

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE

Session 2003

Épreuve :

PHYSIQUE – CHIMIE – ÉLECTRICITÉ

Partie :

MÉCANIQUE – FLUIDIQUE - CHIMIE

Série

SCIENCES ET TECHNOLOGIE DE LABORATOIRE

PHYSIQUE DE LABORATOIRE ET
DE PROCÉDÉS INDUSTRIELS

Durée de l'épreuve : 3 heures

coefficient : 5

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Une feuille de papier millimétré sera distribuée au candidat.

Le sujet comporte 5 pages.

Partie chimie (8 points)

La question V est indépendante des autres questions.

Données :

$$E^\circ(\text{S}_4\text{O}_6^{2-} / \text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0,08 \text{ V} \quad E^\circ(\text{HClO} / \text{Cl}^-) = 1,50 \text{ V} \quad E^\circ(\text{I}_2 / \text{I}^-) = 0,53 \text{ V}$$

Volume molaire normal : $V_M = 22,4 \text{ L/mol}$

Loi de Nernst à 25°C : $E = E^\circ_{\text{ox/red}} + (0,06/n)\log ([\text{ox}]^a / [\text{red}]^b)$ pour $a \text{ ox} + n\text{e}^- = b \text{ red}$

Extrait de la classification périodique : $_{51}\text{Sb}$ $_{52}\text{Te}$ $_{53}\text{I}$ $_{54}\text{Xe}$

INTRODUCTION

L'eau de Javel est un désinfectant énergétique ; elle contient un mélange équimolaire d'ions chlorure Cl^- et d'ions hypochlorite ClO^- .

Sur l'étiquette d'une eau de Javel du commerce, on lit : 12° CHL (« 12 degrés chlorométriques »)

On souhaite vérifier cette indication.

Définition du degré chlorométrique : c'est le nombre de litres de dichlore Cl_2 que libère, dans les conditions normales de température et de pression, 1 L d'eau de Javel sous l'action d'un acide.

Équation de la réaction : $\text{ClO}^- + \text{Cl}^- + 2 \text{H}_3\text{O}^+ \longrightarrow \text{Cl}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$

Principe du dosage des ions hypochlorites ClO^- : on procède en trois étapes.

ÉTAPE 1 : On dilue 10 fois l'eau de Javel du commerce.

On prélève une prise d'essai $V_E = 20,0 \text{ mL}$ de cette eau de Javel diluée dans un erlenmeyer et on acidifie légèrement par de l'acide acétique concentré.

ÉTAPE 2 : On ajoute un excès d'iodure de potassium ($\text{K}^+ + \text{I}^-$) à la solution obtenue : on obtient du diiode I_2 .

ÉTAPE 3 : On dose le diiode formé par une solution de thiosulfate de sodium ($2 \text{Na}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) étalonnée, de concentration $C_0 = 0,100 \text{ molL}^{-1}$; on doit verser $V_{\text{éq}} = 21,4 \text{ mL}$ de cette solution pour observer la décoloration du contenu de l'erlenmeyer.

QUESTIONS

I - ÉTAPE 1

À partir de l'eau de Javel du commerce, on prépare un volume $V = 100 \text{ mL}$ d'eau de Javel diluée 10 fois ; décrire le mode opératoire en précisant la verrerie utilisée parmi la liste ci-dessous :

<i>Pipettes jaugées</i>	: 5 mL – 10 mL – 20 mL
<i>Fioles jaugées</i>	: 100 mL – 200 mL – 1000 mL
<i>Erlenmeyers</i>	: 100 ml – 500 mL
<i>Béchers</i>	: 100 mL – 250 mL – 500 mL

La légère acidification de la solution transforme les ions hypochlorite ClO^- en molécules d'acide hypochloreux HClO .

II - ÉTAPE 2

- 1 - Écrire les équations des demi-réactions d'oxydation et de réduction qui sont réalisées au cours de cette étape ; en déduire l'équation de cette réaction.
- 2 - Écrire la relation entre la quantité de matière $n(\text{ClO}^-)$ d'ions hypochlorite apportés par la prise d'essai et la quantité de matière $n(\text{I}_2)$ de diiode formé.

III - ÉTAPE 3 ET BILAN

- 1 - Écrire les équations des demi-réactions d'oxydation et de réduction qui sont réalisées au cours de cette étape ; en déduire l'équation de cette réaction.
- 2 - Écrire la relation entre la quantité de matière $n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$ d'ions thiosulfate versés à l'équivalence et la quantité de matière $n(\text{I}_2)$ dosée.
- 3 - En déduire la relation entre $n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$ et $n(\text{ClO}^-)$.
- 4 - Soit C' la concentration molaire en ions hypochlorite ClO^- de l'eau de Javel diluée. Établir l'expression littérale de C' en fonction de C_0 , V_E et $V_{\text{éq}}$.
- 5 - En déduire l'expression littérale de C , concentration molaire en ions hypochlorite ClO^- de l'eau de Javel commerciale ; justifier.

