

**CAPTEURS NUMERIQUES DE POSITION**

**Les codeurs optiques**

**Exercices avec correction**

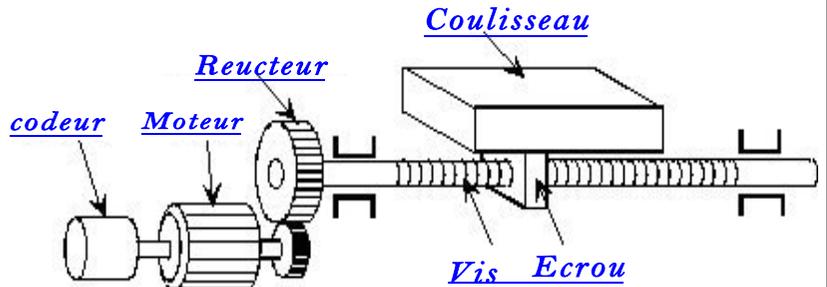
**TD N°1**

On étudie un système coulisseau et vis Ecrou utilisé sur des machines semi automatiques d'usinage

Système avec un codeur incrémental en bout d'arbre moteur

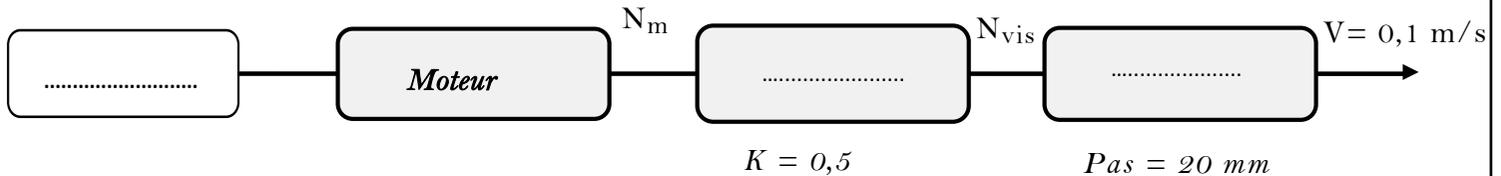
Caractéristiques mécaniques et électriques

- Codeur incrémental
- Vitesse maximale du coulisseau : 0,1 m/s
- Pas de la vis : 20 mm (Le pas correspond au déplacement du coulisseau en mm lorsque la vis fait un tour)
- Course du coulisseau : 1 m
- Rapport de réduction des engrenages : 0,5
- Précision souhaitée sur la position du coulisseau : 0,03 mm.



On rappelle que la précision correspond au déplacement en mm du coulisseau pour une impulsion délivrée par le codeur.

Q1. Compléter la chaîne cinématique relative au déplacement vertical de la table mobile.



Q2. Calculer la vitesse de rotation maximale de la vis  $N_{vis}$  en tr/s.

.....

.....

.....

Q3 Calculer la vitesse de rotation maximale moteur  $N_m$  en tr/s.

.....

.....

.....

Q4. Calculer le nombre de points par tour nécessaire pour satisfaire le cahier des charges.

.....

.....

.....

Q5. Quelle sera la fréquence des impulsions en sortie du codeur ?

.....

.....

.....

Q6. Combien d'impulsions devra-t-on compter pour la course maximale du coulisseau ?

.....

.....

.....

# Eléments de réponse

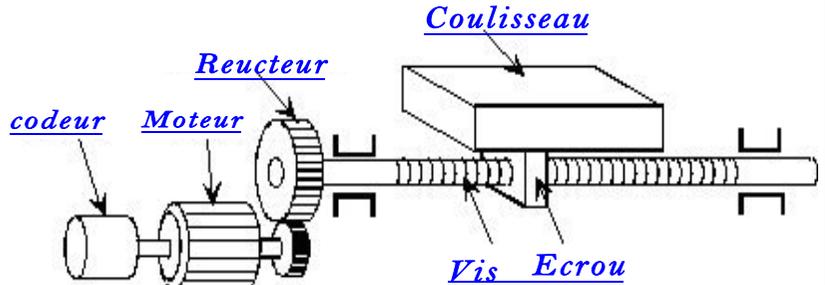
## TD N°1

On étudie un système coulisseau et vis Ecou utilisé sur des machines semi automatiques d'usinage.

Système avec un codeur incrémental en bout d'arbre moteur

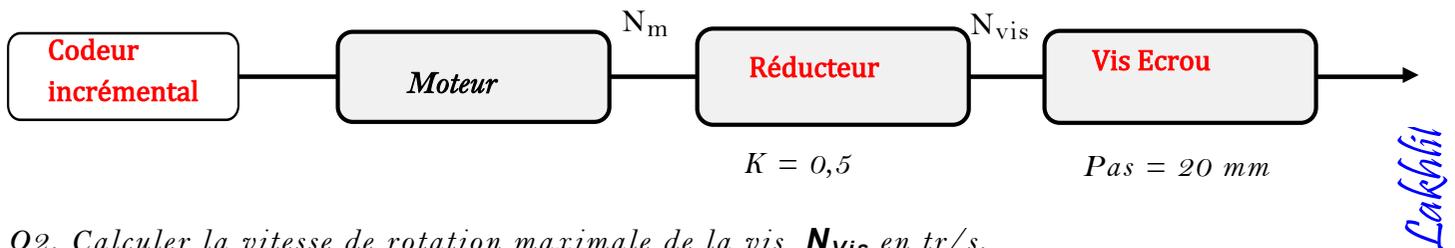
Caractéristiques mécaniques et électriques

- Codeur incrémental
- Vitesse maximale du coulisseau : 0,1 m/s
- Pas de la vis : 20 mm (Le pas correspond au déplacement du coulisseau en mm lorsque la vis fait un tour)
- Course du coulisseau : 1 m
- Rapport de réduction des engrenages : 0,5
- Précision souhaitée sur la position du coulisseau : 0,03 mm.



On rappelle que la précision correspond au déplacement en mm du coulisseau pour une impulsion délivrée par le codeur.

Q1. Compléter la chaîne cinématique relative au déplacement vertical de la table mobile.



Q2. Calculer la vitesse de rotation maximale de la vis  $N_{vis}$  en tr/s.

$$N_{vis} = \frac{V}{pas} \quad \text{Donc} \quad N_{vis} = \frac{0,1 \cdot 10^3}{20} = 5 \text{ tr/s}$$

Q3 Calculer la vitesse de rotation maximale moteur  $N_m$  en tr/s.

$$k = \frac{N_{vis}}{N_m} \quad \text{donc} \quad N_m = \frac{N_{vis}}{k} = \frac{5}{0,5} = 10 \text{ tr/s}$$

Q4. Calculer le nombre de points par tour nécessaire pour satisfaire le cahier des charges.

$$N_{pts/tr} = \frac{pas \cdot k}{précision} = \frac{20 \cdot 0,5}{0,03} = 334$$

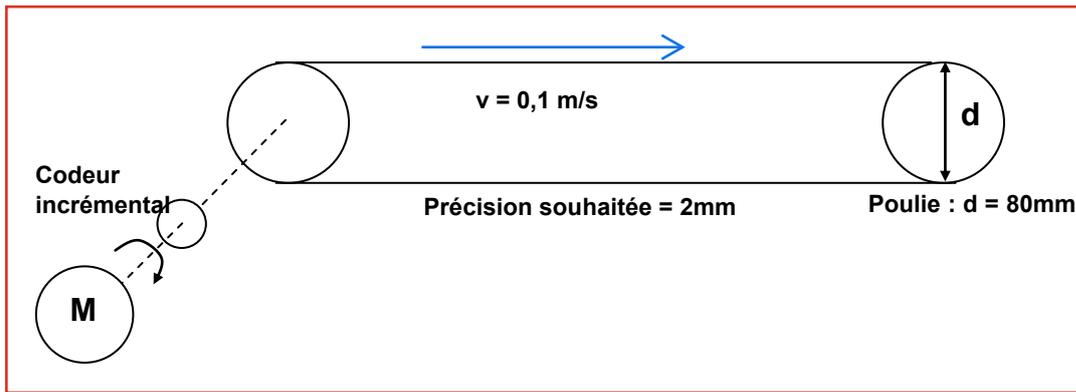
Q5. Quelle sera la fréquence des impulsions en sortie du codeur ?

$$f = N_{pts/tr} \cdot N_{codeur} = 334 \cdot 10 = 3340 \text{ Hz}$$

Q6. Combien d'impulsions devra-t-on compter pour la course maximale du coulisseau ?

$$N_{impulsion} = \frac{\text{La course}}{\text{la précision}} = \frac{1 \cdot 10^3}{0,03} = 33334 \text{ mpulsions}$$

**TD N°2**



1/ Calculer la résolution nécessaire du codeur.

