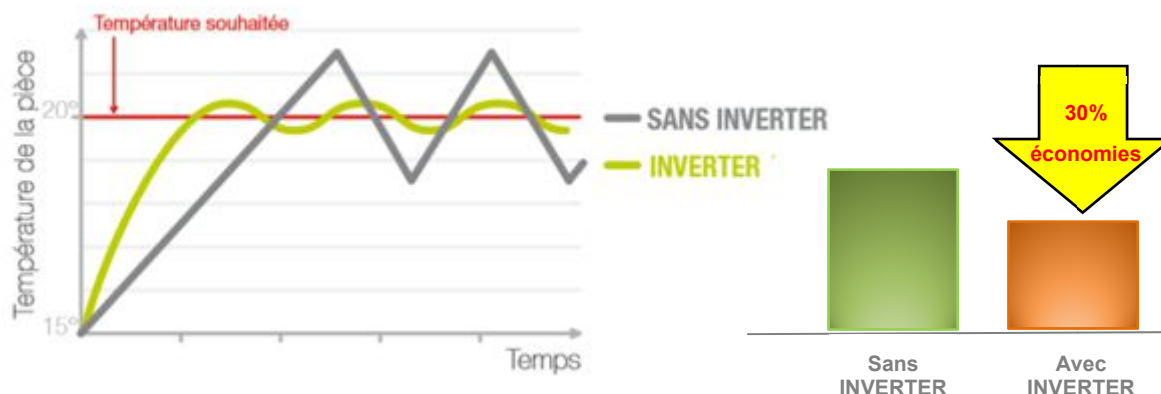


Figure 10

Le vendeur nous promet des économies (Figure 10). Etudions deux cas, pour maintenir une température de 20°C, pendant une durée de 2,5 heures :

Cas n°1 : Sans inverter, sur 2,5 heures, le compresseur démarre 3 fois, et fonctionne à chaque fois pendant une demi-heure. Chaque démarrage consomme une énergie de 440 W.h, le compresseur en fonctionnement absorbe une puissance de 1,5 kW.

Cas n°2 : Avec inverter, le compresseur fonctionne en permanence et sa vitesse est adaptée. Il absorbe une puissance moyenne de 1 kW.

Q38. Montrer que dans le cas n°1, l'énergie consommée vaut $E_1 = 3,57 \text{ kW.h}$

Q39. Calculer dans le cas n°2, l'énergie E_2 consommée.

Q40. Calculer l'écart relatif entre E_1 et E_2 . Les arguments d'économie du constructeur sont-ils justifiées ?

BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2018
CODE SUJET : ATIPHYS	Coefficient : 2	Page 11 sur 13

