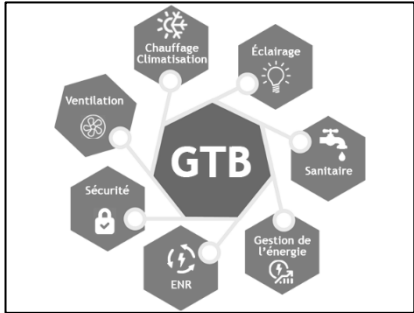


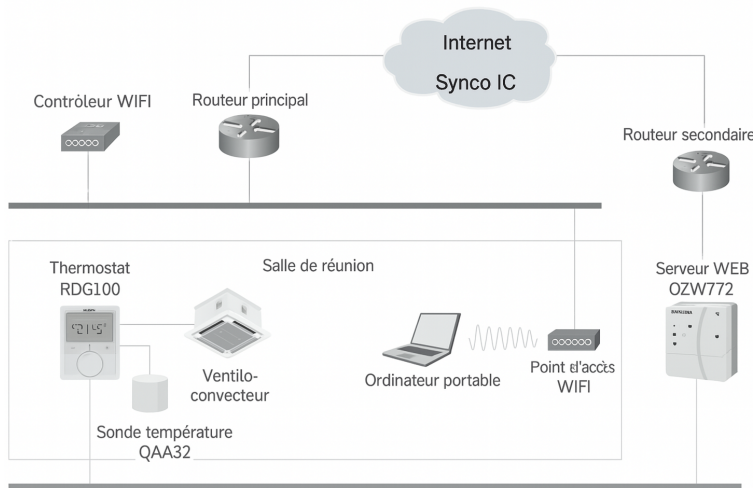
**TD 2 : Système de gestion technique de bâtiment**

**A- Présentation**

La gestion technique du bâtiment (GTB) permet d'optimiser la consommation énergétique tout en maintenant le confort des occupants. Elle supervise et pilote à distance les équipements comme le chauffage, l'éclairage ou la sécurité, via une interface logicielle. Grâce à une connexion au cloud, les données sont accessibles en temps réel depuis un ordinateur ou un smartphone, facilitant ainsi le suivi, le diagnostic et l'amélioration continue de la performance énergétique.

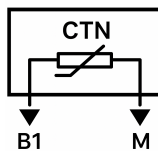


Pour optimiser la gestion énergétique d'un bâtiment, il est essentiel de réguler la température des différentes pièces. Des sondes de température ambiante sont ainsi installées dans chaque salle et connectées à des thermostats, lesquels communiquent avec un serveur central chargé de collecter et traiter les données.



**B- Mesure de la température d'une pièce**

**Problématique :** une sonde de température permet de mesurer la température dans la pièce. La donnée est numérisée puis envoyée par une paire torsadée au serveur. Dans le cadre d'un suivi technique, le technicien réalise une procédure qui consiste à tester le bon fonctionnement du capteur de la sonde de température.



- **Question 1 :** À l'aide du document technique de QAA32 en annexe, préciser la nature de la grandeur physique mesurée en entrée du capteur ainsi que celle fournie en sortie.

Afin de s'assurer du bon fonctionnement du capteur, le technicien applique une tension continue de 29,0 V entre les bornes B1 et M à l'aide d'un générateur. Il mesure alors un courant de 9,67 mA traversant le capteur

- **Question 2 :** Réaliser un schéma électrique du montage permettant de mesurer la tension  $U_{B1M}$  aux bornes du capteur ainsi que l'intensité du courant  $I$  le traversant.

Éléments à utiliser : Générateur – la résistance du capteur  $R_{CTN}$  – Voltmètre – Ampèremètre

- **Question 3 :** Déterminer la résistance du capteur dans ces conditions expérimentales, puis en déduire la température de la pièce à l'aide des informations fournies dans la documentation technique du capteur.

Le technicien mesure la température ambiante à l'aide d'un thermomètre de précision et obtient une valeur de référence de 25,1 °C.

- **Question 4 :** Calculer l'écart  $\varepsilon$  entre la température déterminée à partir du capteur et la température de référence. À l'aide de la documentation technique, indiquer si cet écart reste dans la tolérance admissible du capteur et si la mesure peut être considérée comme acceptable.

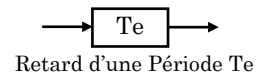
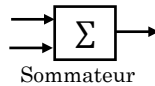
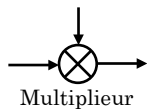
**C- Filtrage du signal numérique**

**Problématique :** La tension délivrée par le capteur de température est numérisée à l'aide d'un convertisseur analogique-numérique (C.A.N) fonctionnant à une fréquence d'échantillonnage  $f_e=10,0$  kHz. Avant la numérisation, le signal est filtré afin de supprimer les perturbations électromagnétiques aléatoires. Ces interférences se situent dans une bande de fréquences comprise entre 2,0 kHz et 2,5 kHz, et doivent être atténuées d'au moins un facteur 10 afin de garantir une acquisition fiable.

- **Question 5 :** Indiquer le type de filtre (passe-bas, passe-haut ou passe-bande) qui permet de conserver la composante continue d'un signal. Justifiez brièvement votre réponse.

