

CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES

—
SESSION 2024
—

**INGENIERIE, INNOVATION
ET DÉVELOPPEMENT DURABLE**

OPTION SYSTÈMES D'INFORMATION ET NUMÉRIQUE

(Classes de terminale série STI2D)

EPREUVE D'ADMISSIBILITE

Durée : 5 heures

—
Aucun document autorisé

*L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.*

Consignes aux candidats

- Ne pas utiliser d'encre claire
- N'utiliser ni colle, ni agrafe
- Ne joindre aucun brouillon
- Ne pas composer dans la marge
- Numérotter chaque page en bas à droite (numéro de page / nombre total de pages)

- Sur chaque copie, renseigner l'en-tête + l'identification du concours selon l'option choisie :

Option Systèmes d'information et numérique :

Concours / Examen : CGL Epreuve : admissibilité Matière : SINU Session : 2024

Tournez la page S.V.P.

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

SYSTÈMES D'INFORMATION ET NUMÉRIQUE

Durée de l'épreuve : **5 heures**

*L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 37 pages.

Constitution du sujet :

Partie commune (durée indicative 3h00)
Partie spécifique (durée indicative 2h00)

- ❖ La partie commune comporte 4 parties.
- ❖ La partie spécifique comporte 3 parties.

**Tous les documents réponses sont à rendre avec la copie.
Vous devez traiter dans l'ordre la partie commune avant la partie spécifique.**

Rénovation d'un stade nautique à Clermont-Ferrand



Partie commune

Présentation de l'étude et questionnement	pages 3 à 11
Documents techniques DT1 à DT11	pages 12 à 25
Documents réponses DR1 à DR5	pages 26 à 29

Mise en situation

Le stade nautique étudié est situé au cœur de la ville de Clermont-Ferrand dans le département du Puy-de-Dôme (cf. **DT1 - Présentation du stade nautique**). Des travaux d'agrandissement de l'équipement ont été entrepris en juillet 2017 et achevés à l'automne 2018.

Ces travaux ont été réalisés dans le but :

- d'accroître l'attractivité en proposant différentes activités (Aquagym, spa, espace ludique...) ;
- de diminuer les coûts liés à la consommation d'énergie en améliorant l'isolation ;
- de faire des économies d'énergie en créant un système de chauffage solaire de l'eau destinée aux sanitaires ;
- de revoir l'éclairage par l'apport de lumière naturelle créé par des ouvertures plus larges.

Des travaux de rénovation

D'un montant de 8,5 millions d'euros, le chantier a permis de mettre à disposition du public un tiers de surface d'eau supplémentaire, soit 450 m², grâce à la rénovation et l'extension d'un bassin fermé depuis 2004.

Ainsi, en complément du bassin olympique, long de 50 mètres, le stade nautique est désormais équipé d'un bassin de 33 mètres, qui peut être configuré en deux espaces, sportif et apprentissage, à l'aide d'une **séparation amovible**.

Ces investissements permettent d'accueillir de grands événements internationaux et jusqu'à 100 000 usagers de plus, soient un total de **360 000** sportifs chaque année. Le stade nautique est ouvert **350 jours** par an.

Un équipement engagé dans la transition énergétique

80 m² de panneaux solaires en toiture permettent de chauffer l'eau des sanitaires ou encore de récupérer la chaleur des eaux usées dont les calories sont utilisées pour maintenir la température du réseau.

Une couverture thermique a été installée sur le nouveau bassin de 33 m, pour permettre une optimisation des pertes de calories (évaporation d'eau) et, par conséquent, une optimisation de consommation énergétique.

