

CAPTEURS

« conditionnement des signaux »

Instrumentation Industrielle

Travaux dirigés

Module Capteur : Licence PRO

Présenté par:

ANNECCA Gaëtan

Responsable REGULATION

Papèteries de CLAIREFONTAINE

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Partie 4 : Travaux dirigés

- TD-A : exercices sur les généralités
- TD-B : caractéristiques métrologiques
- TD-C : exercices sur la pression
- TD-D : exercices sur le niveau
- TD-E : exercices sur le débit
- TD-F : exercices sur la température

Travaux dirigés

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Schémas T.I. et codets

- Que signifient les codets suivants ?

TE
1000

Élément primaire
de température

AIC
1400

Régulateur d'analyse
avec indication

TAL
1100

Alarme basse
de température

LI
1500

Indicateur de niveau

FCV
1200

Vanne de contrôle
de débit

PT
1600

Transmetteur de pression

PDT
1300

Transmetteur de
pression différentielle

PSL
1700

Pressostat seuil bas

TD-A Généralités

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Schémas T.I. et codets

- Donner les codets des instruments suivants :

Transmetteur de
Pression différentielle

**DPT
2000**

Alarme de
Pression basse

**PAL
2300**

Thermostat
seuil haut

**TSH
2100**

Alarme de débit
Très haut

**FAHH
2400**

Transmetteur de niveau

**LT
2200**

Régulateur
Indicateur de niveau

**LIC
2500**

TD-A Généralités

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Schémas T.I. et codets

Dessiner le schéma T.I. suivant :

Un réservoir de liquide avec une pompe de distribution située au bas de la cuve, équipés des instruments de mesure suivants,

- Transmetteur de niveau hydrostatique avec alarme de niveau bas et alarme de niveau haut
- Indicateur de température du liquide dans le réservoir
- Thermostat de sécurité température haute
- Détecteur de niveau très haut
- Transmetteur de pression de sortie de la pompe de distribution avec alarme de pression haute
- Pressostat de sécurité pression haute en sortie de pompe

100

100

100

200

300

400

500

500

600

TD-A Généralités

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

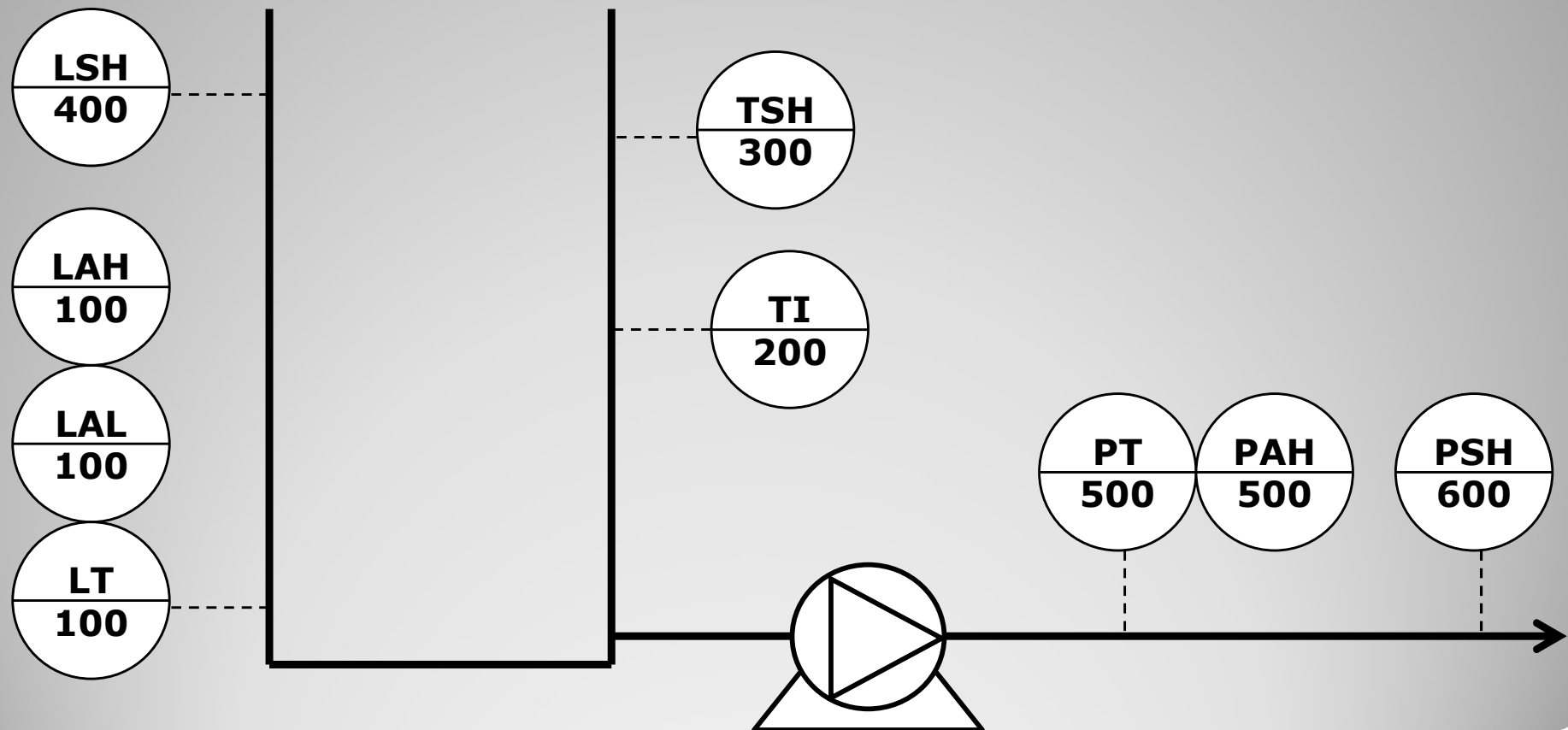
F1

F2

F3

Présentation
TP

Schémas T.I. et codets



TD-A Généralités

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Incertitude et conformité

La pression atmosphérique mesurée par trois transmetteurs de pression absolue donne les mesures suivantes :

$$P_1 = 1014 \text{ mbar}, P_2 = 1017 \text{ mbar}, P_3 = 1010 \text{ mbar}$$

L'erreur maximale absolue donné par les constructeurs est de :

$\pm 4 \text{ mbar}$ pour les transmetteurs 1 et 3, $\pm 6 \text{ mbar}$ pour le transmetteur 2

La valeur vraie de la pression atmosphérique donnée par un baromètre servant de référence indique 1013 hPa.