IV - RÉSULTATS : calculer

- 1 - la valeur de C ;
- 2 - le degré chlorométrique de l'eau de Javel du commerce ; conclure.
Remarque : Si vous n'avez pas calculé C , vous prendrez comme valeur approximative $C = 0,5 \text{ mol/L}$.

V - COMPLÉMENTS

- 1 - À propos des chlorures ...
On aurait pu envisager de doser les ions chlorure de l'eau de Javel par potentiométrie en utilisant une réaction de précipitation. Cette méthode nécessite la mesure du potentiel entre une électrode de mesure et une électrode de référence.
 - a) Quelles auraient été : - l'électrode de mesure nécessaire ?
- la solution dosante ?
 - b) Exprimer littéralement le potentiel de cette électrode de mesure à 25°C .
 - c) Quelle concentration molaire C_x en ions chlorure Cl^- devrait-on trouver pour l'eau de Javel du commerce ? Justifier.
- 2 - À propos de l'iode...
Si l'iode 127 est l'isotope le plus abondant, l'iode 131 est très utilisé comme marqueur en biologie. Le nucléide $^{131}_{53}\text{I}$ est émetteur radioactif β^- ; écrire l'équation de cette émission radioactive et identifier le noyau fils formé.

Partie mécanique fluide (12 points)

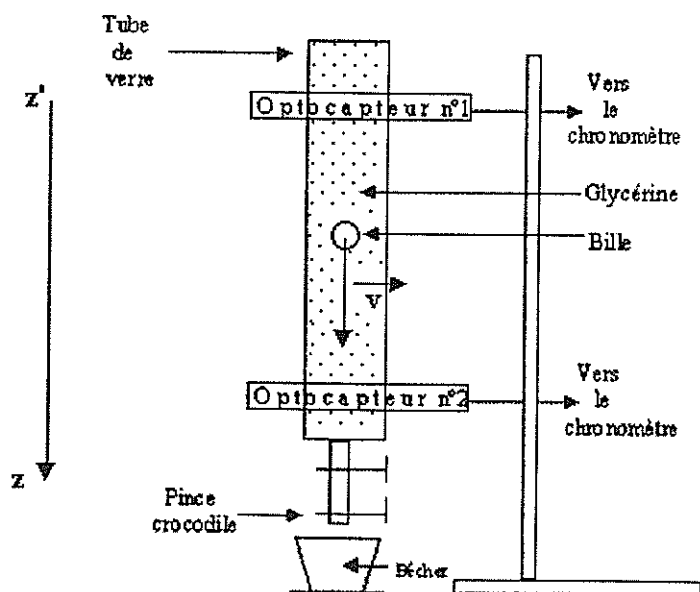
Exercice n°1 (7 points) : Détermination de la viscosité dynamique du glycérol.

Banque de données :

- Volume de la bille d'acier : $V = (4/3)\pi R^3$.
- Accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Les parties A et B sont indépendantes.

Partie A : Approche théorique.



Pour déterminer la viscosité η du glycérol (*appelé aussi glycéline*), on mesure la vitesse v de chute d'une bille sphérique, de masse m , dans un tube vertical, rempli de glycérol, pendant la phase du mouvement rectiligne uniforme qui débute quelques instants après le lâcher de la bille.

On admet que la bille est soumise à :

- son poids $\vec{P} = m\vec{g}$,
- la poussée d'Archimède $\vec{F}_A = -\rho_1 V \vec{g}$
- la force de viscosité \vec{T} exercée par le fluide qui s'oppose au déplacement de la bille et qui est donnée par $\vec{T} = -6\pi\eta R \vec{v}$, où R est le rayon de la bille.

- 1 - Expliquer brièvement ce qu'est la viscosité d'un fluide.
- 2 - Justifier physiquement que la bille atteint une vitesse limite v_{lim} (aucun calcul numérique n'est demandé).
- 3 - Écrire la relation vectorielle traduisant le mouvement rectiligne et uniforme de la bille considérée ici comme système.
- 4 - Projeter sur l'axe z/z' la relation précédente et en déduire l'expression littérale de la viscosité η du glycérol en fonction de v_{lim} , ρ_1 , ρ_2 , g , R (où ρ_2 est la masse volumique de la bille).

Partie B : Approche expérimentale.

Avertissement :

Les autres données nécessaires sont fournies dans la banque de données indiquée au début de l'exercice.

On chronomètre la chute de la bille pour plusieurs hauteurs h de chute dans le glycérol, selon le dispositif de la figure de la partie A. La température du glycérol est constante et égale à 20°C .

- 1 - a) La densité du glycérol mesurée avec un densimètre est $d = 1,26$.
En déduire la masse volumique ρ_1 du glycérol.
- b) La bille a une masse $m = 2,54 \times 10^{-4} \text{ kg}$ et un rayon $R = 2,0 \times 10^{-3} \text{ m}$. Calculer la masse volumique ρ_2 de l'acier.

