

# **BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE**

**Série : Sciences et Technologies de Laboratoire**

**Spécialité : Sciences Physiques et Chimiques en  
Laboratoire**

**SESSION 2018**

**Sous-épreuve écrite de sciences physiques et  
chimiques en laboratoire**

Coefficient de la sous-épreuve : 4

Ce sujet est prévu pour être traité en deux heures.

**Les sujets de CBSV et de sciences physiques et chimiques en  
laboratoire seront traités sur des copies séparées.**

**L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.**

Ce sujet comporte **9** pages.

Les documents sont réunis en fin d'énoncé.

**Les pages 8 et 9 sont à rendre avec la copie.**

# Vers un retour du lamantin dans la baie des Marins

## Introduction :

Le lamantin, aussi appelé « vache de mer », est un mammifère herbivore vivant dans les eaux saumâtres et marécageuses. Comme beaucoup d'espèces, le lamantin est menacé de disparition. Le parc national d'une île des Antilles a décidé de réintroduire l'espèce menacée sur l'île.

*D'après <http://la1ere.francetvinfo.fr/>*



*D'après <https://fr.wikipedia.org/wiki/Lamantin>*

Pour accueillir le lamantin, un bassin est aménagé et alimenté en eau de la Baie des Marins aux Antilles. Dans le bassin, un système de régulation du niveau d'eau est installé. Avant l'introduction du lamantin, l'eau doit être analysée afin de s'assurer qu'elle convient au milieu de vie du mammifère. À l'aide d'un télémètre LASER et d'un télémètre à ultrasons, les techniciens vérifient le niveau d'eau dans le bassin.

**Le sujet comporte trois parties indépendantes**

**Partie 1 : étude de la salinité de l'eau du bassin. (6 points)**

**Partie 2 : étude de la régulation du niveau de l'eau. (6 points)**

**Partie 3 : télémétrie. (8 points)**

Les **documents** sont réunis en fin d'énoncé (pages 5 à 7) ainsi que les deux **documents réponses A et B** à rendre avec la copie (pages 8 et 9).

## Partie 1 : étude de la salinité de l'eau du bassin. (6 points)

Le technicien du parc national prélève un échantillon d'eau de la Baie des Marins et réalise un dosage conductimétrique par étalonnage du chlorure de sodium de l'échantillon.

Pour simplifier, on considère que la salinité de l'eau est due uniquement au chlorure de sodium présent dans l'eau.

- 1.1. Écrire l'équation de dissolution du chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ ) dans l'eau.
- 1.2. Donner l'expression de la constante d'équilibre  $K_s$  associée à la réaction de dissolution.

Afin de procéder au dosage, le technicien prépare une gamme de solutions filles à partir d'une solution mère  $S_0$  de chlorure de sodium de concentration molaire  $C_0 = 4,0 \text{ mmol.L}^{-1}$ .

- 1.3. Sachant que  $K_s = 39$ , calculer la valeur du quotient réactionnel  $Q_{r0}$  dans le cas de la solution  $S_0$ . Indiquer si la solution est saturée. Justifier la réponse.

Il mesure ensuite la conductivité de chaque solution et obtient le graphique du **document réponse A** (page 8).

- 1.4. Donner le nom de la manipulation chimique utilisée pour préparer les solutions filles. Déterminer le volume  $V_0$  de la solution  $S_0$  prélevé pour préparer 50,0 mL de la solution  $S_1$  de concentration molaire  $C_1 = 2,0 \text{ mmol.L}^{-1}$ .

- 1.5. Le technicien mesure la conductivité de l'eau de la Baie des Marins diluée 10 fois. Il obtient  $\sigma_{\text{exp}} = 350 \text{ } \mu\text{S.cm}^{-1}$ .

- 1.5.1. En utilisant le **document réponse A**, déterminer la concentration molaire  $C_{\text{exp}}$  de l'eau diluée de la Baie des Marins.

- 1.5.2. En déduire la concentration molaire  $C_{\text{Baie}}$  de l'eau de la Baie des Marins.

- 1.5.3. En utilisant l'**introduction du sujet** (page 2) et les **documents 1 et 2** (page 5), dire si l'eau du bassin est adaptée à la vie du lamantin.