Indiquer les mesures avec l'incertitude de mesure pour les trois transmetteurs de pression atmosphérique.

Quels transmetteurs sont conformes ?

TD-B Caractéristiques

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Incertitude et conformité

La valeur vraie de la pression atmosphérique donnée par un baromètre servant de référence indique 1013 hPa.

Indiquer les mesures avec l'incertitude de mesure pour les trois transmetteurs de pression absolue.

$$P_1 = 1014 \text{ mbar} \pm 4 \text{ mbar}$$

$$P_2 = 1017 \text{ mbar} \pm 6 \text{ mbar}$$

$$P_3 = 1010 \text{ mbar} \pm 4 \text{ mbar}$$

Quels appareils de mesure sont conformes ?

P_1 indique une valeur vraie comprise entre 1010 et 1018 mbar, il est donc conforme

P_2 indique une valeur vraie comprise entre 1011 et 1023 mbar, il est donc conforme

P_3 indique une valeur vraie comprise entre 1006 et 1014 mbar, il est donc conforme

TD-B Caractéristiques

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Caractéristiques métrologiques

Zéro de mesure, Rangeabilité, Précision, Linéarité, Sensibilité

Un transmetteur de pression dont la précision de mesure est de 0,5%

Le signal de mesure est un courant normalisé de 4 à 20 mA

L'étendue de mesure du transmetteur est réglable : de 0 à 50 hPa

jusqu'à 0 à 700 hPa, avec un décalage de zéro réglable de 0 à 100 hPa

On désire régler une étendue de mesure $EM=300$ hPa et $DZ=80$ hPa.

- 1- Tracer la caractéristique statique en indiquant **EM** et **DZ**.
- 2- Le décalage de zéro **DZ** est il négatif ou positif ?
- 3- Déterminer la rangeabilité **R** de ce transmetteur.
- 4- Quelle est la sensibilité **Se** réglée sur ce transmetteur ?
- 5- Déterminer l'erreur absolue (**Ea maxi**) en tout point de l'échelle.
- 6- Indiquer l'erreur relative (**Er**) pour une pression $P=190$ hPa.

TD-B Caractéristiques

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Zéro de mesure, Rangeabilité, Précision, Linéarité, Sensibilité

Solutions:

1- EM = 300 hPa et DZ = 80 hPa

Valeur maximale mesurable = 380 hPa

Valeur minimale mesurable = 80 hPa

2- Le décalage de zéro **DZ** est négatif car $EM=300\text{hPa} < 380\text{ hPa}$

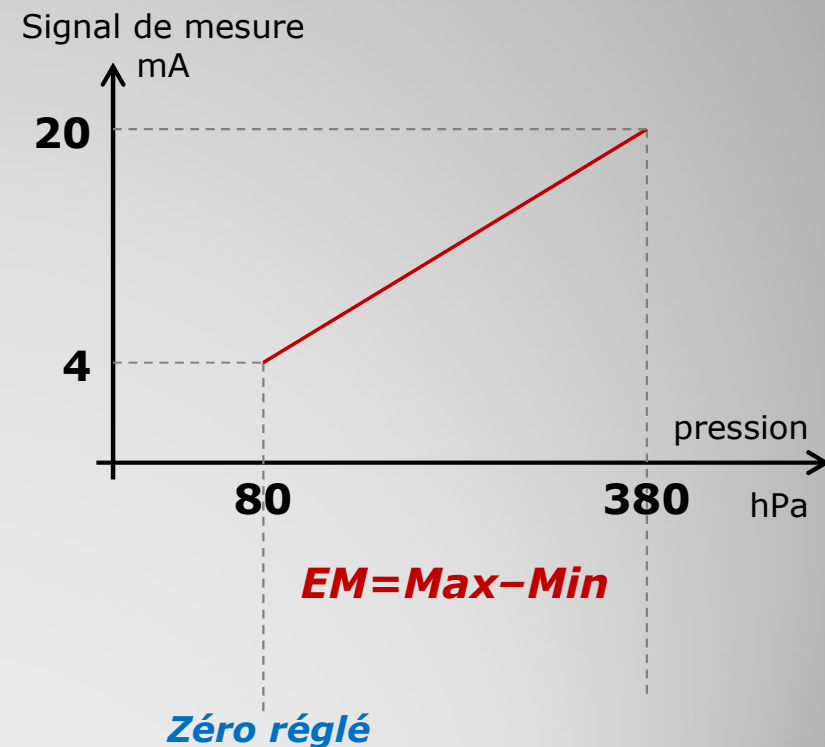
3- La rangeabilité **R** = $700/50 = 14$, soit **R=14:1**

4- La sensibilité **Se** = $16/300 = 0,053\text{ mA/hPa}$

5- Pour toutes les mesures :

Ea maxi $0,5\% \times 380 = 1,9\text{ hPa}$

6- L'erreur relative pour $P=190\text{ hPa}$ est **Er** = $1,9/190 = 1\%$



TD-B Caractéristiques

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Signal exploitable des transmetteurs

Calcul du signal de sortie d'un transmetteur analogique.

La plupart des transmetteurs analogiques industriels délivrent un signal courant 4-20 mA proportionnel au mesurande.

Dans la plupart des cas, la relation entre le signal de sortie et l'étendue de mesure définie est de type linéaire.

C'est-à-dire, 0 à 100% de l'étendue de mesure = 4 à 20 mA.

On peut écrire la relation suivante:

$$\frac{\text{Mesure}(x) - \text{Talon}(x)}{\text{Etendue}(X)} = \frac{\text{Signal}(mA) - \text{Talon}(mA)}{\text{Etendue}(mA)}$$

TD-B Caractéristiques

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Signal exploitable des transmetteurs

Calcul du signal de sortie d'un transmetteur analogique :

$$\text{Signal}(mA) = \frac{\text{Mesure}(x) - \text{Talon}(x)}{\text{Etendue}(X)} \times \text{Etendue}(mA) + \text{Talon}(mA)$$

Calcul d'une mesure à partir d'un signal de sortie 4-20 mA :

$$\text{Mesure}(X) = \frac{\text{Signal}(mA) - \text{Talon}(mA)}{\text{Etendue}(mA)} \times \text{Etendue}(X) + \text{Talon}(X)$$

TD-B Caractéristiques

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Exemple:

Un transmetteur de température avec une étendue de mesure allant de 0 à 250°C délivre un signal de sortie 4-20mA,

- 1) Quelle est la valeur du signal de sortie pour $T^{\circ}=0$ °C ?
- 2) Quelle est la valeur du signal de sortie pour $T^{\circ}=125$ °C ?
- 3) Quelle est la valeur du signal de sortie pour $T^{\circ}=250$ °C ?
- 4) Quelle est la valeur du signal de sortie pour $T^{\circ}=88$ °C ?