L'équation de récurrence du filtre numérique est la suivante :  $y_n = x_n + 0,888 \cdot y_{n-1}$  avec :  $x_n$  est la séquence numérique en entrée du filtre numérique et  $y_n$  est séquence numérique en sortie du filtre numérique

- **Question 6 :** Préciser si ce filtre est récursif ou non, en justifiant à partir de l'équation.
- **Question 7 :** Tracer le schéma structurel correspondant à l'équation de récurrence, en s'appuyant sur les blocs fonctionnels suivants :



Dans la suite du problème, l'objectif est de tracer le diagramme de Bode du filtre numérique afin d'identifier sa fréquence de coupure. Pour cela, on commence par passer de l'équation de récurrence au domaine fréquentiel (complexe), en appliquant l'approximation suivante :

$$x_{(n+k)} = e^{+kj\omega T_e} \cdot X(j\omega)$$

Avec :

- $n$  : instant discret actuel (index temporel  $n \in \mathbb{Z}$ ).
- $k$  : décalage relatif (entier  $k \in \mathbb{Z}$ )
- $\omega$  : pulsation du signal (rad/s)
- $x$  : signal au temps discret
- $X$  : Amplitude complexe du signal d'entrée à la fréquence  $\omega$  dans le domaine fréquentiel

- **Question 8 :** Déterminer l'expression de la transmittance complexe, notée  $T(j\omega)$ , sous la forme :

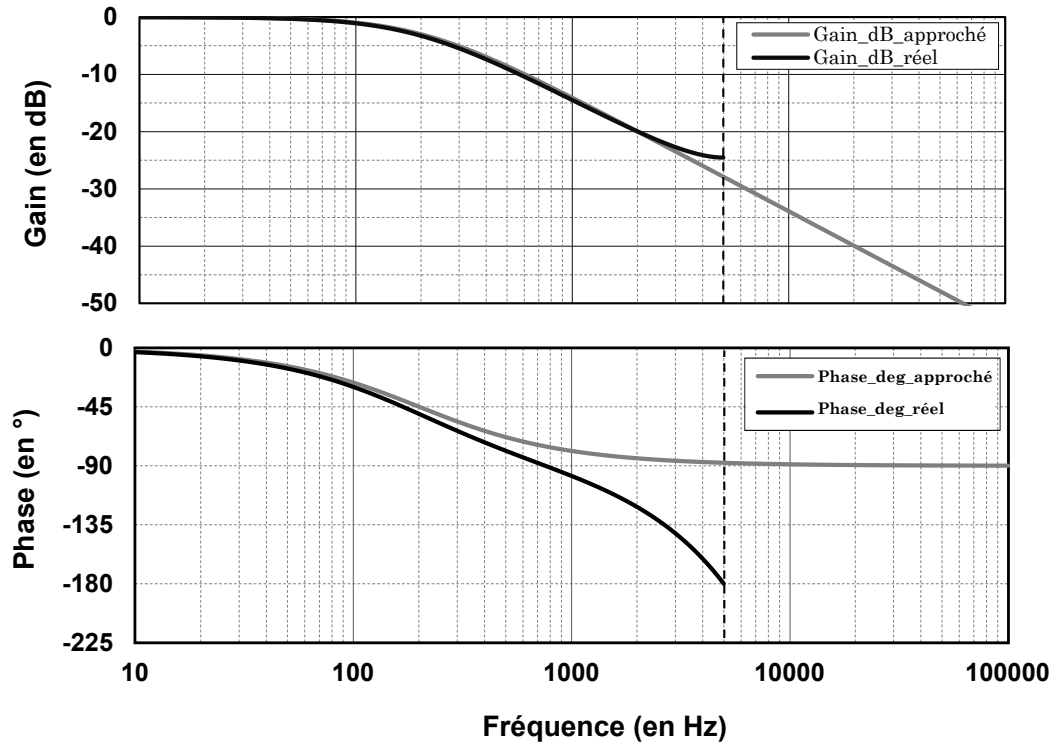
$$T(j\omega) = \frac{a_0}{1 - b_0 e^{-j\omega T_e}}, \text{ en précisant les valeurs des constantes } a_0 \text{ et } b_0.$$

En appliquant le développement limité d'ordre 1 autour de zéro à la fonction de transfert  $T(j\omega)$  obtenue à la question 8, on utilise l'approximation suivante :  $e^x = 1 + X$

**Note importante !!!** : Cette approximation est valable pour  $x$  suffisamment petit (cas des faibles fréquences ou du petit pas d'échantillonnage  $T_e$ ).

- **Question 9** : En utilisant cette approximation, montrer que ce filtre correspond bien à celui décrit dans la question 5. En déduire son gain statique  $A$ , sa pulsation de coupure  $\omega_c$  ainsi que sa fréquence de coupure  $f_c$  :  $H(j\omega) = \frac{A}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}}$

La figure suivante illustre le diagramme de Bode comparant le filtre numérique à son modèle analogique équivalent obtenu par approximation, en termes de gain et de phase selon la fréquence.



- **Question 11** : Valider l'approximation précédente en s'appuyant sur les résultats obtenus. Proposer des valeurs approximatives significatives permettant d'en apprécier la pertinence.
- **Question 12** : Déterminer la fréquence limite du filtre numérique. Expliquer clairement la signification physique de cette fréquence.
- **Question 13** : À l'aide du diagramme de Bode, estimer graphiquement la fréquence minimale pour laquelle le niveau d'atténuation requis est atteint (cahier des charge).
- **Question 14** : Le filtre assure-t-il correctement sa fonction ? Justifier votre réponse à partir de l'analyse des courbes précédentes.