- 1.6. Le titrage direct des ions chlorure peut aussi être utilisé pour déterminer la salinité de l'eau du bassin. Dans le **document 3** (page 5), deux titrages directs des ions chlorure sont présentés. Choisir, en justifiant, le titrage des ions chlorure qui est le moins dangereux pour la santé du technicien.

## Partie 2 : étude de la régulation du niveau de l'eau. (6 points)

Le parc national décide de construire un bassin pour étudier le lamantin. Les techniciens installent un système permettant de maintenir constant le niveau de l'eau du bassin. Le schéma du système est donné par le **document 4** (page 6).

- 2.1. Identifier la grandeur réglante et une grandeur perturbatrice.
- 2.2. Compléter le **document réponse A** à l'aide des mots suivants : *capteur de niveau, grandeur réglée, mesure X, consigne W, grandeur perturbatrice Z*.
- 2.3. Pour déterminer le comportement du système, on étudie sa réponse à un échelon de commande Y. On obtient le graphe du **document réponse B** (page 9).  
En vous aidant du **document 5** (page 6) et du **document réponse B**:

- 2.3.1. Déterminer le gain statique  $G_S$ .
  - 2.3.2. Déterminer la valeur du temps mort  $t_m$  et le représenter sur le **document réponse B**.
  - 2.3.3. Déterminer la valeur de la constante de temps  $\theta$  et la représenter sur le **document réponse B**.
- 2.4. En vous aidant du **document 6** (page 6), déterminer le type de régulation le plus approprié dans le cas de la régulation du niveau d'eau dans le bassin.

### Partie 3 : télémétrie. (8 points)

Le technicien a un doute sur la valeur indiquée par le transmetteur de niveau de la boucle de régulation présenté dans le **document 4**. Il décide de vérifier le niveau d'eau du bassin. Pour cela, il place un miroir au fond du bassin.

La télémétrie LASER et la télémétrie à ultrasons présentées dans le **document 8** (page 7) doivent être combinées pour effectuer cette mesure.

#### 3.1. Le capteur de pression différentielle.

- 3.1.1. Celui-ci indique une valeur  $h$  du niveau d'eau de 19,60 m. Montrer que ce résultat est bien compatible avec la plage de mesure indiquée par le constructeur dans le **document 7** (page 7).
- 3.1.2. Toujours en utilisant des indications du constructeur, indiquer la valeur de la mesure du niveau d'eau associée à son incertitude.

#### 3.2. Mesures par télémétrie : le télémètre à ultrasons indique une valeur notée $d$ et le télémètre LASER indique une valeur notée $D$ .

- 3.2.1. En utilisant les **documents 8 et 9** (page 7), compléter, sur le **document réponse B**, les trajets suivis par les ondes lors de l'utilisation du télémètre à ultrasons et du télémètre LASER.

Légender sur le schéma **1**) la flèche correspondant à la hauteur  $d$  mesurée par le télémètre à ultrasons et sur le schéma **2**) celle correspondant à la hauteur  $D$  mesurée par le télémètre LASER.

Justifier par un raisonnement scientifique accompagné d'un calcul.

- 3.2.2. En utilisant les schémas précédents, déterminer la valeur  $h$  du niveau d'eau du bassin sachant que  $d = 4,41$  m et  $D = 24,00$  m ont été obtenus à partir d'appareils calibrés.
- 3.2.3. En utilisant le **document 8**, donner l'incertitude due à la précision des appareils pour les valeurs de  $d$  et  $D$ .
- 3.2.4. Lors de l'utilisation du télémètre à ultrasons et du télémètre LASER, le technicien doit placer les appareils à la même hauteur. Une incertitude liée au positionnement du deuxième télémètre par rapport à la position du premier télémètre est prise en compte et vaut :  $U_{\text{position}} = 3$  cm.

Montrer que les incertitudes dues aux appareils sont négligeables par rapport à l'incertitude liée aux manipulations et exprimer la valeur de  $h$  associée à son incertitude.

- 3.3. Déterminer si le capteur de pression différentielle fonctionne correctement.

### Document 1 : salinité des eaux

La salinité est l'une des caractéristiques physico-chimiques de l'eau. Elle mesure la concentration en sels dissous (chlorure de sodium, chlorure de magnésium, sulfate de magnésium, etc.) dans l'eau au travers de la conductivité électrique. La salinité est une grandeur souvent exprimée en gramme de sel par kilogramme d'eau salée ( $\text{g.kg}^{-1}$ ).

d'après <http://www.futura-sciences.com/>

On appelle « eau saumâtre » une eau salée non potable, de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. On trouve donc des eaux saumâtres partout où l'eau de mer se mêle à de l'eau douce, c'est-à-dire dans les lagunes et les estuaires où la mer à marée haute pénètre dans les terres.

