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

Conception et Industrialisation en Microtechniques

ÉPREUVE E3

Mathématiques et sciences physiques appliquées

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.

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

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

RADIOTELESCOPE AMATEUR

Introduction.

La radioastronomie est la branche de l'astronomie qui étudie le rayonnement électromagnétique des astres dans le domaine des ondes radio.
L'atmosphère laisse notamment passer la lumière visible et les ondes radio du spectre électromagnétique. A l'aide de télescopes spécifiques utilisés en radioastronomie, il est possible de capter les ondes radio émises par les astres.

Le plus grand radiotélescope fixe du monde est situé à l'observatoire d'Arecibo, à Porto Rico : son antenne sphérique mesure 305 m de diamètre.
On peut également réaliser un radiotélescope amateur à l'aide d'une simple parabole utilisée pour capter la télévision par satellite, après quelques modifications.

La parabole est tout simplement une parabole que l'on peut trouver dans le commerce. Le dispositif focal (aussi appelé tête LNB) qui transforme les ondes radio en un signal électrique est aussi un matériel standard.



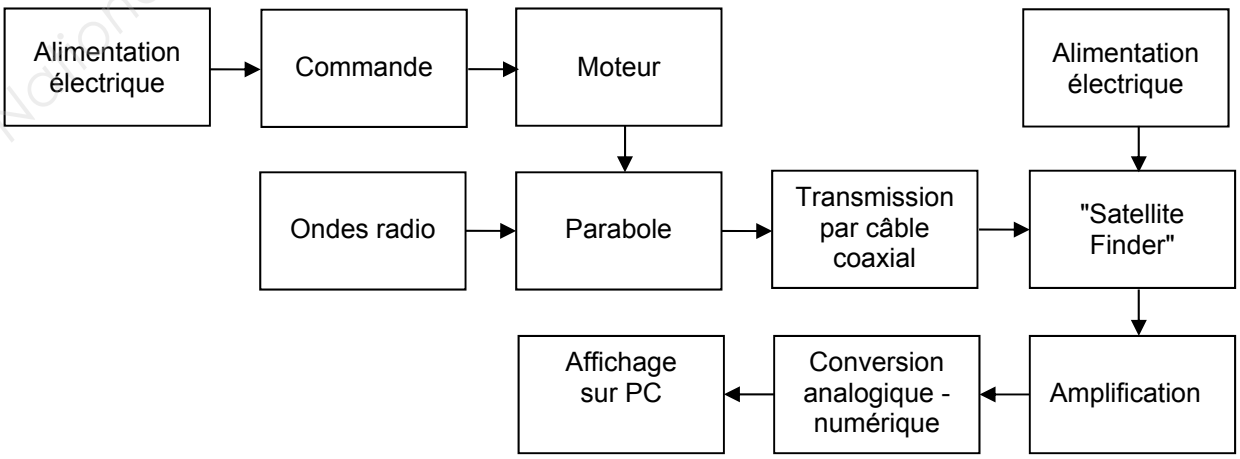
Le signal électrique est transmis, par l'intermédiaire d'un câble coaxial plus ou moins long selon les contraintes techniques, à un petit appareil appelé "Satellite Finder" (qui est à l'origine conçu pour orienter les paraboles vers le satellite souhaité à l'aide d'une aiguille).

Le signal reçu par le "Satellite Finder" est amplifié et converti en un signal numérique qui pourra être exploité sur un ordinateur.



Pour suivre le mouvement apparent de l'astre étudié, une motorisation peut également être adaptée au support de la parabole.

Dans ce sujet, on se limite à la détection des ondes radio émises par le Soleil.



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

Le problème est composé de 4 parties indépendantes :

- Partie A : détection des ondes radio (4 points)
- Partie B : étude du moteur à courant continu (6 points)
- Partie C : suivi du Soleil à l'aide d'un capteur à photorésistances (6,5 points)
- Partie D : traitement du signal (3,5 points)

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

• Partie A : détection des ondes radio (4 points)

Capteur d'ondes radio

On s'intéresse aux ondes électromagnétiques captées par la tête LNB fixée à la parabole.
La lumière visible, les rayons X, les infrarouges, les micro-ondes, les ondes radio, font partie de la famille des ondes électromagnétiques. La figure 1 ci-dessous précise les différents domaines de longueur d'onde de ces sous-familles.

