Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Assistance Technique d'Ingénieur

ÉPREUVE E3

Mathématiques et sciences physiques

UNITÉ U32

SCIENCES PHYSIQUES

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.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 16 pages numérotées de 1/16 à 16/16.

Documents à rendre avec la copie :

- DOCUMENT RÉPONSE DR1 page 15/16
- DOCUMENT RÉPONSE DR2 page 16/16

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel Réseau Canopé

Étude du fonctionnement d'un portail solaire

Dans le secteur de l'habitat, l'automatisation des dispositifs d'accès est en fort développement.
Le système proposé permet l'étude d'un produit destiné à la commande d'un portail à battants.
Il se caractérise par une absence de liaison au réseau électrique grâce à son alimentation par panneaux photovoltaïques.

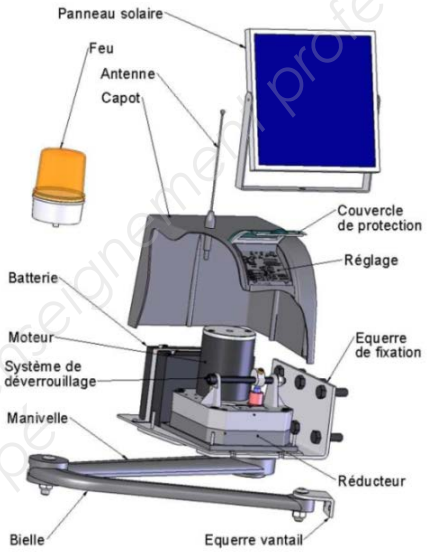
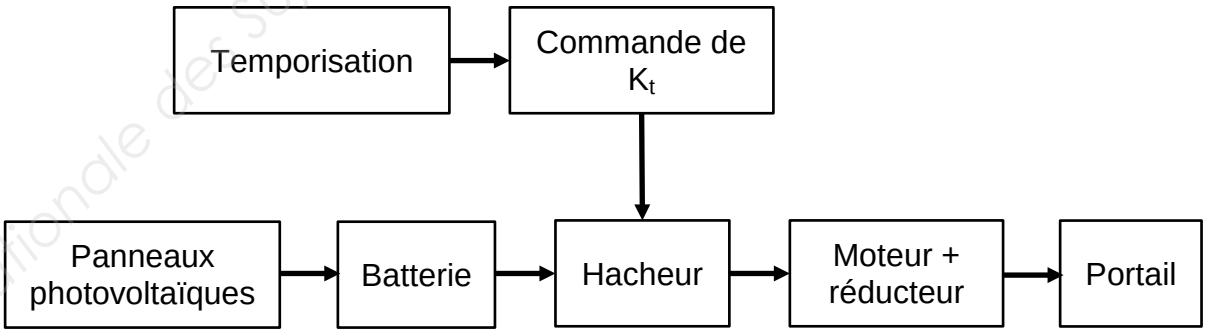


Figure 1 : photographie et vue éclatée de la commande d'un portail à battant

L'objectif du sujet est d'étudier partiellement le fonctionnement du portail.



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Le sujet comporte quatre parties indépendantes dont une synthèse.

- Partie A - Comment fournir de l'énergie au portail ? (5,5 points)
- Partie B - Comment ouvrir ou fermer le portail ? (6 points)
- Partie C - Pendant combien de temps le portail va-t-il rester ouvert ? (6,5 points)
- Partie D - Synthèse : les différentes phases de fonctionnement du portail (2 points)

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

- **Partie A - Comment fournir de l'énergie au portail ? (5,5 points)**

On utilise un panneau photoélectrique pour fournir l'énergie au portail.
On donne Figure 2 quelques informations techniques sur les panneaux au silicium.

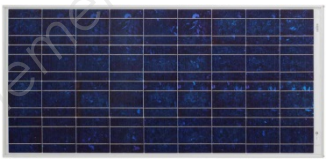
Matériau	Rendement nominal	Caractéristiques	Aspect
Silicium monocristallin	12 à 18%	* Rendement élevé * Stabilité de production d'énergie dans le temps * Prix élevé	
Silicium polycristallin	11 à 15%	* Rendement un peu plus faible que le silicium monocristallin mais coût de fabrication moins élevé * Stabilité de production d'énergie dans le temps	
Silicium amorphe	5 à 8%	* Peut fonctionner avec différentes sources de lumière et sous différents niveaux de luminosité (temps couvert, ombrage partiel, lumière artificielle) * La puissance de sortie varie dans le temps. En début de vie, la puissance délivrée est de 15 à 20% supérieure à la valeur nominale puis se stabilise	

Figure 2 : informations techniques sur les panneaux au silicium

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Étude du panneau photovoltaïque

Q1. Donner la conversion d'énergie réalisée par le panneau photovoltaïque.

