



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

Campagne 2010

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

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

TECHNIQUES PHYSIQUES POUR L'INDUSTRIE ET LE LABORATOIRE

SCIENCES PHYSIQUES

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Le matériel autorisé comprend toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante.

- *Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.*
- *Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.*

PARTIE OPTIQUE (durée conseillée 1 h 15 min)

ÉTUDE SOMMAIRE D'UN SPECTROPHOTOMÈTRE

Les 2 parties sont indépendantes.

Les documents réponses à rendre avec la copie se trouvent à la fin du sujet.

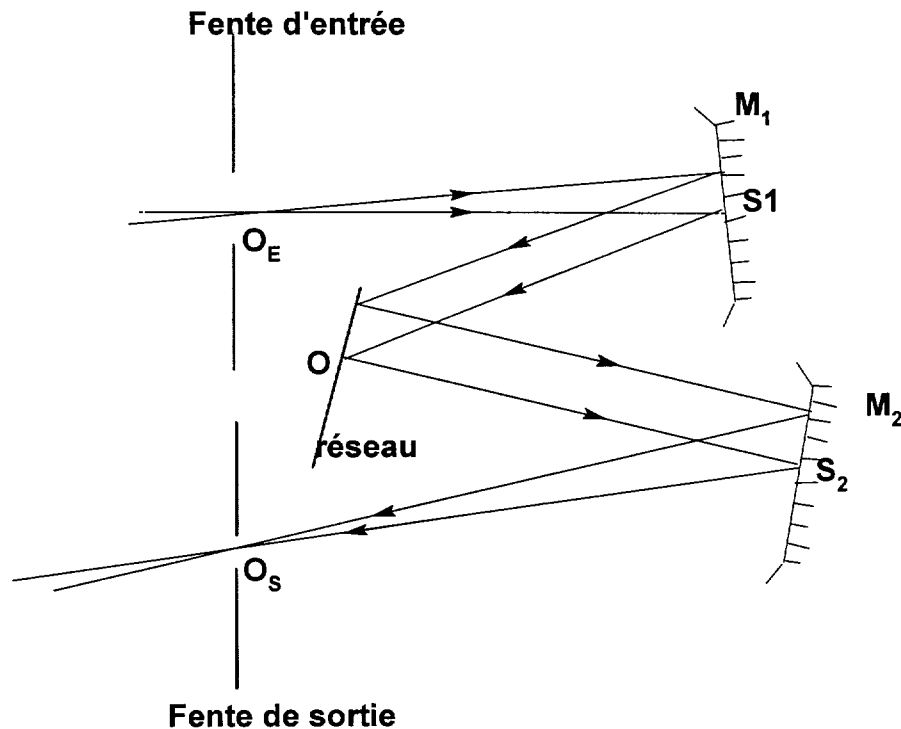
Partie 1 : Système d'éclairage

La première partie du spectromètre est décrite **figure 1** du document réponse n°1 :

- 1.1** - On souhaite obtenir un faisceau quasi-parallèle à la sortie de L_1 . Comment faut-il placer la source S_0 par rapport à L_1 ?
- 1.2** - Le diaphragme Dia permet de réduire l'ouverture du faisceau à la sortie de L_1 , quel en est l'intérêt ?
- 1.3** - On dispose la fente d'entrée du spectromètre au foyer image de L_2 .
 - 1.3.1** - Tracer sur la **figure 1 du document réponse n° 1** (à rendre avec la copie) la marche de deux rayons issus de S_0 jusqu'au miroir M_1 .
 - 1.3.2** - Si on note D_1 le diamètre du faisceau lumineux parvenant sur M_1 et D celui du diaphragme Dia, quelle est la relation entre D , D_1 , $O_E S_1$ et f'_2 ?
- 1.4** - La lampe halogène émet de manière continue dans le domaine spectral [400nm ; 2000 nm]. Préciser le ou les domaines couverts par cette lampe : X, UV, visible, I.R, Micro-onde.
- 1.5** - Étude sommaire du miroir sphérique (voir la **figure 2** sur le document réponse).
 - 1.5.1** - Le point F représente les foyers objet et image du miroir, le point C son centre de courbure.
 - 1.5.1.1** - Quelle relation a-t-on entre CS et CF ?
 - 1.5.1.2** - Que se passe-t-il pour un rayon passant par C ?
 - 1.5.2** - En considérant deux rayons parallèles inclinés par rapport à l'axe de symétrie du miroir, compléter le schéma de la **figure 2 du document réponse n° 1** (à rendre avec la copie) où l'on indiquera la marche des rayons après réflexion sur le miroir.