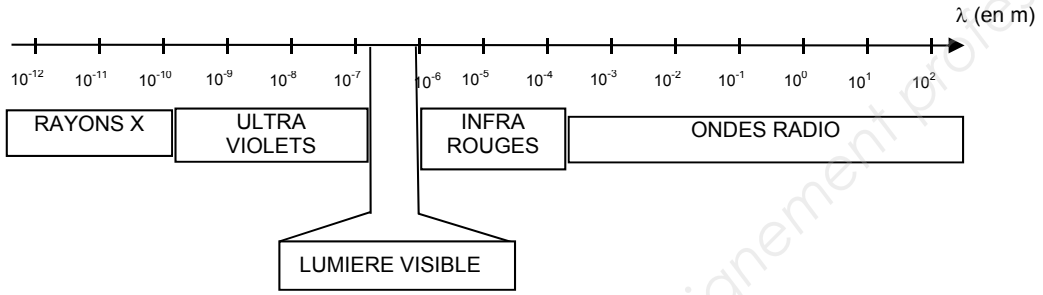


Figure 1 : spectre des ondes électromagnétiques

La tête LNB reçoit des ondes électromagnétiques de fréquence f = 11 GHz (1 GHz = $1 \cdot 10^9$ Hz). On rappelle que pour des ondes électromagnétiques : $\lambda = c \cdot T$ avec $c = 3{,}0 \cdot 10^8$ $m \cdot s^{-1}$.

Q1. Préciser le nom de chaque terme ainsi que son unité dans la relation : $\lambda = c \cdot T$.

Q2. Calculer la valeur de la longueur d'onde de l'onde électromagnétique reçue par la tête LNB.

Q3. Vérifier que les ondes reçues par la tête LNB appartiennent bien au domaine des ondes radio.

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

Réglages de la parabole

Pour un observateur situé en un lieu précis de la Terre (latitude et longitude), la position d'un astre, le Soleil par exemple, peut être repérée par deux coordonnées angulaires :
- l'élévation : angle mesuré par rapport à l'horizontale dans un plan vertical (figure 2) ;
- l'azimut : angle mesuré par rapport au sud dans un plan horizontal (figure 3).

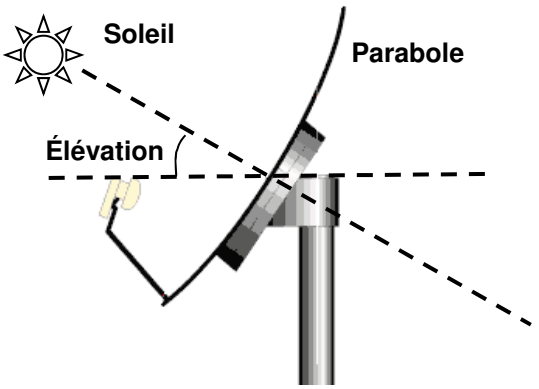


Figure 2 : élévation

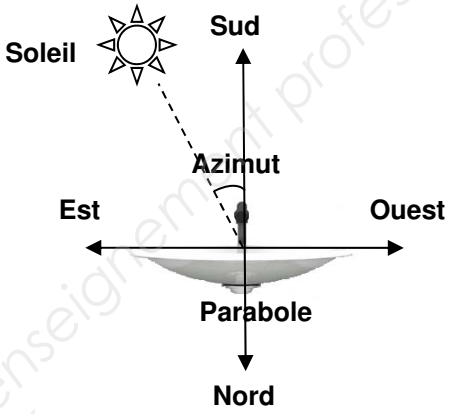


Figure 3 : azimut

En tout point de la surface terrestre, la trajectoire apparente du soleil varie selon le jour de l'année et la latitude du lieu considéré.