Q2. Proposer un schéma du circuit électrique permettant de tracer la caractéristique I = f (U) du panneau photovoltaïque en utilisant les appareils et les composants dont les symboles sont donnés dans le Tableau 3 suivant :

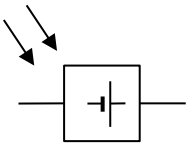
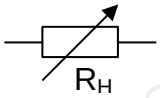
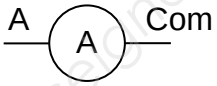
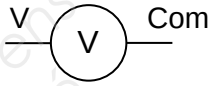
Noms	Symboles
Panneau photovoltaïque	
Rhéostat	
Ampèremètre	
Voltmètre	

Tableau 3 : symboles à utiliser

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Les valeurs nominales de U et I correspondent au point de fonctionnement pour lequel la puissance fournie par le panneau photovoltaïque est maximale.

Q3. Compléter le tableau sur le DOCUMENT RÉPONSE DR1, à l'aide de la *Figure 4*, pour une irradiance de 1000 $W \cdot m^{-2}$.

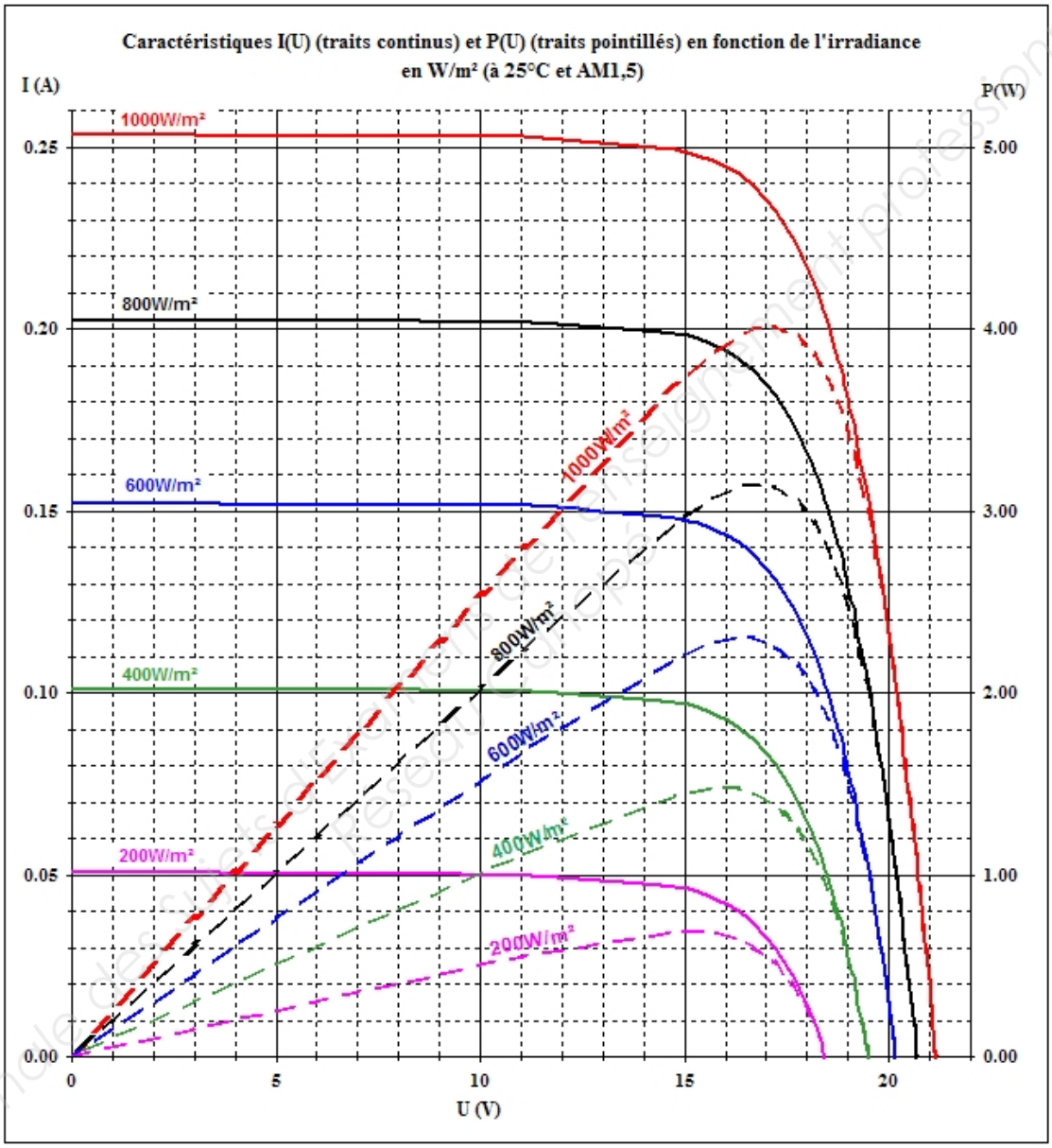


Figure 4 : caractéristiques du panneau photovoltaïque : intensité en traits continus et puissance crête en pointillés en fonction de la tension pour différentes valeurs de l'irradiance exprimée en W/m^2

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Le panneau est constitué de 72 cellules identiques. Chaque cellule a pour dimension 50 mm x 10 mm. La valeur de l'irradiance sera prise égale à 1000 W·m^{-2}.

Q4. Calculer la surface S du panneau photovoltaïque.

Q5. Calculer la puissance P_{ray} reçue par le panneau.