Nature de l'eau	Eau douce	Eau saumâtre	Eau de mer
Salinité ( $\text{g.L}^{-1}$ )	0 à 0,5	1 à 10	35

### Document 2 : masse molaire atomique

Atome	H	O	Na	K	Mg	Cl
M ( $\text{g.mol}^{-1}$ )	1,00	16,0	23,0	39,1	24,3	35,5

### Document 3 : titrages directs des ions chlorure

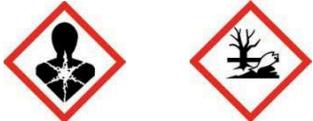
- Équation de réaction de titrage :  $\text{Cl}^{-}(\text{aq}) + \text{Ag}^{+}(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{s})$
- Titration colorimétrique :

Prélever un volume  $V = 10,0 \text{ mL}$  de l'échantillon à analyser et l'introduire dans un erlenmeyer. Ajouter 1 mL d'une solution saturée de chromate de potassium ( $\text{K}^{+} + \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$ ). Titrer les ions chlorure de l'échantillon par une solution de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^{+} + \text{NO}_3^{-}(\text{aq})$ ).

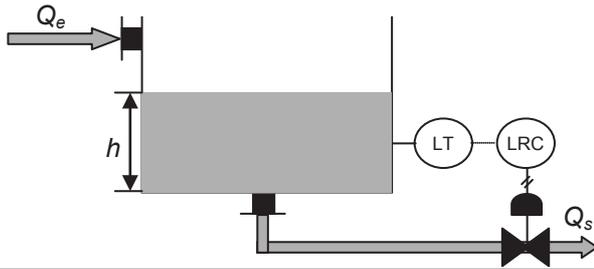
- Titration conductimétrique :

Prélever un volume  $V = 10,0 \text{ mL}$  de l'échantillon à analyser et l'introduire dans un bécher. Titrer les ions chlorure de l'échantillon par une solution de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^{+} + \text{NO}_3^{-}(\text{aq})$ ) en suivant la variation de conductivité au fur et à mesure du dosage.

- Sécurité :

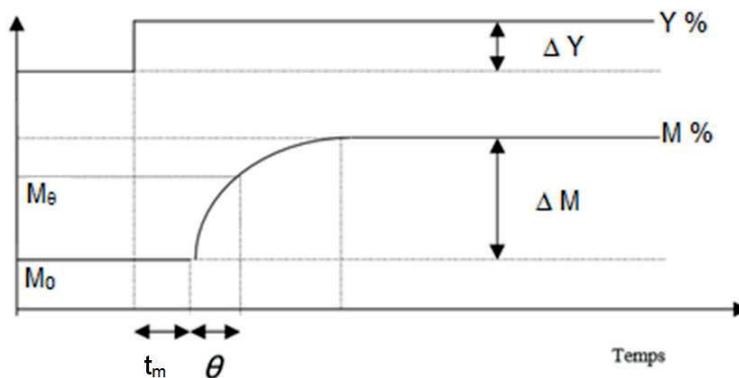
Espèces chimiques	Pictogrammes de sécurité
Solution de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^{+} + \text{NO}_3^{-}(\text{aq})$ )	
Solution saturée de chromate de potassium ( $\text{K}^{+} + \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$ )	

### Document 4 : schéma du système



$Q_e$  : débit d'eau d'entrée du bassin  
 $Q_s$  : débit d'eau de sortie du bassin  
 $h$  : niveau d'eau (m)  
 LT : capteur transmetteur de niveau  
 LRC : régulateur enregistreur de niveau

### Document 5 : réponse de la mesure M à un échelon de commande Y



On définit le gain statique  $G_s$  d'un système asservi comme étant le rapport de l'accroissement  $\Delta M$  de la mesure à l'accroissement  $\Delta Y$  de la grandeur de commande.

Ainsi 
$$G_s = \frac{|\Delta M|}{|\Delta Y|}$$

La valeur de la grandeur de commande  $Y$  et la valeur de la mesure  $M$  sont exprimées en %.