- 2 - On mesure la durée t de la chute de la bille dans le glycérol pour différentes hauteurs de chute h .
On obtient le tableau suivant :

h (m)	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20
t (s)	5,45	7,25	9,10	10,90	12,75	14,55	16,35	18,20	20,05	21,85

Construire le graphique $h = f(t)$ sur papier millimétré. Quelle est la nature de la courbe ?
En déduire la vitesse limite de la bille.

- 3 - a) Les valeurs obtenues pour ρ_1 et ρ_2 (questions **B-1-a**) et **B-1-b**) permettent de transformer l'expression de η (question **A-4**) en :

$$\eta = \frac{0,05g}{9v_{\text{lim}}}$$

En déduire la valeur de la viscosité du glycérol en l'exprimant en unités S.I..

- b) Sachant que la valeur donnée par les tables est $\eta = 1,069$ Pa.s, quelle est la précision de la mesure réalisée ?

Exercice n°2 (5 points) : Le Satellite Hubble (téléscope spatial).

La Terre est assimilée à une sphère de masse M_T et de rayon $R_T = 6370$ km. Un satellite de masse $m = 12$ tonnes, assimilé à un point matériel, décrit d'un mouvement uniforme une orbite circulaire à l'altitude $h = 600$ km dans le plan équatorial. (On se place dans le repère géocentrique.)

On note K la constante de la gravitation universelle et \vec{G} le vecteur champ de gravitation.

- 1 - On rappelle ci-dessous l'expression de la force de gravitation universelle de Newton :

$$F = K \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

- a) Donner la signification des différents termes de l'expression précédente ainsi que les unités S.I..
b) Donner l'expression de l'intensité de la force de gravitation subie par le satellite.
c) Représenter ce vecteur force sur un schéma faisant apparaître la Terre et le satellite.
- 2 - a) Montrer que l'intensité G du champ de gravitation à l'altitude h est $G = G_0 \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$ où G_0 est la valeur du champ de gravitation au sol.
b) Calculer la valeur numérique du champ gravitationnel G à l'altitude h .
On prendra $G_0 = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.
- 3 - Existe-t-il un vecteur accélération pour le satellite ? Si oui, préciser ses caractéristiques.
- 4 - Montrer que la vitesse du satellite est : $v = R_T \sqrt{\frac{G_0}{R_T + h}}$ et calculer sa valeur dans les unités S.I..
- 5 - Donner l'expression de la période T de révolution du satellite. Calculer, dans les unités S.I., la valeur de cette période.

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE

Session 2003

Épreuve :

PHYSIQUE – CHIMIE – ÉLECTRICITÉ

Partie :

ÉLECTRICITÉ

Série

SCIENCES ET TECHNOLOGIE DE LABORATOIRE

**PHYSIQUE DE LABORATOIRE ET
DE PROCÉDÉS INDUSTRIELS**

Durée de l'épreuve : 3 heures

coefficient : 5

L'usage de la calculatrice est autorisé.

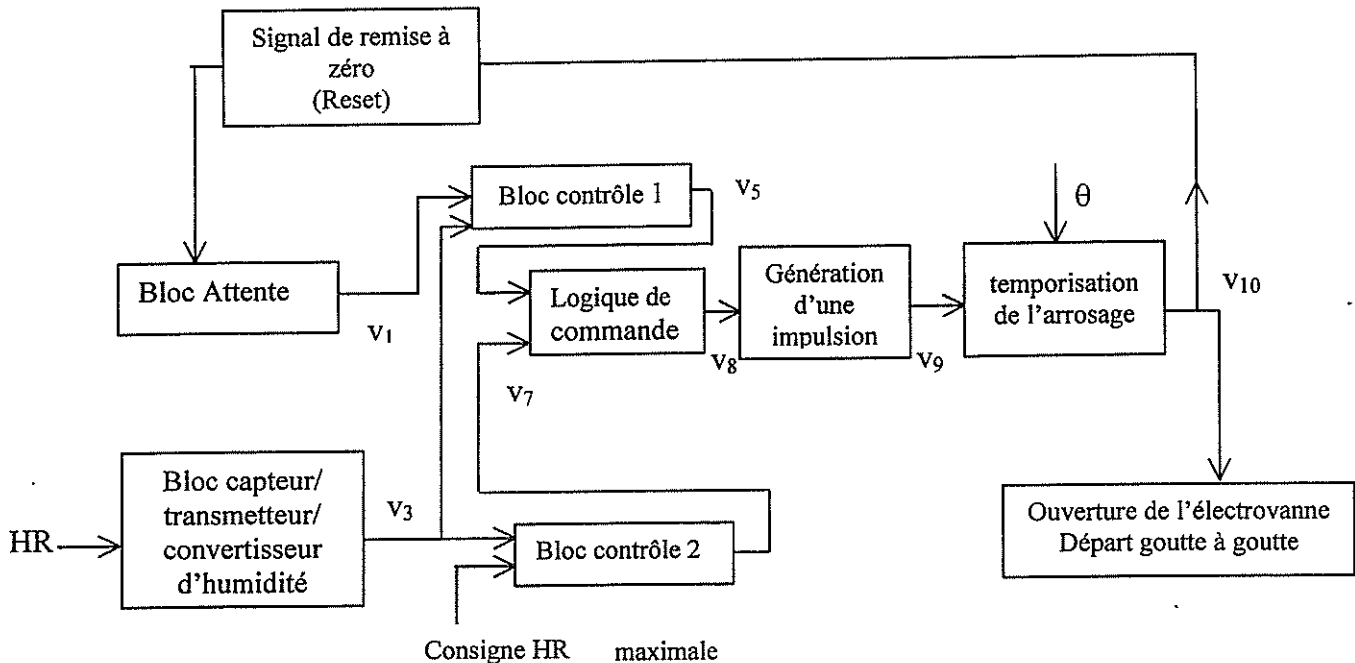
Le sujet comporte 9 pages, dont les documents-réponse, pages 8 et 9, sont à rendre avec la copie.

