

Ingénierie, innovation et développement durable

Éléments de correction
SYSTEMES D'INFORMATION ET NUMÉRIQUE

Rénovation d'un stade nautique



Partie A. Comment mesurer la température de l'eau ?

Question 26. **Déterminer** les tensions minimales et maximales générées par le pont diviseur de tension correspondant aux températures extrêmes de la plage de température de la piscine.

Température de 5° à 35 ° cf diagramme des exigences,

Pont diviseur de tension: $5 \cdot [pt100 / (100 + pt100)]$.

pt100 à 5° 101.95Ω et à 35° 113.61Ω.

Cela donne :

$$U_{min} = 2.524 \text{ V et } U_{max} = 2.659 \text{ V}$$

Question 27. **Déterminer** le quantum de tension du Convertisseur Analogique Numérique CAN.

$$Q = 5/2^{10} = 0.00488 \text{ V}$$

Question 28. **En déduire** la résolution en degré Celsius de cette chaîne de mesure.

$(2,659 - 2,524)/0.00488 = 27,6$ unités pour 30°C soit une résolution de :

$$1,085 \text{ °/unité}$$

Question 29. En gardant la sonde de température identique et le même microcontrôleur, **proposer** une modification de la chaîne de mesure qui permettrait d'augmenter cette précision.

L'emploi d'un amplificateur de signal permettrait d'augmenter la plage de tension. Il faudrait alors veiller à ne pas saturer le port d'entrée du microcontrôleur.

Question 30. **Déterminer** le débit de données en bits par secondes que doit transmettre la liaison Ethernet en direction de l'ordinateur ainsi que l'espace mémoire nécessaire au stockage annuel de ces dernières en Méga Octets.

Une mesure toutes les 20 millisecondes soit 50 mesures/seconde (car $1 \text{ s} \div 0,02 \text{ s} = 50$)

Chaque trame contient : 1 octet pour la température + 1 octet pour le pH + 2 octets pour l'adressage réseau

Soit : $1 + 1 + 2 = 4$ octets par trame

Débit de données :

$$4 \text{ octets/trame} \times 50 \text{ trames/s} = 200 \text{ octets/s} = 200 \times 8 \text{ bits/s} = \mathbf{1600 \text{ bits/s}}$$

Stockage annuel en octets :

On calcule le nombre total de secondes dans une année :

$$60 \text{ s/min} \times 60 \text{ min/h} \times 24 \text{ h/jour} \times 365 \text{ jours/an} = 31\,536\,000 \text{ s/an}$$

$$\text{Puis : } 200 \text{ octets/s} \times 31\,536\,000 \text{ s/an} = 6\,307\,200\,000 \text{ octets/an} (\approx 6307 \text{ Mo/an})$$

Conversion précise en Mégaoctets (Mo) :

Contrairement à certaines conventions commerciales qui utilisent le système décimal (1 Mo = 1 000 000 octets), le système informatique utilise les puissances de 2 (conversion binaire) :

$$1 \text{ Ko} = 2^{10} = 1\,024 \text{ octets}$$

$$1 \text{ Mo} = 1 \text{ Ko} \times 1 \text{ Ko} = 2^{10} \times 2^{10} = 2^{20} = 1\,048\,576 \text{ octets}$$

Ainsi, pour convertir un nombre d'octets en Mégaoctets (Mo), il faut diviser par 1 048 576, car c'est la définition binaire correcte d'un Mo dans tous les systèmes d'exploitation, langages de programmation, protocoles réseau, etc.

Espace mémoire nécessaire au stockage annuel : $6\,307\,200\,000 / 1\,048\,576 \approx \mathbf{6016 \text{ Mo/an}}$

Remarque : avec l'hypothèse 1Mo = 1 000 000 octets (et non 1Mo = 1 048 576 octets)

Alors l'espace mémoire nécessaire au stockage annuel : 6307,2 Mo/an.

Question 31. Dans ce nouveau programme, **déterminer** combien de valeurs de températures mesurées doivent faire l'objet d'une moyenne pour chaque transmission à l'ordinateur de supervision.

500 valeurs

Question 32. **Expliquer** comment est effectué le calcul de la moyenne dans le pseudo code ci-dessous.

```
1 void loop()
2 {
3     #Initialisation des variables
4     K = 0
5
6     #Début du calcul de la température moyenne
7     for k in range (500):
8         K = K + 1
9         # Appel de la fonction permettant de déduire la valeur de la température Tmes en fonction de Vmes
10        Tmes = Conversion_Tension_Temperature (Vmes)
11        Temperature_Moyenne = Temperature_Moyenne + Tmes/500
12        delay(20)
13
14    #Appel de la fonction Transmission pour envoi de la valeur au PC
15    Transmission(Temperature_Moyenne)
16 }
```

Figure 1 : pseudo code calcul de la moyenne

Moyenne du calcul des 500 conversions et transmission de la valeur

Question 33. Une erreur s'est glissée dans le programme. En indiquant la nature de la modification ainsi que le numéro de ligne, **proposer** une modification de ce dernier afin de le faire fonctionner correctement.

Il manque une initialisation variable en Ligne 5 : Temperature_Moyenne = 0

Le microcontrôleur ne mesure pas les températures, mais leurs images sous forme de tension via le C.A.N. intégré.