Q6. Donner l'expression du rendement η du panneau puis en déduire sa valeur au point nominal.

Q7. En utilisant les données du constructeur Figure 2, conclure sur la nature du matériau constituant les cellules photovoltaïques.

Chaque cellule du panneau débite un courant nominal égal à 0,118 A sous une tension nominale de 0,47 V.

Q8. Déterminer de quelle manière on doit associer les 72 cellules afin d'obtenir une tension U de 17 V et un courant d'intensité I de 0,236 A.

Étude de la batterie

On cherche à savoir si la batterie permet une autonomie suffisante du système avec un fonctionnement « sans soleil ».

La capacité Q de la batterie a pour valeur 10 A·h sous une tension nominale U de 12 V.

On rappelle que : 1 W·h = 3 600 J et $E = Q \times U = P \times \Delta t$
avec l'énergie en W·h, la capacité de la batterie en A·h, la tension en V, la puissance en W et la durée en h.

Afin de ne pas dégrader la batterie, on ne doit pas dépasser 80 % de décharge. En dessous de ce niveau de décharge, la batterie se met hors service.

Cette batterie alimente le moteur qui entraînera l'ouverture ou la fermeture du portail. Le vantail a un angle d'ouverture de 110° (Figure 5).

En sortie du réducteur, le système entraîne le portail avec une vitesse de rotation égale à $n_{red} = 1,29$ tr·min^{-1}.

Le constructeur indique que le nombre maximum de cycles par jour est de 10 ouvertures-fermetures.