- 5) Quelle est la T° pour un signal de sortie (mA) = 8 mA ?
- 6) Quelle est la T° pour un signal de sortie (mA) = 16 mA ?
- 7) Quelle est la T° pour un signal de sortie (mA) = 14,25 mA ?
- 8) Quelle est la T° pour un signal de sortie (mA) = 5,75 mA ?

TD-B Caractéristiques

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

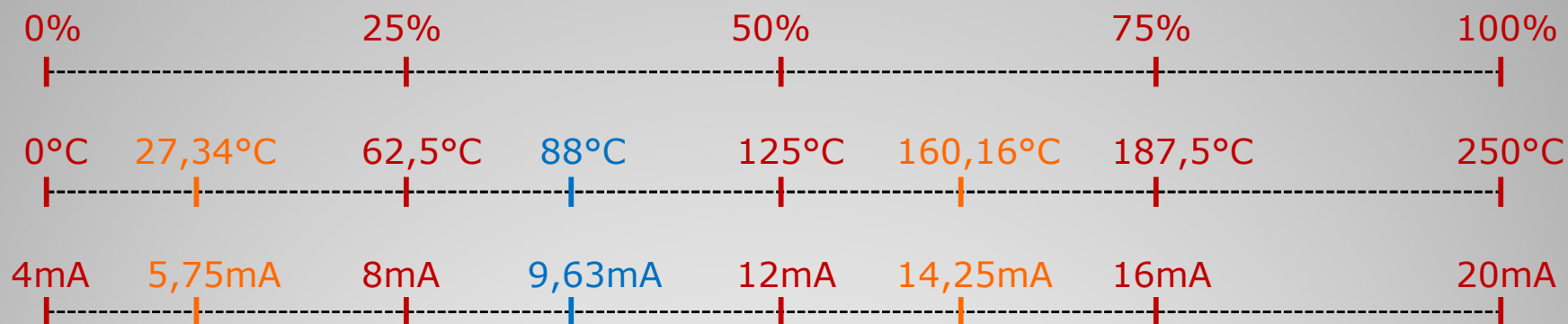
F2

F3

Présentation
TP

Résultats:

Un transmetteur de température avec une étendue de mesure allant de 0 à 250°C délivre un signal de sortie 4-20mA,



- 1) $T^{\circ}=0^{\circ}\text{C}$ correspond à 0% de l'étendue, mini étendue = mini signal = **4 mA**
- 2) $T^{\circ}=125^{\circ}\text{C}$ correspond à 50% de l'étendue, soit 50% du signal = **12 mA**
- 3) $T^{\circ}=250^{\circ}\text{C}$ correspond à 100% de l'étendue, maxi étendue = maxi signal = **20 mA**
- 4) $T^{\circ}=88^{\circ}\text{C}$, $\text{signal(mA)} = ((88-0)/250 \times 16) + 4 = \mathbf{9,632\text{ mA}}$
- 5) 8 mA correspond au $\frac{1}{4}$ du signal(mA), soit 25% de l'étendue = $250/4 = \mathbf{62,5^{\circ}\text{C}}$
- 6) 16 mA correspond au $\frac{3}{4}$ du signal(mA), soit 75% de l'étendue = $250/4 \times 3 = \mathbf{187,5^{\circ}\text{C}}$
- 7) Pour sortie (mA) = 14,25 mA, mesure $T^{\circ} = ((14,25-4)/16 \times 250) + 0 = \mathbf{160,16^{\circ}\text{C}}$
- 8) Pour sortie (mA) = 5,75 mA, mesure $T^{\circ} = ((5,75-4)/16 \times 250) + 0 = \mathbf{27,34^{\circ}\text{C}}$

TD-B Caractéristiques

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de pression relative

Exercice C1: Choix technologique et calcul d'incertitude

En utilisant la documentation Siemens (pages 1/16 à 1/19)

Vous devez mettre en service une boucle de régulation de pression sur un circuit d'eau dont la consigne de pression est maintenue à 6 bars, vous choisirez un transmetteur avec un signal de sortie 4-20 mA, avec connecteur électrique M12, raccordement process G1/2" ext. Et G1/8" int., et modèle non Atex.

Donner la référence du transmetteur choisi.

1. Quelles seront les valeurs mini et maxi de votre mesure de pression ?
2. Quelle est la précision donnée par le constructeur ?
3. Quelle sera l'erreur absolue au point de consigne ?
4. Référence retenue :

TD-C Mesure de pression

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de pression relative

Exercice C1: Choix technologique et calcul d'incertitude

En utilisant la documentation Siemens (pages 1/16 à 1/19)

1. Quelles seront les valeurs mini et maxi de votre mesure de pression ?

Pour une bonne visualisation de la pression, il faut une $P_{\text{mini}} = 0$ bar et une $P_{\text{maxi}} >$ point de consigne (6 bar)

Dans notre cas, **10 bar** est suffisant (vérifier que la pression $<$ 10 bar)

2. Quelle est la précision donnée par le constructeur ?

Par définition, écart de mesure correspond à écart type S (sigma)

Ecart de mesure = 0,5% de la valeur finale de l'étendue de mesure

Donc on retient comme précision relative intrinsèque donnée par le constructeur une **Précision** = $2 \times$ écart type = $2 \times 0,5\% = 1\%$

TD-C Mesure de pression

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de pression relative

***Exercice C1: Choix technologique et calcul d'incertitude
En utilisant la documentation Siemens (pages 1/16 à 1/19)***

3. Quelle sera l'erreur absolue au point de consigne ?

Erreur absolue = Précision x valeur finale de l'étendue
 $E_a = 1\% \times 10 \text{ bar} = 0,1 \text{ bar ou } 100 \text{ mbar}$

4. Quelle est la référence constructeur du transmetteur retenu ?

Référence : 7MF1567-3CA00-2BA1

TD-C Mesure de pression

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de pression relative

Exercice C2 : choix technologique et calcul d'incertitude

En utilisant la documentation Siemens pages 1/85 à 1/91.