Partie 2 : Étude de la partie interne du spectromètre

Elle est décrite **figure 3** ci-dessous :



- 2.1** - Les rayons issus de O_E sont parallèles après réflexion sur M_1 . À quelle condition cela est-il réalisé ?
- 2.2** - Les rayons réfléchis par M_1 sont diffractés par un réseau fonctionnant en réflexion. Ils sont ensuite réfléchis sur un autre miroir sphérique M_2 et parviennent sur la fente de sortie du spectromètre.
- 2.2.1** - Quel est le rôle du réseau ?
- 2.2.2** - Quel est le rôle de la fente de sortie sur laquelle se forme l'image du spectre ?
- 2.3** - On étudie un réseau sur lequel sont tracés N traits par unité de longueur. Il est éclairé par des rayons parallèles sous une incidence i notée algébriquement par rapport à la normale au réseau. Il diffracte les rayons sous un angle θ noté algébriquement par rapport à la normale au réseau (Voir figure 4).
- 2.3.1** - Donner la relation entre le pas du réseau a et N .
- 2.3.2** - À l'aide de la **figure 4** à compléter sur le **document réponse n° 2** (à rendre avec la copie), montrer que la relation entre la différence de marche δ du rayon (2) par rapport au rayon (1) et les paramètres a , i et θ peut s'écrire : $\delta = a [\sin(i) + \sin(\theta)]$.
- 2.3.3** - Maxima de diffraction.
En déduire (en justifiant) l'expression des angles θ_p correspondant au maximum de diffraction pour une longueur d'onde donnée λ et pour un ordre p , en fonction de p , λ , a et i .

2.3.4 - Dans la pratique, les miroirs gardent une orientation constante, seul le réseau peut subir une rotation, ce qui modifie l'angle d'incidence i . Par construction on maintient un angle $\theta = i - 20,0^\circ$ constant.

2.3.4.1 - Le réseau qui possède $N = 1200$ traits/mm, peut tourner de manière à faire varier les angles i entre 20° et 60° . Si l'on ne s'intéresse qu'à l'ordre 1, quel domaine de longueur d'onde peut alors être observé à travers la fente de sortie ?

2.3.4.2 - On souhaite utiliser ce spectromètre pour l'examen de la fermentation alcoolique du vin, dans le domaine situé entre 1400 nm et 1600 nm.
Le fabricant propose un jeu de trois réseaux dont le nombre de traits par millimètre est 300 , 600 ou 1200 .
Proposer le meilleur choix possible compte tenu du domaine spectral à couvrir et de la finesse de séparation des longueurs d'onde par un réseau.
On fera l'hypothèse que l'on travaille à l'ordre 1.

PARTIE MÉCANIQUE, THERMODYNAMIQUE ET CHIMIE (durée conseillée 1 h 15 min)**LA MESURE DU TEMPS**

Depuis toujours, l'homme a cherché à se repérer dans le temps. Il a d'abord découpé le temps en années, mois et jours en observant les conséquences des mouvements de la Terre autour du Soleil, de la Lune autour de la Terre (de période environ égale à 1 mois) et de la Terre sur elle-même.

Ensuite pour découper le jour en heures, l'homme utilisa les cadrans solaires et les clepsydes. Les clepsydes ont l'avantage de pouvoir indiquer l'heure même en l'absence de Soleil (le jour lorsque le ciel est couvert et la nuit).

Partie 1 : Les clepsydes

La plus vieille clepsyde connue à ce jour a été retrouvée en Egypte à Karnak et remonte au XV^{ème} siècle avant J.-C. Sa forme est en tronc de cône et sa hauteur est de 36 cm (**figure 5**).

La surface interne de la clepsyde est graduée en douze traits équidistants du fond du réservoir à une ligne peinte marquant le niveau de remplissage. Le but est d'étudier le principe de cette clepsyde.

Nous allons commencer par étudier la vidange d'un réservoir cylindrique (**figure 6**).

On considère un réservoir cylindrique de diamètre $D = 0,890$ m dont le fond est muni d'un orifice circulaire de diamètre $d = 3,00$ mm initialement bouché. Celui-ci est rempli d'eau jusqu'à une hauteur $H = 1,20$ m.