Les 4 parties du sujet peuvent être traitées indépendamment

ÉTUDE D'UN SYSTÈME D'IRRIGATION DE TYPE GOUTTE À GOUTTE EN ZONE MÉDITÉRANÉENNE

En zone méditerranéenne, l'arrosage automatique en goutte à goutte permet d'économiser des réserves d'eau, car on n'apporte que la quantité d'eau nécessaire, chaque goutte tombant au niveau de la racine des plantes sans être déplacée par le vent. Le synoptique ci-dessous montre, de manière simplifiée, une automatisation possible de ce type d'arrosage discontinu, en tenant compte du taux d'humidité et de la température.

Toutes les fonctions ne seront pas étudiées.



NB : Tous les amplificateurs opérationnels sont supposés parfaits. Ils sont alimentés en $+15/-15V$.
Leurs tensions de saturation sont considérées comme égales à leurs tensions d'alimentation.
Toutes les durées à calculer sont à donner en secondes.

PARTIE I : Le bloc attente (c.f. figure 1, page 6) (3 points)

A) Le compteur

Ce compteur est un système qui compte le nombre d'impulsions sur son entrée. En sortie, on obtient un nombre binaire naturel $[N]$ sur 8 bits, correspondant au nombre N d'impulsions comptées. Les impulsions sont produites avec un montage qui génère un signal périodique rectangulaire comportant une impulsion positive toutes les 10 secondes.

- 1 - Quelle est la fréquence de ce signal ?
- 2 - Donner la relation entre la durée de comptage t et le nombre d'impulsions N .
- 3 - Quel nombre maximal d'impulsions ce compteur 8 bits peut-il compter ?

B) Le convertisseur de données

On utilise un convertisseur numérique analogique pour convertir ce nombre d'impulsions binaire $[N]$ en une tension v_1 proportionnelle au nombre d'impulsions (c.f. figure 1, page 6).
 Pour une durée de comptage t de 40 minutes, on mesure une tension v_1 de 10,8 V.

- 1 - Calculer le quantum q du convertisseur.
- 2 - En déduire sa pleine échelle (PE).
- 3 - Pour quelle durée de comptage la tension v_1 atteint-elle 7,38 V ?

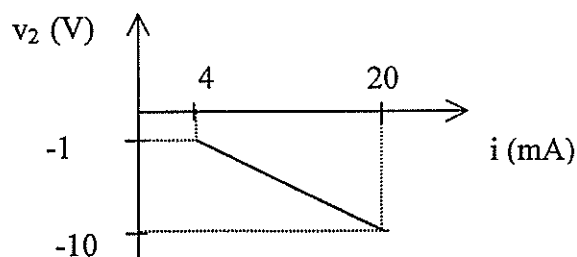
PARTIE II : Conversion humidité-tension (c.f. figure 2, page 6) (5 points)

Le capteur d'humidité utilisé ici pour mesurer l'humidité de l'air ambiant est un hygromètre capacitif, composé d'un film pelliculaire à base de polymère entre 2 couches d'or. L'ensemble forme un condensateur dont la capacité C varie avec le taux d'humidité relative (HR).

Un capteur-transmetteur d'humidité permet d'obtenir un signal 4-20 mA, fonction affine du taux d'humidité relative qui varie de 0 à 100 %.

A) Relation tension-courant

On cherche à convertir le courant 4-20 mA, issu du transmetteur, en une tension v_2 .
 Le graphique ci-dessous représente l'allure de v_2 en fonction du courant i :



- 1 - Déterminer l'expression numérique de v_2 (en V) en fonction de i (en A).

B) Conversion courant-tension (c.f. figure 3, page 6)

Le schéma de la figure 3 représente cette conversion. La source de courant représente la sortie du capteur-transmetteur d'humidité. Les amplificateurs opérationnels AO1 et AO2 fonctionnent en régime linéaire.