Un groupe à pression constante (cuve d'eau maintenue remplie, pompe centrifuge) maintient une pression d'eau à une consigne de 23 bar. La pompe a une pression de sortie maximale de 30 bar.

Un transmetteur de pression relative mesure la pression de sortie.

Une régulation de décharge est assurée par une vanne de régulation équipée d'un positionneur électropneumatique.

1. Faire un schéma T.I. de l'installation depuis le schéma P.C.F.
2. Définir l'étendue de mesure du transmetteur de pression.
3. Dans la gamme SITRANS P310, donner la référence du transmetteur.

TD-C Mesure de pression

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

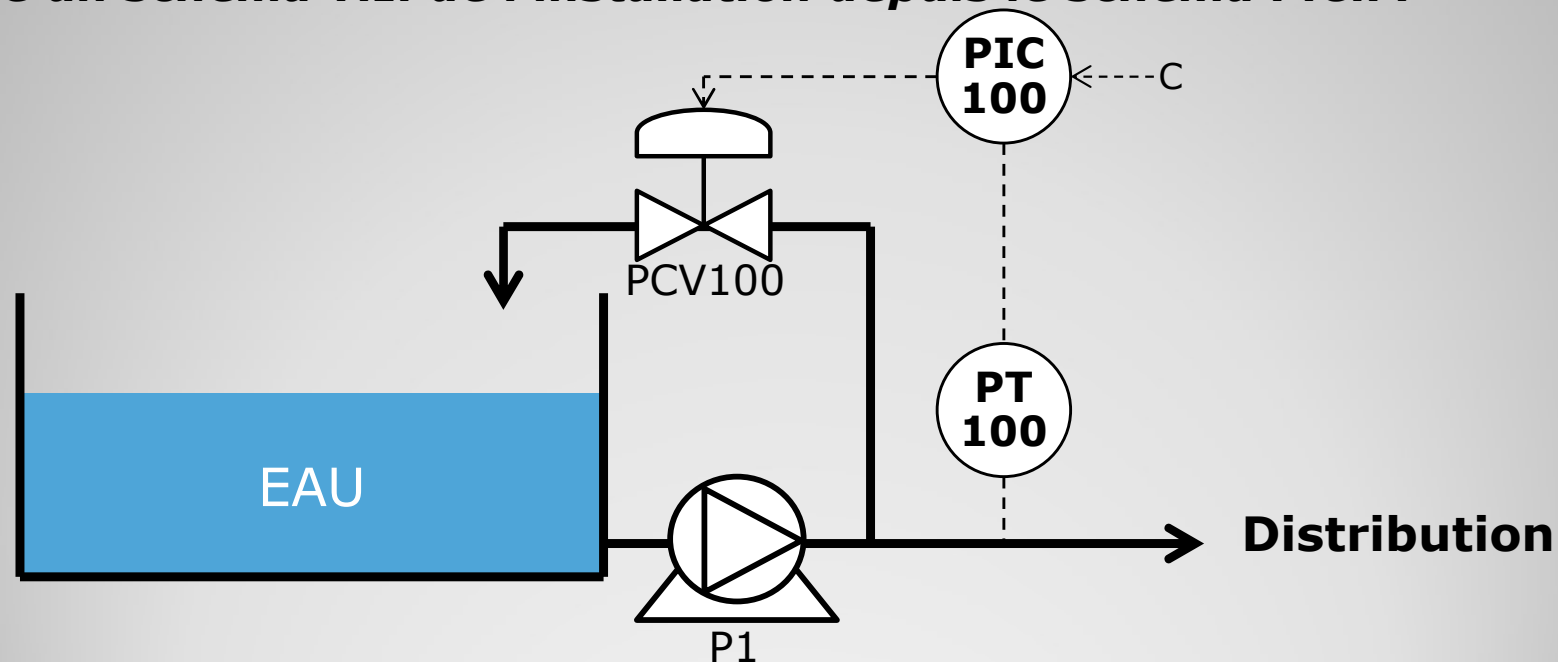
F3

Présentation
TP

Mesure de pression relative

Exercice C2 : choix technologique et calcul d'incertitude
En utilisant la documentation Siemens pages 1/85 à 1/91.

1. Faire un schéma T.I. de l'installation depuis le schéma P.C.F.



TD-C Mesure de pression

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de pression relative

Exercice C2 : choix technologique et calcul d'incertitude
En utilisant la documentation Siemens pages 1/85 à 1/91.

2. Définir l'étendue de mesure du transmetteur de pression.

La consigne de la pression est 23 bar, il faut donc utiliser un transmetteur de pression dont l'étendue est > 23 bar

La pression maxi au refoulement de la pompe est 30 bar, il suffira de paramétrer la fin de l'étendue de mesure à **30 bar** pour l'application

Etendue de mesure : **P mini = 0 bar et P maxi = 30 bar**

3. Dans la gamme SITRANS P310, donner la référence du transmetteur.

Il faut utiliser une cellule de mesure pouvant supporter 30 bars

On choisira le transmetteur dont la gamme de mesure est 0,63 ... 63 bars

Référence : 7MF2033-1EB10-1AB6

TD-C Mesure de pression

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de pression relative

Exercice C2 : partie 4

Condition de service : on veut une consigne de pression de 23 bar.
La pompe à une pression de refoulement maximale de 30 bar.

- a. Déterminer la précision relative du transmetteur.
- b. En déduire l'erreur absolue et l'erreur relative à 23 bar.
- c. Annoncer la mesure au point de consigne avec l'incertitude de mesure susceptible d'apparaître.

TD-C Mesure de pression

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de pression relative

Exercice C2 : consigne = 23 bar avec $P_{maxi} = 30$ bar

Partie 4 : a. Déterminer la précision relative du transmetteur.

Recherche de la précision relative de la cellule de mesure:

On a $r = \text{gamme de mesure max} / \text{gamme de mesure réglée}$

$$r = 63 / 30 = \mathbf{2,1}$$

Ecart de mesure retenue :

Caractéristique linéaire : $\leq \mathbf{0,075\%}$

Dérive à long terme : $\leq (0,25 \times 2,1)\%$, $\leq \mathbf{0,525\%}$

$$\text{Précision} \leq 2 \times \sqrt{(0,075\%)^2 + (0,525\%)^2}$$

$$\mathbf{\text{Précision} \leq 1,06\%}$$

TD-C Mesure de pression

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de pression relative

Exercice C2 : consigne = 23 bar avec $P_{\text{maxi}} = 30$ bar

Partie 4 : b. En déduire l'erreur absolue et l'erreur relative à 23 bar.