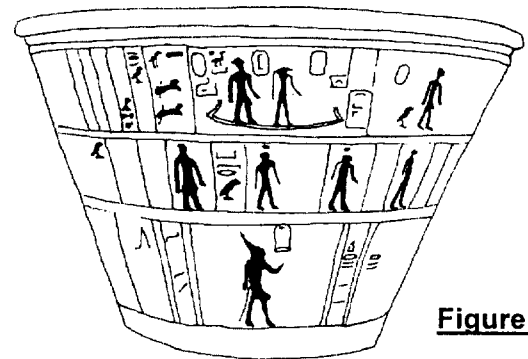
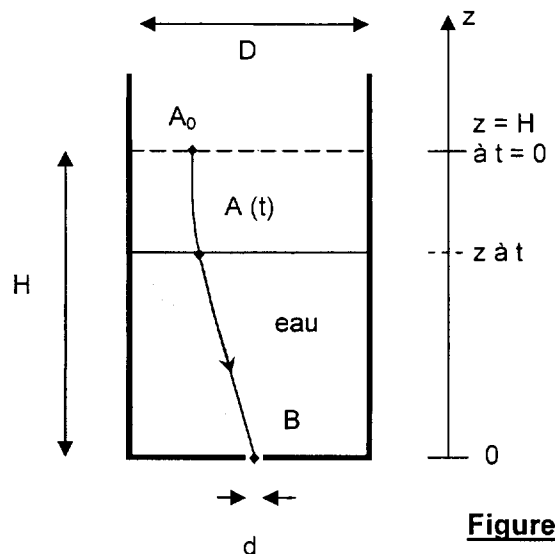
Lorsqu'à $t = 0$, on enlève le bouchon de l'orifice, l'eau s'écoule.

On donne :

l'intensité du champ de pesanteur : $g = 9,81$ m.s⁻²,

la pression atmosphérique : $P_0 = 1,00$ bar.

1 bar = 10⁵ Pa.

**Figure 5****Figure 6**

1.1 - On donne l'expression de l'énergie mécanique massique d'un fluide de masse volumique ρ constante en écoulement :

$$e = \frac{v^2}{2} + \frac{P}{\rho} + g \cdot z \quad (\text{J.kg}^{-1}) \text{ avec } \begin{cases} v : \text{vitesse d'écoulement du fluide (m.s}^{-1}\text{)} \\ z : \text{altitude du fluide (m)} \\ P : \text{pression du fluide (Pa)} \end{cases}$$

À partir du schéma, donner les altitudes des points A et B à la date t quelconque.

Quelles sont les valeurs des pressions en A et B ?

En négligeant les pertes de charge, appliquer la conservation de l'énergie mécanique entre les points A et B afin d'obtenir une relation entre z , g , v_A et v_B .

1.2 - Quelle relation existe-t-il entre les débits volumiques q_{VA} et q_{VB} aux points A et B ? En explicitant ces débits en fonction des sections et vitesses d'écoulement, déduire l'expression de : $\frac{v_A^2}{v_B^2}$ en fonction de d et D.

Calculer ce rapport.

Peut-on négliger v_A^2 par rapport à v_B^2 ?

1.3 - En déduire l'expression de la vitesse v_B de l'eau à travers l'orifice du fond en fonction de z et g.

1.4 - Donner l'expression du débit volumique de vidange q_V en fonction de z et du diamètre d de l'orifice du fond. On négligera le phénomène de contraction de débit.

1.5 - Pour un réservoir de section constante, on montre que le temps écoulé entre deux hauteurs z_i et z_f est donné par la relation suivante :

$$t = \frac{S_R}{s_o} \sqrt{\frac{2}{g}} (\sqrt{z_i} - \sqrt{z_f}) \text{ avec } \begin{cases} t : \text{ temps écoulé (s)} \\ S_R : \text{ section du réservoir (m}^2\text{)} \\ s_o : \text{ section de l'orifice (m}^2\text{)} \end{cases}$$

On donne le tableau suivant pour le réservoir cylindrique :

z_i (m)	1,20	1,10	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10
z_f (m)	1,10	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,00
t (min)	31	32	34	36	38	41	45	49	56	67		210

1.5.1 - Calculer la durée t (en minutes) manquante dans le tableau précédent.

1.5.2 - Calculer la durée T de vidange complète pour vider entièrement le réservoir. Exprimer cette durée en heures et minutes.

1.5.3 - Peut-on graduer en heures le réservoir avec 12 intervalles équidistants entre le fond et la hauteur de remplissage $H = 1,20$ m ? Justifier à l'aide du tableau ci-dessus.

1.6 -

Afin de palier le problème rencontré avec le réservoir cylindrique, on doit utiliser un réservoir de forme courbe.

Dans un repère cylindrique, la paroi du réservoir satisfait à l'équation suivante : $z = Ar^4$ où A est une constante (**figure 7**).

Dans ce cas là, on montre qu'il existe une relation de proportionnalité entre le temps écoulé et la différence de hauteur ($z_i - z_f$) s'écrivant :

$$t = \frac{\pi}{s_o \sqrt{2gA}} (z_i - z_f)$$

où : s_o est la section de l'orifice (en m^2) et t est le temps écoulé (en s).