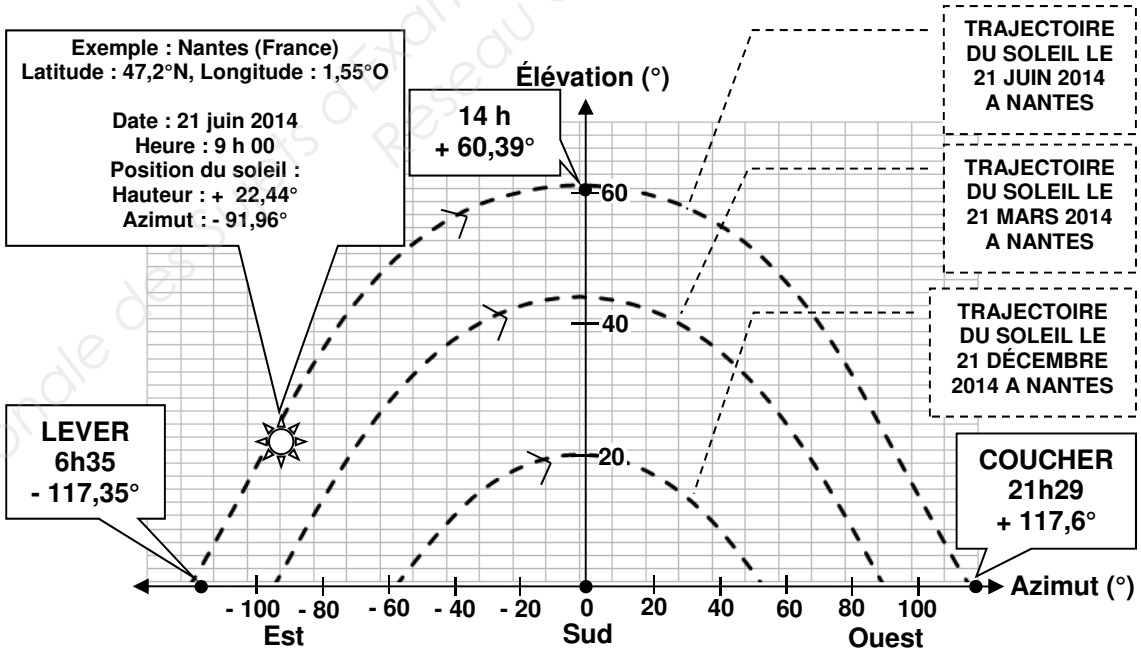


Figure 4 : trajectoire apparente du soleil à Nantes

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

Q4. Indiquer la valeur de l'élévation de la parabole pour qu'elle soit orientée en direction du Soleil le 21 juin 2014 à 14 h.

On considère une parabole installée à Nantes, le 21 juin 2014.

Q5. Indiquer les valeurs minimale et maximale de l'azimut du Soleil.

Q6. Donner la durée maximale du rayonnement solaire entre le lever et le coucher du Soleil.

Q7. Déduire, des deux questions précédentes, que la vitesse moyenne de rotation angulaire de la parabole, lui permettant de suivre la trajectoire apparente du Soleil le 21 juin 2014 est $\Omega_P = 4{,}4.10^{-3}$ °·s^{-1} (degré par seconde).

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

• Partie B : étude du moteur à courant continu (6 points)

Le moteur à courant continu utilisé est à aimants permanents.

Les données du constructeur sont les suivantes :

- résistance de l'induit $R = 2\ \Omega$,
- tension nominale d'alimentation de l'induit $U_N = 12$ V,
- intensité nominale du courant d'induit $I_N = 500$ mA.

Un essai à vide du moteur sous tension nominale a donné les valeurs suivantes du courant d'induit et de la vitesse de rotation :

$$I_0 = 75 \text{ mA} \qquad n_0 = 1500 \text{ tr·min}^{-1}$$

Le cahier des charges impose que le rendement du moteur au fonctionnement nominal soit supérieur à 75 %.