Erreur absolue : $E_a = 1,06\% \times 30 \text{ bar}$

$E_a = 0,318 \text{ bar}$

Erreur relative : $E_r = 0,318 / 23$

$E_r = 1,38 \%$

Partie 4 : c. Annoncer la mesure au point de consigne

Mesure = 23 bar \pm 0,318 bar ou Mesure = 23 bar \pm 1,38 %

Mesure = 23 bar \pm 318 mbar

TD-C Mesure de pression

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de pression relative

Exercice C2 : partie 5

Condition de service : on veut une consigne de pression de 3 bar.
La pompe à une pression de refoulement maximale de 5 bar.

- a. Déterminer la précision relative du transmetteur.
- b. En déduire l'erreur absolue et l'erreur relative à 3 bar.
- c. Annoncer la mesure au point de consigne avec l'incertitude de mesure susceptible d'apparaître.

TD-C Mesure de pression

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de pression relative

Exercice C2 : consigne = 3 bar avec P maxi = 5 bar

Partie 5 : a. Déterminer la précision relative du transmetteur.

Recherche de la précision relative de la cellule de mesure:

On a $r = \text{gamme de mesure max} / \text{gamme de mesure réglée}$

$$r = 63 / 5 = \mathbf{12,6}$$

Ecart de mesure retenue :

Caractéristique linéaire : $\leq (0,005 \times 12,6 + 0,07)\%$, $\leq \mathbf{0,133\%}$

Dérive à long terme : $\leq (0,25 \times 12,6)\%$, $\leq \mathbf{3,15\%}$

$$\text{Précision} \leq 2 \times \sqrt{(0,133\%)^2 + (3,15\%)^2}$$

$$\mathbf{\text{Précision} \leq 6,3 \%}$$

TD-C Mesure de pression

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de pression relative

Exercice C2 : consigne = 3 bar avec $P_{\text{maxi}} = 5 \text{ bar}$

Partie 5 : b. En déduire l'erreur absolue et l'erreur relative à 3 bar.

Erreur absolue : $E_a = 6,3\% \times 5 \text{ bar}$

$E_a = 0,315 \text{ bar}$

Erreur relative : $E_r = 0,315 / 3$

$E_r = 10,5 \%$

Partie 5 : c. Annoncer la mesure au point de consigne

Mesure = 3 bar \pm 0,315 bar ou Mesure = 3 bar \pm 10,5 %

Mesure = 3 bar \pm 315 mbar

A noter également que dans des conditions de température ambiante extrêmes, la dérive pourrait favoriser des erreurs dans la mesure de l'ordre de 15% lorsque le transmetteur est utilisé dans des petites étendues de mesure.

TD-C Mesure de pression

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de niveau hydrostatique

Exercice D1 : mesure de liquide et/ou interface

Cas d'un réservoir ouvert rempli de deux liquides L_1 et L_2 immiscibles, homogènes, de masse volumique ρ_1 et ρ_2 différentes avec $\rho_1 = 1000 \text{ kg/m}^3$ et $\rho_2 = 800 \text{ kg/m}^3$.

Calculer les valeurs des pressions hydrostatiques en A et en B suivant les données du cas suivant : **$Z_C = 7 \text{ m}$ et $Z_B = 4 \text{ m}$**

On peut écrire les relations suivantes :

Au niveau **B**, limite interface, la pression relative $P_B = \rho_2 \cdot g \cdot (Z_C - Z_B)$

Au niveau **A**, au fond du réservoir, la pression relative $P_A = P_B + \rho_1 \cdot g \cdot Z_B$

TD-D Mesure de niveau

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de niveau hydrostatique

Exercice D1 : Schéma de principe

$\rho_1 = 1000 \text{ kg/m}^3$ et $\rho_2 = 800 \text{ kg/m}^3$

$Z_C = 7 \text{ m}$ et $Z_B = 4 \text{ m}$

$P_B = \rho_2 \cdot g \cdot (Z_C - Z_B)$

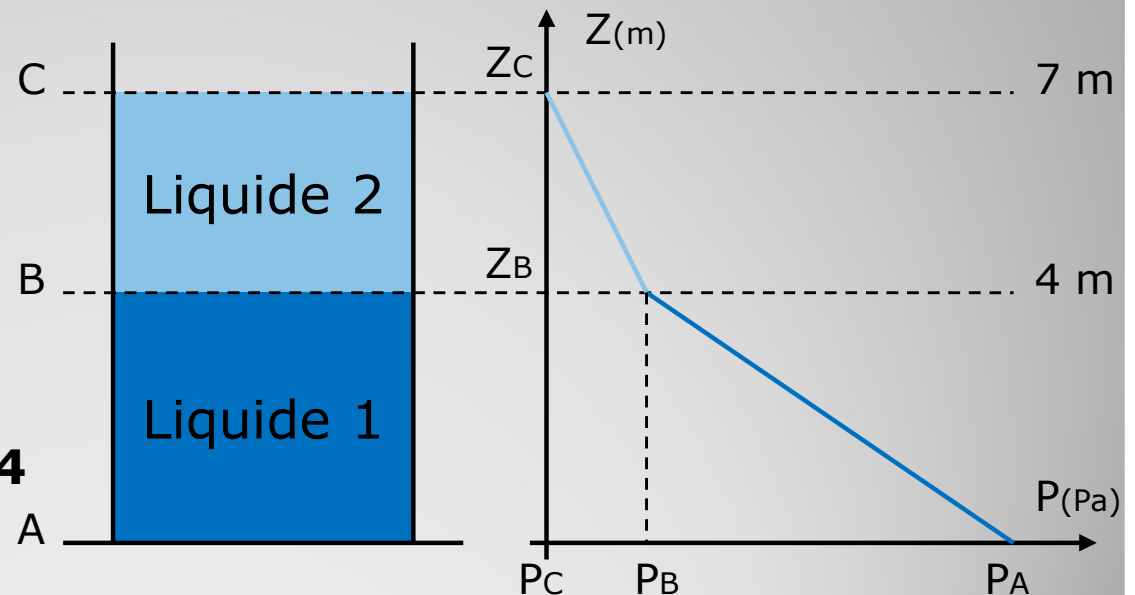
$P_A = P_B + \rho_1 \cdot g \cdot Z_B$

$P_B = 800 \times 9,81 \times 3$

$P_B = 23\,544 \text{ Pa}$

$P_A = 23\,544 + 1000 \times 9,81 \times 4$

$P_A = 62\,784 \text{ Pa}$



TD-D Mesure de niveau

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de niveau hydrostatique directe

Exercice D2 : choix technologique et calcul d'incertitude

En utilisant la documentation Siemens pages 1/22 à 1/26.