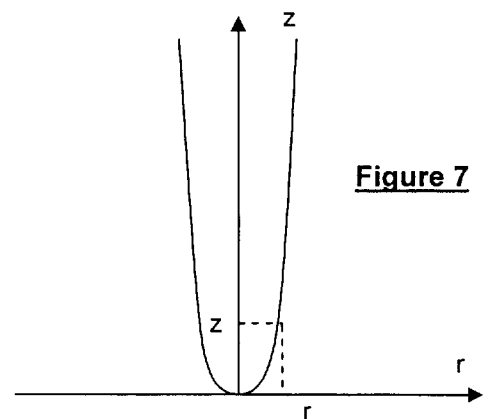


Figure 7

Sachant que la hauteur de remplissage de la clepsydre est $H = 30,0$ cm, calculer le diamètre de l'orifice circulaire au fond du réservoir pour que le temps de vidange soit de 12 heures. On prend $A = 1 \text{ m}^{-3}$.

Partie 2 : Le pendule simple

Une horloge a besoin pour réguler son mouvement d'un dispositif oscillant dont le mouvement se reproduit sans cesse identique à lui-même. C'est ce qui assure un découpage régulier du temps.

Nous allons nous intéresser au pendule simple.

Il est constitué d'un fil, de longueur L , auquel est attaché un objet de masse m (**figure 8**).

Soit θ l'angle entre le pendule et la verticale.

On négligera la masse du fil ainsi que les frottements.

On utilisera le repère de Frenet défini par les vecteurs unitaires (\vec{e}_t, \vec{e}_n) (voir schéma ci-contre).

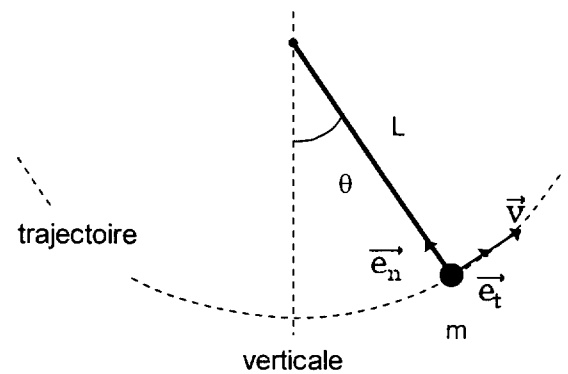


Figure 8

2.1 - Faire un bilan des forces appliquées à l'objet de masse m . Représenter ces forces sur un schéma.

2.2 - À l'aide du schéma précédent, montrer que le poids de l'objet s'écrit :

$$\vec{P} = -mg \cdot (\sin\theta \cdot \vec{e}_t + \cos\theta \cdot \vec{e}_n).$$

2.3 - On donne l'expression de l'accélération dans le repère de Frenet pour un mouvement circulaire :

$$\vec{a} = L \frac{d^2\theta}{dt^2} \vec{e}_t + \frac{v^2}{L} \vec{e}_n.$$

En appliquant la 2^{ème} loi de Newton (principe fondamental de la dynamique) à l'objet de masse m ,

montrer que l'équation différentielle du mouvement du pendule s'écrit ainsi : $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{L} \sin\theta = 0$.

2.4 - Quelle hypothèse supplémentaire permet de réécrire cette équation sous la forme

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{L} \theta = 0 ?$$

2.5 - La solution générale de cette équation différentielle est alors de la forme : $\theta = \theta_0 \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi)$.

En déduire l'expression de ω_0 et celle de la période T_0 du pendule.

2.6 - Quelle doit être la longueur L pour que le pendule batte la seconde c'est-à-dire qu'il effectue un aller simple en 1,00 seconde, donc un aller-retour en 2,00 secondes ? On prendra $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ (valeur à Paris).

2.7 - En 1671, Jean Picard avait proposé de prendre cette longueur comme unité de longueur officielle et internationale. Le problème est que cette valeur varie selon qu'on effectue l'expérience à l'équateur, à Paris ou proche des pôles de la Terre. Comment peut-on expliquer cette variation ?

PARTIE ÉLECTRICITÉ (durée conseillée 1 h 30)

MESURE DU NIVEAU D'EAU DANS UNE CITERNE

Cet exercice est constitué de 5 parties indépendantes.

Il est conseillé au candidat de les traiter dans l'ordre.

Le document réponse 3 (même vierge) doit être joint impérativement à la copie.

On mesure la hauteur d'eau h_E d'une citerne à eau de pluie à l'aide d'un capteur capacitif. Ce dernier est inséré dans la chaîne de mesure décrite par le synoptique ci-dessous. Le but de l'étude est de montrer que la tension v_4 en sortie du filtre est proportionnelle à h_E .