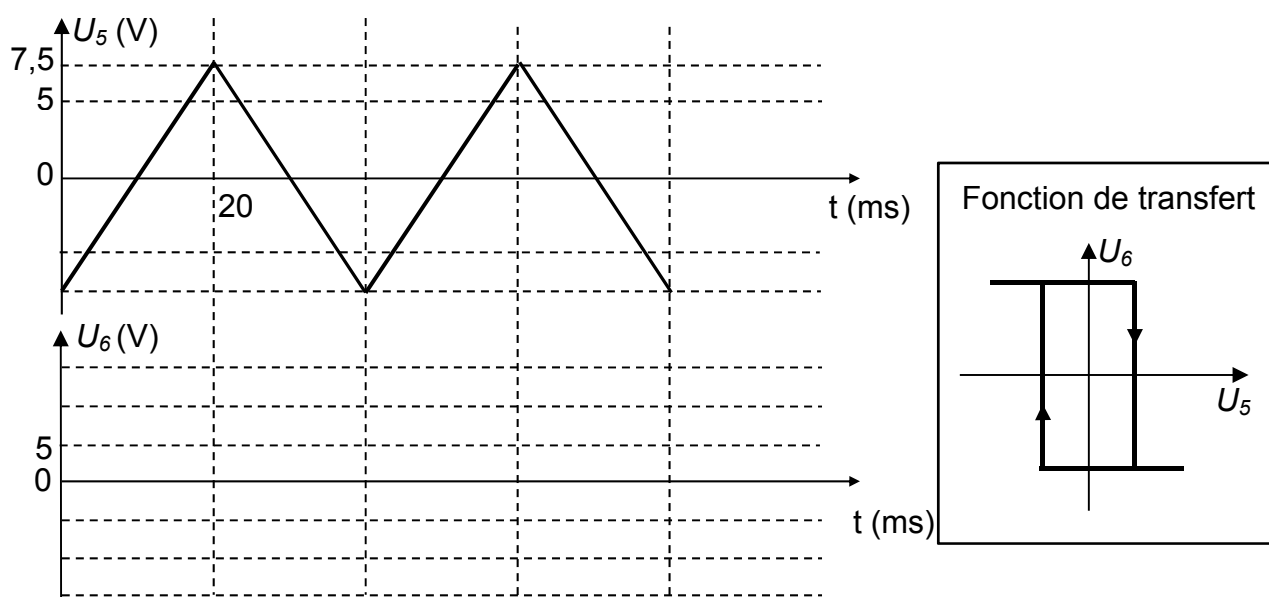
Document réponse n°1

A rendre avec la copie

Q2, Q5, Q7, Q13, Q16

T (°C)	10	25	40	60
R (kΩ)	30		5,0	2,5
R _{eq} (kΩ)		5,0	3,3	2,0
U ₁ (V)	9,0	7,5		4,3
U ₂ (V)	1,0	2,5	4,0	
N		250	400	600