.....

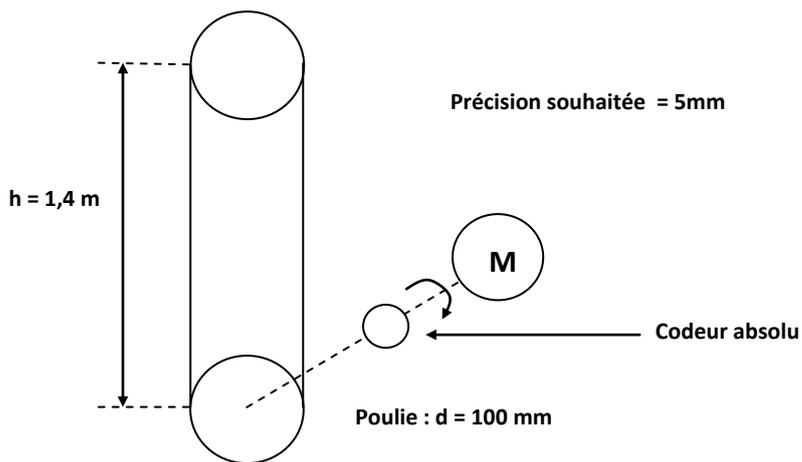
.....

2/ Calculer la fréquence de fonctionnement.

.....

.....

**TD N°3**



1/ Calculer la résolution nécessaire du codeur.

.....

.....

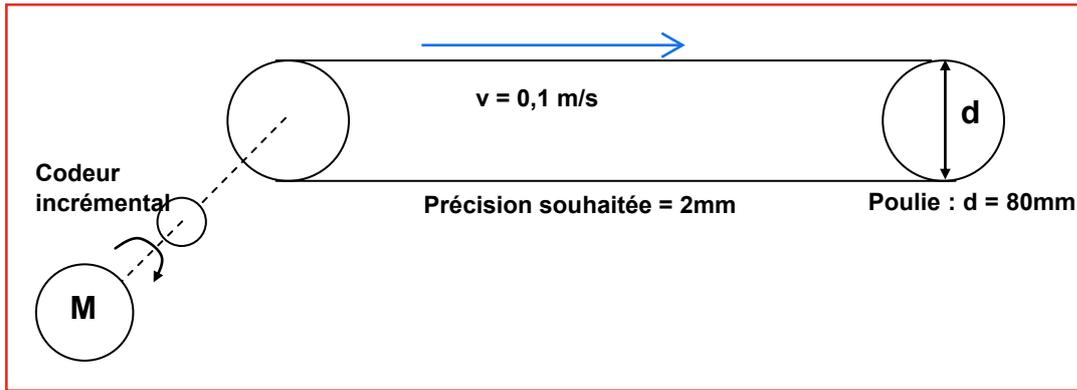
2/ Calculer le nombre de pistes nécessaire pour le disque .

.....

.....

# Éléments de réponse

## TD N°2



1/ Calculer la résolution nécessaire du codeur.

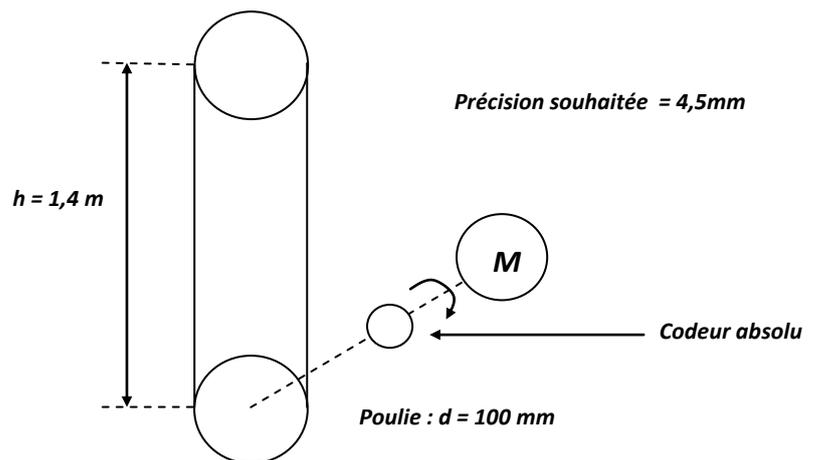
$$R = \frac{\pi \cdot d}{\text{précision}} = \frac{\pi \cdot 80}{2} = 126 \text{ pt/tr}$$

2/ Calculer la fréquence de fonctionnement.

$$N_{\text{codeur}} = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{v}{\pi \cdot d} = \frac{0,1 \cdot 10^3}{\pi \cdot 80} = 0,4 \text{ tr/s}$$

$$f = R \cdot N_{\text{codeur}} = 126 \cdot 0,4 = 50 \text{ Hz}$$

## TD N°3



1/ Calculer la résolution nécessaire du codeur.

$$R = \frac{\pi \cdot d}{\text{précision}} = \frac{\pi \cdot 100}{4,5} = 64 \text{ pt/tr}$$

2/ Calculer le nombre de pistes nécessaire pour le disque principal.

On cherche la puissance de 2 ; c'est  $64 = 2^6 \Rightarrow$  codeur à 6 pistes sur le disque.

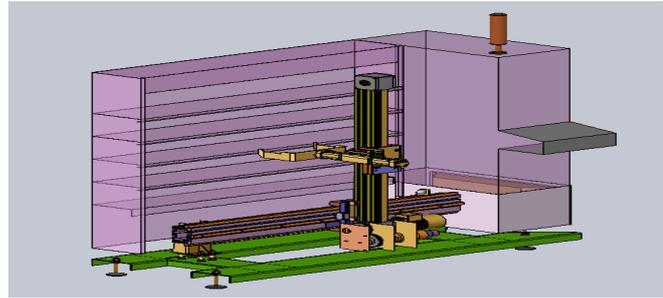


# Eléments de réponse

TD N°4

Système à étudier **Trans stockeur**

Le transstockeur est un appareil de manutention automatique, destiné au stockage et au déstockage de charge unitaires référencées (caisses, palettes...) à l'intérieur d'un entrepôt ou magasin.



## Situation d'évaluation

Dans le but d'appréhender la structure mécanique et son fonctionnement ainsi que la partie commande du transstockeur, vous êtes amenés à réaliser les tâches suivantes :

### Tâche

✓ Contrôle de position :

A partir des données du **D.Res** et sur **D.Rep** .

Q.1. Calculer le déplacement **L** du chariot **X** pour un tour du pignon en **mm**.

0,50 pt

$$L = \pi \cdot D_p \text{ avec } D_p = m \cdot z = 2.25 = 50\text{mm}$$

$$L = \pi \cdot D_p = 3.14 \cdot 50 = 157\text{mm}$$

$$L = 157\text{mm}$$

Q.2. La précision **p** souhaitée est de **0,75mm**, calculer alors la résolution **R** du codeur. (nombre de points par tour).

$$R = \frac{L}{\text{précision}} = \frac{157}{0,75} = 209 \text{ pts/tr}$$

0,25 pt

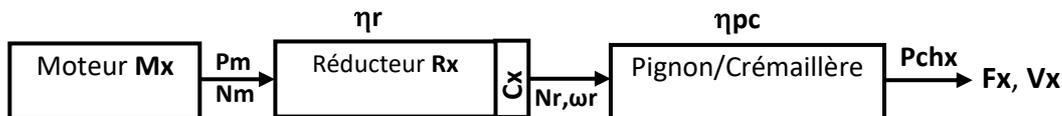
Q.3. Choisir dans le tableau la résolution normalisée la plus proche de la résolution du codeur.

$$R = 256 \text{ pt/tr}$$

0,50 pt

## Doc Ressource

### Schéma de transmission de l'énergie de l'axe X :



Caractéristiques du réducteur Rx	
Rapport de transmission k	1/24,5
Rendement ηr	0,85

Caractéristiques du système pignon-crémaillère		
Pignon	m = 2	Z = 25
Crémaillère	L = 1200mm	ηpc = 0,96