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

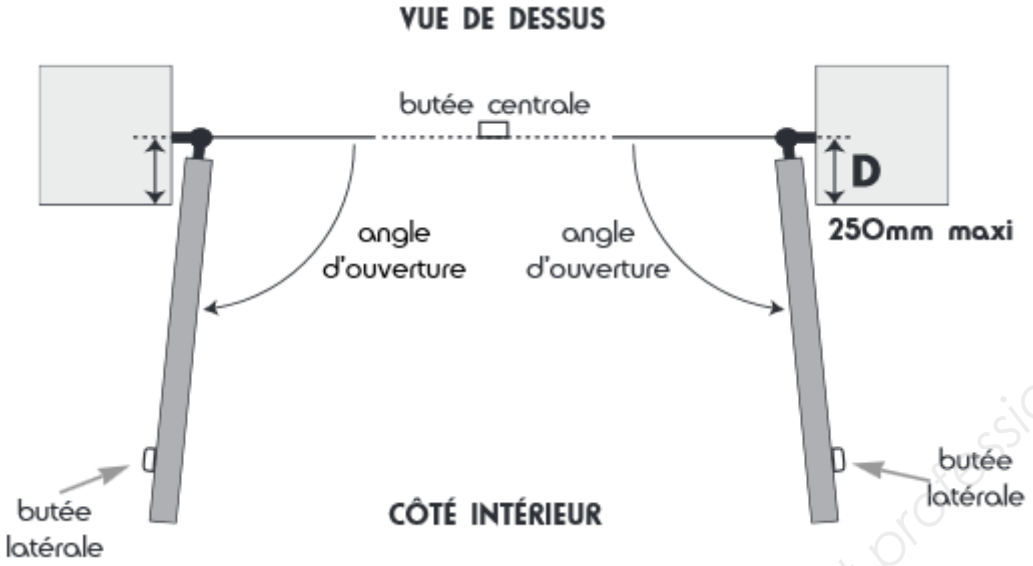


Figure 5 : vue de dessus du portail

Q9. Montrer que l'angle décrit par le vantail en une seconde est de 7,74°.

Q10. Calculer la durée d'ouverture $\Delta t_{ouv.}$ du vantail.

Q11. Déduire la durée d'un cycle ouverture-fermeture Δt_{cycle} du vantail.

Q12. Calculer l'énergie E, en joule, disponible dans la batterie lorsqu'elle est complètement chargée.

Q13. Déduire l'énergie maximale E_{max}, en joule, que peut fournir la batterie sans risque de détérioration.

La puissance absorbée par le moteur est P_a = 18 W. On suppose que la durée d'un cycle est de 28 s.

Q14. Déterminer le nombre de cycles possibles avec l'énergie E_{max}.

Q15. Conclure si cette autonomie est suffisante.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

• Partie B - Comment ouvrir ou fermer le portail ? (6 points)

Moteur à courant continu

Les caractéristiques techniques du moteur à courant continu à excitation indépendante sont les suivantes :

- *Inducteur à aimants permanents*
- *Résistance d'induit R = 0,7 Ω,*
- *A vide : $n_0 = 1700\ tr{\cdot}min^{-1}$,*
- *En régime nominal : U = 12 V ; $n = 1400\ tr{\cdot}min^{-1}$; I = 3,5 A.*

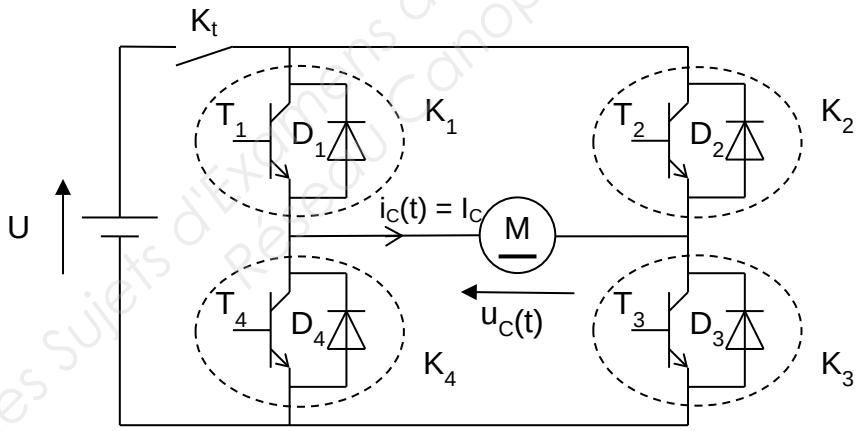
On rappelle que $E = k_1{\cdot}\Phi{\cdot}\Omega$.

Q16. Indiquer ce que représente la grandeur Φ.
Expliquer pourquoi on peut considérer qu'elle est constante.

Q17. Montrer que E peut s'écrire $E = k_2{\cdot}n$ avec n en $tr{\cdot}min^{-1}$.

Commande du moteur par le hacheur

Le moteur est commandé par un pont de puissance dit en H fonctionnant en hacheur. Ceci permet de faire tourner le moteur dans un sens ou dans l'autre, à la vitesse désirée.



La tension d'alimentation du hacheur, fournie par une batterie, est notée U.
Les diodes D_1, D_2, D_3 et D_4 sont supposées parfaites.
Les transistors T_1, T_2, T_3 et T_4 fonctionnent en commutation : ils sont soit bloqués (interrupteurs ouverts) soit saturés (interrupteurs fermés).
La charge du hacheur est constituée de l'induit du moteur à courant continu.
Le courant d'intensité i_c est considéré comme constant : $i_C = I_C = 3,5$ A.
On note $u_C(t)$ la tension aux bornes du moteur et $<u_C>$ sa valeur moyenne.
On désigne par α le rapport cyclique du hacheur.

