



**LE RÉSEAU DE CRÉATION  
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Réseau Canopé  
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

**Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.**

# 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.

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2017
CODE DE L'ÉPREUVE : CDE3SC-ME1	Coefficient : 1,5	Page 1 sur 15

# 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.

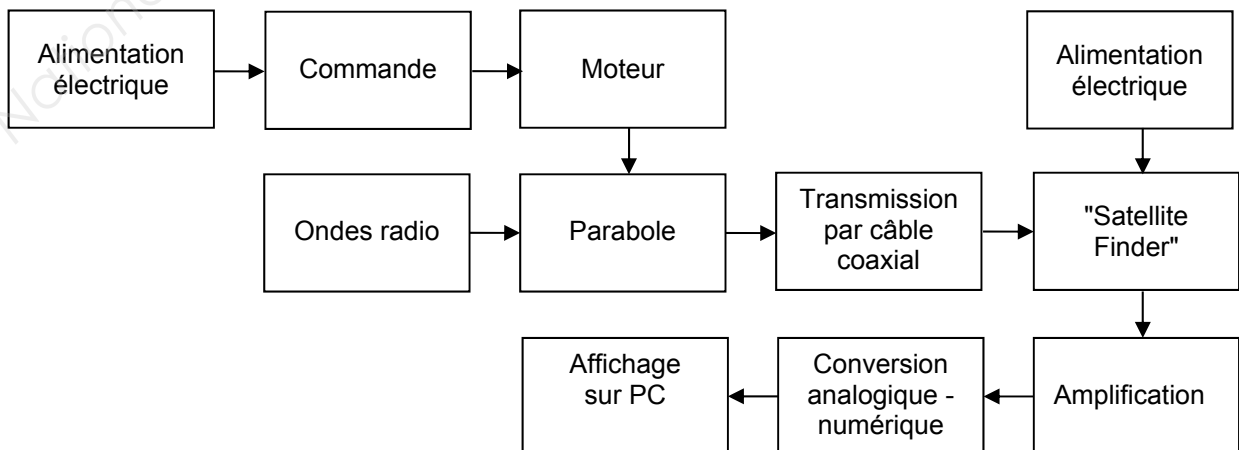
La parabole est tout simplement une parabole que l'on peut trouver dans le commerce. Le dispositif focal (aussi appelé tête LNB) qui transforme les ondes radio en un signal électrique est aussi un matériel standard.

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.



BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2017
CODE DE L'ÉPREUVE : CDE3SC-ME1	Coefficient : 1,5	Page 2 sur 15

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

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2017
CODE DE L'ÉPREUVE : CDE3SC-ME1	Coefficient : 1,5	Page 3 sur 15

## • 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.

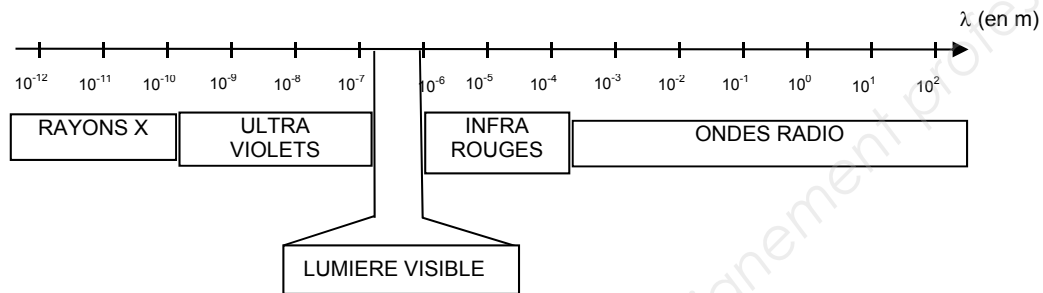


Figure 1 : spectre des ondes électromagnétiques

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

- 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.

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2017
CODE DE L'ÉPREUVE : CDE3SC-ME1	Coefficient : 1,5	Page 4 sur 15