Le bassin de 33 m (cf. DT2 - diagramme d'exigences bassin 33 m)

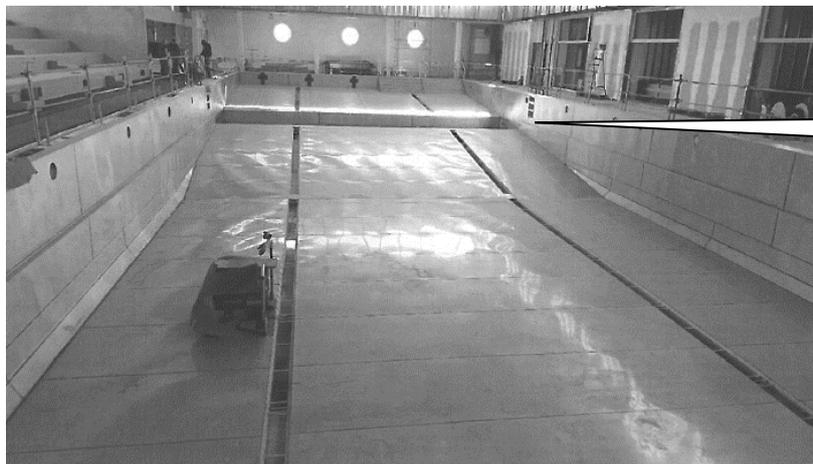
Fermé depuis 2004 pour cause du non-respect des normes règlementaires, le bassin de 33 m a été réhabilité afin de pouvoir accueillir deux espaces séparés par un mur amovible :

- un bassin d'apprentissage d'environ **7 m** réservé à l'aquagym et les débutants ;
- un bassin de **25 m** pour les experts.

La rénovation du bassin de 33m a été réalisée sur les bases de l'ancien bassin.

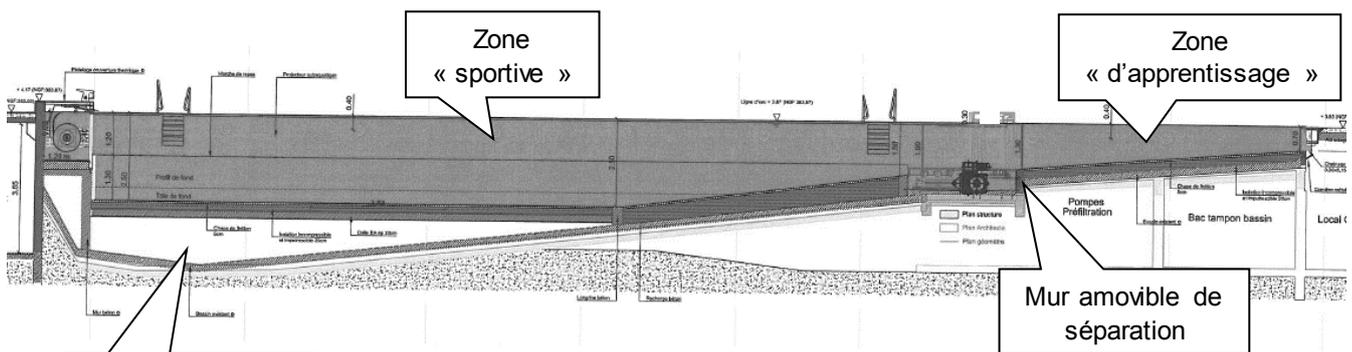


Figure 1 : bassin de 33 m avant rénovation



Mur amovible de séparation

Figure 2 : bassin de 33 m après rénovation



Ancien bassin

Figure 3 : coupe du bassin de 33 m après rénovation

Pour respecter les normes concernant la filtration de l'eau, 5 motopompes permettent de renouveler l'eau toutes les 4 h. Deux sont installées pour le bassin « d'apprentissage » ; trois sont dédiées au bassin « sportif ».

La purification de l'eau est réalisée par 5 filtres à sable.

L'ouverture d'un stade nautique au public contraint les concepteurs à respecter certaines normes imposées par l'Agence régionale de santé (A.R.S) et les coûts de fonctionnement d'un tel établissement représentent des sommes importantes.

Il faut donc contrôler non seulement la qualité de l'eau, les températures, le confort des usagers, et autres paramètres, en essayant de diminuer la consommation énergétique, mais aussi de réduire l'impact environnemental qu'un tel établissement peut engendrer (cf. **DT2 - Diagrammes d'exigences bassin 33 m**).