SITRANS LH100 Transmetteur de niveau hydrostatique

Vous devez mesurer en continu le niveau d'une cuve d'eau potable dont le point de consigne est à 3 m. La cuve mesure 4 m de hauteur.

Modèle retenu est non Atex avec une longueur de câble de 5 m.

1. Donner la référence du transmetteur choisi.
2. Quelle est la précision donnée par le constructeur ?
3. Déduire les incertitudes de mesure que l'on peut avoir au point de consigne, en vous servant des erreurs absolues et relatives déterminées dans les conditions suivantes.
 - l'eau dans la cuve est à 25°C
 - l'eau dans la cuve est à 5 °C
 - l'eau dans la cuve est à 25°C et à 5°C après la période de garantie

TD-D Mesure de niveau

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de niveau hydrostatique directe

Exercice D2 : choix technologique et calcul d'incertitude

En utilisant la documentation Siemens pages 1/22 à 1/26.

SITRANS LH100 Transmetteur de niveau hydrostatique

1. Donner la référence du transmetteur choisi.

Référence : **7MF1572-1DA20 H1B**

2. Quelle est la précision donnée par le constructeur ?

Ecart de mesure correspond à écart type

Ecart de mesure = 0,3% de la valeur finale de l'étendue de mesure

Donc on retient comme précision relative $2 \times 0,3\% = \mathbf{0,6\%}$

TD-D Mesure de niveau

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de niveau hydrostatique directe

Exercice D2 : choix technologique et calcul d'incertitude

SITRANS LH100 Transmetteur de niveau hydrostatique

3. Incertitudes de mesure au point de consigne.

Si l'eau dans la cuve est à 25°C

Précision relative = **0,6%**

Erreur absolue = précision x maxi étendue réglée = 0,6% x 4 m

Ea = 0,024 m

Au point de consigne, erreur relative = Ea / mesure = 0,024 / 3

Er = 0,8%

Mesure au point de consigne est de **3 m ± 24 mm ou 3 m ± 0,8%**

TD-D Mesure de niveau

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de niveau hydrostatique directe

Exercice D2 : choix technologique et calcul d'incertitude

SITRANS LH100 Transmetteur de niveau hydrostatique

3. Incertitudes de mesure au point de consigne.

Si l'eau dans la cuve est à 5°C

Influence de la température est de 0,45% par variation de 10°C, donc pour un delta de 20°C on retient 0,9%.

$$\text{Précision} = 2 \times \sqrt{(0,3\%)^2 + (0,9\%)^2}$$

$$\text{Précision} = 1,89\%$$

$$\text{Erreur absolue} = 1,89\% \times 4 \text{ m}$$

$$E_a = 0,076 \text{ m}$$

Au point de consigne,

$$\text{Erreur relative} = 0,076 / 3$$

$$E_r = 2,53\%$$

Mesure au point de consigne est de **3 m ± 76 mm ou 3 m ± 2,53%**

TD-D Mesure de niveau

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de niveau hydrostatique directe

Exercice D2 : choix technologique et calcul d'incertitude

SITRANS LH100 Transmetteur de niveau hydrostatique

3. Incertitudes de mesure au point de consigne.

Si l'eau dans la cuve est à 25°C après la période de garantie

Stabilité à long terme est de 0,25%

$$\text{Précision} = 2 \times \sqrt{(0,3\%)^2 + (0,25\%)^2}$$

$$\text{Précision} = \mathbf{0,78\%}$$

$$\text{Erreur absolue} = 0,78\% \times 4 \text{ m}$$

$$\mathbf{Ea = 0,031 \text{ m}}$$

Au point de consigne,

$$\text{Erreur relative} = 0,031 / 3$$

$$\mathbf{Er = 1,04\%}$$

Mesure au point de consigne est de **3 m ± 31 mm ou 3 m ± 1,04%**

TD-D Mesure de niveau

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de niveau hydrostatique directe

Exercice D2 : choix technologique et calcul d'incertitude

SITRANS LH100 Transmetteur de niveau hydrostatique

3. Incertitudes de mesure au point de consigne.

Si l'eau dans la cuve est à 5°C après la période de garantie

Influence de la température est de 0,9%

Stabilité à long terme est de 0,25%

Précision = $2 \times \sqrt{(0,3\%)^2 + (0,9\%)^2 + (0,25\%)^2}$ **Précision = 1,96%**

Erreur absolue = 1,96% x 4 m **Ea = 0,078 m**

Au point de consigne,

Erreur relative = 0,078 / 3

Er = 2,62%

Mesure au point de consigne est de **3 m ± 78 mm ou 3 m ± 2,62%**

TD-D Mesure de niveau

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de niveau non intrusive

Exercice D3 : choix technologique

En utilisant la documentation Siemens

The PROBE pages 5/126 et 5/127

le PROBE LR pages 5/191 et 5/192

1. Quels sont les principes de mesure de ces transmetteurs ?
2. Quels sont leurs plages de mesure ?
3. Quelles sont leurs précisions ?
4. Quels sont leurs signaux de sortie ?

TD-D Mesure de niveau

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de niveau non intrusive

Exercice D3 : choix technologique The PROBE et le PROBE LR

1. Quels sont les principes de mesure de ces transmetteurs ?

The PROBE : transmetteur de niveau à ultrasons

Le PROBE LR : transmetteur de niveau à impulsions radar fréquence 6GHz

2. Quels sont leurs plages de mesure ?

The PROBE : 0,25 à 5 mètres

Le PROBE LR : 0,3 à 20 mètres

3. Quelles sont leurs précisions ?

The PROBE : erreur de mesure 0,25% donc précision 0,5% de l'étendue réglée

Le PROBE LR : 10 mm ou $\pm 0,1\%$ de l'étendue de mesure réglée

4. Quels sont leurs signaux de sortie ?

The PROBE et le PROBE LR : signal 4-20 mA proportionnel ou inversement proportionnel au niveau

TD-D Mesure de niveau

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de débit par méthode différentielle

Exercice E1 :

Un Diaphragme est équipé d'un transmetteur de ΔP réglé de 0 à 400 mbar et constitue un débitmètre dont l'étendue de mesure est de 0 à 5 m³/h.