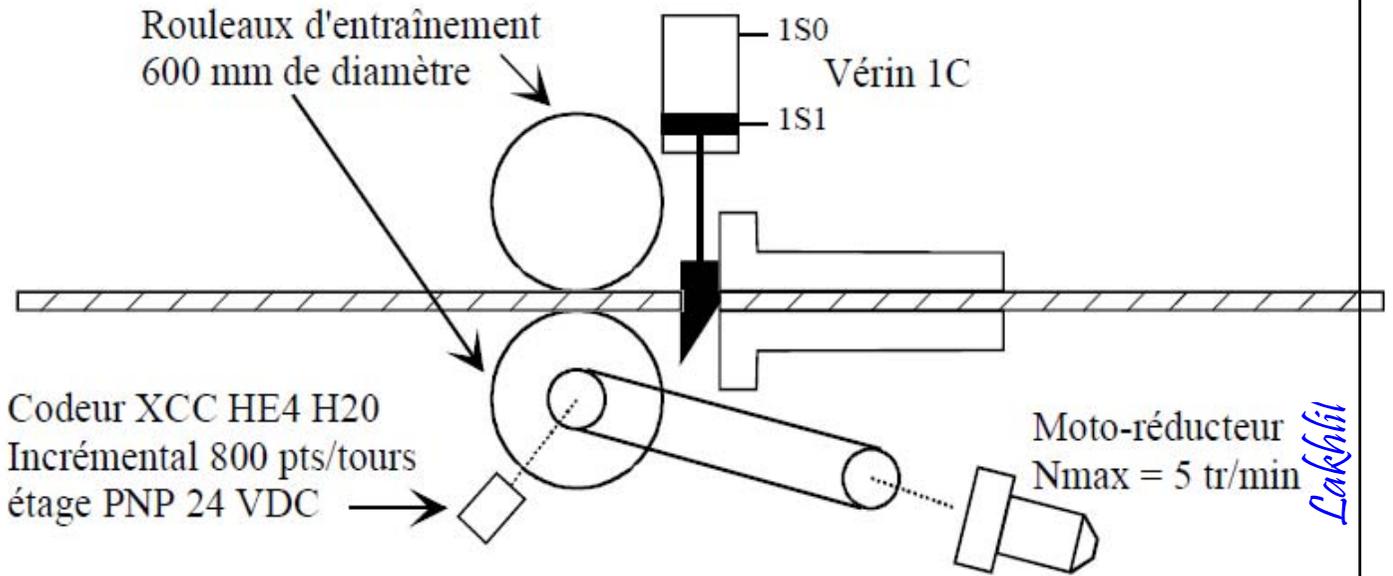
Exemples de résolutions normalisées de codeur incrémental					
256	300	360	400	500	1024

### Extrait des caractéristiques du moteur Mx

Caractéristiques du moteur Mx (asynchrone triphasé)	
Puissance mécanique Pm	120 W
Vitesse de rotation Nm	1380 tr/min
Tension nominale Un	230V/ 400V

**TD N°5**

Le système étudié permet de découper des profilés en plastique, d'une longueur de 1,5 mètre. La longueur des profilés est déterminée en comptant les impulsions délivrées par un codeur  
 Les rouleaux sont entraînés en rotation, via un système courroie / poulie, par un moto-réducteur. Le système de découpe est réalisé avec un vérin pneumatique.



Q1. Compte tenu des caractéristiques du codeur, quelle sera la précision obtenue sur la longueur d'un profilé ?

.....

.....

.....

Q2. Combien d'impulsions délivrées par le codeur devra-t-on compter pour avoir la longueur des profilés fixée par le cahier des charges ? En déduire le nombre de bits nécessaire pour le compteur.

.....

.....

.....

Q3. Sachant que l'axe du moteur tourne à la même vitesse que l'axe du codeur, calculer la fréquence des signaux délivrés par le codeur.

.....

.....

.....

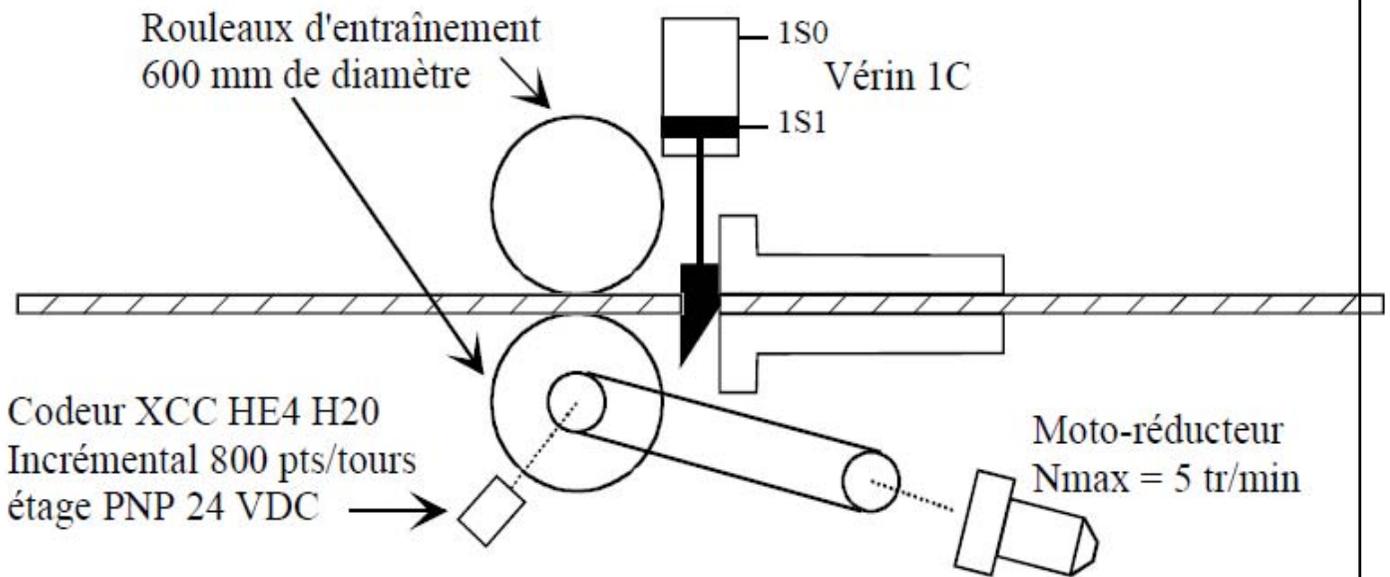
Lakhlil

# Éléments de réponse

TD N°5

Le système étudié permet de découper des profilés en plastique, d'une longueur de 1,5 mètre. La longueur des profilés est déterminée en comptant les impulsions délivrées par un codeur

Les rouleaux sont entraînés en rotation, via un système courroie / poulie, par un moto-réducteur. Le système de découpe est réalisé avec un vérin pneumatique.



Q1. Compte tenu des caractéristiques du codeur, quelle sera la précision obtenue sur la longueur d'un profilé ?

$$\text{précision} = \frac{\pi \cdot D}{N_{\text{pts/tr}}} = \frac{\pi \cdot 600}{800} = 2,35 \text{ mm}$$

Q2. Combien d'impulsions délivrées par le codeur devra-t-on compter pour avoir la longueur des profilés fixée par le cahier des charges ? En déduire le nombre de bits nécessaire pour le compteur.

$$N_{\text{impulsion}} = \frac{\text{longueur}}{\text{la précision}} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{2,35} = 639 \text{ impulsions}$$

$$2^n = N_{\text{impulsion}} \longrightarrow n = \frac{\ln(639)}{\ln(2)} = 10 \text{ bits}$$

Q3. Sachant que l'axe du moteur tourne à la même vitesse que l'axe du codeur, calculer la fréquence des signaux délivrés par le codeur.

$$f = N_{\text{pts/tr}} \cdot N_{\text{codeur}} = 639 \cdot 5/60 = 53,25 \text{ Hz}$$

Étude du capteur de température :

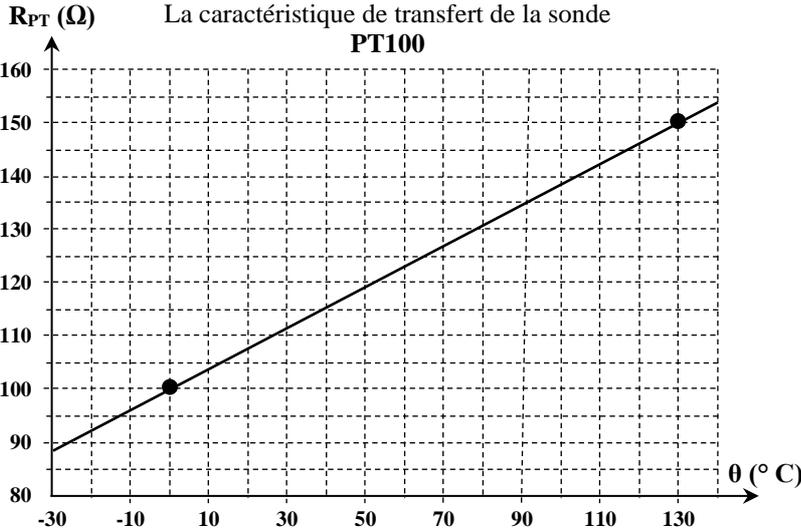
La mesure de la température est réalisée à l'aide d'une sonde de type **PT100** 2 fils.

