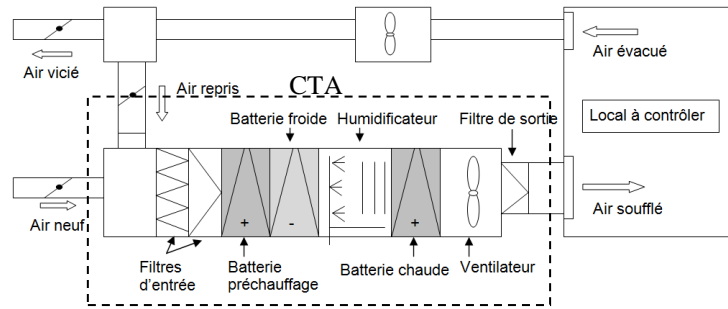


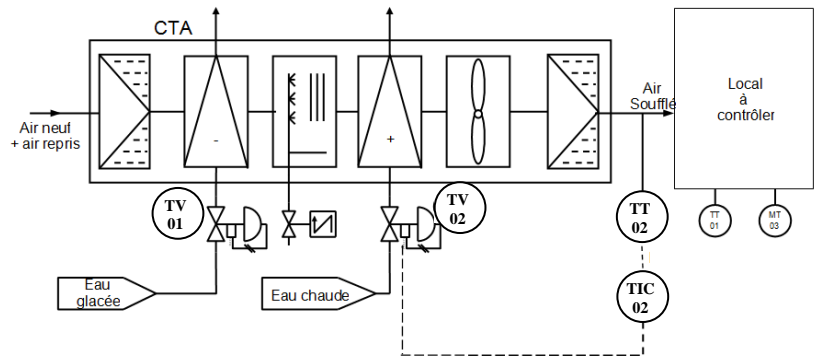
On s'intéresse à une Centrale de Traitement de l'Air (CTA), dont le rôle est de renouveler l'air ambiant d'un local, en régulant la température et le taux d'hygrométrie (voir schéma ci-contre).

La CTA est située à l'extérieur du bâtiment.



On étudie la boucle de température de l'air soufflé (voir schéma TI ci-contre) ; les vannes TV01 et TV02 sont fermées par manque d'air (NF).

Lors d'un fonctionnement manuel de TIC02, une réponse indiciaire en boucle ouverte est réalisée à partir du point de fonctionnement 20 °C (voir annexe 2 page 2).



## PARTIE A : Instrumentation

### 1. Mesure de la température dans l'atelier

La sonde d'ambiance utilise un capteur dénommé Pt1000, montage 2 fils.

1.1 Que signifie Pt1000 ? Quel est le principe de ce type de capteur ?

Le transmetteur est relié à un automate Siemens acceptant des entrées en tension et à un enregistreur numérique également à entrées tension.

La plage de température que l'on désire utiliser est 0 – 50°C.

1.2 En s'aidant de l'annexe n° 1, proposer un schéma de câblage de la mesure de température et d'humidité en indiquant les polarités des appareils, ainsi que les valeurs des tensions, des courants et des résistances éventuelles mises en œuvre.

1.3 Pourquoi, dans ce cas, un capteur montage 3 fils n'est-il pas nécessaire ?

### 2. Mesure de l'humidité relative dans l'atelier

Cette humidité est mesurée par un capteur capacitif de capacité :  $C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{e}$

2.1 Dans cette formule, quel est le paramètre modifié par l'humidité de l'air ?

2.2 À partir de la documentation en annexe n° 1, calculer la sensibilité (s en V.-%<sup>-1</sup>) de cette sonde.

2.3 Quelle est la résolution de la mesure dans l'automate si la carte analogique à une résolution de 10 bits ? Cette résolution est-elle selon vous suffisante ?

## PARTIE B : Régulation

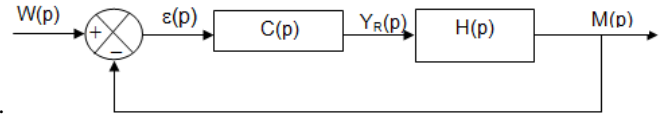
1. Identifier la fonction de transfert  $H(p)$  du procédé sous la forme d'un premier ordre retardé, par la méthode de Broïda : fournir les paramètres  $K$ ,  $T$  et  $\tau$ . Les traits de construction doivent être visibles sur la courbe.