1. Quel est le coefficient k de ce diaphragme ?
2. Quel est le débit volume Q_v pour une mesure de ΔP mesurée à 100 mbar ?

$$1. \quad Q_v = k \times \sqrt{\Delta P} \quad \text{donc} \quad k = Q_v / \sqrt{\Delta P}$$

$$k = 5 / \sqrt{400} = 0,25 \text{ m}^3/\text{h.mbar}^2$$

$$2. \quad Q_v = 0,25 \times \sqrt{100} \quad \text{donc} \quad Q_v = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

TD-E Mesure de débit

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de débit par méthode directe

Exercice E2 : Débitmètre électromagnétique

Une installation comporte trois débitmètres mesurant l'introduction des produits A, B et C.

Pour faciliter la mise en service et la maintenance de ces trois points de mesure, ces trois débitmètres ont le même diamètre nominal et la même étendue de mesure.

Etendue de mesure choisie 0 à 5000 l/h et signal de sortie 4-20 mA

1. Calculer les signaux(mA) si : **$Q_A=1380$ l/h, $Q_B=3600$ l/h, et $Q_C=600$ l/h.**
2. Choix des transmetteurs: documentation SIEMENS pages 4/26 et 4/80.
Sachant que les trois débitmètres sont identiques, même DN, choisir le diamètre retenu et donner la référence du transmetteur.

TD-E Mesure de débit

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de débit par méthode directe

Exercice E2 : Débitmètre électromagnétique

$$\text{Si } Q_A = 1380 \text{ l/h, } \text{signal(mA)} = ((1380/5000)) \times 16 + 4 = \mathbf{8,42 \text{ mA}}$$

$$\text{Si } Q_B = 3600 \text{ l/h, } \text{signal(mA)} = ((3600/5000)) \times 16 + 4 = \mathbf{15,52 \text{ mA}}$$

$$\text{Si } Q_C = 600 \text{ l/h, } \text{signal(mA)} = ((600/5000)) \times 16 + 4 = \mathbf{5,92 \text{ mA}}$$

TD-E Mesure de débit

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de débit par méthode directe

Exercice E2 : Débitmètre électromagnétique

Choix des transmetteurs: documentation SIEMENS pages 4/26 et 4/80.

Page 4/26 en bas à gauche il faut lire l'information suivante :

Directives de choix du capteur pour les vitesses d'écoulement du fluide,

Plage de mesure minimum : **0 ... 0,25 m/s**

Plage de mesure maximum: **0 ... 10 m/s**

En règle générale, le capteur est sélectionné de sorte que la vitesse d'écoulement v se situe dans une plage de mesure de **1 à 3 m/s**.

La pleine échelle des mesures de débit est de 5000 l/h

Vérification sur l'abaque des diamètres nominaux DN pouvant correspondre à une vitesse d'écoulement comprise entre 1 et 3 m/s. On retient : **DN 25**

Débitmètre MAG3100

Référence : 7ME6340-2DF17-2LB1

TD-E Mesure de débit

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de température avec une sonde RTD

Exercice F1 :

1. Donner la valeur de la résistance d'une sonde **Pt25** à une température de **273 K**.
2. On plonge une sonde **Pt1000** dans un fluide à **-30°C**.
Après stabilisation, on relève **R = 998 Ω**.
Pourquoi est-on sûr que la sonde est défectueuse ?
3. Pour une **Pt100**, on mesure **R (150°C) = 157,33 Ω**.
Pourquoi **R(300°C)** ne vaut-elle pas $314,66\Omega$ (soit $2 \times 157,33\Omega$), mais **212,05 Ω** ?
4. Donner la valeur de la résistance à **100°C** d'une sonde Pt100 dont l'intervalle fondamental (coefficient de température) $\alpha = \mathbf{0,00392}$ (norme américaine).
5. Toutes les sondes Pt100 peuvent-elles mesurer des températures comprises entre **-200°C** et **850°C** ?
6. On souhaite mesurer à **±0,5%** une température de **630°C** dans un four.
Peut-on le faire avec une sonde Pt100 ?

TD-F Mesure de température

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure de température avec une sonde RTD

Exercice F1 :

1. $T = 273 \text{ K}$ correspond à $T = 0^\circ\text{C}$, la résistance à 0°C est la **valeur nominale** de la sonde **Pt25** qui est de **25Ω** .
2. Même remarque, à 0°C la valeur nominale d'une sonde Pt1000 vaut 1000Ω , Après stabilisation, on relève **$R = 998 \Omega$** , ce qui est proche de 1000Ω . La sonde est défectueuse car à -30°C elle devrait être bien inférieure.
3. La relation d'une sonde Pt100 n'est pas linéaire.
4. La définition donne $R(100^\circ\text{C}) = \alpha \times [100 \times R(0^\circ\text{C})] + R(0^\circ\text{C})$
donc $R(100^\circ\text{C}) = (0,00392 \times 10000) + 100 = \mathbf{139,2 \Omega}$
5. Oui à condition que leurs gaines de protection le supporte. Au dessus de 650°C , seule la classe B de précision est définie.
6. Oui car la tolérance d'une Pt100 de classe A est de **$\pm 1,45^\circ\text{C}$** ce qui est inférieur à **$\pm 3,15^\circ\text{C}$** ($0,5\%$ de 630°C).

TD-F Mesure de température

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure avec une sonde Pt100 platine

Exercice F2 : utilisation de la table de référence EIT90

Utilisation d'une sonde Pt100 avec un convertisseur 4-20 mA intégré dans la tête de raccordement de la sonde, et dont l'étendue de mesure est calibrée pour une plage de mesure allant de 0 à 200 °C.

1. Quelle sera la valeur de la résistance en Ω pour une température de 55°C ?
2. Quelle sera la valeur de la résistance en Ω pour un signal de sortie de 16 mA ?
5. Quelle sera la valeur du signal en mA pour une résistance égale à 138,51 Ω ?
6. Quelle sera la valeur du signal en mA pour une température égale à 175°C ?