- 1 - Quelle est la valeur de v_{D1} ? Justifier.
- 2 - Déterminer l'expression de v_2 en fonction de R'' et de i'' .
- 3 - Déterminer la relation entre i' , R' et E .

- 4 - Établir la relation entre i , v_2 , R' , R'' et E . En déduire que $v_2 = -R'' \cdot i - \frac{E \cdot R''}{R'}$.
- 5 - $E = -15V$. En utilisant la **partie A**, déterminer les valeurs de R' et R'' .
- 6 - Déterminer l'expression de v_3 en fonction de R_1 , R_2 , et v_2 .
Quelle doit- être la relation entre R_1 et R_2 pour avoir $v_3 = -v_2$?

PARTIE III : Prise en compte de l'humidité par les blocs de contrôle (7 points)

A) Bloc de contrôle 1

La prise en compte du taux d'humidité s'effectue à l'aide d'un montage à amplificateur opérationnel. On utilise le montage de la figure 4, page 6.

v_3 est une tension qui dépend de l'humidité relative HR avec la relation suivante :

$$v_3 = 0,09 \cdot HR + 1 \quad \text{avec } v_3 \text{ en volt et HR en \%}.$$

On prend un taux d'humidité HR = 20 %.

- 1 - Quelle est la valeur correspondante de v_3 ?
- 2 - a) Si $v_1 = 0,5 V$, quelle est la valeur de v_4 ? Justifier.
b) Si $v_1 = 7 V$, quelle est la valeur de v_4 ? Justifier.
- 3 - On donne la relation suivante : $v_1(\text{volts}) = 45 \cdot 10^{-3} \cdot N$, avec pour N , un nombre entier, qui correspond dans ce système à un nombre d'impulsions. Il y a une impulsion toutes les 10 secondes.
- a) Après initialisation du compteur ($N = 0$), pour quelle valeur de N , et pour quelle durée de comptage, la sortie du montage va-t-elle basculer ?
- b) Déterminer la durée au bout de laquelle la sortie du montage basculera, si l'humidité atteint 75 % ? Sachant que le basculement de v_4 à +15 V va déclencher le goutte à goutte, quel est l'intérêt du système ?

B) Adaptation aux niveaux logiques

On utilise le montage représenté à la figure 5, page 6. La caractéristique $i = f(v_D)$ d'une diode Zéner (Dz) idéale, est représentée en figure 6, page 7.

- 1 - Quand $v_4 = 15 V$, quelle est la valeur de v_5 ? Même question quand $v_4 = -15 V$.
- 2 - Compléter le chronogramme de v_5 sur le document-réponse 1, page 8 (on indiquera les valeurs extrêmes de v_5 sur le document-réponse).

C) Bloc de contrôle 2

Lorsque le taux d'humidité atteint une valeur maximale, il devient inutile d'irriguer. La détection de cette valeur maximale est réalisée par le dispositif représenté à la figure 7, page 7. On rappelle que $v_3 = 0,09.HR + 1$.

- 1 - Quelles sont les valeurs possibles pour v_6 ? Justifier.
- 2 - Exprimer v_3 en fonction de R_4 , R_5 et V_{CC} .

On souhaite que la sortie de l'amplificateur opérationnel AO4 bascule quand $HR = 100\%$.

- 3 - Calculer la valeur de R_4 permettant d'obtenir un basculement de la sortie lorsque le taux d'humidité augmente et atteint 100% . Quelle sera alors la valeur de v_6 ?

PARTIE IV : Temporisation de l'arrosage (5 points)

La tension v_8 , lorsqu'elle devient positive, est transformée en une impulsion v_9 qui va permettre de commander l'électrovanne (le circuit de puissance n'est pas étudié ici), pendant une durée limitée. Ce système de commande contient une bascule RS à portes C.M.O.S (c.f. figures 8 et 9, page 7).

A) La bascule RS

La table de transition de la bascule RS est donnée figure 8, page 7. On rappelle que pour cette bascule, tous les basculements s'effectuent pour des tensions d'entrées égales à $V_{dd}/2$.

Compléter le chronogramme sur le document- réponse 2, page 8.

B) La commande temporisée

On utilise une diode supposée idéale, dont la caractéristique se trouve en figure 10 (page 7). La tension d'alimentation de la bascule est $V_{dd} = 10\text{ V}$. L'électrovanne est ouverte lorsque v_{10} est à l'état haut, et fermée quand $v_{10} = 0\text{ V}$. Le montage de la commande temporisée est représenté en figure 9 (page 7).

1 - Étude de l'état stable ($t < t_1$)

Cet état est caractérisé par $v_9 = 0\text{ V}$ et $v_{10} = 0\text{ V}$.

La diode est passante. En déduire la valeur de v_C , et compléter le document-réponse 3 (page 9).