Par la suite, on admet que  $H(p) = \frac{K}{1 + \tau p} e^{-Tp} = \frac{0,3}{1 + 150 p} e^{-23p}$ . On associe au procédé un correcteur  $C(p) = \frac{A \cdot (1 + T_i p)}{T_i p}$ .

2. Préciser de quel correcteur s'agit-il (type et structure à donner)?

3. Quel doit être le sens d'action de TIC02? Justifier.

4. Le schéma fonctionnel de la boucle de température est le suivant :  
Dans un premier temps, on règle  $A = 1$  et  $T_i = 150$  s.



Tous les calculs demandés ci-dessous, seront d'abord faits littéralement.

- 4.1 Reporter sur le schéma TI ci-dessus, les signaux  $W$ ,  $Y_R$  et  $M$  du schéma fonctionnel.
- 4.2 Déterminer  $T(p)$ , fonction de transfert en BO du système.
- 4.3 Déterminer le module, puis l'argument de  $\underline{T}(j\omega)$ , en fonction de  $\omega$  et des données littérales du texte.
- 4.4 Déterminer la marge de gain  $G_m$  du système. Faire l'application numérique.
- 4.5 Déterminer, puis calculer (en radian, puis en degré), la marge de phase  $\varphi_m$  du système.
- 4.6 Que peut-on conclure des valeurs de  $G_m$  et  $\varphi_m$  précédemment déterminées? En déduire l'allure de la réponse indicielle (réponse à un échelon de consigne) de cette boucle.

5. A l'aide d'un logiciel de simulation, on trace le diagramme de Black de  $\underline{T}(j\omega)$ , pour différents réglages du correcteur  $C(p)$  (voir **annexe 2 page 2**). Avec les valeurs précédentes ( $A = 1$  et  $T_i = 150$  s), on obtient la courbe N°1.

- 5.1 Pour obtenir la courbe N°2, un paramètre du régulateur a été modifié ; lequel et dans quel sens?
  - 5.2 Pour obtenir la courbe N°3, un autre paramètre du régulateur a été modifié ; lequel et dans quel sens?
  - 5.3 Mesurer précisément la marge de phase  $\varphi_{m3}$  et la marge de gain  $G_{m3}$  pour la courbe N°3.
- La courbe N°3 correspond au réglage adopté pour cette boucle. Comparer aux valeurs  $\varphi_{m1}$  et  $G_{m1}$  obtenues à la question 4. (courbe N°1) ; commenter rapidement.

*Justifier rapidement*

6. Précision de la boucle de température.

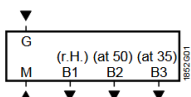
- 6.1 Pour réaliser des économies d'énergie, on décide de régler la température ambiante à  $18^\circ\text{C}$  (initialement réglée à  $20^\circ\text{C}$ ). Le système bouclé est-il précis suite à cet échelon de température? Justifier par un calcul.
- 6.2 Retrouver ce résultat à partir du diagramme de Black.

7. Prise en compte de la température dans le local.

- 7.1 On souhaite pouvoir prendre en compte la température effective dans le local à chauffer. Quelle modification peut-on envisager dans la stratégie de régulation pour parvenir à ce résultat ?
- 7.2 Quel autre grandeur peut influencer la régulation ?

## Annexe 1

### Extrait de la documentation constructeur de la sonde d'ambiance Siemens QFA66

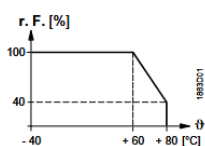


G	System potential AC 24 V (safety extra-low voltage SELV)
M	System ground, measuring ground
B1	Output, DC 0...10 V measuring signal for relative humidity 0...100 %
B2	Output, DC 0...10 V measuring signal for temperature 0...50 °C
B3	Output, DC 0...10 V measuring signal for temperature -35...+35 °C



#### Technical data

##### Humidity sensor



Measuring accuracy at  $20^\circ\text{C}$

in the range of 0...90 % r. h.

in the range of 90...100 % r. h.

$\pm 2$  % r. h.

$\pm 3$  % r. h.