La sonde **PT100** symbolisée par la résistance **R<sub>PT</sub>** possède une linéarité (figure ci-contre) représentée par la relation suivante :

$$R_{PT} = R_0.(1 + \alpha\theta)$$

Avec :

- **R<sub>PT</sub>** : résistance en  $\Omega$  de la **PT100**.
- **$\theta$**  : température en  $^{\circ}\text{C}$ .
- **$\alpha$**  : coefficient de température.
- **R<sub>0</sub>** : résistance à  $0^{\circ}\text{C}$ .



1- Indiquer les **grandeurs** d'entrée et de sortie de ce capteur en précisant l'unité de chaque grandeur.

Grandeur d'entrée : ..... Unité de la grandeur d'entrée : .....

Grandeur de sortie : ..... Unité de la grandeur de sortie : .....

2- Déterminer graphiquement la sensibilité *s* (la pente de la droite) de la **PT100** et préciser son unité.

.....  
 .....

3- Calculer alors les valeurs de **R<sub>0</sub>** et de  **$\alpha$** , .

.....  
 .....

# Éléments de réponse

## Étude du capteur de température :

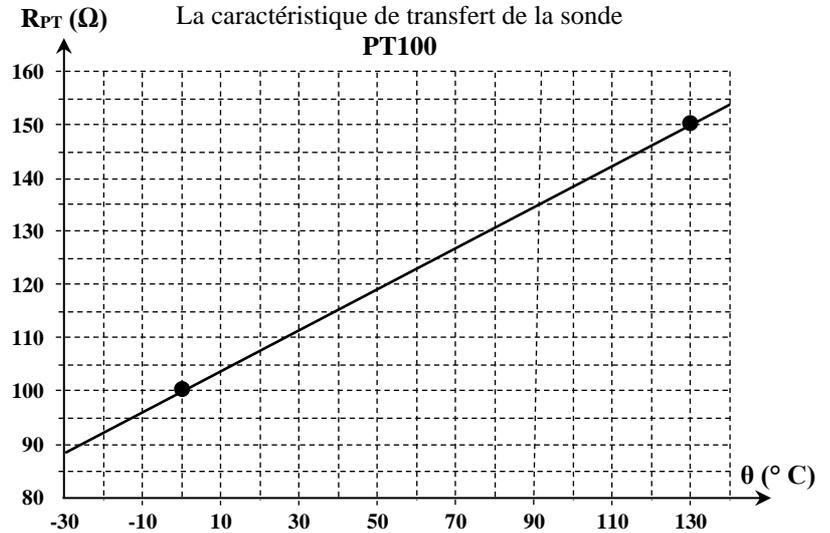
La mesure de la température est réalisée à l'aide d'une sonde de type **PT100** 2 fils.

La sonde **PT100** symbolisée par la résistance  $R_{PT}$  possède une linéarité (figure ci-contre) représentée par la relation suivante :

$$R_{PT} = R_0.(1 + \alpha\theta)$$

Avec :

- $R_{PT}$  : résistance en  $\Omega$  de la **PT100**.
- $\theta$  : température en  $^{\circ}\text{C}$ .
- $\alpha$  : coefficient de température.
- $R_0$  : résistance à  $0^{\circ}\text{C}$ .



Q.1

Grandeur d'entrée : **Température  $\theta$  0**

Unité de la grandeur d'entrée :  **$^{\circ}\text{C}$**

Grandeur de sortie : **Résistance  $R_{PT}$**

Unité de la grandeur de sortie :  **$\Omega$**

Q.2

$$s = \frac{dR_{PT}}{d\theta} \rightarrow s = \frac{150 - 100}{130 - 0} \rightarrow s = \frac{50}{130} \rightarrow s = 0,385 \Omega/^{\circ}\text{C}$$

Q.3

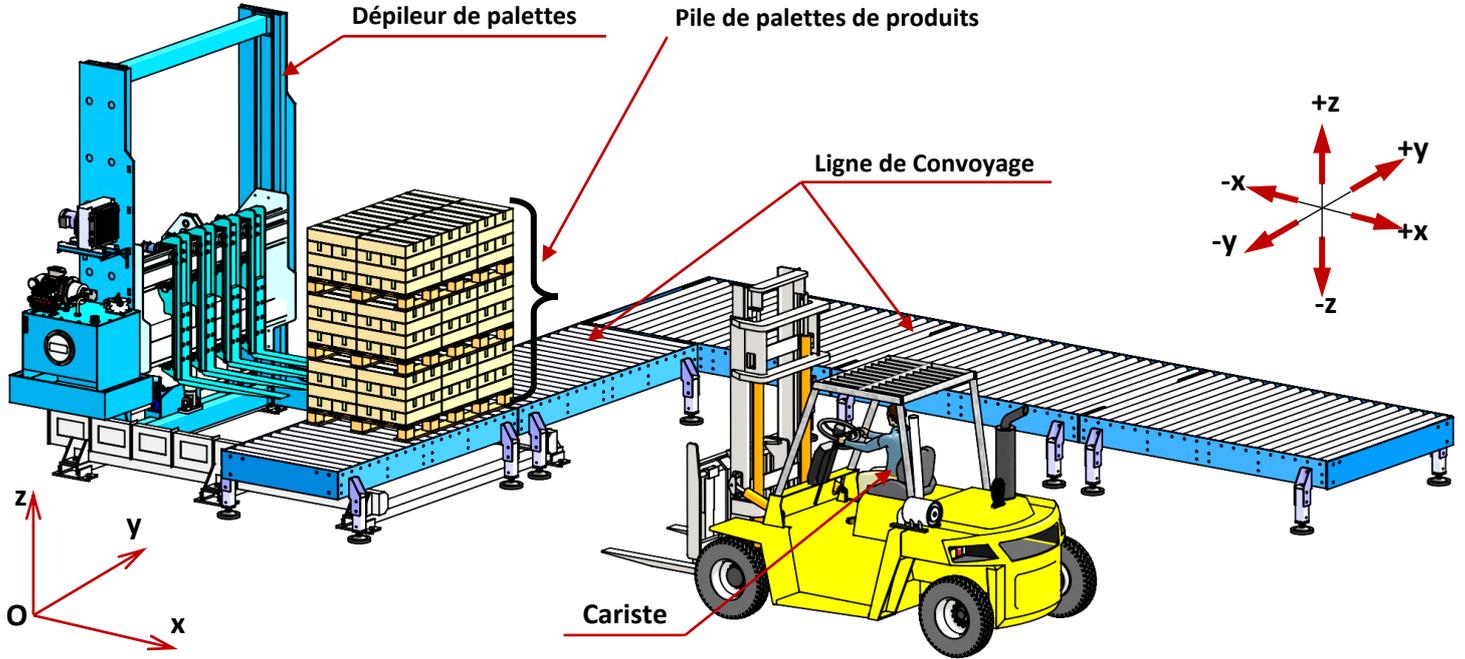
$$R_{PT} = R_0.(1 + \alpha\theta) \rightarrow R_{PT}(0^{\circ}\text{C}) = R_0 \rightarrow R_0 = 100 \Omega$$

$$s = \alpha R_0 \rightarrow \alpha = \frac{s}{R_0} \rightarrow \alpha = \frac{0,385}{100} \rightarrow \alpha = 3,85 \cdot 10^{-3} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

**TD N°7 : Capteur de déplacement linéaire (IMS) qui mesure la hauteur de l'élévateur**

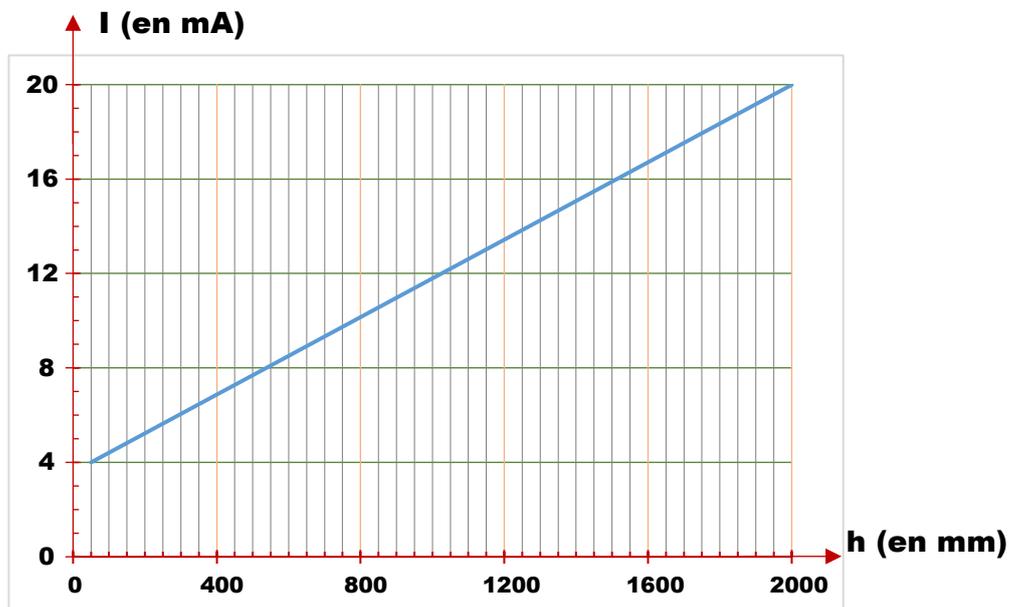
**1. Présentation**

Le dépileur de palettes proposé dans cette étude est un équipement industriel automatisé qui fait partie du processus de retrait des produits emballés sur une palette. Il permet de dépiler automatiquement des piles de palettes de produits afin de les introduire sur la ligne de convoyage qui va les transférer vers d'autres postes de traitement facilitant ainsi la manutention des palettes dans les entrepôts.