## 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).

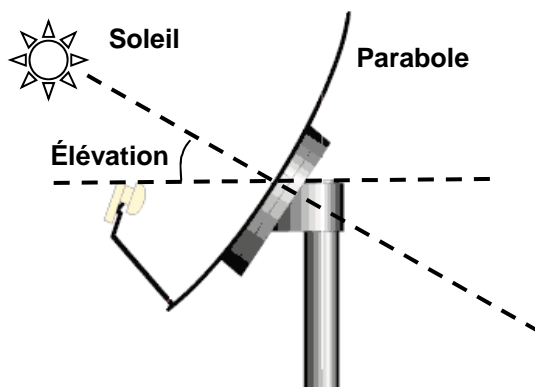


Figure 2 : élévation

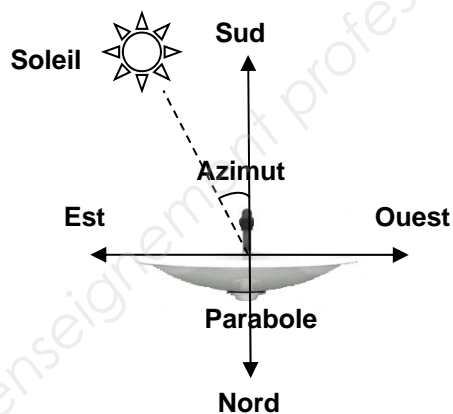


Figure 3 : azimut

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.

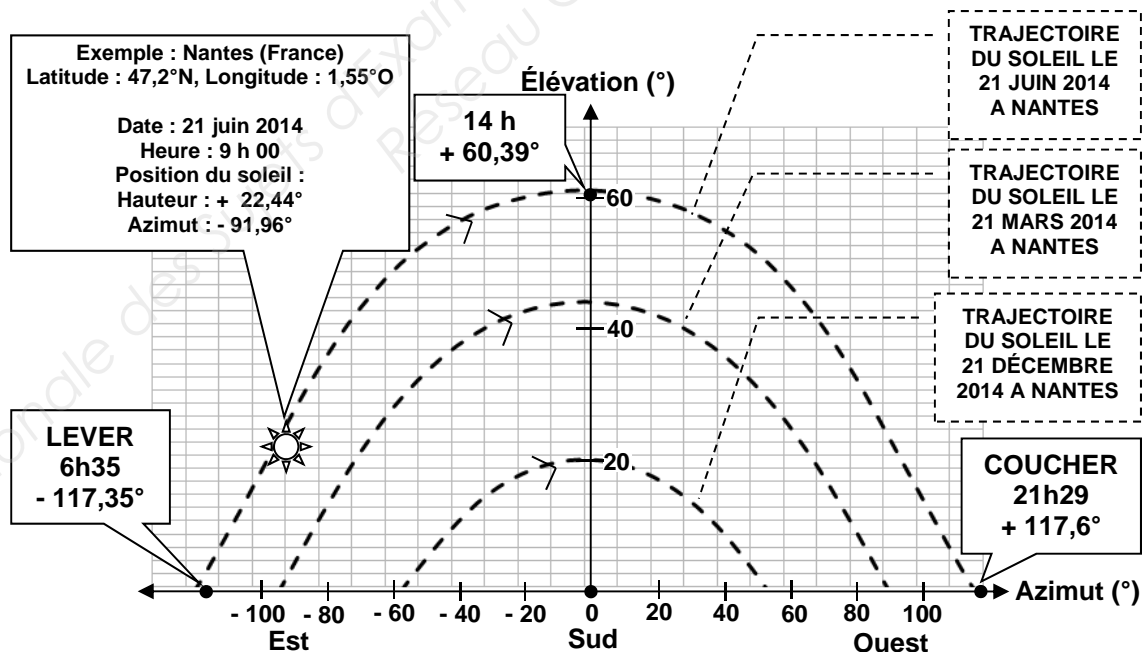


Figure 4 : trajectoire apparente du soleil à Nantes

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2017
CODE DE L'ÉPREUVE : CDE3SC-ME1	Coefficient : 1,5	Page 5 sur 15

**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.** Dédire, 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  $\Omega_P = 4,4 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ \cdot \text{s}^{-1}$  (degré par seconde).

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

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2017
CODE DE L'ÉPREUVE : CDE3SC-ME1	Coefficient : 1,5	Page 6 sur 15

• **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  $U_N = 12 \text{ V}$ ,
- intensité nominale du courant d'induit  $I_N = 500 \text{ mA}$ .

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

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

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.** Dédire 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  $E = k \cdot n$ , la vitesse  $n$  étant exprimée en  $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$  et la f.é.m  $E$  en volt.

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

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

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2017
CODE DE L'ÉPREUVE : CDE3SC-ME1	Coefficient : 1,5	Page 7 sur 15



### 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  $\eta_N$  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

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2017
CODE DE L'ÉPREUVE : CDE3SC-ME1	Coefficient : 1,5	Page 8 sur 15

• **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.