Question 34. **Préciser** pourquoi la valeur récupérée sur le port d'entrée du microcontrôleur oscille entre 0 et 1023.

La valeur oscille de 0 à 1023 car le C.A.N. utilisé à une résolution de 10 bits soit 210 possibilités.

La résistance interne de la sonde de température varie linéairement en fonction de la température.

Question 35. **Préciser** si la valeur de la tension lue par le microcontrôleur est aussi linéaire en fonction de la température. **Argumenter** la réponse.

Non car l'équation n'est pas une fonction affine ou proportionnelle
 $U = (5 \cdot Pt100) / (Pt100 + 100)$

Question 36. **Proposer** une formule mathématique permettant de convertir la valeur mesurée du port d'entrée (**Vmes**) en une valeur de Température **Tmes**. Cette formule sera intégrée dans le programme via la fonction **Conversion_Tension_Temperature (Vmes)** qui pourra être appelée à tout moment.

Équation de droite affine passant par les deux points de mesures extrêmes.

(la méthode des moindres carrés est également possible)

$Y = a \cdot x + b$, $5 = a \cdot 2,524 + b$ et $35 = a \cdot 2,659 + b$ soit :

$$Tmes = 222 \cdot Vmes - 555$$

Le programme ci-dessous effectue la même tâche que le premier.

```

1 void loop()
2 {
3     #Initialisation des variables
4     K = 0
5     Vmoy = 0
6
7     #Début du calcul de la température moyenne
8     for k in range (500):
9         K = K + 1
10        Vmoy = Vmoy + Vmes
11        delay(20)
12    Vmoy = Vmoy/500
13    # Appel de la fonction permettant de déduire la valeur de la température moyenne en fonction de Vmoy
14    Temperature_Moyenne = Conversion_Tension_Temperature (Vmoy)
15
16    #Appel de la fonction Transmission pour envoi de la valeur au PC
17    Transmission(Temperature_Moyenne)
18 }

```

Figure 2 : pseudo code calcul de la moyenne

Question 37. **Expliquer** pourquoi il est préférable de faire appel à ce nouveau programme plutôt qu'au premier.

Le programme fait la moyenne des valeurs lues et ne convertit cette dernière qu'une fois à la fin. Le traitement informatique est bien plus léger pour le microcontrôleur.

Question 38. En considérant les réponses apportées dans les questions précédentes et les exigences, **préciser** si cette chaîne de mesure apporte satisfaction. **Argumenter** la réponse.

La chaîne de mesure permet une mesure entre 5 et 35°C conformément aux exigences. Bien que la précision ne soit pas définie explicitement dans les exigences, celle estimée semble être largement suffisante pour l'application souhaitée. Le seul bémol pourrait provenir de la linéarisation qui pourrait engendrer des erreurs. Il conviendra de vérifier que cette dernière ne soit pas trop importante.

Partie B. Comment gérer le dosage du pH ?

Question 39. **Déterminer** la quantité de pH- à verser dans le bassin de 33 m pour apporter cette correction.

volume = 889.625 m³, donc, 8,89 litres de pH

Question 40. **Déterminer** la vitesse de rotation en tr·min⁻¹ de la pompe durant la phase de fonctionnement à pleine vitesse.

2 000 Hz avec une résolution moteur de 400 pas par tour donc 0,2 s par tour. Couplé à un réducteur de 10 donc 2 s pour un tour de pompe soit :

30 tr·min⁻¹

Question 41. **Déterminer** le débit de la pompe en l·min⁻¹ à pleine vitesse.

Débit = Section tube x Vitesse galet = $[\text{Pi} \cdot \text{D}^2 / 4] \cdot [\text{R} \cdot \omega] = [(3,14 \cdot 0,015^2) / 4] \cdot [0,055 \cdot 30 \cdot 3,14 / 30] = 3,053 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ soit :

1,832 l·min⁻¹

Question 42. **Déterminer** le temps minimal nécessaire au dispositif pour effectuer cette correction de pH.

Temps de correction = 8,89 / 1,778 soit : 4,85 min

Question 43. En considérant les réponses apportées dans les questions précédentes et les exigences, **préciser** si ce dispositif de correction apporte satisfaction. **Argumenter** la réponse.

La pompe est en mesure d'effectuer une correction extrême du pH dans un temps très court. La pompe n'aura donc aucun mal à assurer l'exigence id 1.1. Une telle efficacité méritera sûrement un contrôle de sa dynamique.

Partie C. Comment optimiser le dosage du pH ?

Question 44. **Expliquer** quels réglages ne conviendraient pas pour la piscine. **Argumenter** la réponse.

Les réglages 1 et 6 ne satisfont pas l'exigence id 1.1.2. car le temps nécessaire pour atteindre la correction est trop long (supérieur à 20 min).

Question 45. **Proposer** un réglage optimal compte tenu des exigences et de la destination de cette régulation. **Argumenter** la réponse.

Les réglages 2, 3, 4 et 5 conviennent vis-à-vis des exigences. Le plus dynamique est le 5 mais génère un taux de pH se rapprochant de la limite. Il est préférable de choisir le 3 qui allie temps de réponse rapide et absence de dépassement. Compte tenu de ce qui est en train d'être contrôlé, une condition de non dépassement semble raisonnable.