Travail demandé

Partie 1. L'installation actuelle permet-elle de respecter les normes sanitaires ?

Objectif : l'objectif de cette partie est de vérifier, pour le bassin de 33 m, le respect des normes préconisées par l'A.R.S en termes de renouvellement d'eau (filtration) et de pH.

Vérification du temps de recyclage

Le temps de recyclage de l'eau en piscine publique doit respecter les normes de l'A.R.S précisées dans le **DT2 - diagramme d'exigences bassin de 33 m**.

Question 1. À partir du dossier technique (**DT3 - forme simplifiée du bassin de 33 m**), **calculer** le volume d'eau pour chacune des zones puis pour l'ensemble du bassin de 33 m.

Question 2. **Déterminer** le débit nécessaire pour chacune des zones puis **calculer** le débit de chaque pompe en faisant l'hypothèse que leur débit est identique.

Un écran de supervision accessible par les techniciens de maintenance permet de vérifier en temps réel les différentes données du système de pompage : **DT4 - Écrans de visualisation**.

Question 3. À partir du document **DT4 - Écrans de visualisation**, **déterminer** le débit pour chacune des zones et pour l'ensemble du bassin de 33 m puis **comparer** avec les débits nécessaires.

Question 4. **Calculer** le temps d'un filtrage complet du bassin et **conclure** sur le respect de l'exigence.

Question 5. **Préciser** si ce mode de fonctionnement a un impact sur les dépenses énergétiques engendrées. **Proposer** une solution pour diminuer les dépenses énergétiques tout en respectant l'exigence visée.

Vérification du pH

L'**équilibre calco-carbonique** d'une eau est un état d'équilibre chimique dans lequel les concentrations en **dioxyde de carbone**, **hydrogénocarbonate** (anciennement désigné par bicarbonate ou carbonate acide) et **carbonate** ne varient pas en présence de carbonate de calcium.

Pour une **qualité d'eau optimale** dans les piscines l'**équilibre calco-carbonique** doit être respecté. Si cet équilibre n'est pas respecté, cela peut engendrer :

- un pH très fluctuant ;
- des dépôts blanchâtres sur les parois ;
- une eau trouble.

La courbe de Taylor (cf. **DR1 - Balance de Taylor**), dont l'utilisation est expliquée sur le **DT7 - Balance de Taylor**, permet de vérifier la valeur du pH de l'eau.

Question 6. **Relever**, à partir du **DT5 - Dureté de l'eau**, la valeur de la dureté TH à Clermont-Ferrand et à partir du **DT6 - Pouvoir tampon de l'eau**, la valeur du TA lue sur la bandelette après avoir été trempée dans l'eau de la piscine. **En déduire** la valeur du pH sur le **DR1 - Balance de Taylor**.

Question 7. **Conclure** sur les différentes valeurs obtenues. À partir du **DT7 - Balance de Taylor**, **proposer** une solution pour corriger la valeur du pH.

Question 8. **Préciser**, pourquoi il n'est pas possible de relever uniquement le TAC.

Partie 2. Quel est l'impact de l'évaporation de l'eau et comment la limiter ?

Objectif : *alors que l'A.R.S impose un apport d'eau neuve (cf. DT2 - diagramme d'exigences bassin de 33 m), l'évaporation naturelle de l'eau est également un facteur influent. L'objectif de cette partie est d'estimer la perte d'eau afin de la réduire.*

Plusieurs facteurs peuvent influencer la baisse du niveau de l'eau dans les piscines (éclaboussures dues à l'activité, pertes par évaporation, etc.).

Afin de limiter les problèmes d'évaporation de l'eau, une solution consiste à recouvrir le bassin d'une bâche, à chaque fois que la piscine n'est pas utilisée.

Ce concept a été mis en place dans le petit bassin lors de sa rénovation. Ainsi, le bassin est recouvert d'une couverture thermique chaque nuit de 20h à 9h le lendemain.