Q18. Expliquer l'intérêt d'alimenter l'induit du moteur par l'intermédiaire d'un hacheur.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel Réseau Canopé

Q19. Indiquer dans le tableau du DOCUMENT RÉPONSE DR1 les composants passants.

La Figure 6 ci-dessous représente l'oscillogramme de la tension $u_C(t)$ aux bornes du moteur.

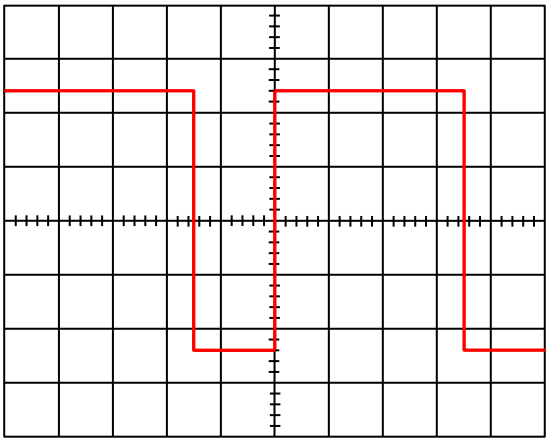


Figure 6 : oscillogramme de $u_C(t)$

Q20. Déterminer la valeur de la tension U fournie par la batterie.

Q21. Déterminer la période T de fonctionnement du hacheur. En déduire la fréquence f de fonctionnement.

Q22. Déterminer la valeur du rapport cyclique α.

On considère que la vitesse n est positive lorsque le portail s'ouvre et négative lorsqu'il se ferme.

Q23. En utilisant la Figure 6, montrer que $\langle u_C \rangle = (2 \cdot \alpha - 1) \times U$. Calculer $\langle u_C \rangle$.

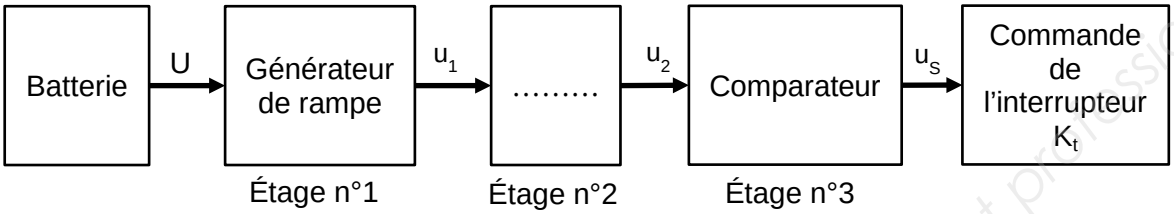
La f.é.m. E est proportionnelle à la vitesse de rotation n du moteur : $E = 6{,}82 \cdot 10^{-3} \times n$ avec n en $tr \cdot min^{-1}$ et E = 2,35 V.

Q24. Calculer la vitesse de rotation n du moteur.
Préciser si le portail s'ouvre ou se ferme.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

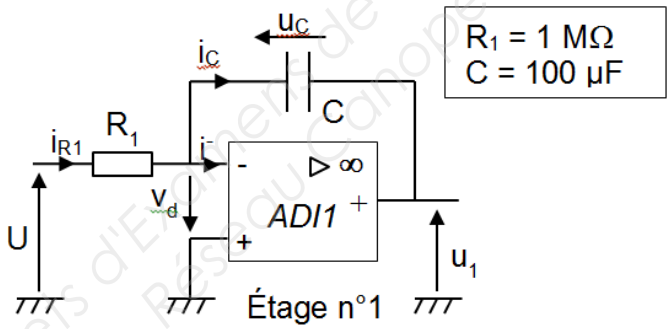
- **Partie C - Pendant combien de temps le portail va-t-il rester ouvert ? (6,5 points)**

Pour faciliter le franchissement du portail, une temporisation permet une pause, de durée Δt, entre le moment où les vantaux se trouvent en butée (fin d'ouverture à l'instant t_1) et le début de la fermeture du portail (instant t_2).
Au cours de la temporisation ($t_1 < t < t_2$), l'interrupteur K_t est ouvert.
Pour $t < t_1$ et $t > t_2$, K_t est fermé.