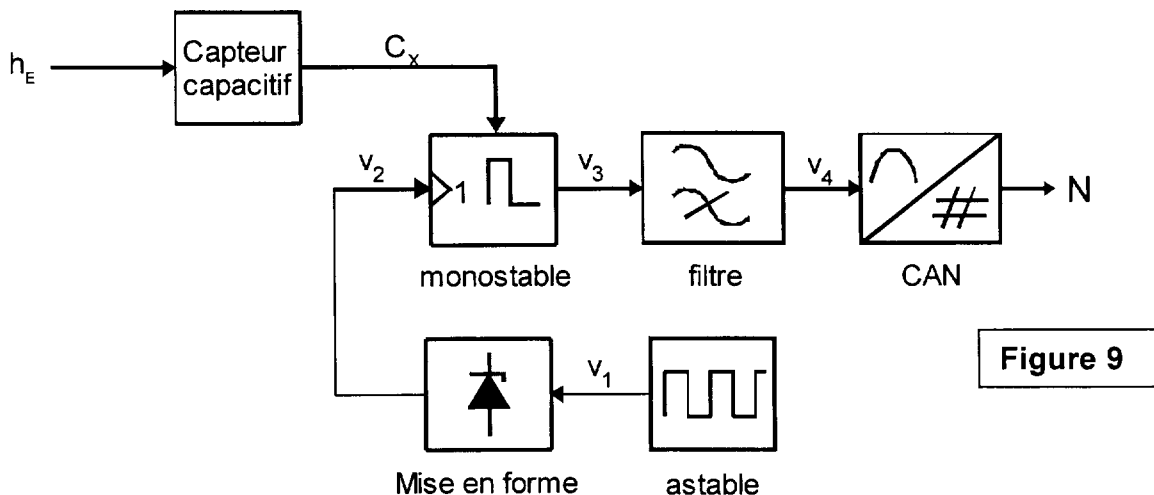
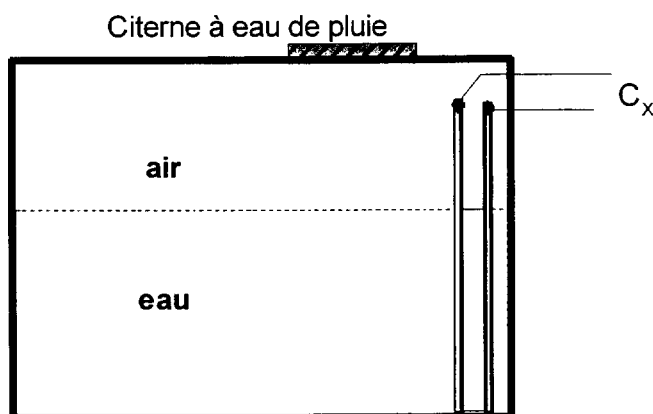


Figure 9

Partie 1 : Étude du capteur capacitif

Le capteur capacitif peut être considéré comme un condensateur plan de capacité C_X qui comporte deux armatures rectangulaires en cuivre de largeur L et de hauteur h . Ces armatures sont distantes entre elles de d . Le diélectrique est constitué par l'eau de pluie sur une hauteur h_E , et pour le reste par l'air, la hauteur totale étant h (figure 10).



Capteur capacitif

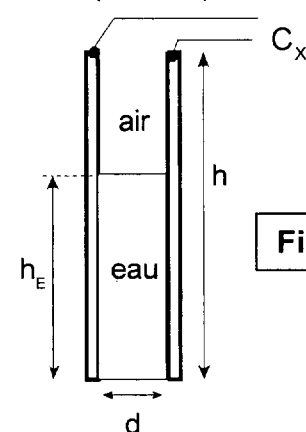


Figure 10

On rappelle l'expression de la capacité C d'un condensateur plan, rempli d'un diélectrique de permittivité relative ϵ_R :

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_R \cdot \frac{S}{d}$$

où S est la surface d'une armature.

$d : 2,54 \text{ mm}$
$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$: permittivité du vide
$\epsilon_{\text{Rair}} = 1$ pour l'air
$\epsilon_{\text{Reau}} = 80$ pour l'eau de pluie
$L = 4,31 \text{ cm}$
$h = 1,00 \text{ m}$

- 1.1 - Déterminer l'expression de la capacité C_X en fonction de h_E , h , L , d , ϵ_{Rair} , ϵ_{Reau} et ϵ_0 .
- 1.2 - Montrer alors que C_X peut s'écrire comme : $C_X = 150 \cdot (1 + 79 \cdot h_E)$ (où C_X est exprimée en pF et h_E en m).
- 1.3 - Calculer les valeurs C_{MIN} et C_{MAX} de C_X lorsque la cuve est respectivement vide et pleine.