TD-F Mesure de température

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

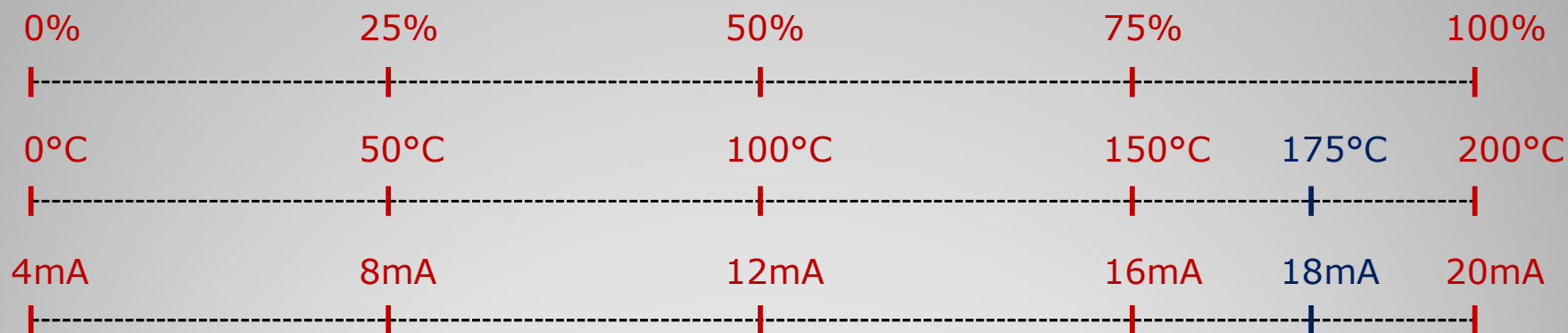
F3

Présentation
TP

Exercice F2 : Résultats

Un transmetteur de température avec une étendue de mesure allant de 0 à 200°C délivre un signal de sortie 4-20mA.

Aide graphique pour vérifier les résultats:



- 1) On recherche dans la table de référence, si $T^{\circ}=55^{\circ}\text{C}$ alors la résistance $R(55^{\circ}\text{C}) = \mathbf{121,32\ \Omega}$
- 2) On recherche dans la table de référence, si $T^{\circ}=150^{\circ}\text{C}$ alors la résistance $R(150^{\circ}\text{C}) = \mathbf{157,33\ \Omega}$
- 3) Dans la table de référence: $138,51\ \Omega$ correspond à une température de 100°C soit $\mathbf{12\ \text{mA}}$
- 4) Lorsque la température est de 175°C , cela correspond au $7/8$ de l'EM, soit $\mathbf{18\ \text{mA}}$

TD-F Mesure de température

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

F3

Présentation
TP

Mesure avec une sonde Pt100 platine

Exercice F3 : calcul du signal de sortie ou de la température

Utilisation d'une sonde Pt100 avec un convertisseur 4-20 mA intégré dans la tête de raccordement de la sonde, et dont l'étendue de mesure est calibrée pour une plage de mesure allant de -50 à 50 °C.

1. Quelle sera la valeur du signal en mA si la sonde est soumise à une $T^{\circ} = 18^{\circ}\text{C}$?
2. Quelle sera la valeur de la T° mesurée si le signal de sortie est de 6,8 mA ?

TD-F Mesure de température

S

A1

A2

A3

B1

B2

B3

C1

C2

D1

D2

D3

E1

E2

F1

F2

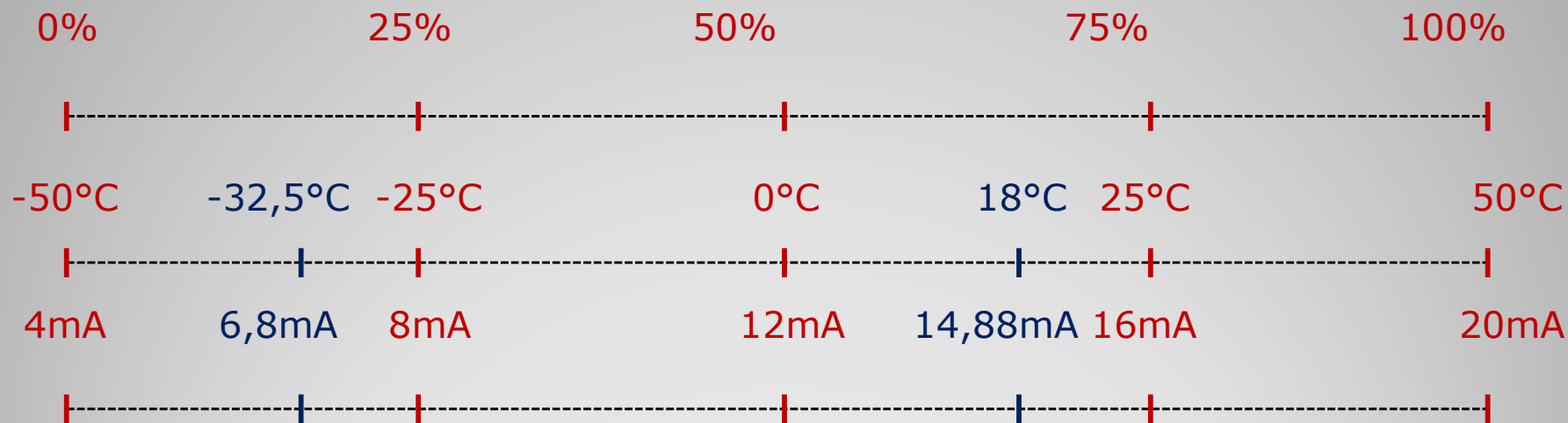
F3

Présentation
TP

Exercice F3 : Résultats

Un transmetteur de température avec une étendue de mesure allant de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ délivre un signal de sortie 4-20mA.

Aide graphique pour vérifier les résultats:



1) à $18\text{ }^{\circ}\text{C}$, le Signal(mA) = $[18 - (-50) / 100] \times 16 + 4 = \mathbf{14,88\text{ mA}}$

2) Pour 6,8 mA : Mesure($^{\circ}\text{C}$) = $[((6,8 - 4) / 16) \times 100] + (-50) = \mathbf{-32,5\text{ }^{\circ}\text{C}}$

TD-F Mesure de température