Question 9. **Relever** dans le diagramme d'exigences, les limites admissibles concernant la perte de niveau due à l'évaporation, à ne pas dépasser.

La formule pour calculer la quantité d'eau évaporée en litre par heure est la suivante :

$$Q = \frac{S \left((13 + 133N) \cdot (H_A - H_{TA}) + 100N \right)}{1000}$$

N : nombre de baigneurs au m²

S : surface en m² de la piscine

H_A : taux d'humidité dans l'air à la température de l'eau

H_{TA} : taux d'humidité de l'air à la température de l'air

Ces deux dernières données se déterminent à l'aide du diagramme psychrométrique (Diagramme de l'air humide) en fonction de la température de l'air et de l'eau que l'on désire pour la piscine intérieure (cf. DT2 - diagramme d'exigences bassin de 33 m).

Question 10. **Calculer** la surface du bassin de 33 m en m².

Question 11. **Déterminer** le nombre de baigneurs maximal par m² que cela représente si l'on considère que tous ces baigneurs sont dans le bassin de 33 m.

Pour la suite de l'étude, le cas le plus défavorable avec un taux d'humidité de l'air le plus élevé sera utilisé.

Question 12. **Relever** sur le diagramme d'exigences, les plages de température de l'eau et la température de l'air souhaitée dans le bassin de 33 m. À l'aide du DT8 - Aide à l'utilisation du diagramme de l'air humide, réaliser les tracés permettant de déterminer les valeurs de H_{TA} et H_A sur le DR2 – Diagramme de l'air humide.

- Question 13. **Calculer** la valeur de la quantité Q , d'eau évaporée en litres·heure⁻¹.
- Question 14. **En déduire**, le nombre de m³ évaporé par heure puis la hauteur en cm que cela représente dans la piscine de 33 m.
- Question 15. **Calculer**, le nombre de cm que cela représente sur une journée et sur une semaine. **Conclure**.
- Question 16. **Expliquer, en justifiant à l'aide de calculs**, l'intérêt de mettre une bâche lors de période de non utilisation du bain.

Partie 3. Quel type de mur de séparation ?

Objectif : la rénovation du bassin de 33 m permet de rajouter une exigence (cf. **DT2 - diagramme d'exigences bassin de 33 m – Id5**) afin d'adapter le bassin à plusieurs types d'activités. Dans cette partie, il s'agit de valider le type de mur choisi et vérifier ses exigences spécifiques : durée d'ouverture ou de fermeture et commande.

Il existe plusieurs types de murs mobiles, mais aussi plusieurs modes de fonctionnement. Le stade nautique dispose d'un aileron rabattable. Cet aileron, garantissant le maintien du bassin sportif, présente l'avantage de faire moins de 60 cm d'épaisseur lorsqu'il est replié au fond du bassin, mais de faire 1,20 m d'épaisseur lorsqu'on le remonte à la verticale. On dispose ainsi d'un passage entre les deux bassins de toute la largeur de ses 1,20 m. Le bassin peut ainsi être utilisé en version 33 m et en version homologuée de 25 m.