Le procédé est d'autant plus sensible aux variations de la commande  $Y$  que le gain statique  $G_s$  est grand.

Le temps mort  $t_m$  est le temps mis par le système pour réagir à une modification de la commande.

La constante de temps  $\theta$  est la durée au bout de laquelle la mesure a atteint 63 % de sa variation  $\Delta M$ .  $\theta$  caractérise la rapidité de l'évolution de la réponse du système.

### Document 6 : type d'action de la régulation

$\frac{\theta}{t_m}$	2 à 5	5 à 10	10 à 20	> 20
Action de la régulation	PID	PI	P	TOR

## Document 7 : capteur de pression différentielle pour mesurer un niveau

La pression hydrostatique est proportionnelle à la hauteur d'une colonne de liquide. La pression générée dépend de la masse volumique du liquide  $\rho$  et de la pesanteur  $g$ . Les sondes de niveau mesurent cette pression (en Pascal) tout en tenant compte de la pression atmosphérique.

Un capteur de pression différentielle peut donc mesurer un niveau :  $P = \rho \times g \times h$  avec :

**VEGADIF 65**



$P$  : pression exprimée en Pascal (1 bar =  $10^5$  Pa),

$\rho_{\text{eau saumâtre}} = 1\,012 \text{ kg.m}^{-3}$

$g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$

$h$  : niveau exprimé en mètre

*D'après l'ABC du Delta-P N°3 : La mesure de niveau en réservoir ouvert*

Vegadif 65 : modèle utilisé pour le bassin du lamantin

Plage de mesure : 0,01 ... 40 bar

Incertitude relative de mesure avec un intervalle de confiance de 95 % :  $\pm 0,075 \%$

## Document 8 : mesures télémétriques

### Une mesure acoustique grâce à la technologie ultrason :

Le télémètre envoie une salve d'ultrasons vers une surface réfléchissante. La salve d'ultrasons est renvoyée vers le télémètre. Le laps de temps passé entre l'émission et la réception du signal permet de calculer la distance entre le télémètre et la surface réfléchissante.

### Une mesure optique grâce au laser :

Le télémètre envoie un faisceau laser vers la surface réfléchissante. Le faisceau laser est renvoyé vers la cellule photosensible intégrée au télémètre. Le laps de temps entre l'émission et la réception du faisceau laser permet de calculer la distance entre le télémètre et la surface réfléchissante.

*D'après [http://www.conrad.fr/ce/fr/content/ti\\_Entfernungsmesser/Elektronische-Entfernungsmessung-Laser-oder-Ultraschall-Conrad](http://www.conrad.fr/ce/fr/content/ti_Entfernungsmesser/Elektronische-Entfernungsmessung-Laser-oder-Ultraschall-Conrad)*

#### Télémètre à ultrasons

##### MeterMasterPro :

- Plage de mesure : 0,6 m - 18 m
- Incertitude de mesure  $U(d)$  :  $\pm 1,0 \text{ mm}$



#### Télémètre laser LRM X2 25 m

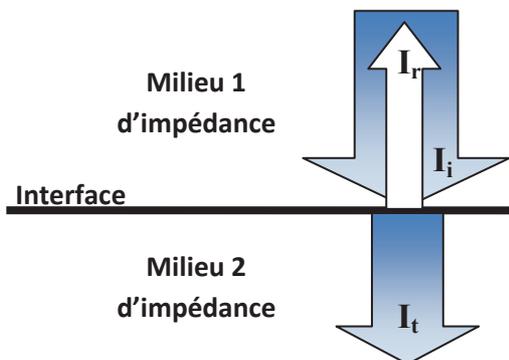
##### Points forts

- Plage de mesure : 0,5 m - 25 m
- Précision de mesure  $U(D)$  :  $\pm 3,0 \text{ mm}$



## Document 9 : impédances acoustiques et comportement des ultrasons à une interface

Milieu	Masse volumique ( $\text{kg.m}^{-3}$ )	Impédance acoustique $Z$ ( $\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )
Air	1,2	$4,00 \times 10^2$
Eau saumâtre	1 012	$1,34 \times 10^6$
Eau salée	1 025	$1,48 \times 10^6$



Conservation de l'énergie :  $I_i = I_r + I_t$   
(avec  $I$  : intensité acoustique)