Mise en équation du moteur

Q8. Représenter le schéma électrique équivalent de l'induit lors du fonctionnement nominal. Les tensions et le courant seront fléchés.

Q9. Donner l'expression de la f.é.m. E_N du moteur au fonctionnement nominal en fonction de U_N, R et I_N.

Q10. Calculer la f.é.m. E_N.

Exploitation de l'essai à vide

Q11. Déterminer la puissance électrique P_{a0} absorbée.

Q12. Déterminer les pertes par effet joule P_{j0}.

Q13. Déduire de ce qui précède la valeur des pertes collectives, notées P_C, qu'on supposera constantes dans la suite du problème.

Q14. Déterminer la constante k, ainsi que son unité, telle que E = k·n, la vitesse n étant exprimée en tr·min^{-1} et la f.é.m E en volt.

Dans la suite du problème on prendra $k = 7{,}9 \cdot 10^{-3}$ V·min·tr^{-1}.

Rapport de réduction

Entre l'arbre du moteur et la parabole est disposé un réducteur de vitesse, de rapport de réduction r que l'on veut déterminer.

Q15. Calculer, lors du fonctionnement nominal, la vitesse de rotation n_N du moteur, en tr·min^{-1}.

Q16. Calculer le rapport de réduction r, sachant que la vitesse de rotation angulaire de la parabole est $\Omega_P = 4{,}4 \cdot 10^{-3}$ °·s^{-1}.

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

Rendement du moteur au point de fonctionnement nominal

Q17. Déterminer la puissance électrique P_{aN} reçue par le moteur.

Q18. Déterminer la puissance P_{uN} disponible sur l'arbre moteur.

Q19. Déduire de ce qui précède le rendement η_N du moteur.

Q20. Vérifier que le résultat de la question précédente est cohérent avec le cahier des charges.

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

- **Partie C : suivi du Soleil à l'aide d'un capteur à photorésistances (6,5 points)**

La parabole est équipée de deux capteurs constitués chacun de 2 photorésistances, un capteur permettant de déterminer l'azimut du rayonnement incident et l'autre permettant de déterminer l'élévation du rayonnement incident.

Étude des photorésistances constituant le capteur

La figure 5 ci-dessous représente un relevé d'ensoleillement effectué sur le site en fonction de l'heure de la journée.