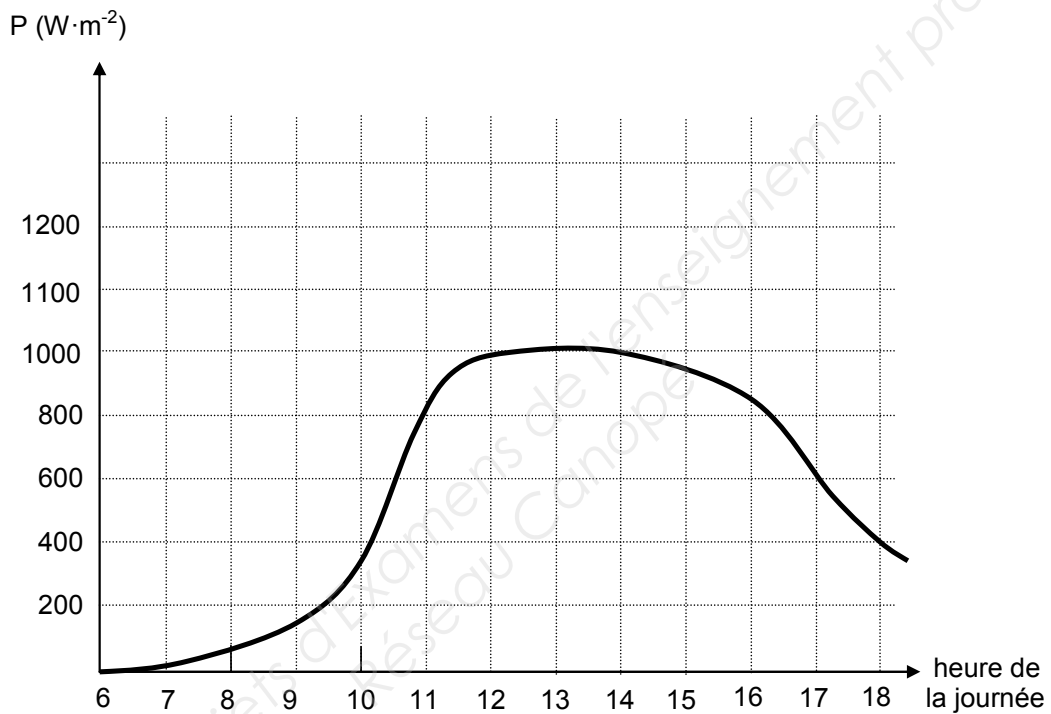


Figure 5 : relevé d'ensoleillement

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

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2017
CODE DE L'ÉPREUVE : CDE3SC-ME1	Coefficient : 1,5	Page 9 sur 15

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.

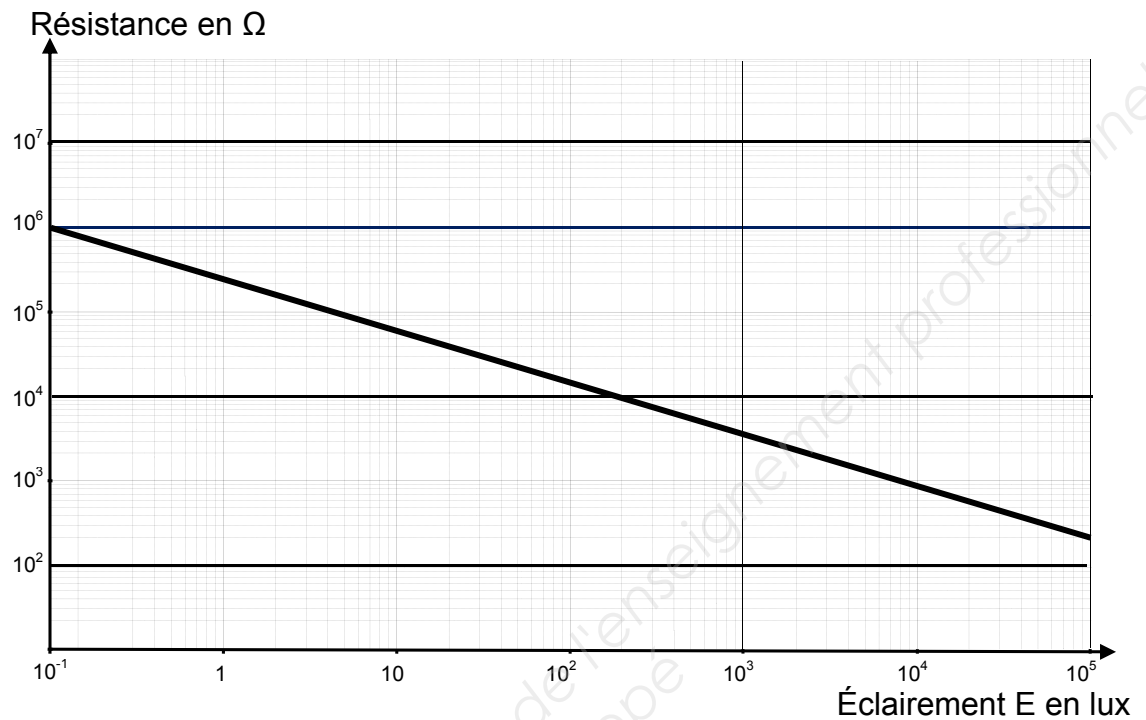


Figure 6 : caractéristique des photorésistances

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

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2017
CODE DE L'ÉPREUVE : CDE3SC-ME1	Coefficient : 1,5	Page 10 sur 15

## 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  $R_2$ .

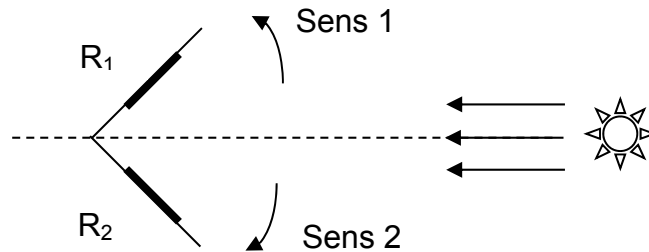


Figure 7 : capteur à photorésistances

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.

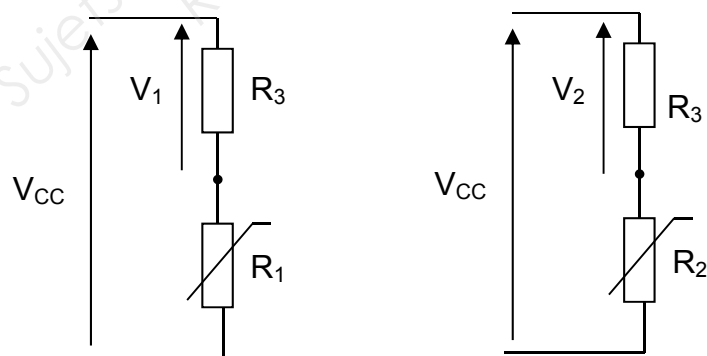


Figure 8 : schémas de montage des photorésistances

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

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

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2017
CODE DE L'ÉPREUVE : CDE3SC-ME1	Coefficient : 1,5	Page 11 sur 15

## 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.

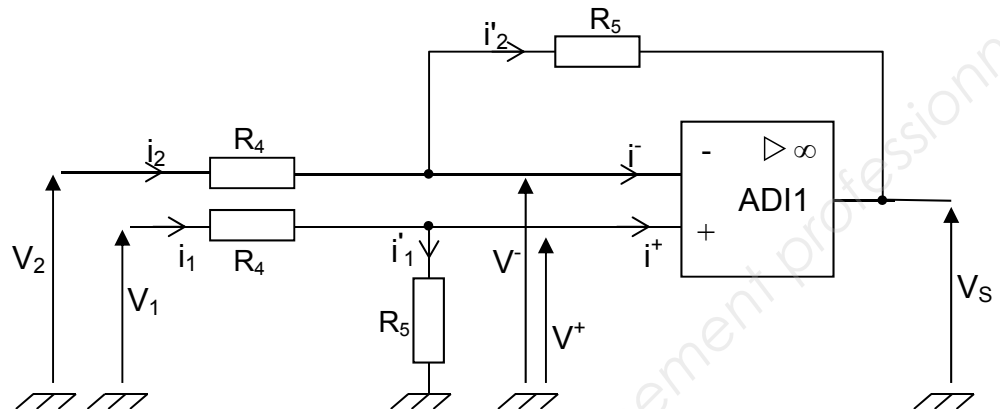


Figure 9 : traitement des signaux

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

**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 :

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

**Q26.** Exprimer la tension  $V_s$  en fonction de  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $R_4$  et  $R_5$ .

**Q27.** Dédire 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  $R_4 = 10\text{ k}\Omega$ .

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2017
CODE DE L'ÉPREUVE : CDE3SC-ME1	Coefficient : 1,5	Page 12 sur 15

## 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

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2017
CODE DE L'ÉPREUVE : CDE3SC-ME1	Coefficient : 1,5	Page 13 sur 15

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

La tête LNB détecte des ondes radio en provenance du Soleil de fréquence  $f = 11 \text{ GHz}$  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.

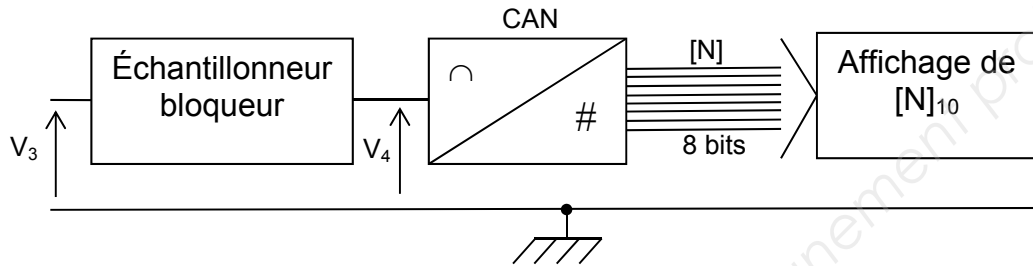


Figure 10 : numérisation des signaux

**Étude de l'échantillonneur-bloqueur**

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

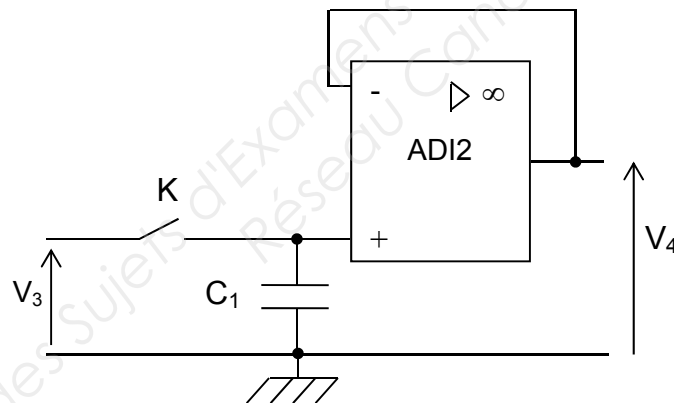


Figure 11 : échantillonneur-bloqueur

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.

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2017
CODE DE L'ÉPREUVE : CDE3SC-ME1	Coefficient : 1,5	Page 14 sur 15

## 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.

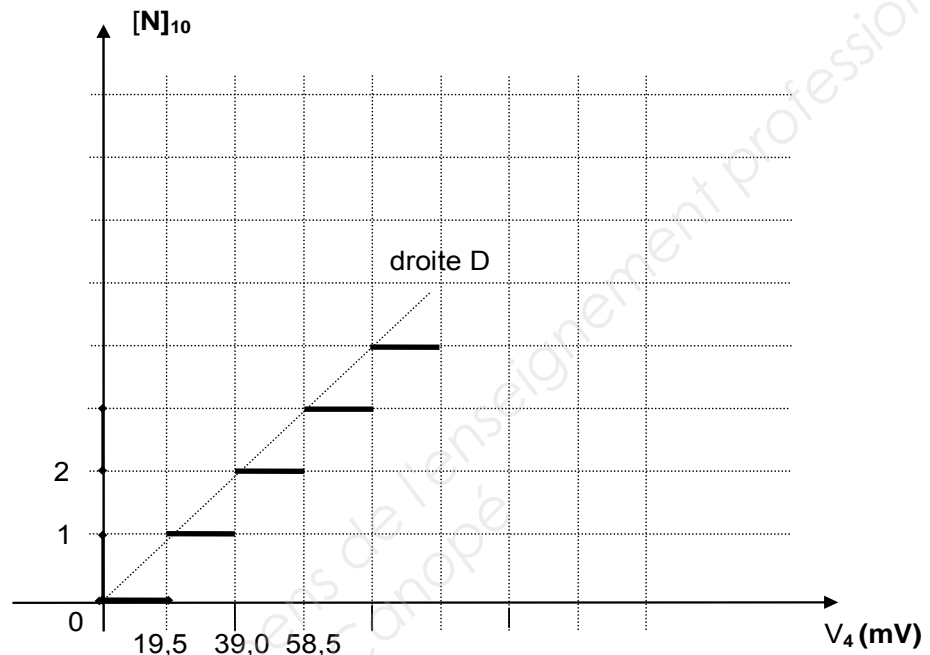


Figure 12 : caractéristique de transfert du CAN

- 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  $[760,5 \text{ mV} ; 780,0 \text{ mV}]$ .
- Q38.** Déterminer la valeur décimale  $[N]_{10}$  affichée lorsque  $V_4 = 3,3 \text{ V}$ .

BTS CIM Unité U32 : Sciences physiques appliquées	Durée : 2 h	Session 2017
CODE DE L'ÉPREUVE : CDE3SC-ME1	Coefficient : 1,5	Page 15 sur 15