Coefficient de réflexion :

$$R = \frac{I_r}{I_i} = \left( \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2$$

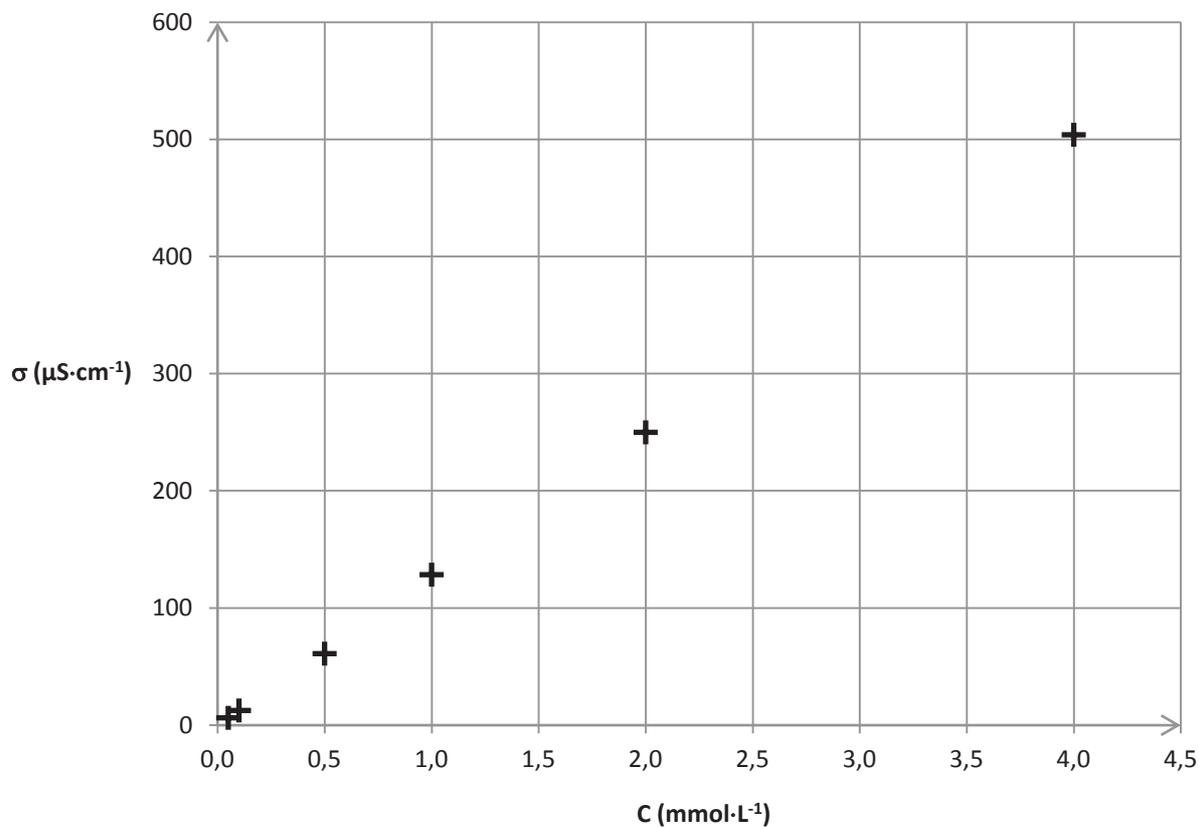
Coefficient de transmission :

$$T = \frac{I_t}{I_i} = \frac{4 Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

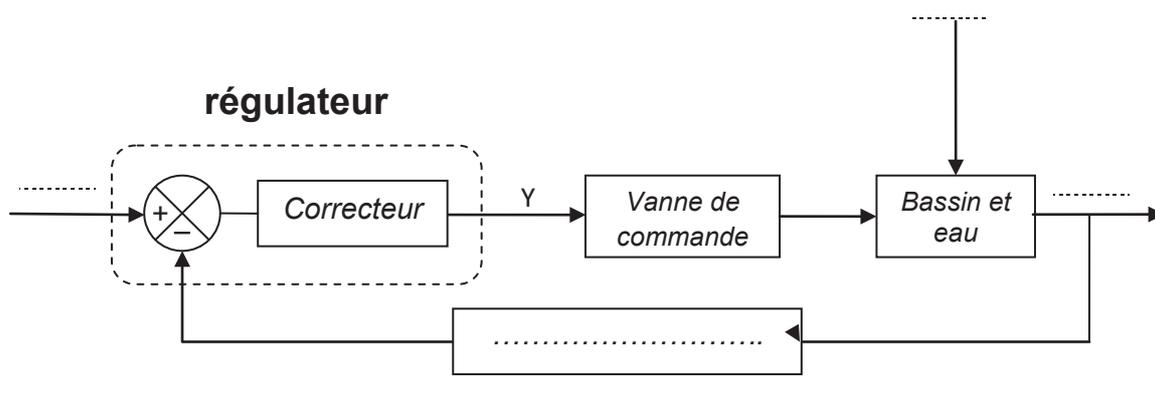
*D'après sujet de bac STL SPCL, session septembre 2013*