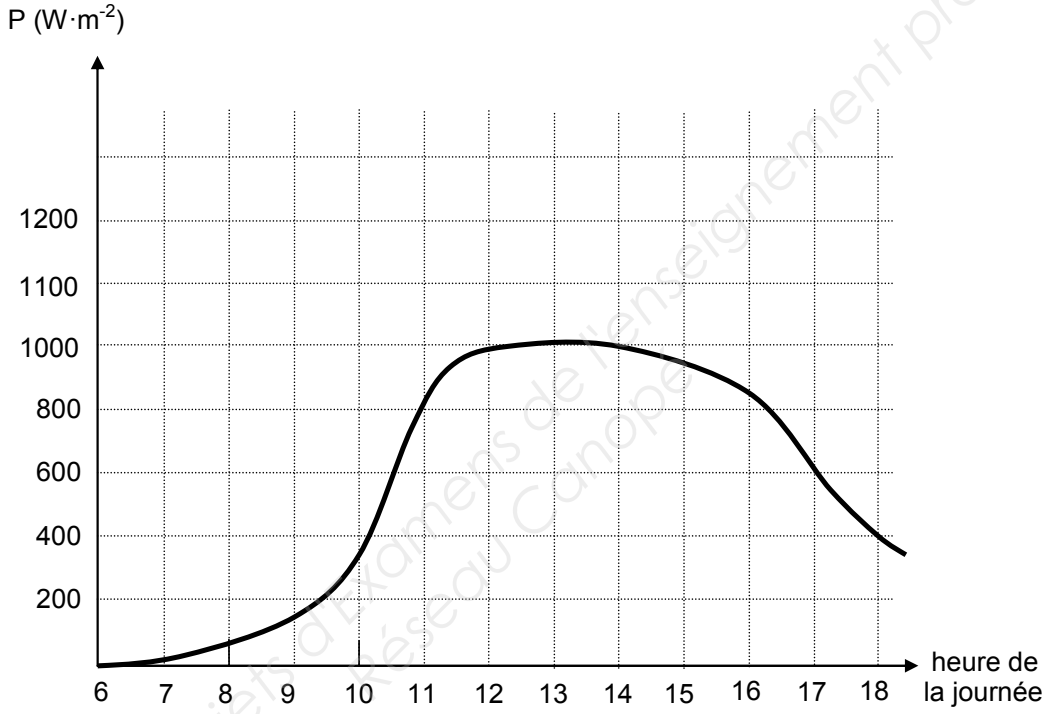


Figure 5 : relevé d'ensoleillement

Q21. Déterminer la valeur de l'éclairement maximal E_{max}, en lux, atteint ce jour-là, sachant qu'un ensoleillement de 1 $W \cdot m^{-2}$ correspond à un éclairement de 100 lux.

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

Une photorésistance est un conducteur ohmique dont la résistance dépend de l'éclairement qu'elle reçoit. La caractéristique des photorésistances utilisées est donnée sur la figure 6.

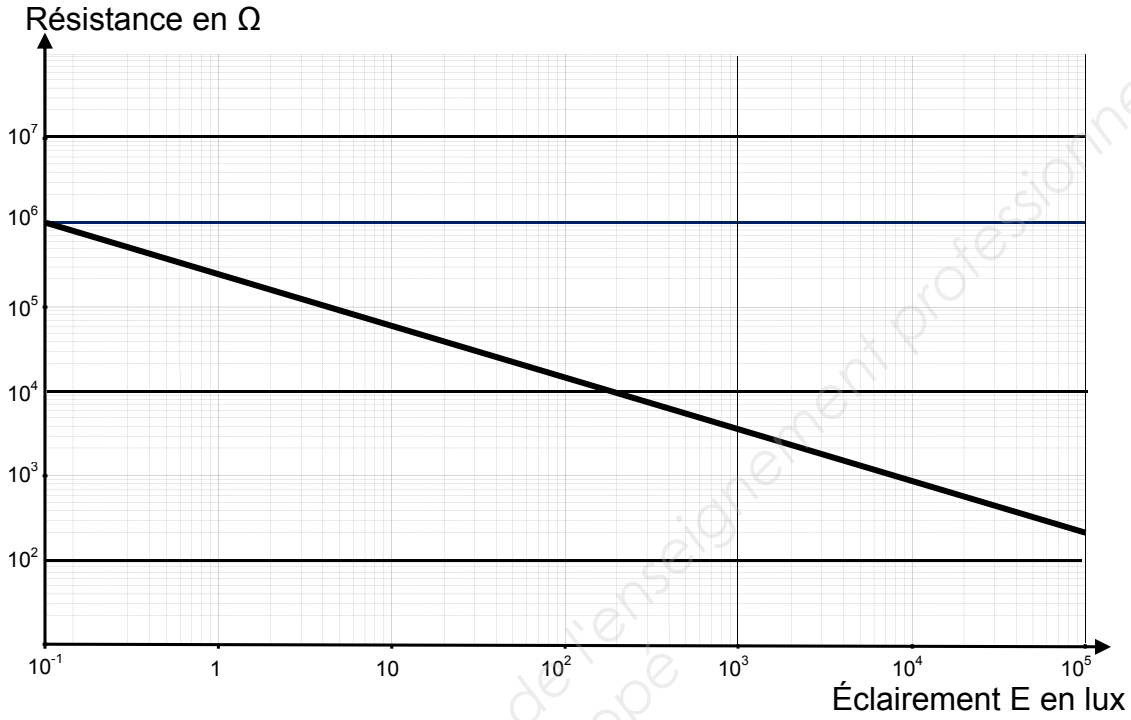


Figure 6 : caractéristique des photorésistances

Q22. Déterminer la valeur de la résistance atteinte par les photorésistances lorsque l'éclairement est maximal.