Partie 2 : Mise en forme du signal

Le signal v_1 est fourni par un montage astable qui ne sera pas étudié. Son allure en fonction du temps est donnée en **figure 11** ainsi que sur le document réponse (graphe 1).

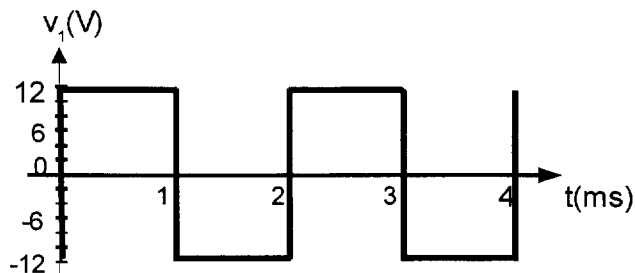


Figure 11

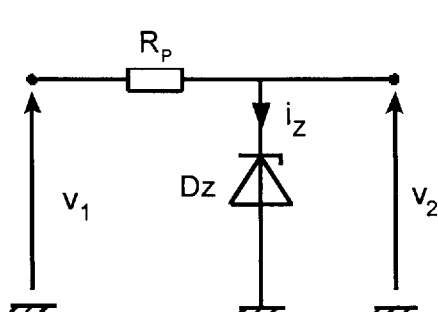


Figure 12a

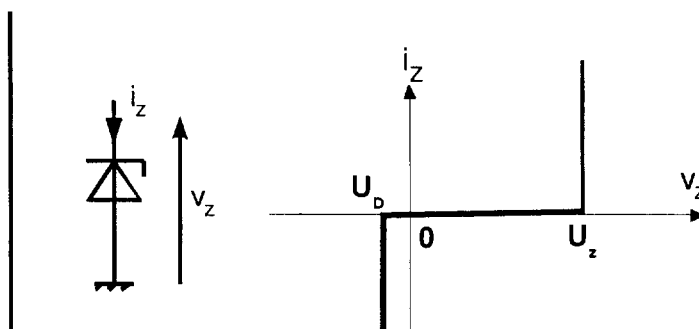


Figure 12b

Le signal v_1 est appliqué à l'entrée du montage de mise en forme (**figure 12a**). On précise sur la **figure 12b** la caractéristique de la diode Dz avec : $U_D = -0,5 \text{ V}$ et $U_Z = 5,1 \text{ V}$

- 2.1 - Représenter l'allure en fonction du temps de la tension v_2 sur le graphe 2 du **document réponse 3** (à rendre avec la copie).
- 2.2 - Calculer la valeur minimale de R_p limitant l'intensité du courant i_z à 10 mA lorsque $v_1 = -12 \text{ V}$. Cette valeur est-elle toujours correcte lorsque $v_1 = +12 \text{ V}$? Justifier votre réponse.
- 2.3 - Le monostable utilisé en aval du montage est de technologie TTL. Justifier alors la mise en forme de la tension v_1 .

Partie 3 : Étude du monostable

Le monostable est alimenté sous $V_{DD} = 5 \text{ V}$. Sa tension de sortie est nulle lorsqu'il est au repos (état stable). Il n'est pas redéclenchable.

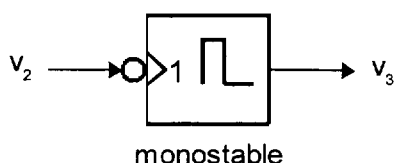


Figure 13

Le monostable utilise la capacité C_X du capteur et une résistance ajustable R_X permettant de faire varier la durée θ de l'état (instable) haut : $\theta = R_X \cdot C_X$. On rappelle que la période du monostable est $T = 2 \text{ ms}$. La documentation constructeur spécifie que cette durée ne peut être inférieure à $10 \mu\text{s}$ et qu'il est déclenché sur front descendant.

On rappelle que la capacité C_X a pour expression : $C_X = 150 \cdot (1 + 79 \cdot h_E)$ (où C_X est exprimée en pF et h_E en m).

- 3.1 - Lorsque la cuve est vide ($h_E = 0$ m), calculer la valeur minimale de R_X permettant un fonctionnement correct du monostable.
- 3.2 - Lorsque la cuve est pleine ($h_E = 1$ m), calculer la valeur maximale de R_X pour que θ reste inférieure à la période de v_1 .
- 3.3 - On choisit $R_X = 82,3$ k Ω , représenter sur le graphe 3 du **document réponse 3** (à rendre avec la copie), la tension v_3 pour une hauteur d'eau $h_E = 50$ cm.
- 3.4 - Déterminer l'expression de la valeur moyenne V_{3MOY} de v_3 en fonction de θ , f et V_{DD} (on rappelle que f est la fréquence de la tension v_1).
- 3.5 - Montrer que V_{3MOY} ne dépend que de la hauteur d'eau h_E . Préciser la plage de variation de V_{3MOY} .