La batterie délivre une tension U = 12 V.
Les étages n°1, 2 et 3 sont réalisés à partir d'amplificateurs différentiels intégrés supposés parfaits et notés ADI dans les schémas.
Ils sont alimentés en + 12 V / 0 V.
On se propose d'étudier séparément chaque étage.

Étude du générateur de rampe, étage n°1



Q25. Donner le régime de fonctionnement de l'amplificateur différentiel intégré ADI1. Justifier votre réponse.

Q26. Déduire la valeur de la tension différentielle $v_{d.}$

Q27. Montrer que $i_{R1} = i_C$.

Q28. Établir une relation liant U, R_1 et i_{R1}.

Q29. Établir la relation entre u_1 et u_C.

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel Réseau Canopé

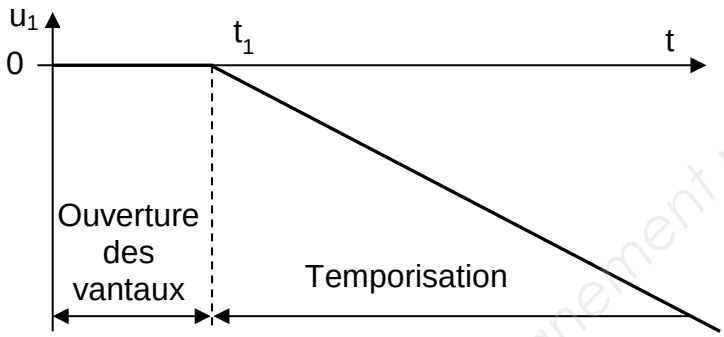
Le courant i(t) et la tension $u_C(t)$ aux bornes d'un condensateur sont liés par la relation

$$i = C \cdot \frac{du_C}{dt}$$

Q30. Montrer que

$$\frac{du_1}{dt} = -\frac{U}{R_1 \cdot C}$$

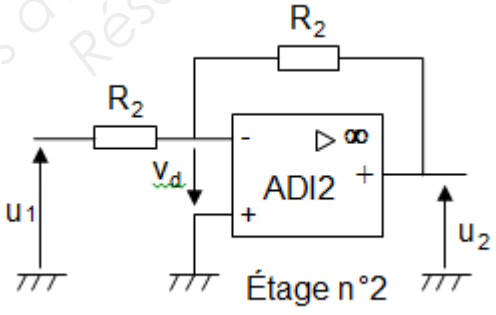
On donne l'allure de la tension $u_1(t)$:



Q31. Indiquer l'état du condensateur (chargé, déchargé, en charge) pour t compris entre 0 et t_1.

Q32. Vérifier que la pente $\frac{du_1}{dt}$ de $u_1(t)$ pour $t > t_1$ vaut $-0{,}12\ V \cdot s^{-1}$.

Étude de l'étage n°2

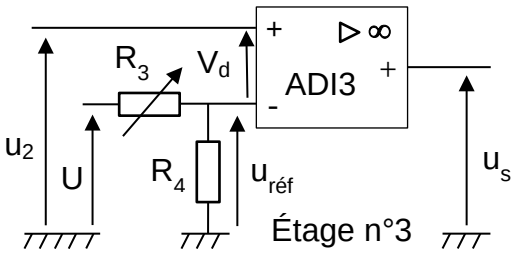


Q33. Montrer que $u_2 = -u_1$ sachant que ADI2 fonctionne en régime linéaire.

Q34. Donner le nom du montage correspondant à l'étage n°2.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Étude du comparateur, étage n°3



Q35. Exprimer $u_{réf}$ en fonction de U, R_3 et R_4.

Q36. Donner le régime de fonctionnement de l'amplificateur opérationnel ADI3. Justifier votre réponse.

Q37. Comparer u_2 et $u_{réf}$ si la tension de sortie u_s a une valeur de + 12 V.

La tension $u_2(t)$ est donnée sur le DOCUMENT RÉPONSE DR1.

Q38. Tracer la tension $u_S(t)$ en concordance des temps avec $u_2(t)$ sur le DOCUMENT RÉPONSE DR1 pour la valeur de $u_{réf}$ donnée sur le graphe de $u_2(t)$.

Q39. Préciser l'état de l'interrupteur K_t (ouvert ou fermé) sur le DOCUMENT RÉPONSE DR1.