- ⊙ Le module de commande et d'acquisition (MCA) : Basé sur un automate programmable industriel (API), il assure la gestion globale du système, en se basant sur les informations issues de tous les capteurs ainsi que celles introduites sur le pupitre tactile servant comme interface de communication H/M. Parmi les capteurs installés on trouve :
  - Un capteur électromécanique qui saisit les informations nécessaires pour le réglage de la position initiale de l'élévateur ((MV)+(MT)) ;
  - Deux cellules photo-électriques qui détectent la présence des palettes à l'entrée du convoyeur et sous l'élévateur ;
  - Capteur de déplacement linéaire (IMS) qui mesure la hauteur de l'élévateur ;
  - Deux détecteurs (ILS) magnétiques de fin de course du vérin hydraulique (Vh).

**Caractéristique entrée/sortie du capteur (IMS)**



**TD N°7 : Etude du capteur de déplacement linéaire (IMS)**

0,75 pt

A partir du volet 1 et du D.Res .

Q 1. Donner la nature de l'information d'entrée et de sortie du capteur et la plage de mesure du capteur (IMS) :

1. information d'entrée :

Information de sortie :

Plage de mesure :

Q.2. Trouver L'équation linéaire  $y = a \cdot x + b$  qui caractérise ce capteur :

0,25 pt

Q.3. Que représente Le paramètre  $a$  du capteur ?

0,25 pt

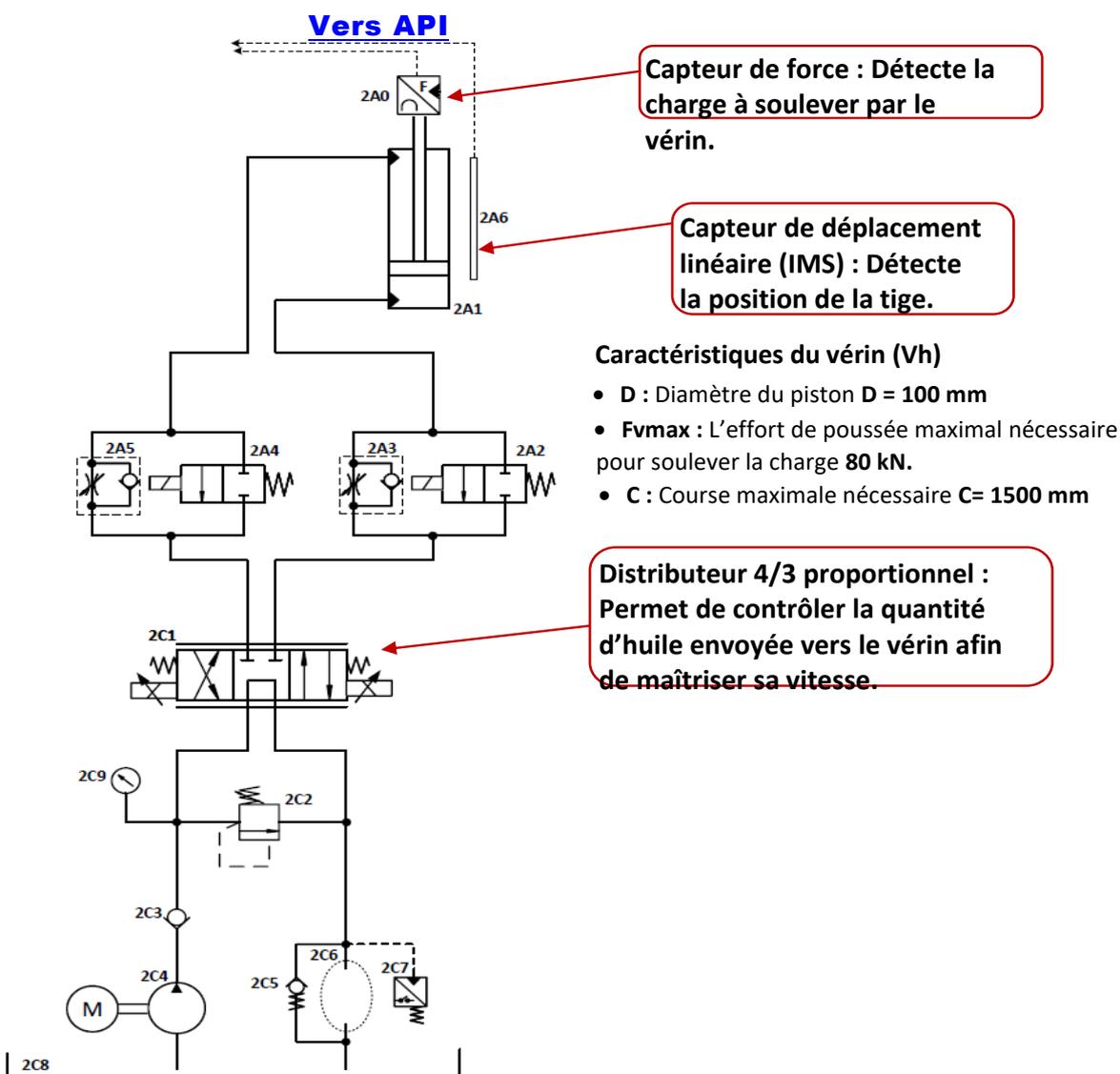
Q.4. Pour quelle position  $h$  (en mm) a-t-on 17 mA en sortie ?

0,25 pt

Q.4. Ce capteur peut-il atteindre ou afficher cette valeur du courant ? justifier

0,25 pt

**Circuit hydraulique partiel de l'élévateur**



# Éléments de réponse

0,75 pts

Q.1 La nature de l'information d'entrée et de sortie et la plage de mesure du capteur (IMS)

Information d'entrée : **Grandeur physique (Position de la tige)**  
 Information de sortie : **Analogique (Courant 4 - 20 mA)**  
 Plage de mesure : **[50 - 2000 mm]**

0,25 pts

Q.2 L'équation linéaire  $y = a \cdot x + b$  qui caractérise ce capteur :

D'après la Caractéristique entrée/sortie du capteur IMS

$$a = \frac{16}{1950} \Rightarrow a = 8,2 \times 10^{-3} \text{ et } 4 = 8,2 \times 10^{-3} \times 50 + b \Rightarrow b = 3,59$$

donc  $y = 8,2 \times 10^{-3} \cdot x + 3,59$

0,25 pts

Q.3. Le paramètre  $a$  représente :

**Ce paramètre représente la sensibilité du capteur,  $a$  est en (mA/mm).**

Q.4. La position  $h$  (en mm) pour une sortie de 17mA.