Partie 4 : Étude du filtre

On désire obtenir à l'aide du filtre de la **figure 14**, la composante continue de la tension v_3 issue du monostable. L'étude de cette partie se fera en régime sinusoïdal à la pulsation $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$.

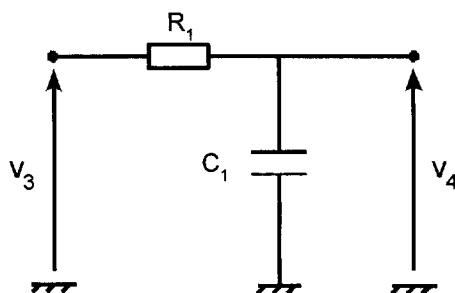


Figure 14

- 4.1 - Établir la fonction de transfert complexe $\underline{A}_V = \frac{V_4}{V_3}$ en fonction de R_1 , C_1 , et ω . La mettre sous la

forme : $\underline{A}_V = \frac{1}{1 + j \cdot \frac{\omega}{\omega_c}}$ et préciser l'expression de ω_c en fonction de R_1 et C_1 .

- 4.2 - Quels sont la nature et l'ordre du filtre ainsi réalisé ?
- 4.3 - Que devient l'expression de \underline{A}_V en régime continu ?
- 4.4 - Donner l'expression du module A_V de \underline{A}_V et celle du gain G_{dB} .

La tension v_3 issue du monostable est maintenant appliquée à l'entrée du filtre. La décomposition en série de Fourier de la tension v_3 s'écrit :

$$v_3 = V_{3MOY} + V_{31} \cdot \sin(\omega t + \varphi_{31}) + V_{32} \cdot \sin(2\omega t + \varphi_{32}) + \dots + V_{3n} \cdot \sin(n\omega t + \varphi_{3n}) + \dots$$

avec $f = 500$ Hz et $V_{31} = \frac{V_{DD}}{\pi} \cdot \sqrt{2}$ pour $\theta = 0,5$ ms.

On se limite au premier harmonique de la tension v_4 que l'on note : $v_{41} = V_{41} \cdot \sin(\omega t + \varphi_{41})$.

- 4.5 - On donne $R_1 = 220$ k Ω , calculer la valeur de C_1 permettant d'obtenir une fréquence de coupure $f_c = 0,5$ Hz.
- 4.6 - On néglige les tensions dont l'amplitude est inférieure à 3 mV. Vérifier que la composante v_{41} de v_4 peut être négligée.
- 4.7 - En déduire l'expression de la tension v_4 .

Partie 5 : Étude du CAN

Pour l'acquisition de la valeur de v_4 , on utilise un CAN 8 bits. On appelle N le mot binaire fourni en sortie du CAN dont la tension de référence est : $V_{REF} = 2,560 \text{ V}$.

On admettra que la tension à l'entrée du CAN a pour expression : $v_4 = 0,031 + 2,438 \cdot h_E$ (où v_4 est exprimée en volt et h_E en m).

- 5.1** - Quelle est la résolution q du CAN ? En déduire la plus petite variation de hauteur d'eau mesurable par celui-ci. Préciser les valeurs minimale et maximale que pourra prendre N.
- 5.2** - On admet que l'incertitude globale Δh_E sur toute la chaîne de mesure est équivalente à 2,5 fois la valeur de la résolution q du CAN. Calculer Δh_E .
- 5.3** - Pour une hauteur d'eau mesurée h_E de 50 cm, écrire la valeur correspondante de N et son incertitude ΔN .

DANS CE CADRE

Académie : _____ Session : _____
Examen ou Concours _____ Série* : _____
Spécialité/option* : _____ Repère de l'épreuve : _____
Épreuve/sous-épreuve : _____
NOM : _____
(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)
Prénoms : _____ N° du candidat
Né(e) le : _____
(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