2 - Étude de l'état instable

À l'instant $t = t_1$, une impulsion positive v_9 est appliquée sur l'entrée S (c.f. document-réponse 3).

- a) Donner les valeurs de v_{10} et v_C juste après l'application de cette impulsion. En déduire l'état de la diode juste après t_1 . Justifier.
- b) Entre t_1 , et un instant t_2 que l'on déterminera à la question C, la tension v_C suit l'évolution représentée sur le document-réponse 3. Quel est l'état de la diode durant cette période ? Quelle est la valeur de v_{10} ? Compléter le document-réponse 3.
- c) Quelle est la valeur de v_C qui provoque un changement d'état en sortie de la bascule ? Donner la valeur de v_{10} et de v_C à cet instant t_2 . En déduire l'état de la diode juste après t_2 . Compléter le document-réponse 3, en faisant apparaître l'instant t_2 .
- d) Faire apparaître la durée d'ouverture T_0 de l'électrovanne. Quelle serait l'influence sur T_0 d'une diminution de la résistance R_4 ? Même question si C augmentait ?

ANNEXE : Schémas et montages

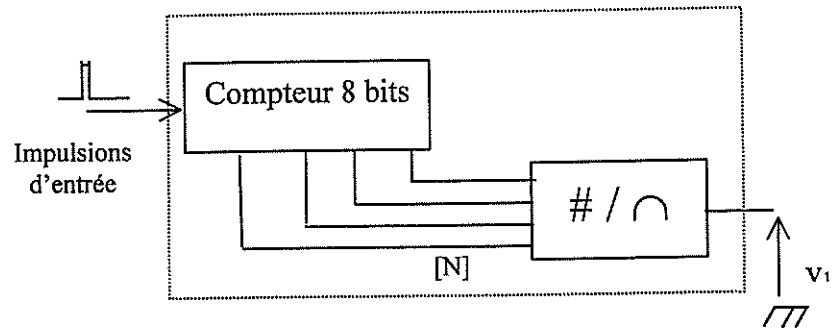


Figure 1 : Le bloc Attente

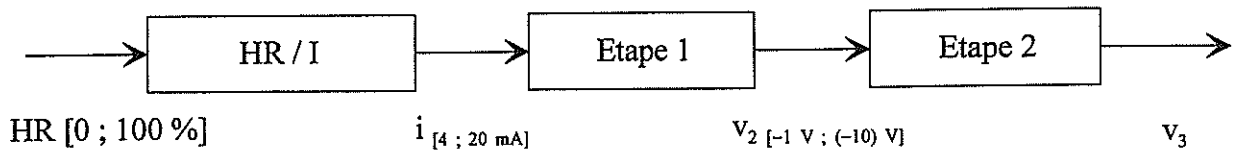


Figure 2 :

Schéma fonctionnel du bloc de conversion Humidité/Tension à partir du capteur/transmetteur