Pour  $I = 17 \text{ mA}$   $h = \frac{17 - 3,59}{8,2 \times 10^{-3}}$  donc:  $h = 1635,37 \text{ mm}$

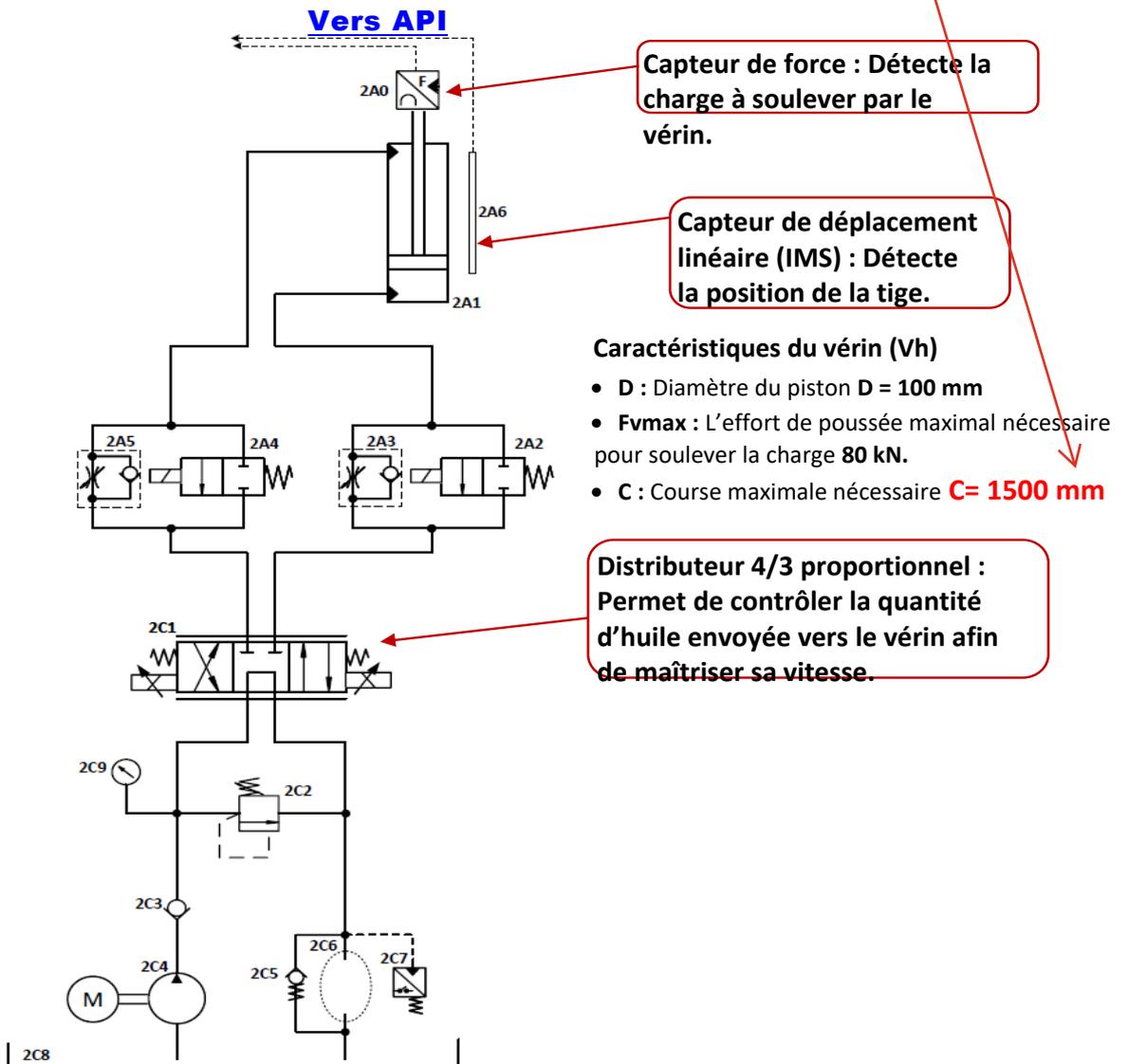
0,25 pts

Q.5. Ce capteur atteint ou affiche cette valeur de courant et justification.

**Ce capteur ne peut pas générer ce courant car  $h = 1635,37 \text{ mm} > C_{\text{max}} = 1500 \text{ mm}$ .**

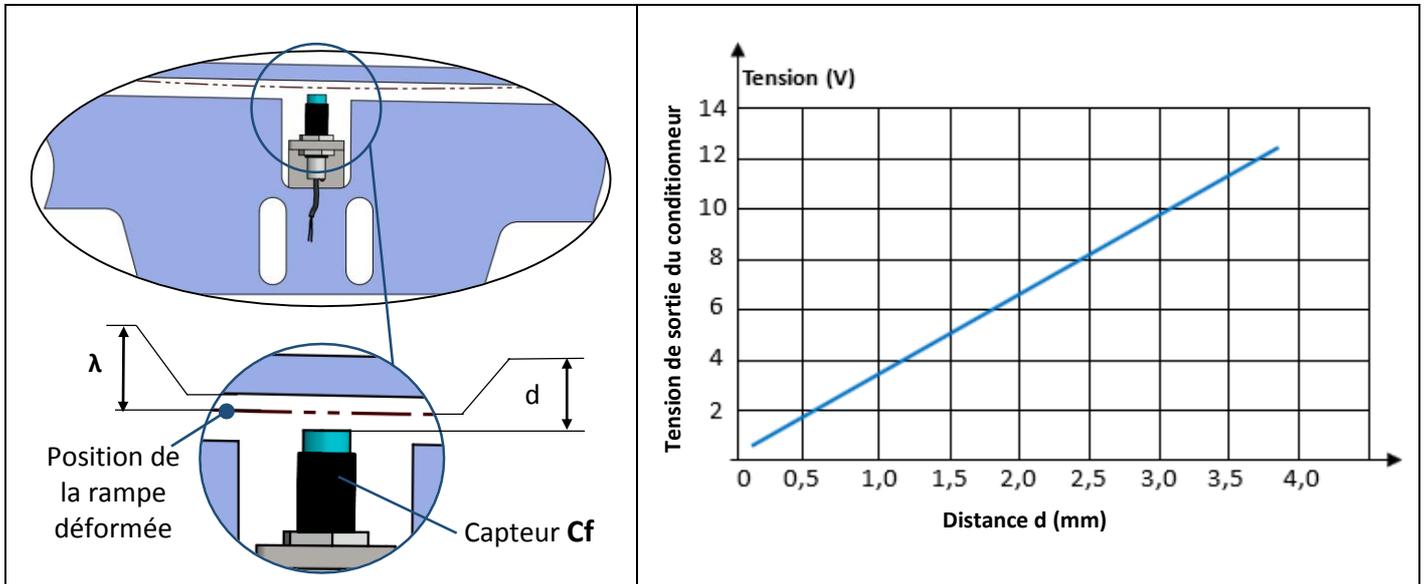
0,25 pts

## Circuit hydraulique partiel de l'élévateur



o **Un capteur de proximité inductif Cp** qui détecte le passage du galet-rampe (7) sur la rampe ..  
 o **Un capteur Cf** installé à 3 mm au-dessous de la rampe à l'entrée et à la sortie de la gare, permet de détecter toute cabine mal attachée sur le câble. L'effort de serrage de la pince définit par la déformation  $\lambda$  de la rampe agit sur la distance  $d$  entre cette rampe et la tête du capteur. La distance est donnée par :  $d = 3 \cdot \lambda$ . Le signal délivré par ce capteur est envoyé au coffret de contrôle pour le comparer à un seuil d'alarme programmé. Si cet effort est insuffisant, l'arrêt du téléphérique est déclenché. (voir caractéristique de Cf sur D.Res ci dessous).

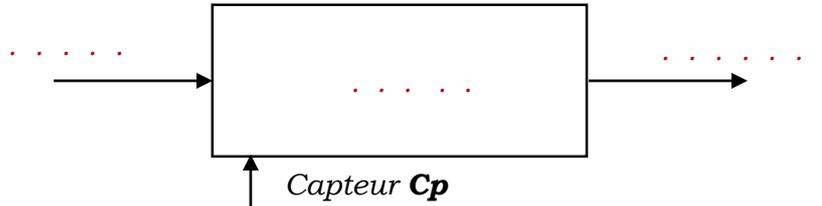
Caractéristiques du capteur Cf avec son conditionneur



**Tâche** : Etude du dispositif de contrôle du système d'attache de la cabine en gare.

Q.1. Compléter l'actigramme relatif au capteur de proximité inductif Cp.

0,75 pt



Q.2. Donner le symbole du capteur Cp et préciser la nature de l'information à sa sortie.

0,50 pt

Symbole	Nature de l'information

Q.3. Le galet-rampe (7) peut-il être fabriqué avec n'importe quel matériau ? Justifier.

0,50 pt

Q.4. Quelle est la nature de l'information à la sortie du Cf ?

0,25 pt

Q.15. Détermination de la déformation  $\lambda$  critique qui déclenche l'arrêt du système, sachant que le seuil d'alarme issu du capteur Cf est de 9V.

0,25 pt

lakhil

# Eléments de réponse

TD N°8

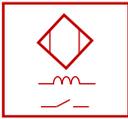
Q.1. L'actigramme relatif au capteur de proximité inductif Cp.

0,75 pt



Q.2. Le symbole du capteur Cp et la nature de l'information à sa sortie.