Repère : TPSP

Session : 2010

Durée : 4 H

Page : 11/13

Coefficient : 4

DOCUMENT RÉPONSE N° 1
À RENDRE AVEC LA COPIE

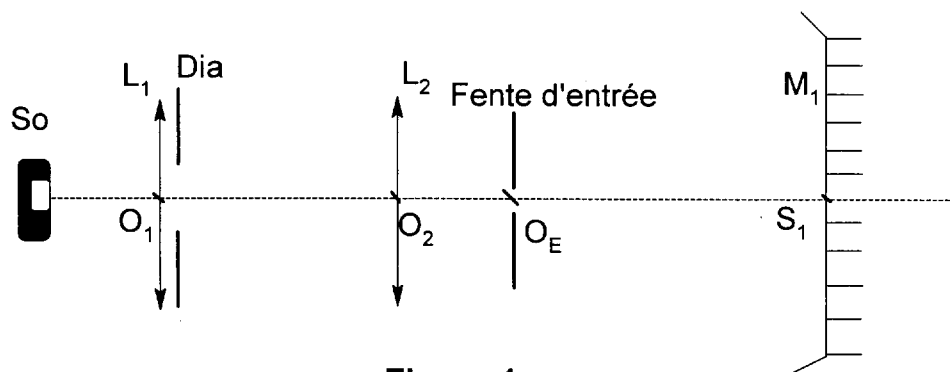


Figure 1

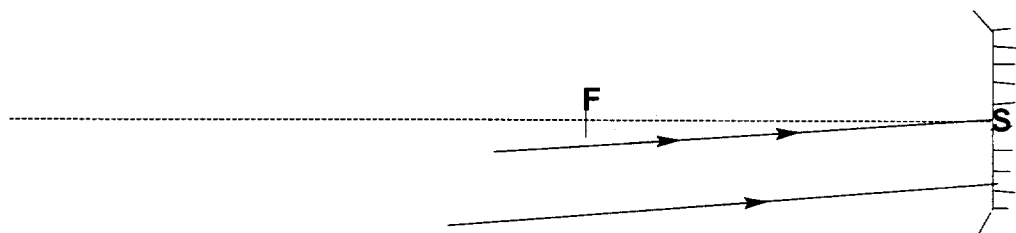


Figure 2

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

Académie : _____ Session : _____
Examen ou Concours _____ Série* : _____
Spécialité/option* : _____ Repère de l'épreuve : _____
Épreuve/sous-épreuve : _____
NOM : _____
(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)
Prénoms : _____ N° du candidat
Né(e) le : _____
(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

Repère : TPSP
Page : 12/13

Session : 2010

Durée : 4 H
Coefficient : 4

DOCUMENT RÉPONSE N° 2
À RENDRE AVEC LA COPIE

NE RIEN ÉCRIRE

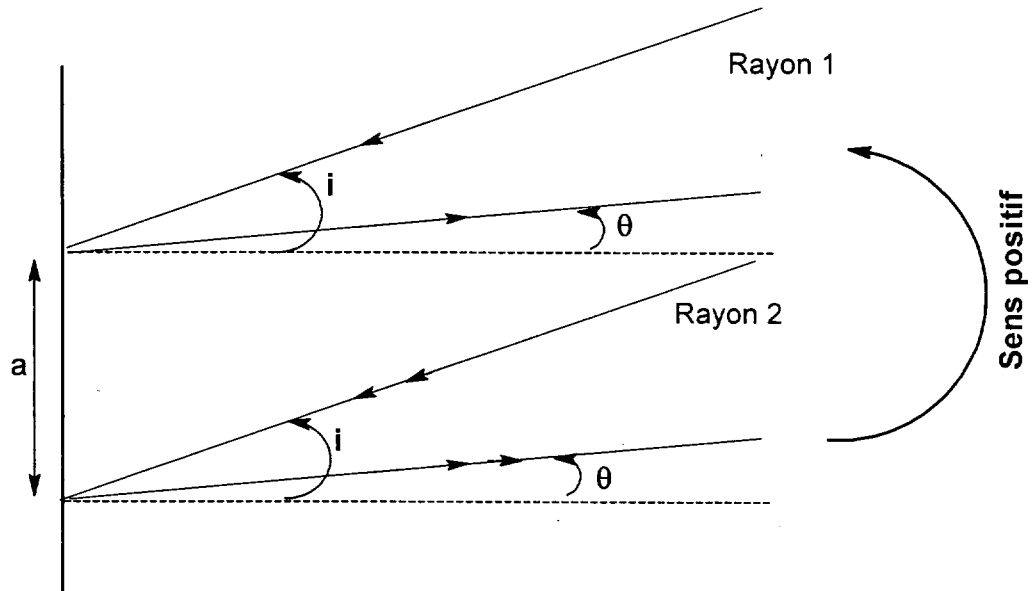


Figure 4

DANS LE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

Académie : _____ Session : _____
Examen ou Concours _____ Série* : _____
Spécialité/option* : _____ Repère de l'épreuve : _____
Épreuve/sous-épreuve : _____
NOM : _____
(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)
Prénoms : _____ N° du candidat
Né(e) le : _____
(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

Repère : TPSP

Session : 2010

Durée : 4 H

Page : 13/13

Coefficient : 4

DOCUMENT RÉPONSE 3
À RENDRE AVEC LA COPIE