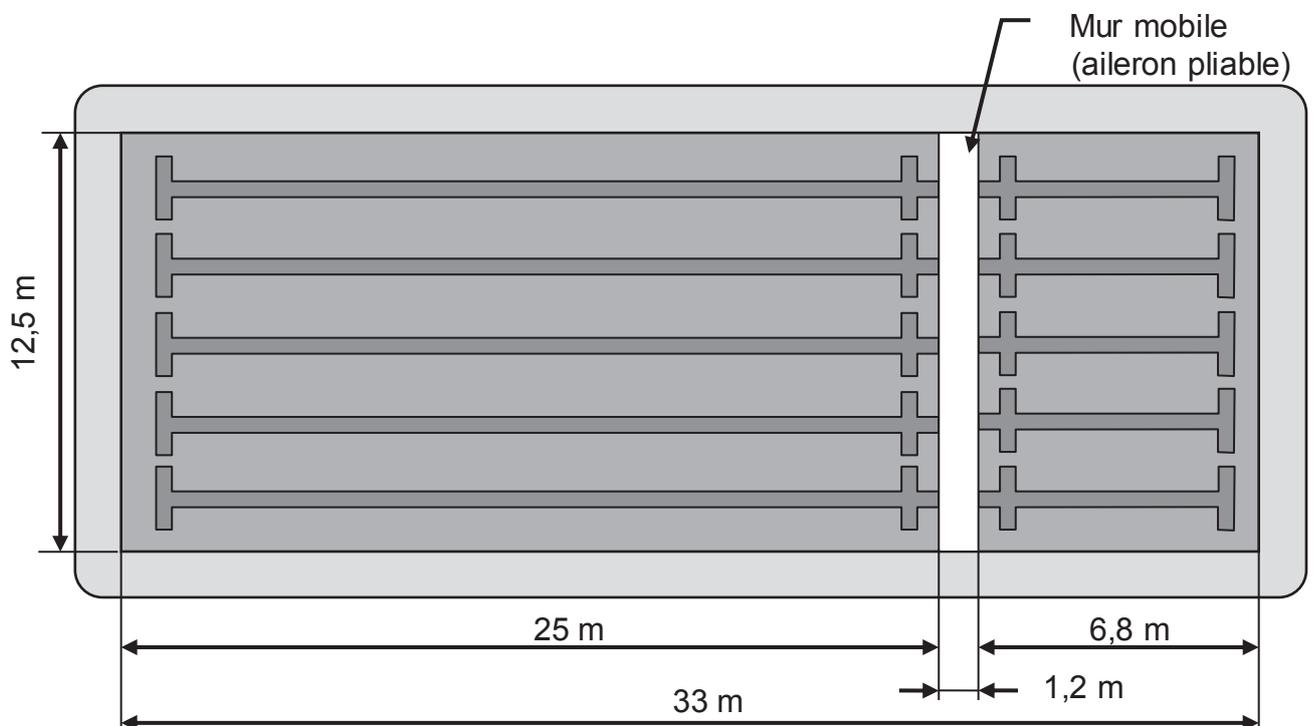


Figure 4 : bassin 33 m vue de dessus



Figure 5 : mur amovible en position dépliée

Validation du type de mur de séparation

Question 17. À partir des informations données sur DT9 – Différents types de murs de séparation), compléter le tableau du DR3 – Choix type de mur et justifier le choix.

Question 18. À l'aide du document **DT10 – Mur de séparation – Aileron pliable**, **représenter** sur le document **DR4 – Cinématique du mur mobile**, les deux positions (verticale et horizontale) du mur pliable. **Conclure** sur l'exigence Id5.3.2.

Question 19. **Préciser** la nature du mouvement de la plateforme **2** de passage par rapport au bâti **0** ? **Conclure** sur l'exigence d'horizontalité.

Durée d'ouverture ou de fermeture du mur mobile

Question 20. À partir de l'exigence Id5.2.1, **déterminer** la vitesse angulaire moyenne $\omega_{1/0}$ du montant **1** motorisé dans son mouvement par rapport au bâti **0** en $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$. **En déduire** la fréquence de rotation $N_{1/0}$ en $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$.

Question 21. À l'aide du document **DT11 – Réducteur à engrenages**, **déterminer** la valeur numérique du rapport de la vitesse angulaire de l'arbre d'entrée et celle de l'arbre de sortie du réducteur : $r = \frac{\omega_{\text{entrée}}}{\omega_{\text{sortie}}}$.

Question 22. **En déduire** la fréquence de rotation du moteur N_{moteur} afin de vérifier la durée d'ouverture ou de fermeture de l'aileron pliable.

Question 23. La fréquence de rotation nominale du moteur électrique étant égale à $1420 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$, **conclure** sur la validation de l'exigence.