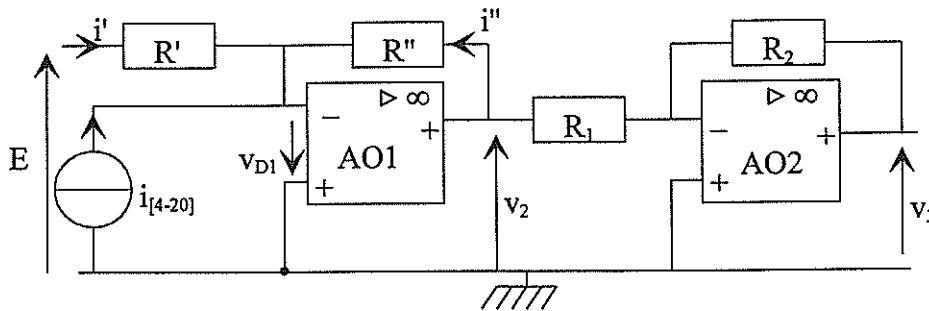


Figure 3 : Module de conversion courant - tension

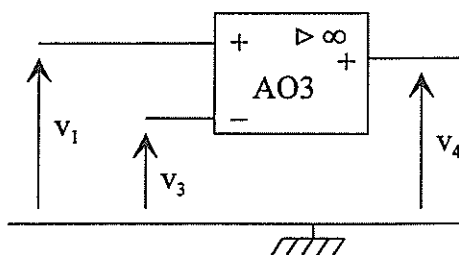


Figure 4 : Prise en compte du taux d'humidité

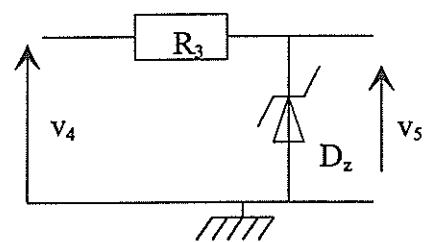


Figure 5 : Adaptation CMOS

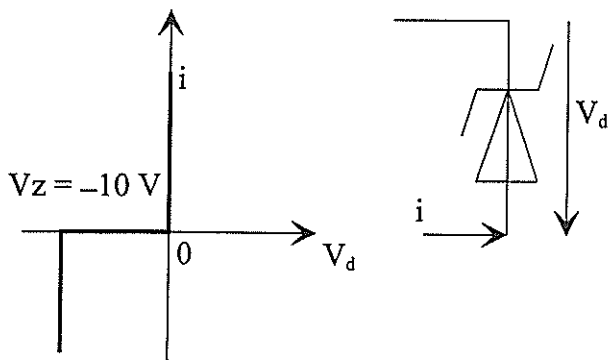


Figure 6 : Caractéristiques de la diode Zéner

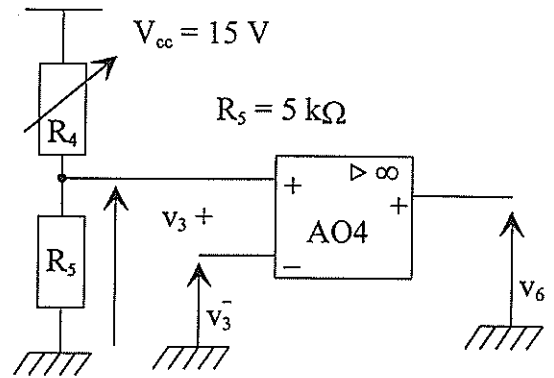
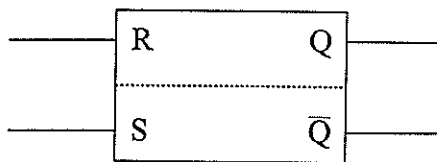


Figure 7 : Détection de l'humidité maximale



S	R	Qt
0	0	Qt-1
1	0	1
0	1	0
1	1	Interdit

Figure 8 : La bascule RS

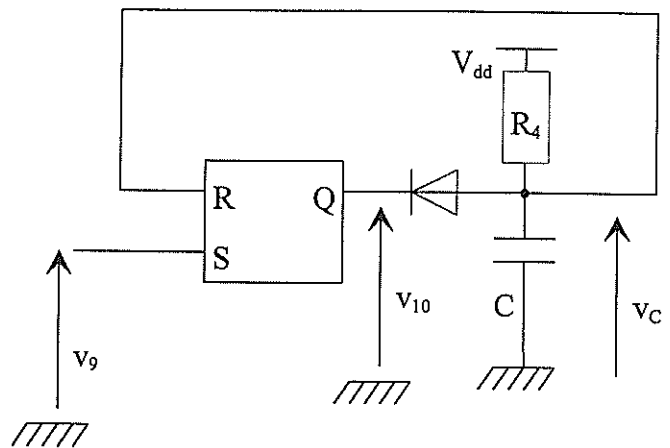


Figure 9 : Déclenchement temporisé de la commande de goutte à goutte

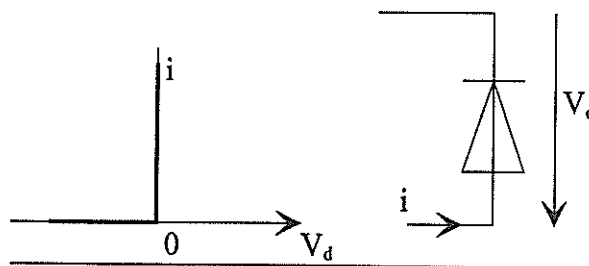
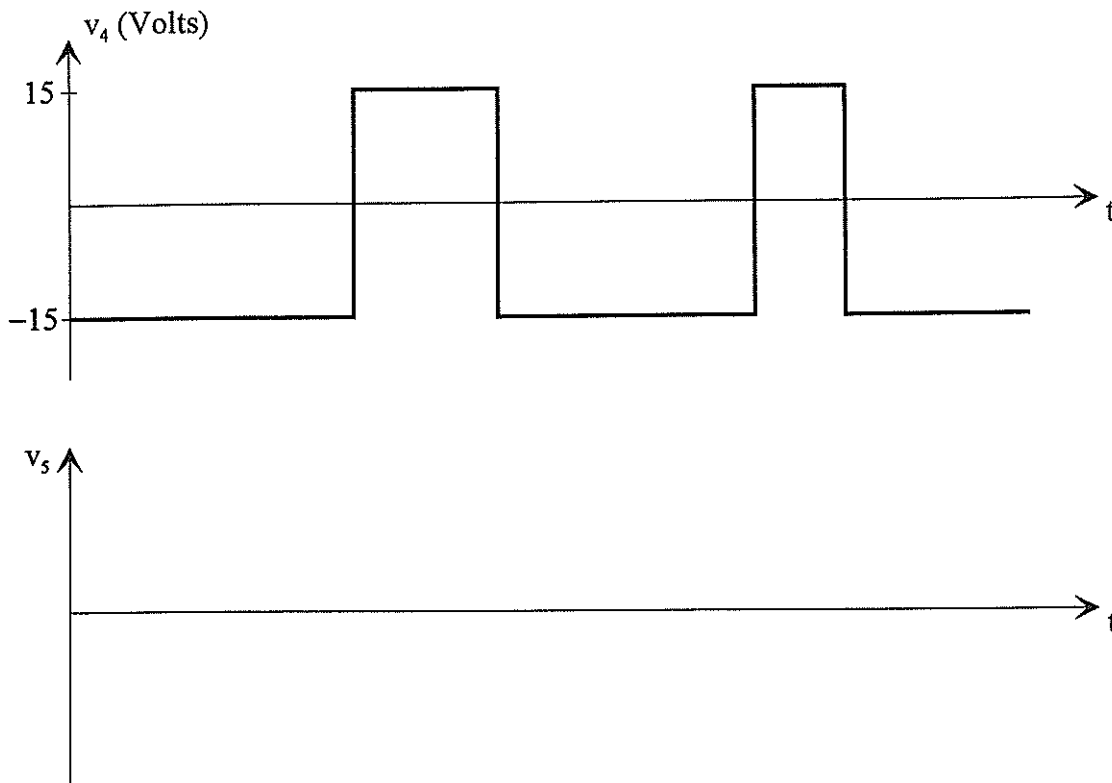