0,50 pt

Symbole	Nature de l'information
	Information logique

Q.3. Le galet-rampe (7) peut-il être fabriqué avec n'importe quel matériau ? Justifier.

0,50 pt

**Non, le capteur de proximité inductif ne peut détecter que les matériaux métalliques**

Q.4. Nature de l'information de sortie du Cf.

0,25 pt

**Information analogique**

Q.5. Détermination de la déformation  $\lambda$  critique qui déclenche l'arrêt du système, sachant que le seuil d'alarme Issu du capteur Cf est de 9V.

0,25 pt

**D'après la caractéristique :  $d = 2,75\text{mm}$**

**Donc  $\lambda = 3 - 2.75$**

**A.N.  $\lambda = 0,25\text{mm}$**

**Tâche : acquisition de la vitesse des courants marins.**

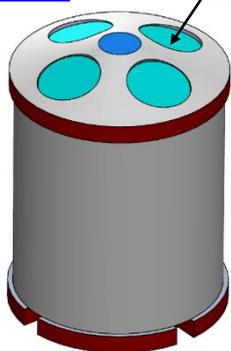
La vitesse des courants marins compte parmi les informations à acquérir.

La mesure de la vitesse des courants marins se fait à l'aide de capteurs dits courantomètres. L'ADCP (**A**coustic **D**oppler **C**urrent **P**rofiler) est un courantomètre qui utilise les ondes ultrasoniques et repose sur l'effet Doppler (**Figure 1**).

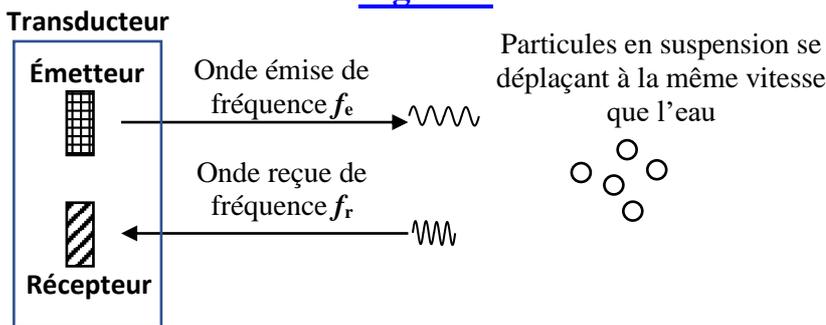
L'ADCP est équipé d'un capteur acoustique dit transducteur. Ce dernier émet des ondes ultrasons qui sont réfléchies sur des particules en suspension entraînées par le courant d'eau (**Figure 2**).

La différence en fréquence des signaux émis et reçu dépend de la vitesse des courants marins : c'est l'effet Doppler.

**Figure 1 : ADCP** Transducteur



**Figure 2**



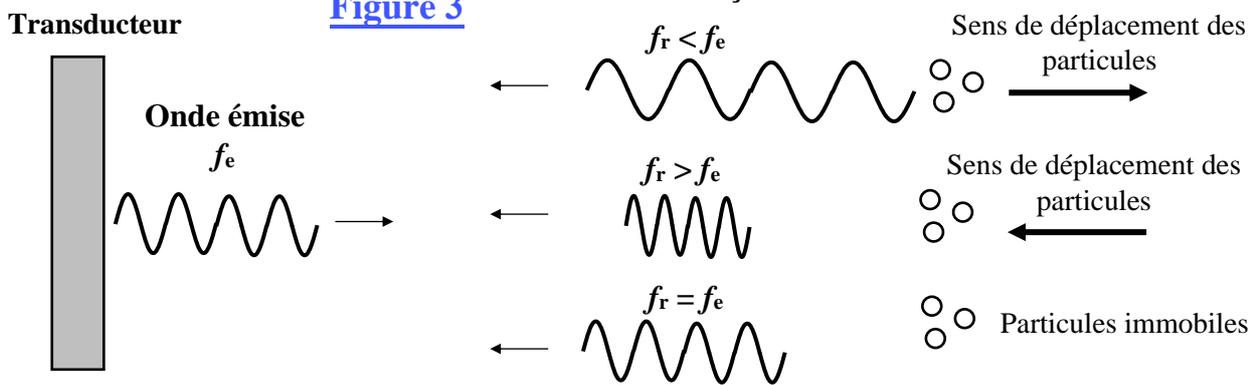
Le décalage Doppler  $\Delta f = f_r - f_e$  (différence entre la fréquence  $f_r$  de l'onde reçue et la fréquence  $f_e$  de l'onde émise) est donné par la relation :

$$\Delta f = \frac{2 \cdot f_e \cdot V}{c}$$

Où :  $\Delta f$  : décalage Doppler (en **Hz**) ;  
 $f_e$  : fréquence de l'onde émise (en **Hz**) ;  
 $V$  : vitesse des courants marins (en **m/s**) ;  
 $c$  : vitesse du son dans le milieu (en **m/s**).

**Fréquence de l'onde reçue**

**Figure 3**



La fréquence d'émission utilisée par le transducteur est  $f_e = 150 \text{ kHz}$ , ce dernier mesure un décalage Doppler  $\Delta f = 300 \text{ Hz}$ , on donne la vitesse du son dans le milieu  $c = 1500 \text{ m/s}$  :

1. calculer la vitesse  $V$  (en **m/s**) des courants marins.

2. Calculer, en **kHz**, la fréquence  $f_r$  de l'onde reçue.

3. Pour un décalage Doppler  $\Delta f$  positif, préciser, en se référant au **figure 3**, le sens de déplacement des particules en cochant la bonne réponse.

Les particules s'éloignent du transducteur

Les particules se rapprochent du transducteur

Les particules sont immobiles

**TD N°9**

**Étude partielle de la chaîne d'information**

**Tâche : acquisition de la vitesse des courants marins.**

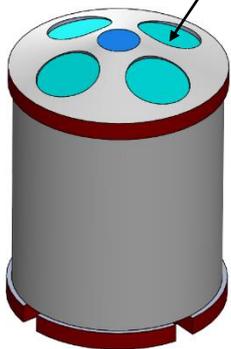
La vitesse des courants marins compte parmi les informations à acquérir.

La mesure de la vitesse des courants marins se fait à l'aide de capteurs dits courantomètres. L'ADCP (**A**coustic **D**oppler **C**urrent **P**rofiler) est un courantomètre qui utilise les ondes ultrasoniques et repose sur l'effet Doppler (**Figure 1**).

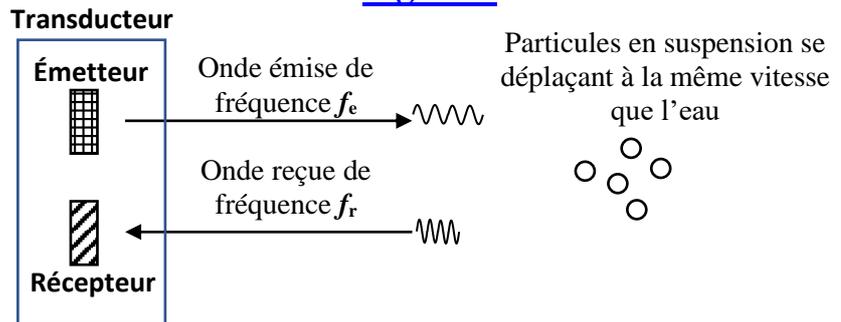
L'ADCP est équipé d'un capteur acoustique dit transducteur. Ce dernier émet des ondes ultrasons qui sont réfléchies sur des particules en suspension entraînées par le courant d'eau (**Figure 2**).

La différence en fréquence des signaux émis et reçu dépend de la vitesse des courants marins : c'est l'effet Doppler.