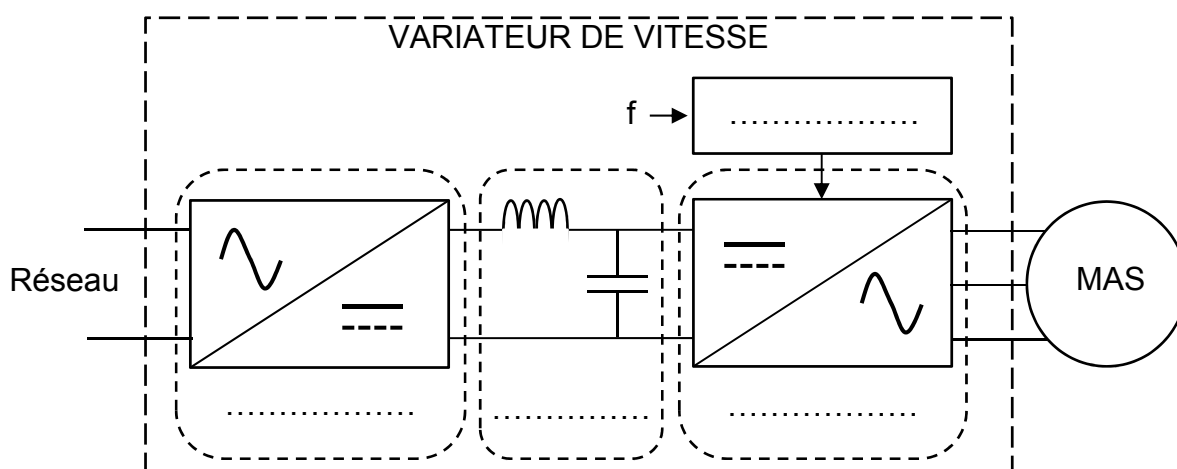
Q26



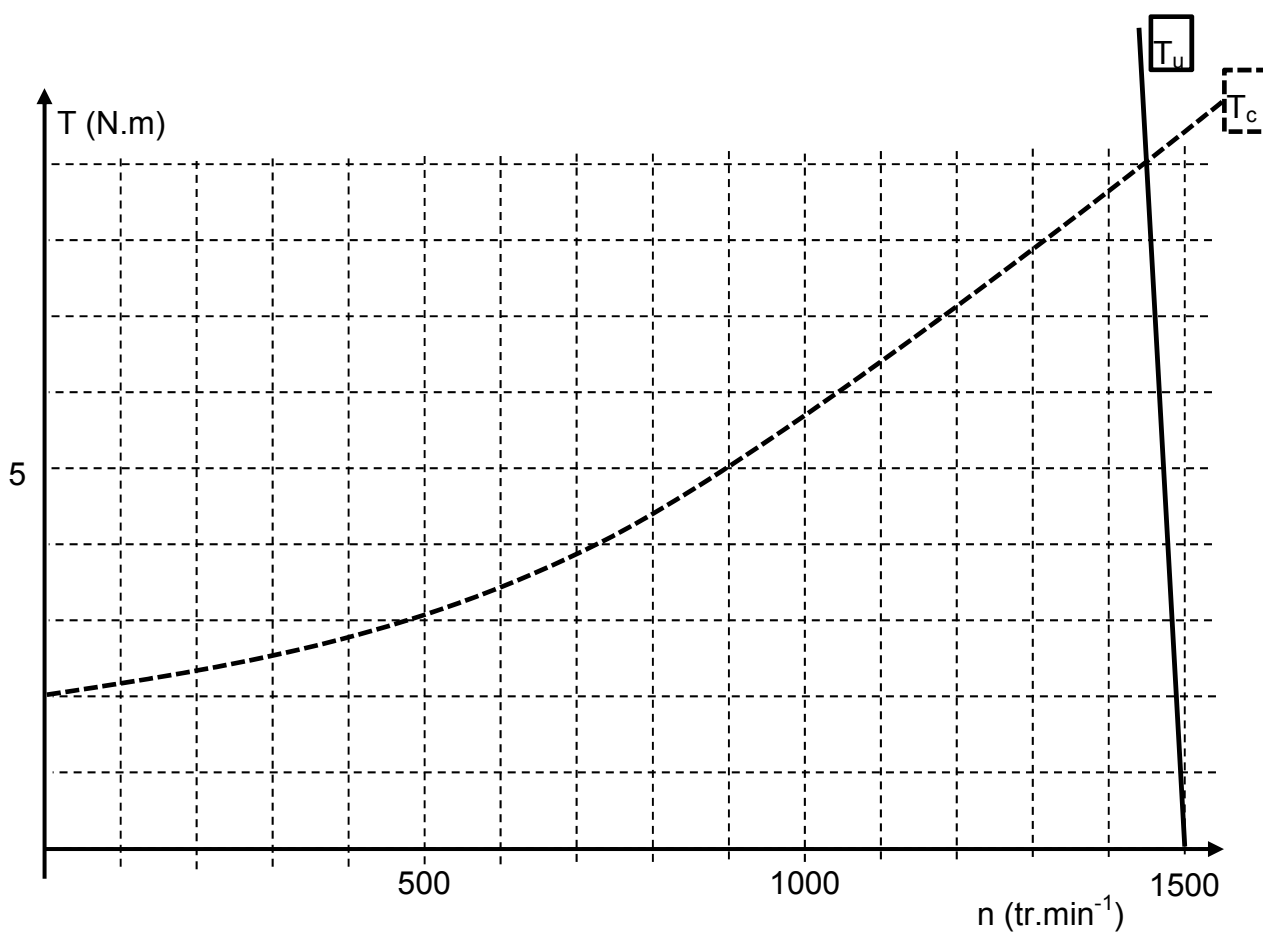
BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2018
CODE SUJET : ATIPHYS	Coefficient : 2	Page 12 sur 13

Document réponse n°2

Q28



Q36



BTS ATI Unité U32 : Sciences Physiques	Durée : 2 h	Session 2018
CODE SUJET : ATIPHYS	Coefficient : 2	Page 13 sur 13