Commande du mur

Actuellement le mouvement du mur est commandé par un bouton poussoir pour la montée et un autre pour la descente. Un technicien agit sur l'un ou l'autre jusqu'à la l'arrêt lorsqu'un capteur de fin de course est actionné. Deux moteurs (moteur n°1 et moteur n°2) sont actionnés simultanément pour entraîner le mur amovible.

Un diagramme d'état incomplet du moteur n°1 est donné sur le **DR5 - Diagramme d'état** du moteur n°1 commandant le mur amovible.

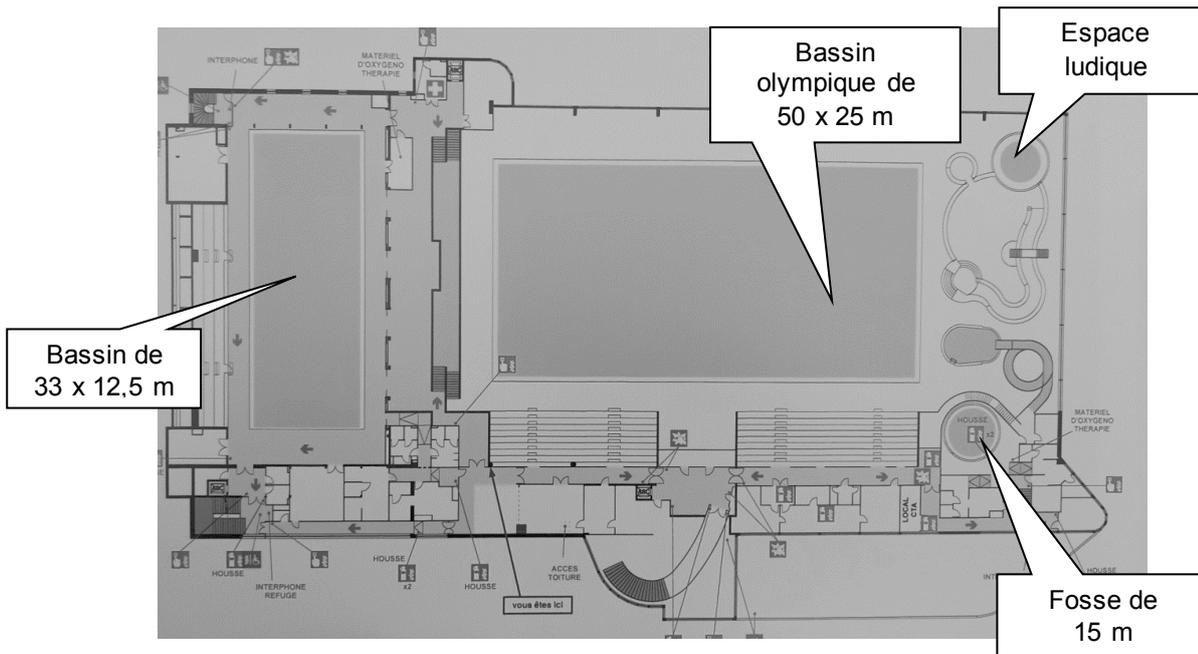
Question 24. **Compléter** le diagramme d'état donné afin de répondre aux exigences du cahier des charges.

Partie 4. Conclusion générale

Objectif : dans cette partie il s'agit de conclure sur l'efficacité de la rénovation en tenant compte des trois piliers du développement durable.

Question 25. À partir des 3 piliers du développement durable et des différentes études réalisées, **conclure** sur l'efficacité de la rénovation du stade nautique.

DT1 - Présentation du stade nautique



Le stade nautique permet de nager et de pratiquer son sport dans un grand bâtiment spacieux équipé :

- d'un bassin olympique de **50 m x 25 m** ;
- d'un bassin de **33 m x 12,5 m** ;
- d'une fosse à plongée de **15 m** de profondeur ;
- d'un espace ludique ;
- d'un espace santé (spa, salle de sport...).