Temperature dependence

in the range of  $-10...+50^\circ\text{C}$

$< 0,05$  % r. h. /  $^\circ\text{C}$

Reduction of the humidity measuring range

above  $60^\circ\text{C}$  at the sensor head

see graphic to the left

Time constant  $t_{90}$

ca. 20 s

##### Temperature sensor

Sensing element

Pt1000 Class A

Measuring accuracy at  $20^\circ\text{C}$

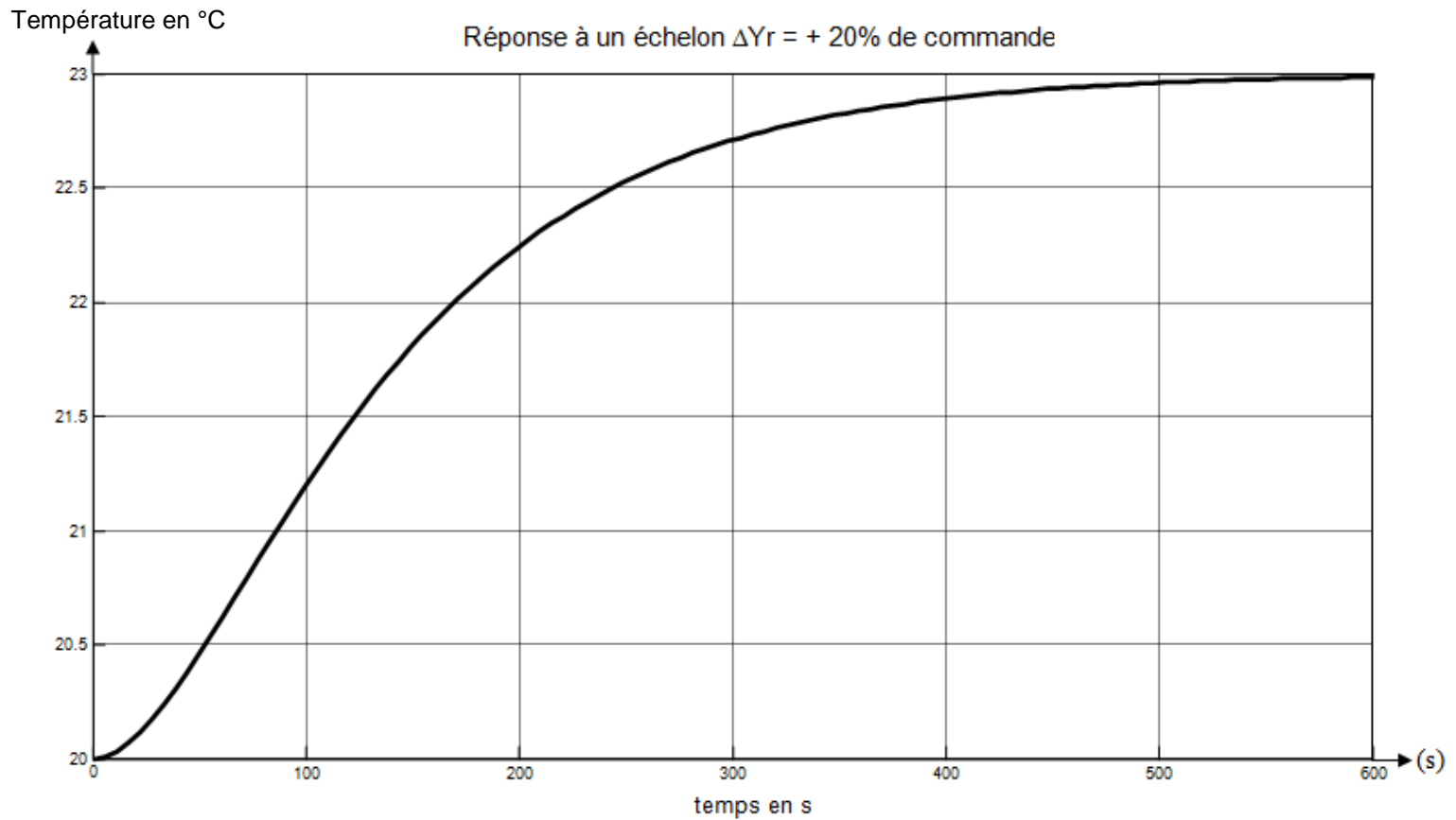
$\pm 0.3$  K

Time constant  $t_{63}$

ca. 20 s

### ANNEXE 2 (question B.1.)

Etendue de mesure réglée de TT02 : 0 - 50°C



### ANNEXE 3 (question B.5.)

Placer le point critique dans ce plan de Black