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

Structure du capteur chargé de déterminer l'azimut du rayonnement incident

Les deux photorésistances constituant le capteur, schématisé sur la Figure 7, sont notées R_1 et R_2.

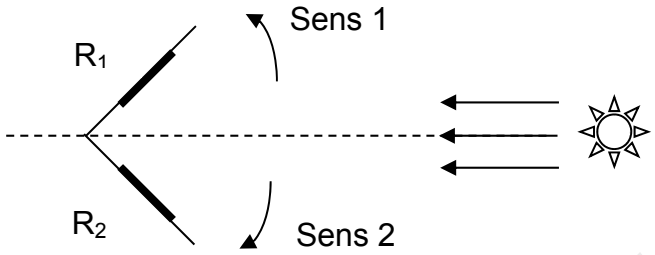


Figure 7 : capteur à photorésistances

Le rôle de ces photorésistances est de commander la mise en rotation du moteur (sens 1 ou sens 2) : la parabole est orientée dans la direction d'incidence du rayonnement quand l'éclairement des deux photorésistances est identique.

On peut résumer le fonctionnement par :

- *le moteur est au repos si $R_1 = R_2$,*
- *le moteur fonctionne si $R_1 \neq R_2$ (sens 1 si $V_S < 0$ et sens 2 si $V_S > 0$ - voir figure 9).*

Tension aux bornes des photorésistances

Chaque photorésistance est associée en série avec un conducteur ohmique de résistance R_3, comme le montrent les circuits de la figure 8.

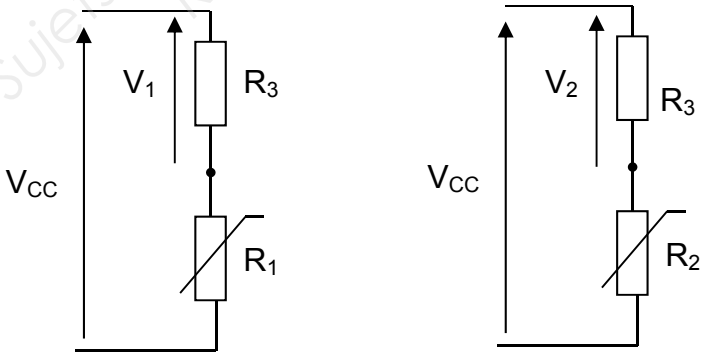


Figure 8 : schémas de montage des photorésistances

Q23. Exprimer la tension V_1 en fonction de R_3, R_1 et V_{cc}.

Q24. Montrer que $V_2 = \dfrac{V_{cc} \cdot R_3}{R_2 + R_3}$.

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

Traitement de V_1 et V_2

Le rôle du circuit de la figure 9 ci-dessous est de mesurer la différence d'éclairement des deux photorésistances afin de commander le moteur qui modifiera l'orientation du panneau solaire.

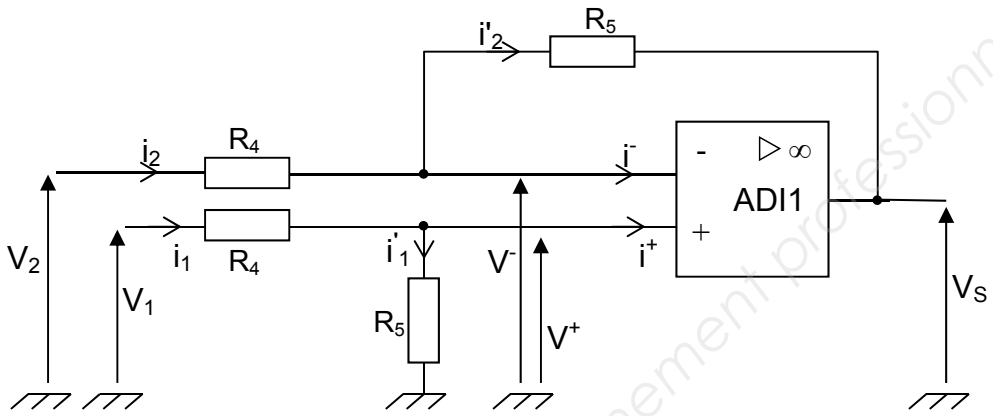


Figure 9 : traitement des signaux

Il est réalisé autour d'un amplificateur différentiel intégré (ADI1) fonctionnant en régime linéaire et alimenté en - V_{cc} = - 12 V et + V_{cc} = + 12 V.