Question 1.5.1 :

**Courbe d'étalonnage**



Question 2.2 :

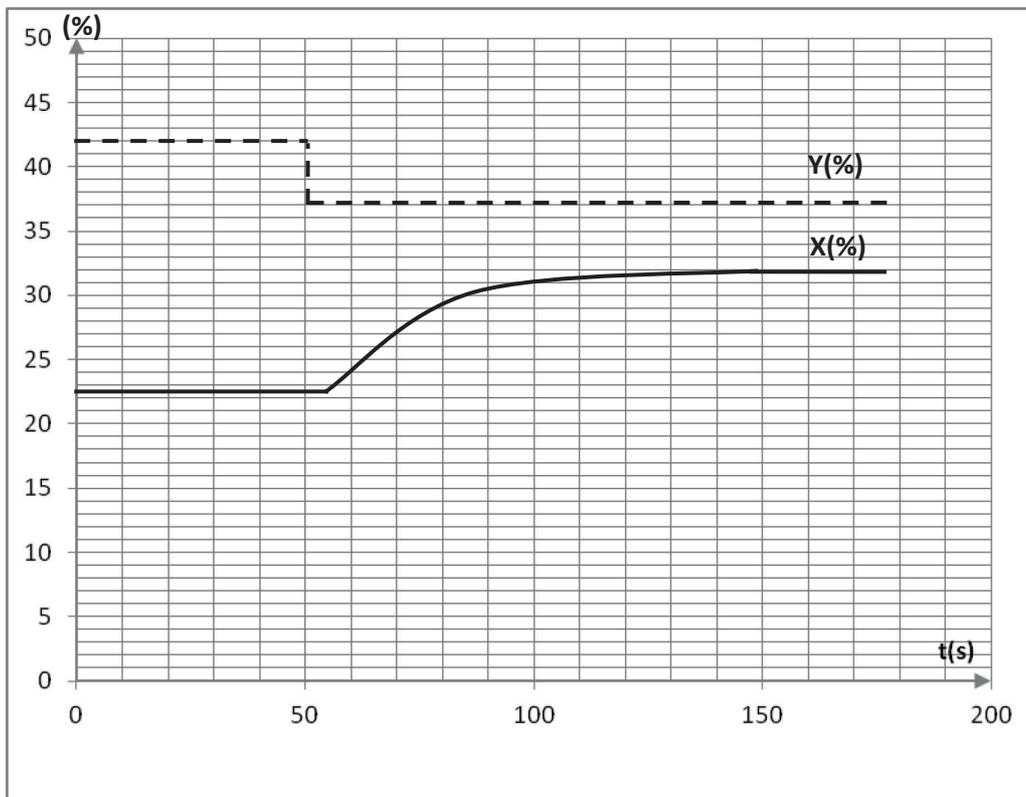


## Document réponse B

à rendre avec la copie

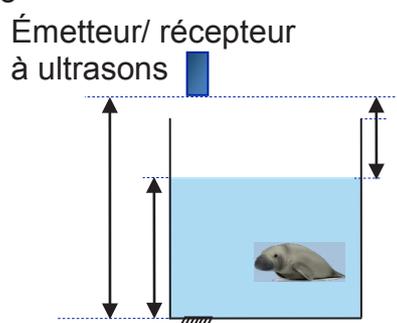
### Question 2.3 :

#### Réponse du système à un échelon de commande



### Question 3.2.1. :

1) Schématisation de la propagation de l'onde ultrasonore :



2) Schématisation de la propagation de l'onde lumineuse :