Il contente aussi la famille avec un bassin ludique, un toboggan, un solarium et des jeux d'eau extérieurs dans un parc arboré. L'espace détente (hammam, sauna, jacuzzi) permet enfin de profiter d'un moment bien-être.

Le bassin de 50 m

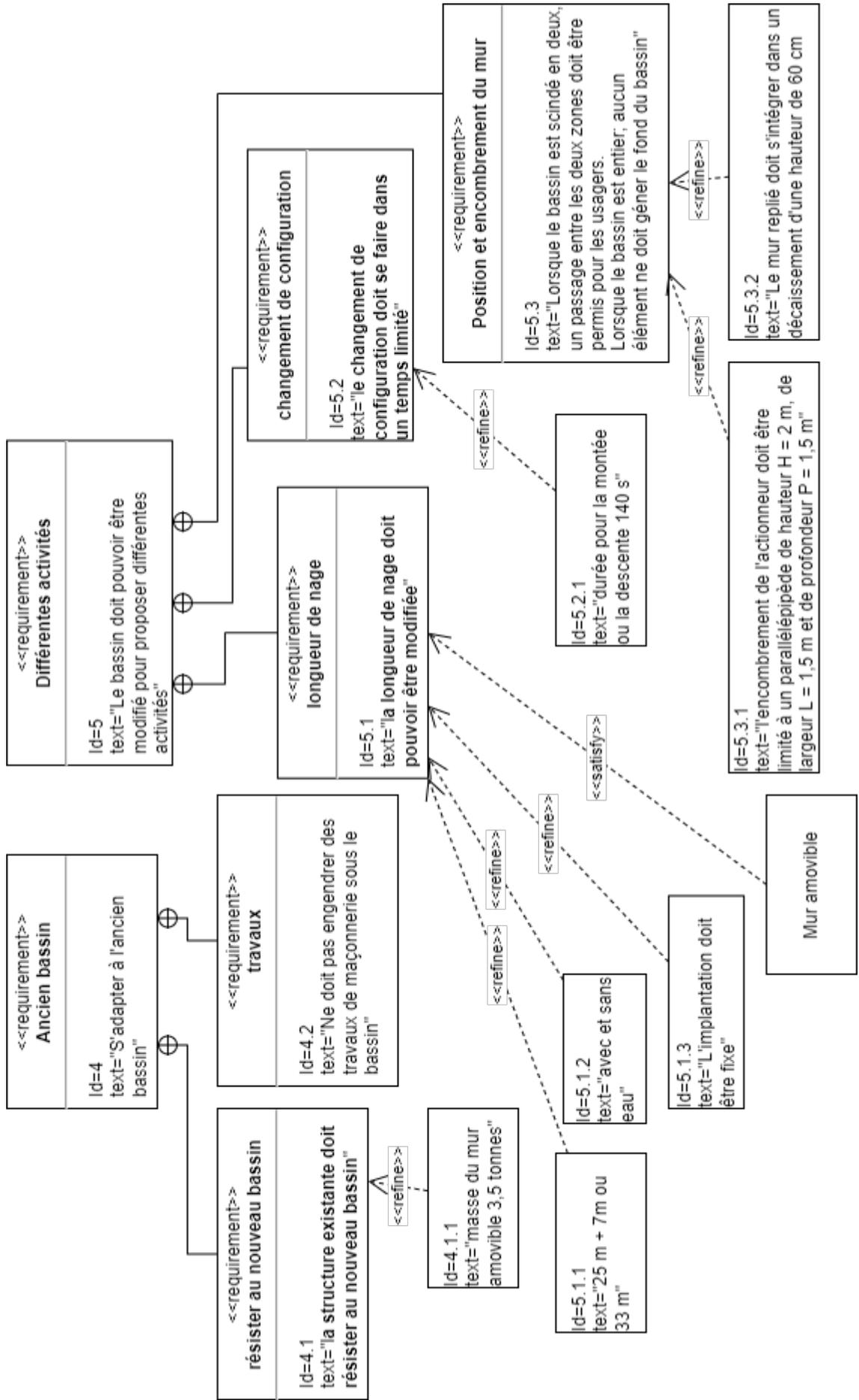
Le grand bassin olympique est équipé de sept lignes d'eau réservées au public. Il offre la possibilité de créer des zones de séparation grâce à un mur amovible.