Q25. Expliquer pourquoi on peut écrire : $i_1 = i'_1$; $i_2 = i'_2$; $V^+ = V^-$.

Dans la suite du problème, il sera admis que :

$$V^+ = \frac{V_1 \cdot R_5}{R_4 + R_5} \text{ et } V^- = \frac{V_2 \cdot R_5 + Vs \cdot R_4}{R_4 + R_5}$$

Q26. Exprimer la tension V_S en fonction de V_1, V_2, R_4 et R_5.

Q27. Déduire que : $V_s = A \cdot (V_1 - V_2)$ en précisant l'expression de A en fonction de R_4 et R_5.

Q28. Calculer la valeur de R_5 qui permettra d'obtenir A = 20 sachant que R_4 = 10 kΩ.

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

Synthèse du suivi du Soleil

Initialement, le capteur est orienté vers le Soleil, les résistances des deux photorésistances sont identiques et la tension V_S est nulle. Le capteur se décale dans le sens 2, l'éclairement de la photorésistance R_1 diminue.

Q29. Indiquer :

- si la valeur de R_1 augmente ou diminue,
- si les grandeurs R_2, V_1, V_2 augmentent ou diminuent,
- le signe de V_S,
- le sens de rotation du moteur.

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

• Partie D : traitement du signal (3,5 points)

La tête LNB détecte des ondes radio en provenance du Soleil de fréquence f = 11 GHz et délivre en sortie un signal de fréquence jusqu'à dix fois plus petite. Ce changement de fréquence, que l'on n'étudiera pas, permet de véhiculer facilement les signaux du LNB au "Satellite Finder", distant bien souvent de plusieurs mètres, grâce à un câble coaxial. On amplifie ensuite cette tension et on obtient la tension V_3 que l'on veut afficher. Pour afficher cette tension, on utilise un échantillonneur-bloqueur et un convertisseur analogique-numérique (CAN) simple rampe 8 bits dont le schéma synoptique est donné sur la figure 10.

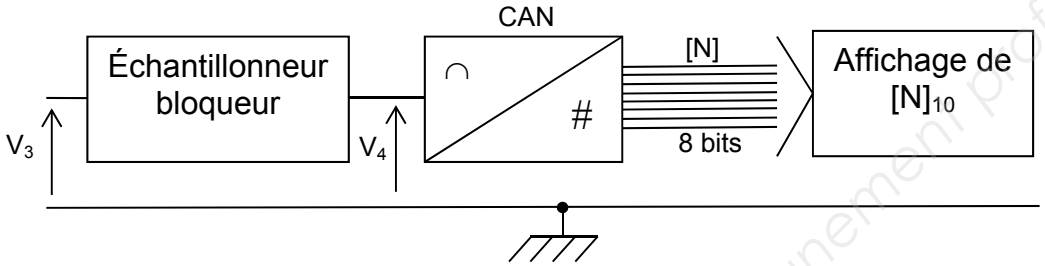


Figure 10 : numérisation des signaux

Étude de l'échantillonneur-bloqueur

Le schéma de principe est présenté figure 11 ci-dessous :