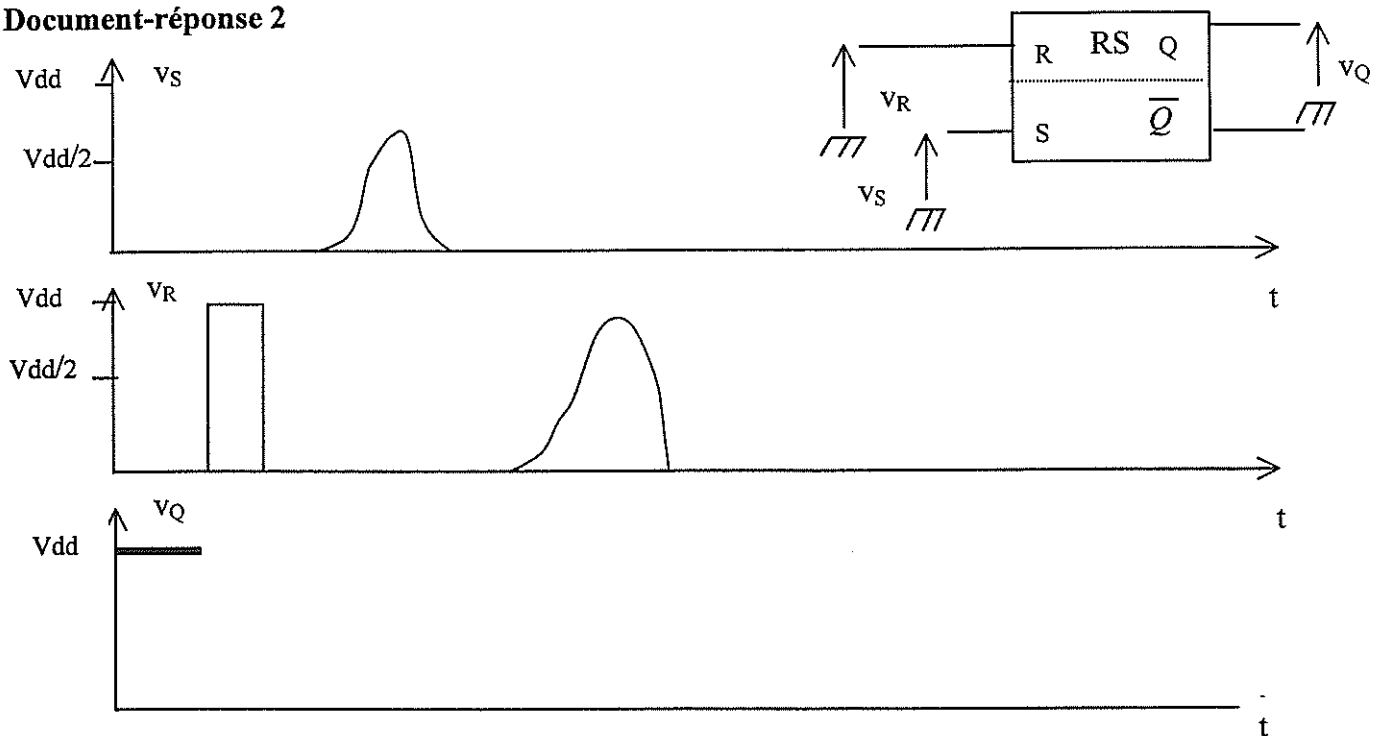
Figure 10 : Caractéristique d'une diode idéale

DOCUMENTS-RÉPONSES (À rendre avec la copie)

Document-réponse 1



Document-réponse 2



Document-réponse 3