**Figure 1 : ADCP**



**Figure 2**



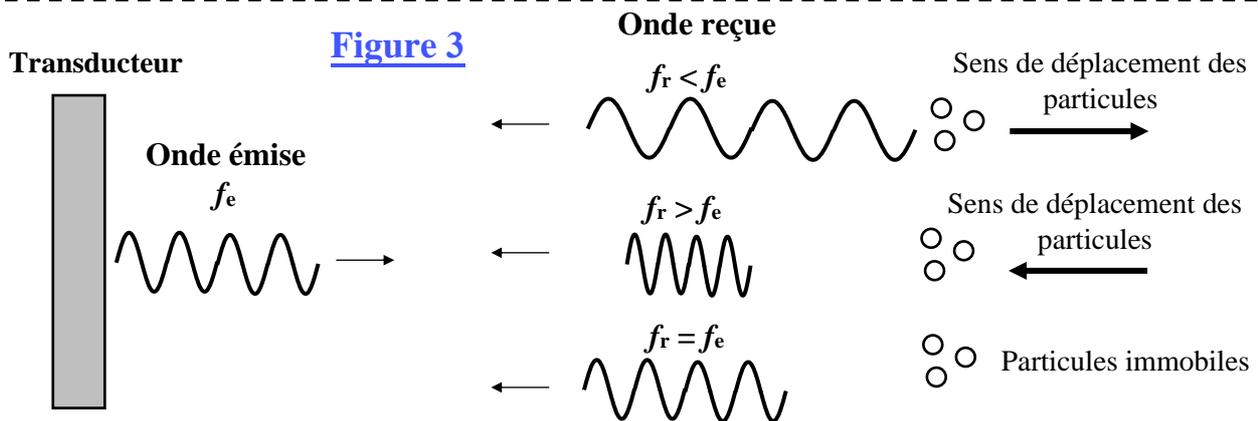
Le décalage Doppler  $\Delta f = f_r - f_e$  (différence entre la fréquence  $f_r$  de l'onde reçue et la fréquence  $f_e$  de l'onde émise) est donné par la relation :

$$\Delta f = \frac{2 \cdot f_e \cdot V}{c}$$

Où :  $\Delta f$  : décalage Doppler (en **Hz**) ;  
 $f_e$  : fréquence de l'onde émise (en **Hz**) ;  
 $V$  : vitesse des courants marins (en **m/s**) ;  
 $c$  : vitesse du son dans le milieu (en **m/s**).

**Fréquence de l'onde reçue**

**Figure 3**



Question : 1.

$$\Delta f = \frac{2 \cdot f_e \cdot V}{c} \Rightarrow V = \frac{c \cdot \Delta f}{2 \cdot f_e}$$

**V = 1,5 m/s**

Question : 2

**fr = fe + Δf**

**fr = 150,3 kHz**

Question : 3

**Les particules se rapprochent du transducteur**

TD N°10 : Etude du dispositif de tension du câble tracteur des cabines du téléphérique.

Le capteur 1P utilisé est un capteur de pression **linéaire** délivrant un signal de sortie **0-10V** avec une étendue de mesure allant de **0 à 200 bars**, la valeur **200 bars** correspond à la tension **10 V**. Le contrôleur du circuit hydraulique permet le contrôle et la régulation de la pression suivant une consigne donnée.

A partir du Document Ressource.

Schéma synoptique du contrôleur de circuit hydraulique

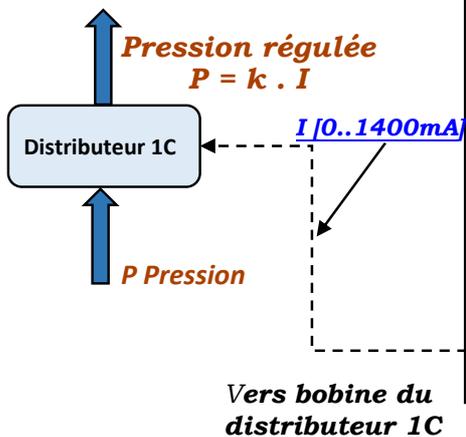
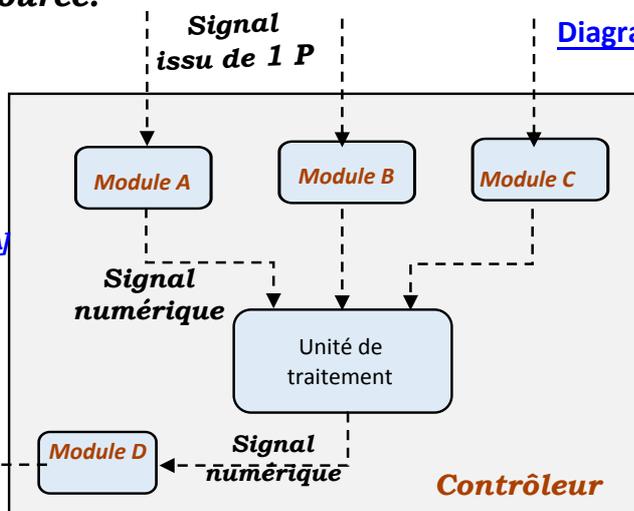
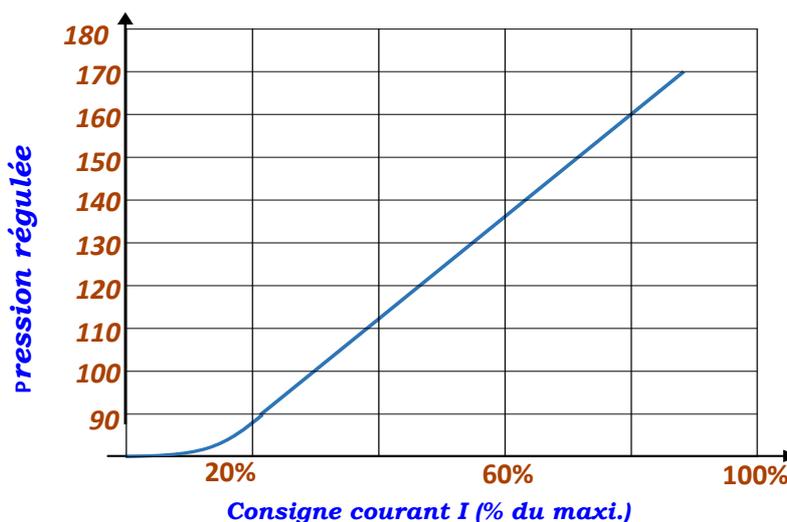


Diagramme de régulation



P (Bars) Diagramme de régulation de pression



- La régulation de la pression est assurée de façon linéaire par le contrôleur pour les valeurs de pressions comprises entre **110 Bars** et **170 Bars**.
- Le courant **I** à la sortie du module **D** varie entre **0 mA** et **1400 mA**.

Q.1. Compléter l'actigramme relatif au capteur de pression 1P, en précisant la nature de l'information d'entrée et de sortie



0,75 pt

Q.2. Donner le nom et le symbole des deux modules A et D.

0,50 pt

Nom	Nom	Symbole
Module A	.....	
Module D	.....	

Q.3. Déterminer la tension **U (en V)** image de la pression **P** à la sortie du capteur 1P lorsque la pression **P** est égale **160 Bars**.

0,25 pt

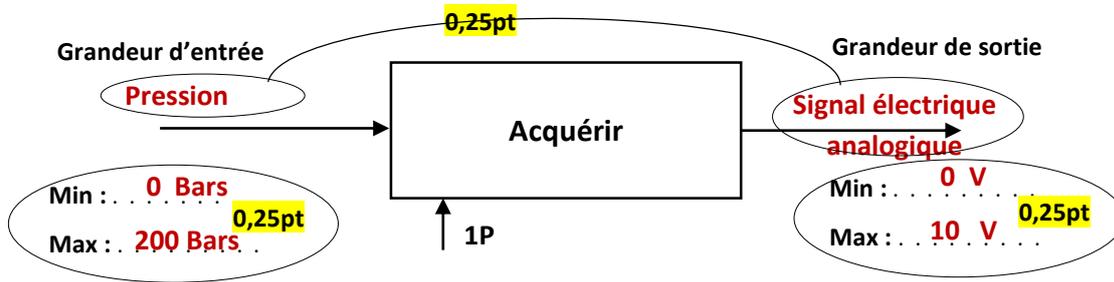
Q.4. Détermination pour la même pression **P**, le courant **I (en mA)** de commande du distributeur **1C** que doit délivrer le contrôleur du circuit hydraulique.

0,25 pt

# Eléments de réponse

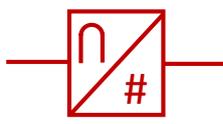
Q.1. Actigramme relatif au capteur de pression 1P, et nature de l'information d'entrée et de sortie.

0,75 pt



Q.2. Nom et symbole des deux modules A et D.

0,50 pt

Nom	Nom	Symbole
Module A	<b>CAN : Convertisseur analogique numérique</b>	
Module D	<b>CNA : Convertisseur numérique analogique</b>	

0,25pt/ligne

Q.3. Détermination de la tension U (en V) image de la pression P à la sortie du capteur 1P lorsque la pression P est égale 160 Bars.

0,25 pt

$$U = \frac{U_{max} - U_{min}}{P_{max} - P_{min}} * 16 = \frac{10 - 0}{200} * 160$$

$$U = 8V$$

Q4. Détermination pour la même pression P, le courant I (en mA) de commande du distributeur 1C que doit délivrer le contrôleur du circuit hydraulique.

0,25 pt

$$I = \frac{80 * I_{max}}{100} = \frac{80 * 1400}{100}$$

$$I = 1120 \text{ mA.}$$