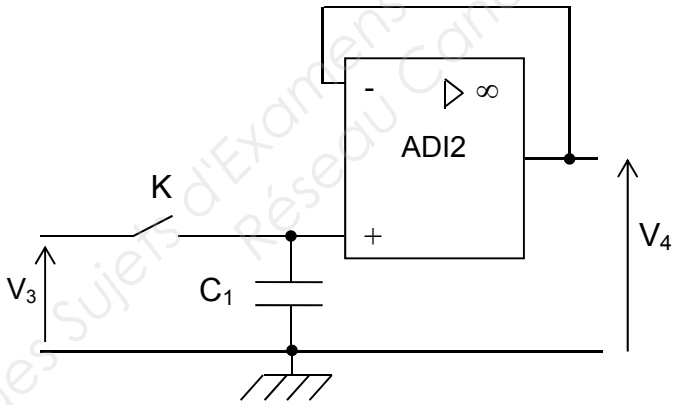


Figure 11 : échantillonneur-bloqueur

Le circuit comporte un interrupteur idéal K commandé périodiquement.
L'amplificateur différentiel intégré ADI2 est supposé parfait et a une résistance d'entrée infinie.

À t = 0, l'interrupteur K est fermé.

Q30. Exprimer V_4 en fonction de V_3.

À t = t_1, on ouvre K.

Q31. Préciser si V_4 évolue alors au cours du temps. Justifier la réponse.

Q32. Donner le rôle d'un tel circuit en amont d'un CAN.

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

Étude du convertisseur analogique numérique

On notera [N] la valeur binaire du mot numérique de sortie du CAN et $[N]_{10}$ sa valeur décimale.
La caractéristique de transfert du CAN, $[N]_{10} = f(V_4)$ se présente comme une succession de paliers s'appuyant sur une droite D comme le montre la figure 12.

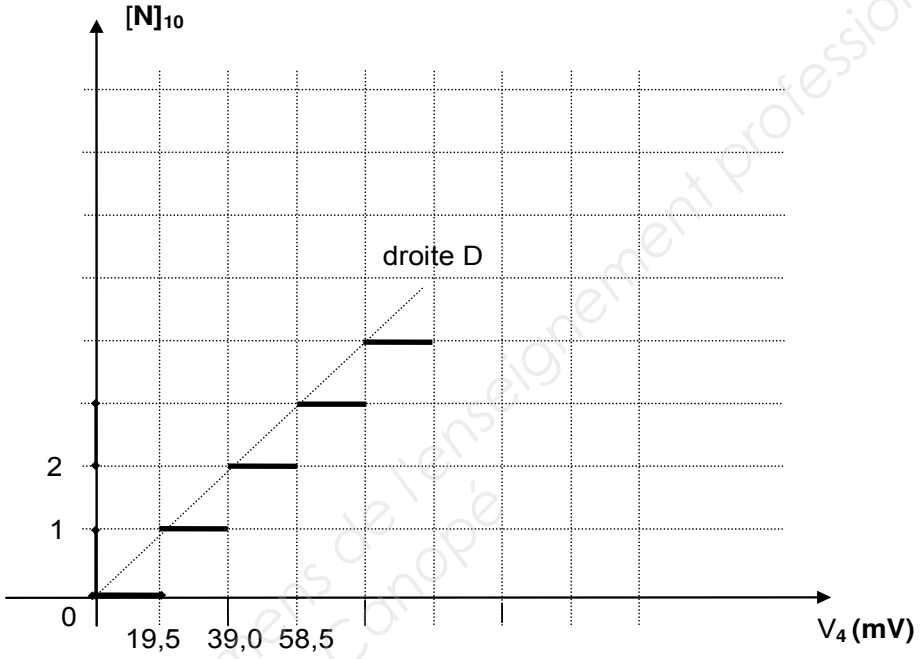


Figure 12 : *caractéristique de transfert du CAN*

Q33. Indiquer l'intérêt d'avoir un nombre de bits importants.

Q34. Calculer le nombre de valeurs possibles pour [N].

Q35. Indiquer la valeur maximale que peut prendre [N].

Q36. Déterminer graphiquement la valeur du quantum q.

Q37. Justifier que l'intervalle de tension V_4 qui correspond au mot binaire 00100111 est [760,5 mV ; 780,0 mV].

Q38. Déterminer la valeur décimale $[N]_{10}$ affichée lorsque V_4 = 3,3 V.

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

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.