Lorsque la tension $u_S(t)$ bascule à + 12 V, la pause s'achève et le portail entame sa fermeture (instant t_2).

La durée Δt de la pause est donnée par la relation

$$\Delta t = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot R_1 \cdot C$$

Q40. Calculer la durée de la pause si les résistances R_3 et R_4 valent 5 kΩ.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

- **Partie D - Synthèse : les différentes phases de fonctionnement du portail (2 points)**

La commande du moteur gère chacune des phases du fonctionnement du moteur.

Q41. Compléter le tableau du DOCUMENT RÉPONSE DR2 correspondant aux différentes phases possibles de fonctionnement, en vous aidant des parties précédentes.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

DOCUMENT RÉPONSE DR1
À rendre avec votre copie

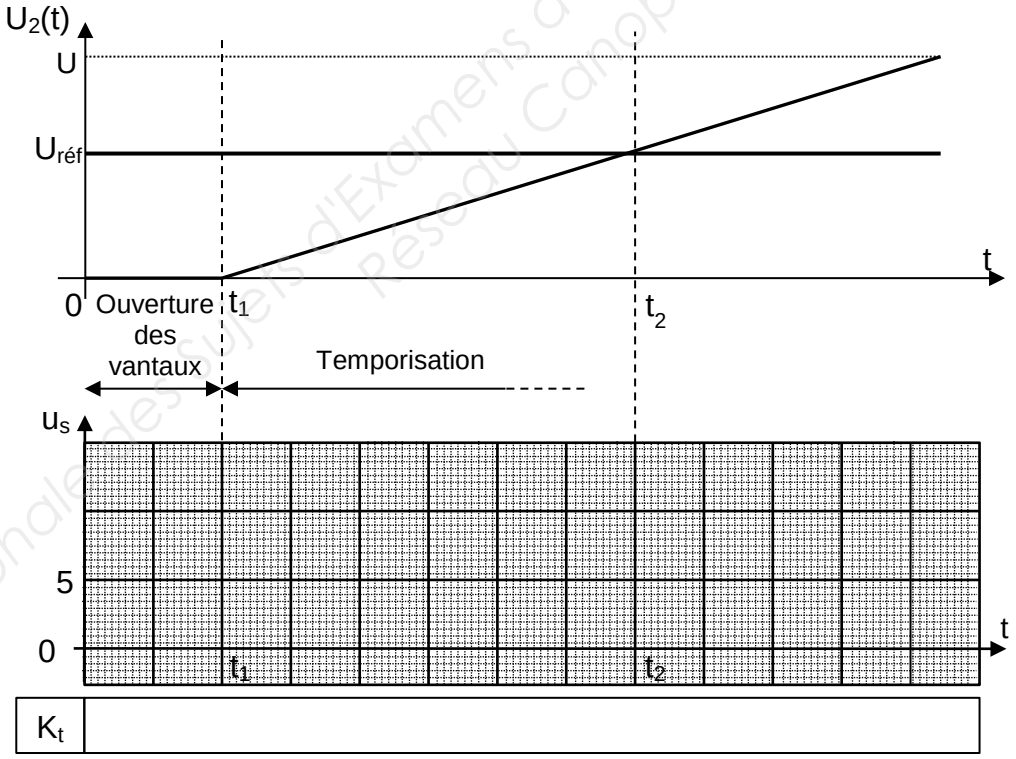
Q3.

Puissance crête (W)	Tension nominale (V)	Courant nominal (A)	Tension à vide (V)	Courant de court-circuit (A)

Q19.

t (µs)	de 0 à αT	de αT à T
Interrupteurs commandés	K_1 et K_3	K_2 et K_4
Composants passants		

Q38.



Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

DOCUMENT RÉPONSE DR2
À rendre avec votre copie

Q41.

Charge de la batterie	K_t	α	Phases de fonctionnement
50 %	Fermé	0,40	☐ batterie HS ☐ ouverture ☐ fermeture ☐ pause
60 %	Fermé	0,80	☐ batterie HS ☐ ouverture ☐ fermeture ☐ pause
40 %	Ouvert	0,60	☐ batterie HS ☐ ouverture ☐ fermeture ☐ pause
10 %	Fermé	0,80	☐ batterie HS ☐ ouverture ☐ fermeture ☐ pause

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé