



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Campagne 2012

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR INFORMATIQUE ET RÉSEAUX POUR L'INDUSTRIE ET LES SERVICES TECHNIQUES

PHYSIQUE APPLIQUÉE

SESSION 2012

—
Durée : 3 heures
Coefficient : 3
—

Ce sujet comporte une présentation et cinq parties pouvant être traitées indépendamment les unes des autres.

Le sujet comporte :

- 5 documents-réponse pages 11 à 14, **à rendre obligatoirement, agrafés à la copie.**
- 1 formulaire, pages 15 et 16.

Matériel autorisé :

L'usage de la calculatrice est autorisé (circulaire n°99 du 16-11-1999).

Tout autre document ou matériel est interdit.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 16 pages, numérotées de 1/16 à 16/16.

INSTALLATION DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES AVEC DISPOSITIF SUIVEUR DE SOLEIL (SUN TRACKING) DANS UN SITE ISOLÉ.

Pour améliorer le rendement d'une installation de panneaux photovoltaïques on peut faire le choix d'asservir l'orientation de ces panneaux. Ainsi suivent-ils le Soleil dans sa course, tout au long de la journée.

Une représentation d'ensemble de l'installation réalisée sur le site est donnée ci-dessous, Figure 1 :

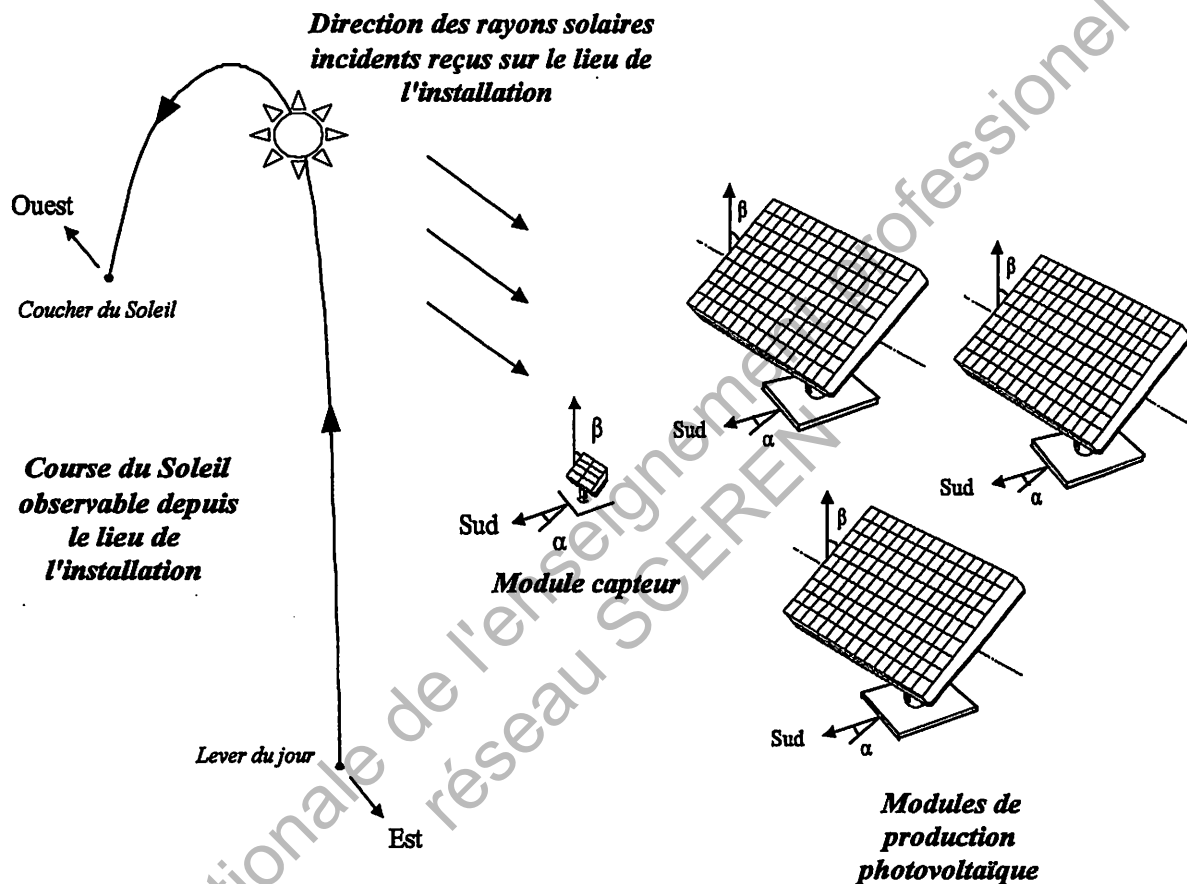


Figure 1 Représentation d'ensemble de l'installation

Ce sujet aborde, à travers cinq parties indépendantes, les différents aspects suivants :

- Partie A.** Module capteur : quelques éléments sur le dispositif chargé de déterminer l'azimut,
- Partie B.** Module capteur : conditionnement analogique,
- Partie C.** Module capteur : conversion analogique-numérique et traitement numérique,
- Partie D.** Module capteur : transmission des consignes de positionnement (α , β) aux panneaux,
- Partie E.** Module de production : asservissement de position en azimut (α) des panneaux.

Partie A. Module capteur : quelques éléments sur le dispositif chargé de déterminer l'azimut

A. 1. Les photorésistances du module capteur

La figure 2 donnée ci-dessous représente un relevé d'ensoleillement effectué sur le site en fonction de l'heure, un jour d'été :

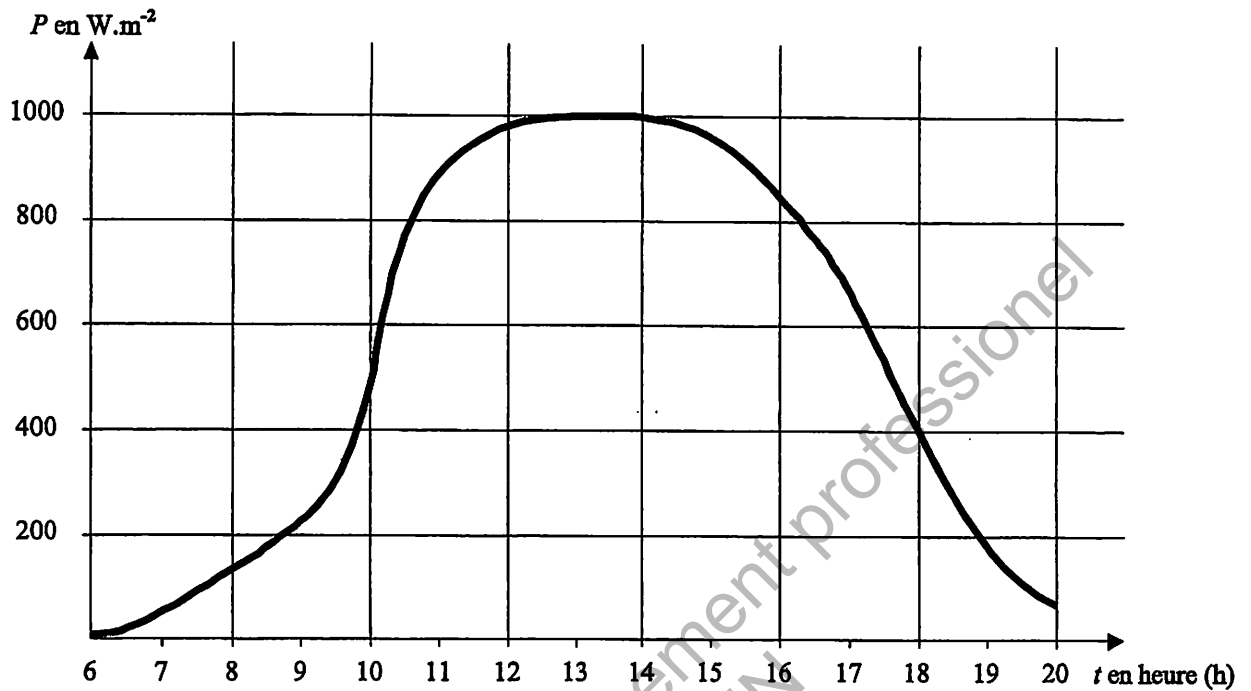


Figure 2 Exemple d'ensoleillement journalier au niveau du site

A. 1. 1. Sachant qu'un ensoleillement de $1 W.m^{-2}$ correspond à un éclairage de 100 lux, déterminer la valeur de l'éclairage maximum, E_{MAX} (en lux), atteint ce jour-là.

La figure 3 donnée ci-dessous, précise la caractéristique des photorésistances utilisées :

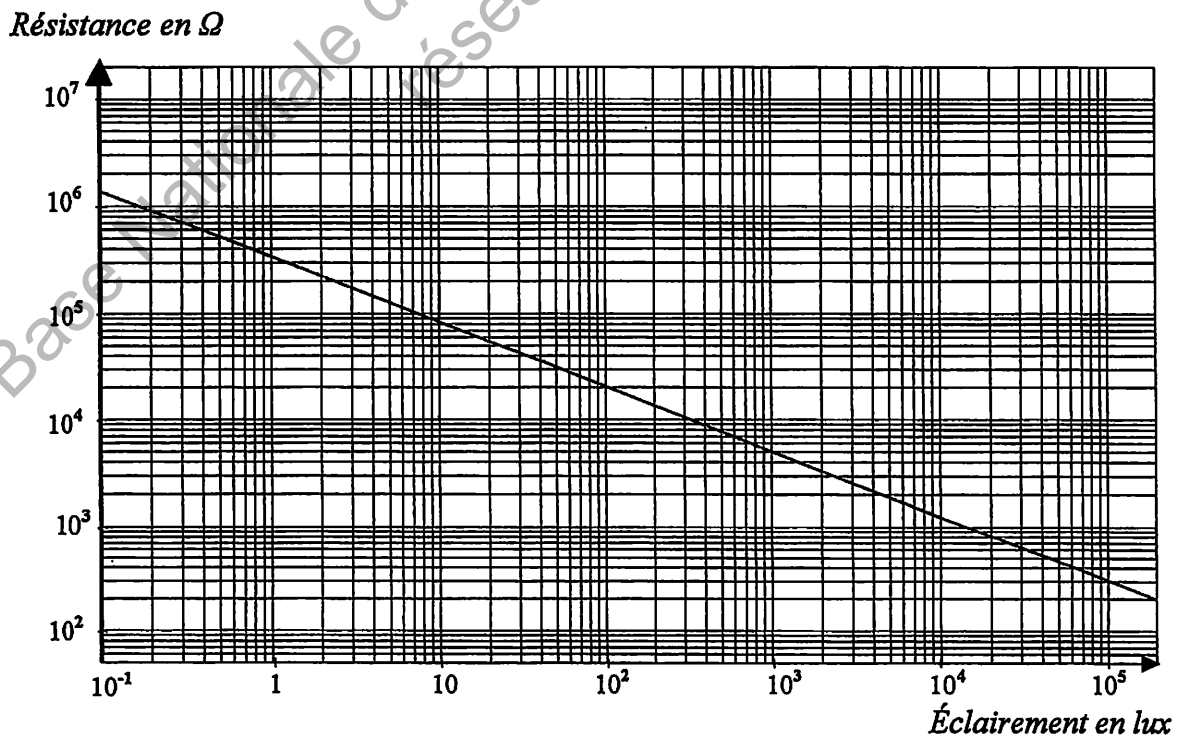


Figure 3 Caractéristique des photorésistances utilisées

A. 1. 2. Déterminer la valeur de la résistance atteinte par les photorésistances, lorsque l'éclairement est maximum.

A. 2. Structure du dispositif chargé de déterminer l'azimut du rayonnement incident

Le module capteur représenté sur la figure 1 précédente, est chargé de déterminer la direction du rayonnement solaire incident, tout au long de la journée. Pour y parvenir, il exploite les deux dispositifs suivants :

- un premier dispositif qui détermine l'azimut α du rayonnement incident qui varie d'Est en Ouest,
- un second dispositif qui détermine l'élévation β du rayonnement incident par rapport à l'horizon.

La figure 4 donnée ci-dessous, présente la structure du dispositif chargé de déterminer l'azimut α du rayonnement incident qui varie d'Est en Ouest, tout au long de la journée :

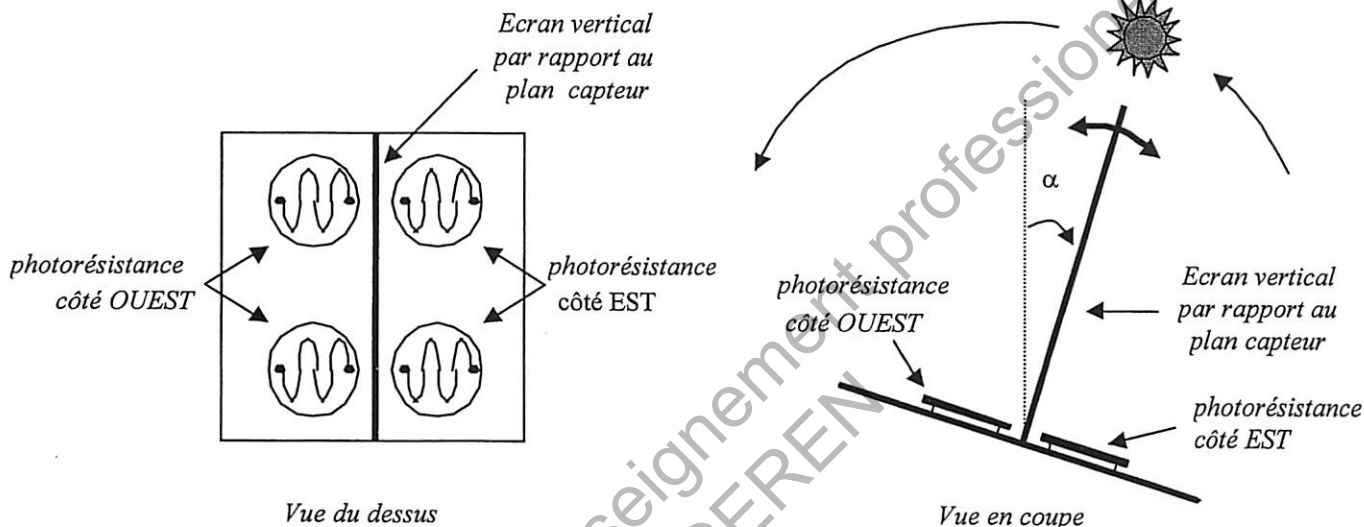


Figure 4 Représentations du dispositif chargé de déterminer l'azimut α du rayonnement incident

Ce dispositif constitué de quatre photorésistances et d'un écran vertical, peut suivre le Soleil et se caler en permanence dans la direction d'incidence, grâce à un moteur qui n'est pas étudié ici.

La figure 5 qui suit, représente trois positions du dispositif :

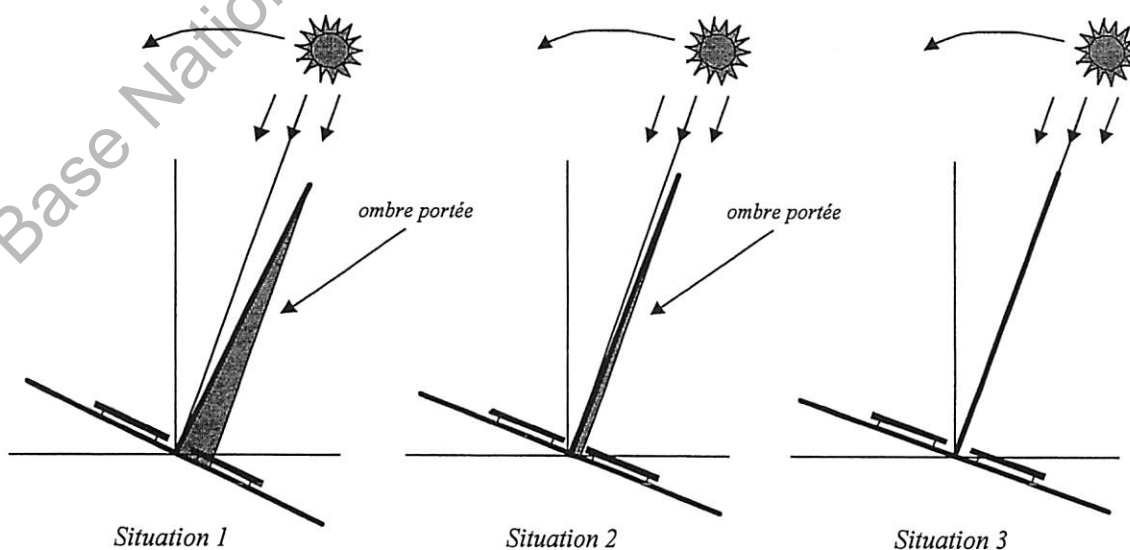


Figure 5 Dispositif dans différentes positions, pour une même incidence des rayons solaires

On rappelle que la résistance d'une photorésistance varie en fonction de l'éclairement reçu.

A. 2. 1. Pour quelles situations de la figure 5, les valeurs des résistances des photorésistances situées côté Ouest et côté Est sont-elles identiques ? Justifier.

La figure 6 qui suit, précise deux grandeurs de dimensionnement du dispositif :

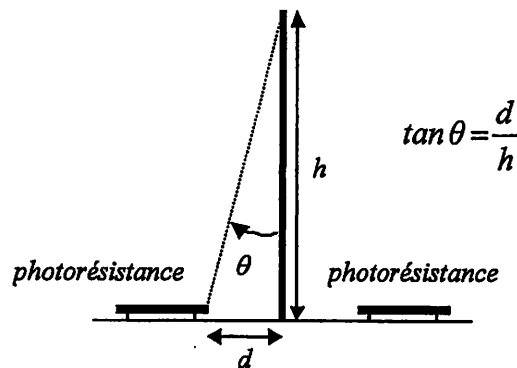


Figure 6 Grandeurs de dimensionnement du dispositif

A. 2. 2. Sachant que l'on souhaite une précision dans l'orientation du dispositif de $\pm 2,5^\circ$ par rapport à l'incidence du rayonnement, calculer la hauteur minimale h de l'écran vertical, pour une distance de $d = 2 \text{ mm}$ entre l'écran et les photorésistances.

A. 3. Structure en pont de Wheatstone pour le dispositif chargé de déterminer l'azimut

Le schéma suivant, représente l'association en pont des quatre photorésistances du dispositif chargé de déterminer l'azimut du rayonnement solaire.

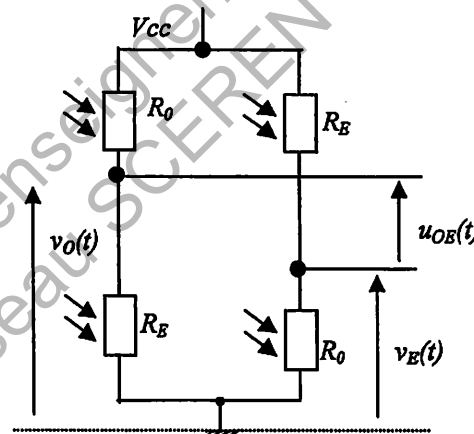


Figure 7 Structure en pont de Wheatstone pour le dispositif chargé de déterminer l'azimut

On précise les informations suivantes, au sujet de la structure en pont de Wheatstone précédente :

- $V_{CC} = 10\text{V}$,
- R_O représente la valeur de résistance des deux photorésistances qui se situent côté Ouest,
- R_E représente la valeur de résistance des deux photorésistances qui se situent côté Est.

A. 3. 1. Déterminer l'expression du potentiel électrique $v_O(t)$ en fonction de R_O , R_E et V_{CC} .

A. 3. 2. Déterminer l'expression du potentiel électrique $v_E(t)$ en fonction de R_O , R_E et V_{CC} .

On définit la tension de sortie de la structure en pont, notée $u_{OE}(t) = v_O(t) - v_E(t)$.

A. 3. 3. Déterminer l'expression de la tension de sortie $u_{OE}(t)$ en fonction de R_O , R_E et V_{CC} .

On suppose maintenant que le dispositif est orienté dans la direction des rayons incidents du Soleil, l'éclairement est donc maximum, les photorésistances ont pour valeur :

$$R_O = R_E = 300 \Omega$$

A. 3. 4. Déterminer la valeur de la tension de sortie $u_{OE}(t)$ dans ce cas.

Partie B. Module capteur : conditionnement analogique

Le dispositif chargé de déterminer l'azimut possède un amplificateur d'instrumentation, à l'entrée duquel on applique la tension de sortie de la structure en pont étudiée précédemment (A. 3.).

Le schéma suivant représente l'amplificateur d'instrumentation utilisé.

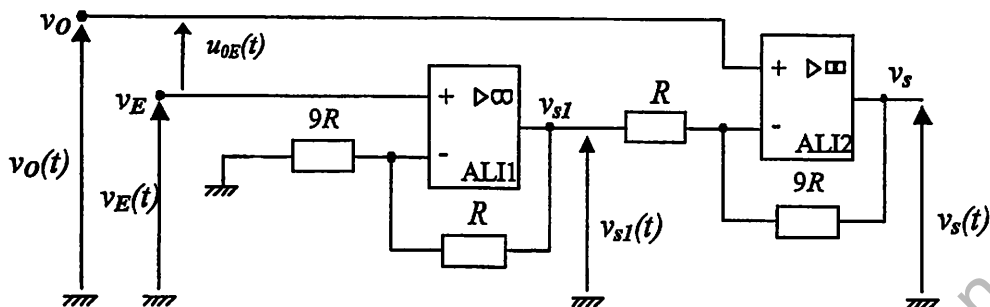


Figure 8 Schéma de l'amplificateur d'instrumentation situé en aval de la structure en pont

B. 1. Expression de la tension de sortie :

Les amplificateurs opérationnels sont supposés parfaits.

B. 1. 1. Montrer que l'amplificateur ALI1 permet d'obtenir : $v_{sI}(t) = \frac{10}{9} v_E(t)$

B. 1. 2. Sachant que $v_s(t)$ peut s'écrire : $v_s(t) = 10 \cdot v_O(t) - 9 \cdot v_{sI}(t)$, déterminer l'expression de $v_s(t)$ en fonction des tensions ($v_O(t)$ et $v_E(t)$).

B. 2. Étude de l'amplificateur réel :

La figure 9 ci-dessous, représente le diagramme de Bode du gain en tension de l'amplificateur d'instrumentation utilisé :

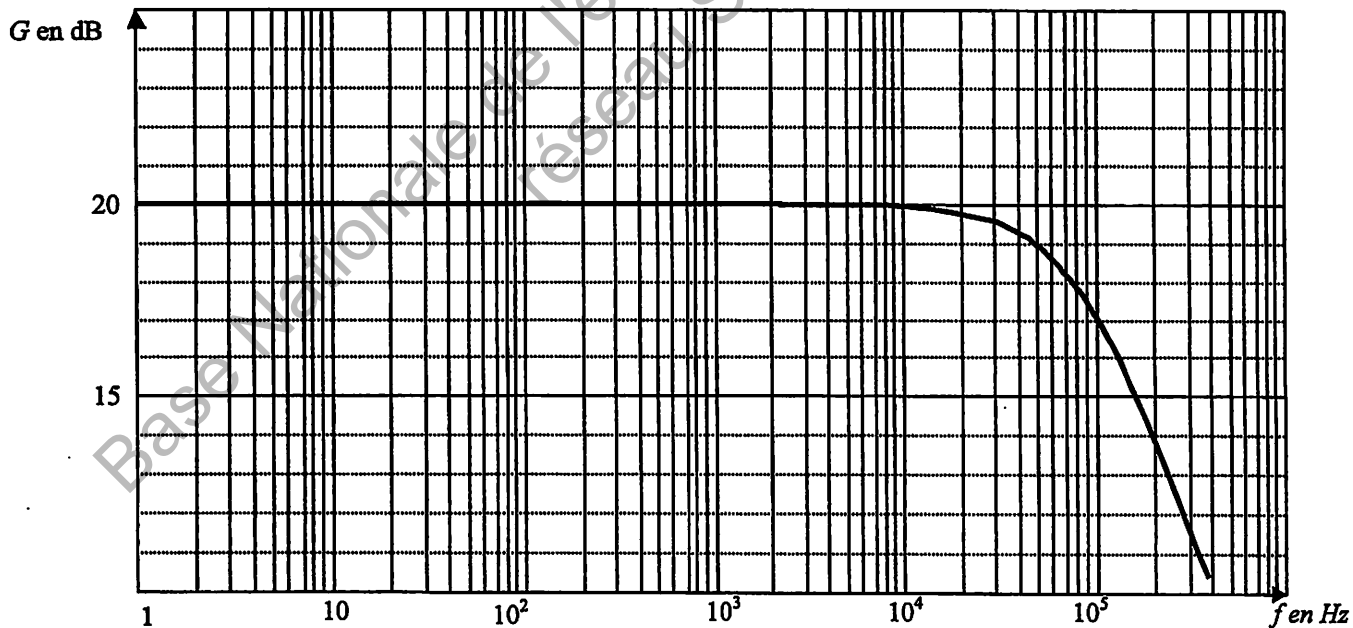


Figure 9

B. 2. 1. Calculer à l'aide du diagramme, le coefficient d'amplification statique de l'amplificateur, noté A .

B. 2. 2. Préciser à l'aide du diagramme, la bande passante à -3 dB de l'amplificateur.

Partie C. Module capteur : conversion analogique-numérique et traitement numérique

Le dispositif chargé de déterminer l'azimut α du rayonnement solaire, utilise également un capteur de position qui délivre en permanence, une tension représentative de l'orientation azimutale du dispositif.

Ce capteur est réalisé à l'aide d'un potentiomètre demi-tour, comme indiqué ci-dessous :

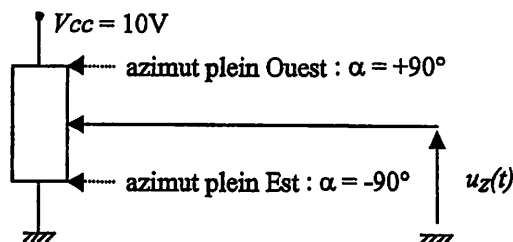


Figure 10 Capteur pour déterminer l'orientation azimutale du dispositif

C. 1. Conversion analogique-numérique

La tension $u_Z(t)$ est appliquée à l'entrée d'un convertisseur analogique-numérique 8 bits intégré à un microcontrôleur. La relation de conversion du CAN est : $u_Z(t) = q.N$.

C. 1. 1. La plage de conversion du CAN étant de 10 V, déterminer la valeur du quantum, noté q .

C. 1. 2. On souhaite faire l'acquisition de 10 valeurs d'azimut par minute. Déterminer la valeur de la fréquence d'échantillonnage f_E à configurer au niveau du microcontrôleur.

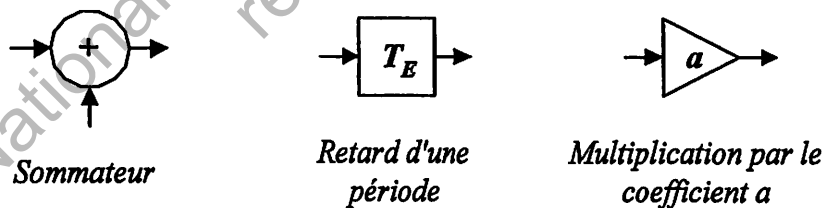
C. 2. Traitement numérique

On note $X(z)$ et $Y(z)$ les transformées en z des séquences respectives $\{x_n\}$ et $\{y_n\}$.

Les échantillons $\{x_n\}$, numérisés à partir de la tension $u_Z(t)$, sont d'abord traités à l'aide de l'algorithme suivant :

$$y_n = 0,2 x_n + 0,8 y_{n-1}$$

C. 2. 1. Représenter la structure de l'algorithme en utilisant autant de fois que nécessaire les symboles suivants :



C. 2. 2. S'agit-il d'un algorithme récursif ou non récursif ? Justifier.

C. 2. 3. Déterminer les cinq premiers échantillons de sortie en réponse à une séquence d'entrée impulsionnelle. Compléter le tableau du document réponse n°1.

C.2.4. Montrer que la transmittance de l'algorithme est de la forme : $T(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{0,2 \cdot z}{z - 0,8}$.

C.2.5. À partir de cette transmittance, déterminer, en le justifiant, si le système est stable ou instable.

C.2.6. On soumet ce système à un échelon retardé d'une période d'échantillonnage dont la transformée en z est : $X(z) = \frac{1}{z-1}$

Mettre l'expression $Y(z)$ de la transformée en z de la sortie sous la forme : $\frac{z(1-a)}{(z-1)(z-a)}$.

C.2.7 En vous aidant de la table des transformées en z calculer la valeur du rapport T_E/τ et donner l'expression de la séquence en sortie $\{y_n\}$ en fonction de n .

C.2.8 Dessiner l'allure de cette réponse y_n en fonction de n sur le document réponse n°1.

C.2.9. Déterminer la valeur finale de la séquence en sortie. (On utilisera le théorème de la valeur finale).

En déduire si une séquence correspondant à une tension continue est transmise par ce système.

C.2.10. A quel type de filtre (passe-bas, passe-haut, passe-bande) ce système est-il équivalent ?

Partie D. Module capteur : transmission des consignes de positionnement (α, β) aux panneaux

Lorsque les dispositifs chargés de déterminer la direction du rayonnement solaire incident positionnent le module capteur dans une nouvelle direction, ce dernier transmet aux panneaux situés à proximité, le nouvel azimut et/ou la nouvelle élévation pour qu'ils se positionnent à leur tour : (TS-ENABLE (entrée de validation), DATA-IN (données) et RF (signal de sortie)).

Pour y parvenir, le module capteur utilise un module de transmission numérique qui utilise une codification en fréquence de type FSK :

- À un « 0 » logique correspond :
 - un potentiel électrique égal à 0 V au niveau de la borne DATA IN du module,
 - une émission à la fréquence de 433,65 MHz par l'antenne du module.
- À un « 1 » logique correspond :
 - un potentiel électrique égal à 5 V au niveau de la borne DATA IN du module,
 - une émission à la fréquence de 433,80 MHz par l'antenne du module.

D. 1. La vitesse de transmission de la séquence se faisant à 2000 bauds, déterminer la durée d'émission d'un bit de la séquence, notée T_B .

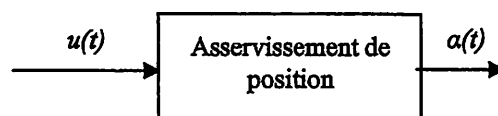
D. 2. Compléter sur le document réponse 2, les chronogrammes qui correspondent à la transmission de l'octet suivant : 01011000 après le bit de start.

Partie E. Module de production : asservissement de position en azimut (α) des panneaux

Le positionnement en azimut d'un panneau photovoltaïque est assuré par un moteur à courant continu équipé d'un réducteur à engrenages solidaire du panneau.

L'entrée de ce système est la tension d'alimentation $u(t)$ appliquée aux bornes de l'induit du moteur et sa sortie l'azimut $\alpha(t)$ (en degré) que possède le panneau photovoltaïque.

L'azimut α varie de -90° (panneau orienté plein Est) à $+90^\circ$ (panneau orienté plein Ouest).



E. 1. Identification du moteur à courant continu

On choisit d'identifier le moteur à l'aide d'un essai à vide.

À l'instant initial choisi $t = 0$ s, on applique au moteur à l'arrêt, un échelon de tension de 6 V.

Le document réponse 3, représente l'évolution de la fréquence de rotation du moteur.

E. 1. 1. À partir de la courbe représentée sur le document réponse 3, justifier que le système « moteur à vide » peut être modélisé par un système d'ordre 1.

On note $N(p)$ et $U(p)$ les transformées de Laplace respectives des grandeurs $n(t)$ et $u(t)$.
On précise ci-dessous, la notation employée pour le modèle retenu :

$$T_M(p) = \frac{N(p)}{U(p)} = \frac{K}{1 + \tau p}$$

E 1 2 À l'aide du document réponse 3, déterminer les paramètres K et τ du modèle.
Justifier les valeurs retenues à l'aide de constructions graphiques.

E. 2. Modélisation du système « moteur – panneau »

La fréquence de rotation $n_R(t)$ est liée à la position angulaire d'azimut $\alpha(t)$ par la relation suivante :

$$n_R(t) = \frac{1}{360} \frac{d\alpha(t)}{dt}$$

E. 2. 1. Établir la relation entre les transformées de Laplace $N_R(p)$ et $\alpha(p)$ associées respectivement à $n_R(t)$ et $\alpha(t)$. L'azimut α étant nul à $t = 0$ s.

E. 2. 2. Déterminer l'expression de la transmittance isomorphe $T_A(p) = \frac{\alpha(p)}{N_R(p)}$.

La figure 11 donnée ci-dessous, représente l'ensemble du système modélisé :

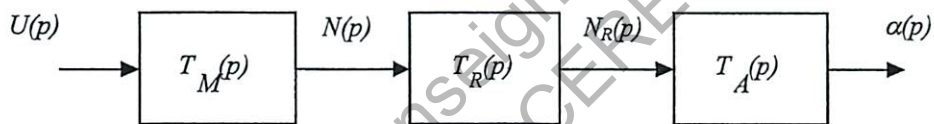


Figure 11 Ensemble du système modélisé

On prendra $T_R(p) = 1/200$ et $T_M(p) = 4,17 / (1 + 0,1p)$.

On note $T(p)$, l'expression de la transmittance isomorphe du système : $T(p) = \frac{\alpha(p)}{U(p)}$.

E. 2. 3. Déterminer l'expression de $T(p)$ en fonction de $T_M(p)$, $T_R(p)$ et $T_A(p)$ puis en fonction de p .

E. 3. Modélisation de l'asservissement

La figure 12 représente la structure complète de l'asservissement de position en azimut complet :

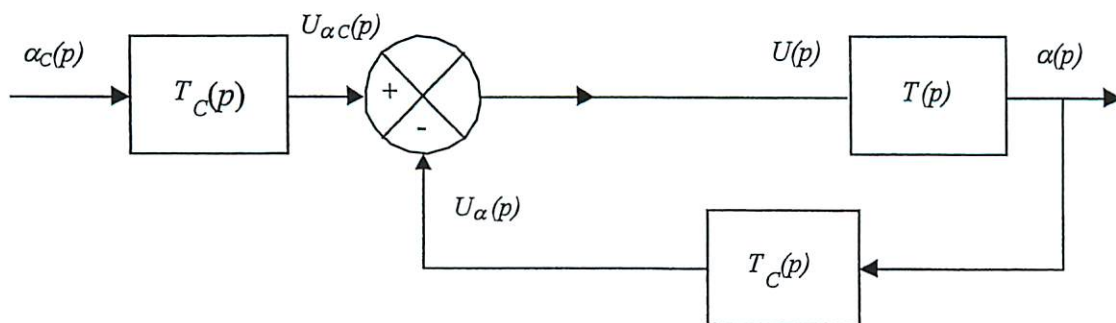


Figure 12 Asservissement de position en azimut

Note : la transmittance $T_C(p)$ modélise les adaptations de la consigne et du retour ; adaptations nécessaires pour rendre les grandeurs comparables tout en assurant la compatibilité de la consigne avec la grandeur de tension qui commande le moteur.

E. 3. 1. Déterminer l'expression de la transmittance en boucle fermée $T_{BF1}(p) = \frac{\alpha(p)}{U_{\alpha c}(p)}$ en fonction des transmittance du système $T_C(p)$ et $T(p)$.

E. 3. 2. Déterminer l'expression de la transmittance en boucle fermée $T_{BF2}(p) = \frac{\alpha(p)}{\alpha_c(p)}$ en fonction des transmittances du système $T_C(p)$ et $T(p)$.

E. 4. Étude de l'asservissement en boucle fermé

Le document réponse 4, représente la réponse indicielle de la position du panneau à une consigne d'azimut de 50° .

E. 4. 1. Déterminer l'erreur en régime permanent, notée ε . Conclure par une phrase relative au critère de précision.

E. 4. 2. Déterminer le temps de réponse à 5 %, noté t_R . Justifier la valeur retenue à l'aide d'une construction graphique.

E. 4. 3. Déterminer la valeur du premier dépassement relatif D_1 donné par $D_1 = 100 \left(\frac{\alpha_{\max} - \alpha_\infty}{\alpha_\infty} \right)$ en %. Justifier la valeur retenue à l'aide d'une construction graphique.

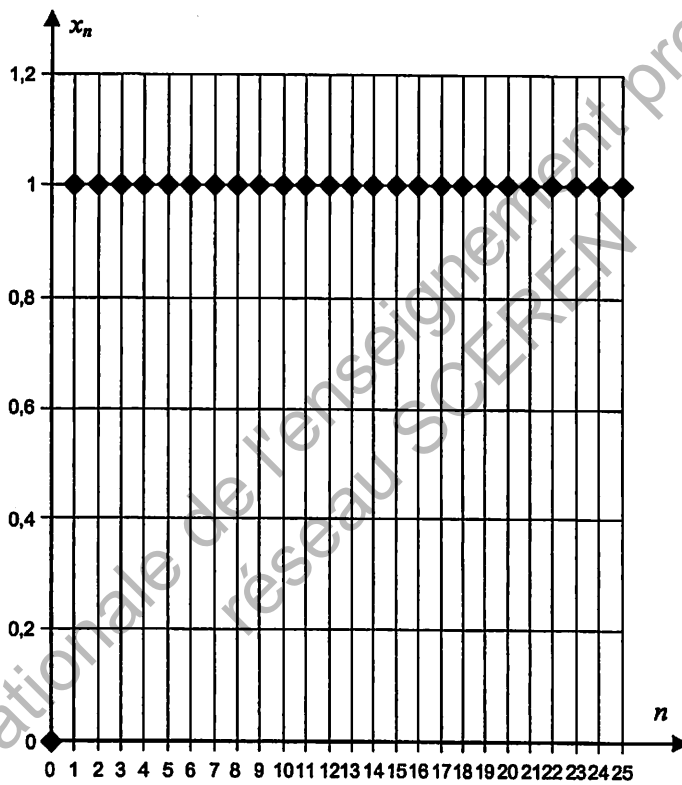
E. 4. 4. Déterminer, à l'aide d'une construction réalisée sur le document réponse 5, la marge de phase du système notée M_φ . Justifier si le système est stable ou instable.

DOCUMENT REPONSE 1
À rendre obligatoirement, agrafé à la copie

C.2.3 Réponse impulsionnelle

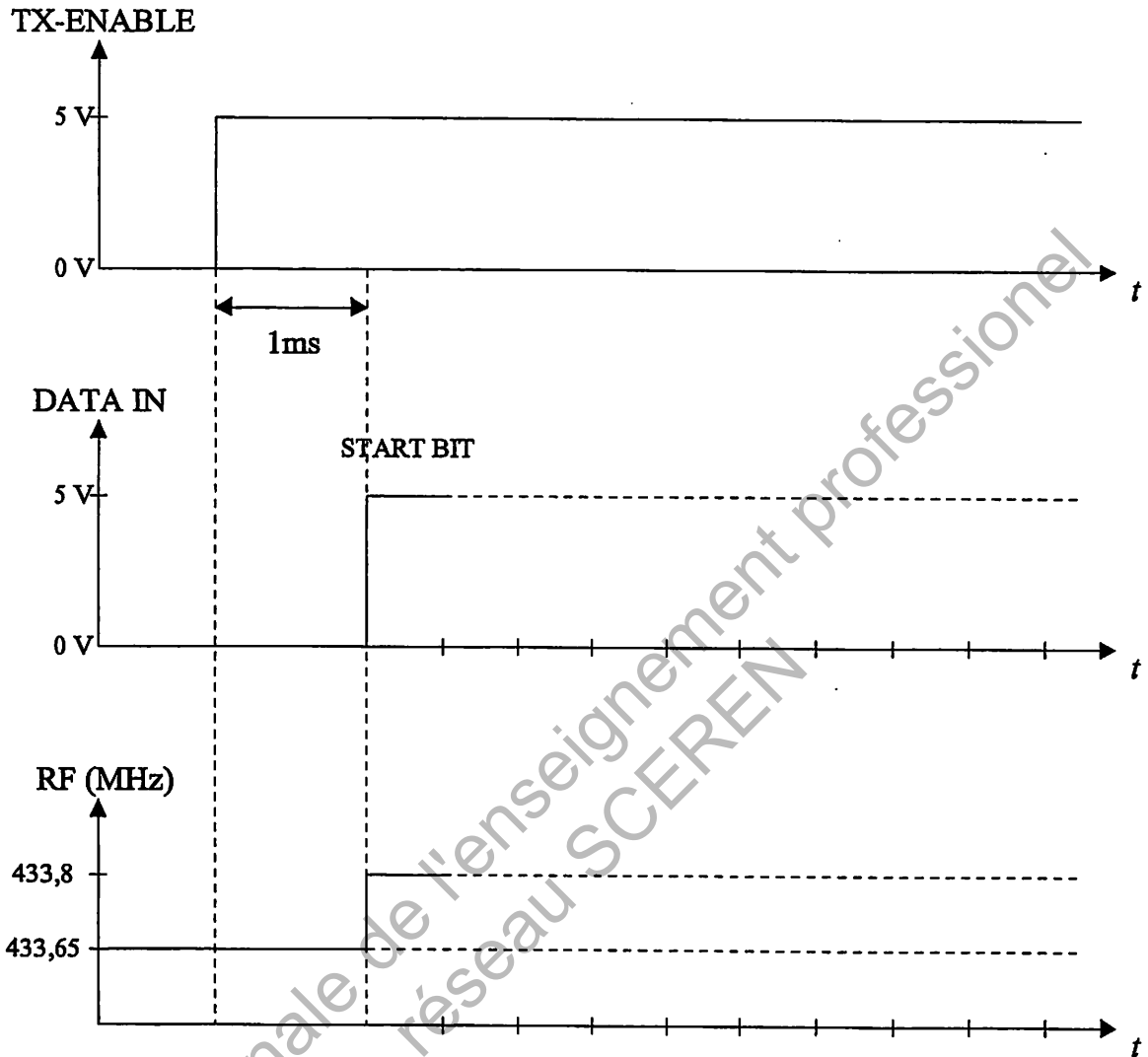
n	0	1	2	3	4
x_n	1	0	0	0	0
y_n					

C.2.8 Allure de la séquence de sortie y_n



DOCUMENT RÉPONSE 2
À rendre obligatoirement, agrafé à la copie

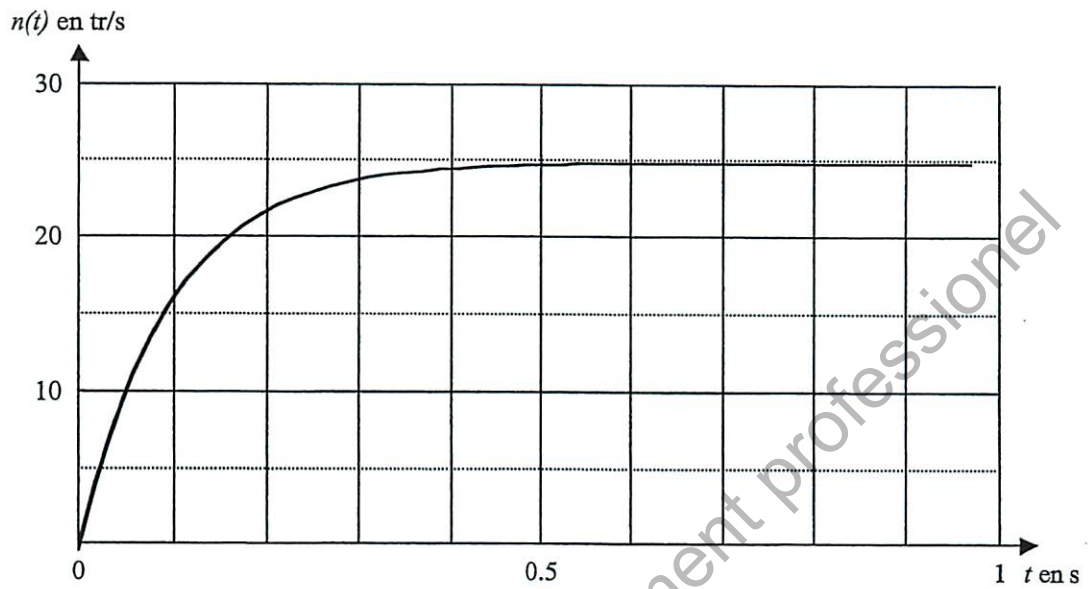
D.2.



À rendre obligatoirement, agrafé à la copie

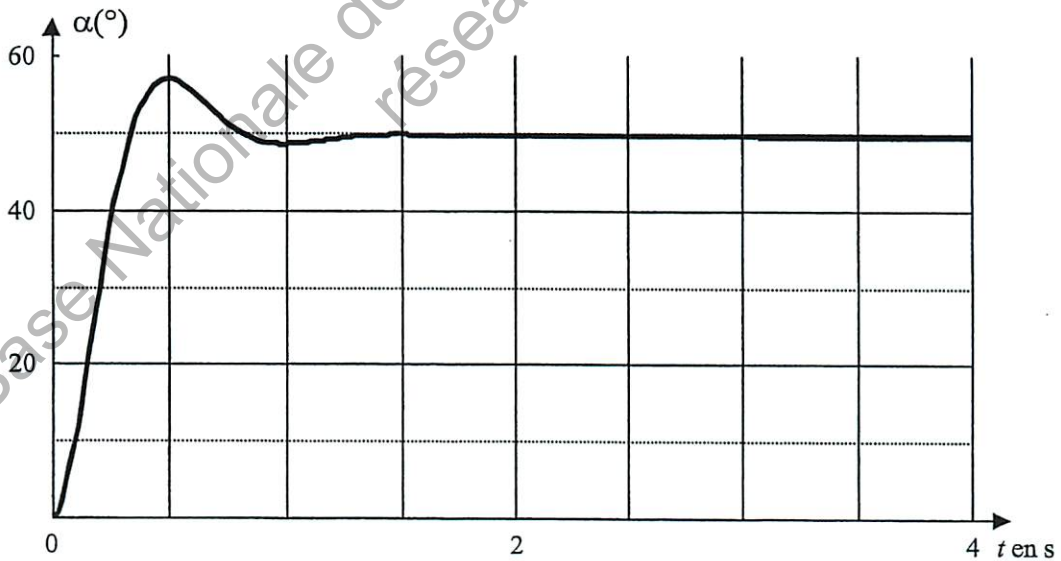
DOCUMENT REPONSE 3

E. 1. Identification du moteur à courant continu

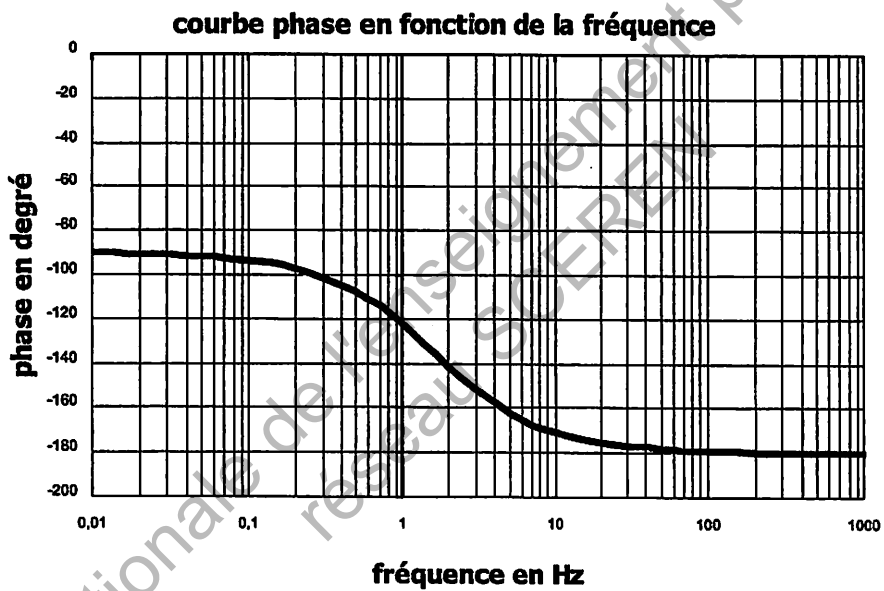
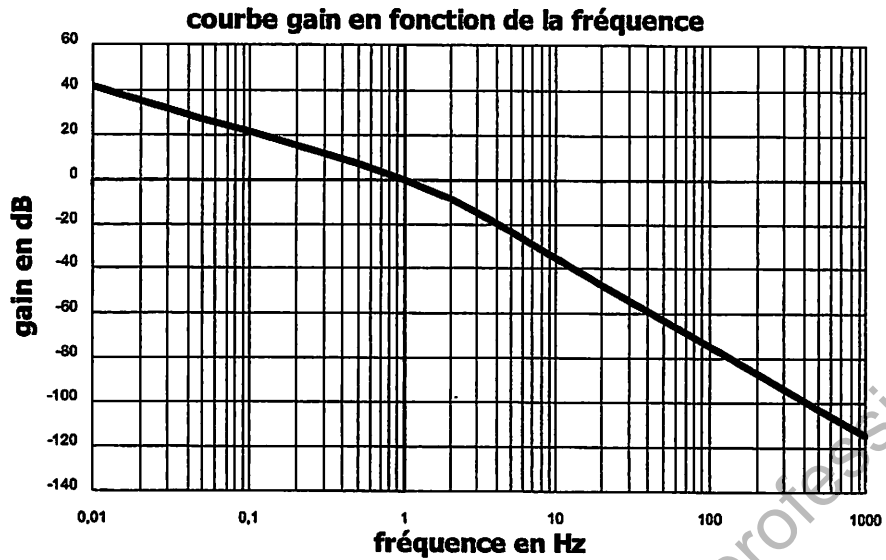


DOCUMENT REPONSE 4

E. 4. Étude de l'asservissement en boucle fermée



DOCUMENT REPONSE 5
À rendre obligatoirement, agrafé à la copie



Formulaire

Transformées de Laplace

Propriétés de la transformée de Laplace	
Théorème de la valeur initiale	$\lim_{t \rightarrow 0} f(t) = \lim_{p \rightarrow +\infty} pF(p)$
Théorème de la valeur finale	$\lim_{t \rightarrow +\infty} f(t) = \lim_{p \rightarrow 0} pF(p)$
Table des transformées de Laplace	
$f(t)$	$F(p)$
Impulsion unité : $\delta(t)$	1
Echelon unité : $\Gamma(t)$	$\frac{1}{p}$
Rampe : at	$\frac{a}{p^2}$
$1 - e^{-t/\tau}$	$\frac{1}{p(1 + \tau p)}$
Dérivée : $\frac{d(f(t))}{dt}$	$pF(p) - f(0^+)$
Propriétés de la transformée en Z	
Théorème de la valeur initiale	$x_0 = \lim_{z \rightarrow 1} X(z)$
Théorème de la valeur finale	$\lim_{n \rightarrow +\infty} x_n = \lim_{z \rightarrow 1} (z - 1)X(z)$
Table des transformées en Z	
$\{x_n\}$	$X(z)$
Séquence impulsion unité : $\{\delta_n\}$	1
Séquence échelon unité : $\{\Gamma_n\}$	$\frac{z}{z-1} = \frac{1}{1-z^{-1}}$
Séquence rampe $\{a.n.T_e\}$	$a.T_e \frac{z}{(z-1)^2} = a.T_e \frac{z^{-1}}{(1-z^{-1})^2}$

Transformées en z

	$\{x_n\}$	$X(z)$
	$\{\delta_n\}$	1
	$\{\Gamma_n\}$	$\frac{z}{z-1}$
	$\{a n T_E\}$	$a T_E \frac{z}{(z-1)^2}$
	$\{e^{-n T_E / \tau}\}$	$\frac{z}{z - e^{-T_E / \tau}}$
	$\{1 - e^{-n T_E / \tau}\}$	$\frac{z(1 - e^{-T_E / \tau})}{(z-1)(z - e^{-T_E / \tau})}$
	$\{n T_E e^{-n T_E / \tau}\}$	$\frac{T_E z e^{-T_E / \tau}}{(z - e^{-T_E / \tau})^2}$
	$\{\sin(n \omega_0 T_E)\}$	$\frac{z \sin \omega_0 T_E}{z^2 - 2z \cos \omega_0 T_E + 1}$
	$\{\cos(n \omega_0 T_E)\}$	$\frac{z(z - \cos \omega_0 T_E)}{z^2 - 2z \cos \omega_0 T_E + 1}$
	$\{e^{-m(n T_E)} \sin(\omega_0 n T_E)\}$	$\frac{z e^{-m T_E} \sin \omega_0 T_E}{z^2 - 2z e^{-m T_E} \cos \omega_0 T_E + e^{-2m T_E}}$
	$\{e^{-m(n T_E)} \cos(\omega_0 n T_E)\}$	$\frac{z^2 - z e^{-m T_E} \cos \omega_0 T_E}{z^2 - 2z e^{-m T_E} \cos \omega_0 T_E + e^{-2m T_E}}$