Le bassin de 33 m

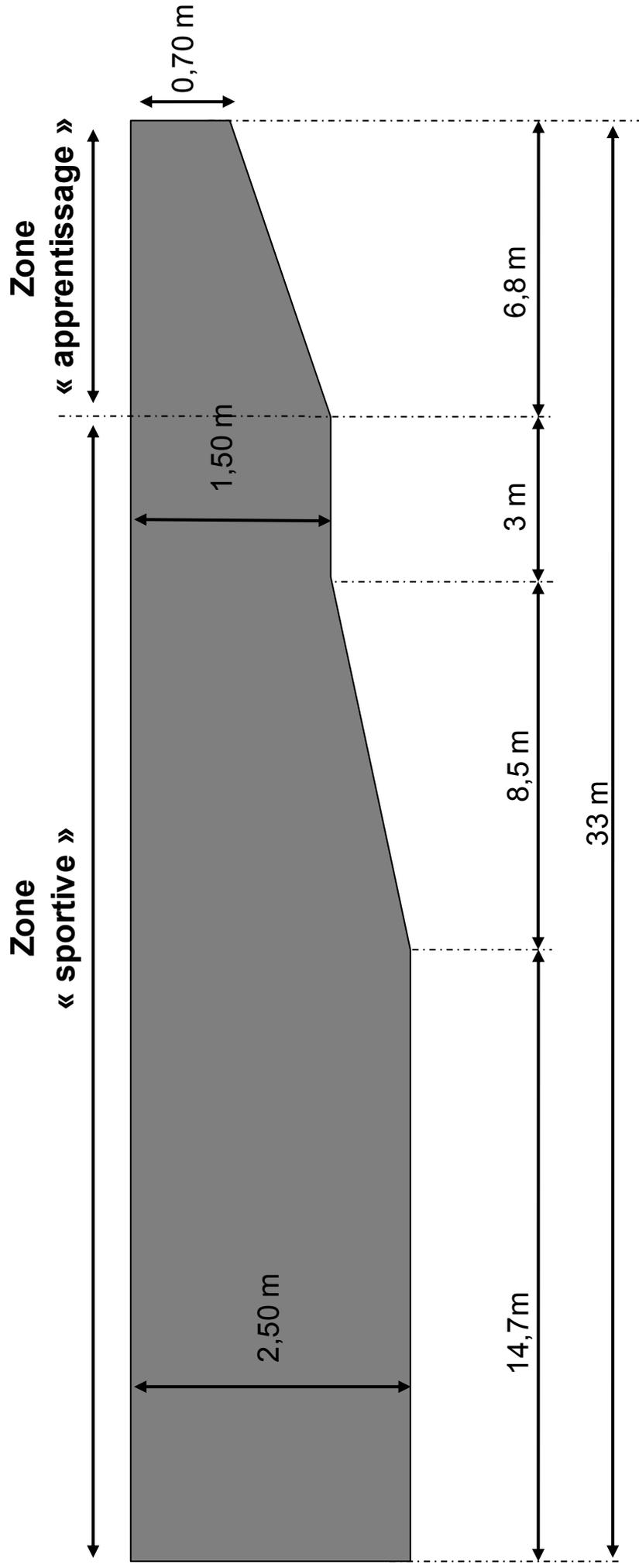
Ce bassin est équipé de trois lignes d'eau réservées au public. Il offre également la possibilité d'être partagé sur sa longueur en deux parties grâce à un mur amovible. Cet équipement permet ainsi de créer deux zones de nage :

- une pour l'apprentissage ;
- une pour les nageurs confirmés.

DT2-2/2 – Diagramme d'exigences bassin de 33 m

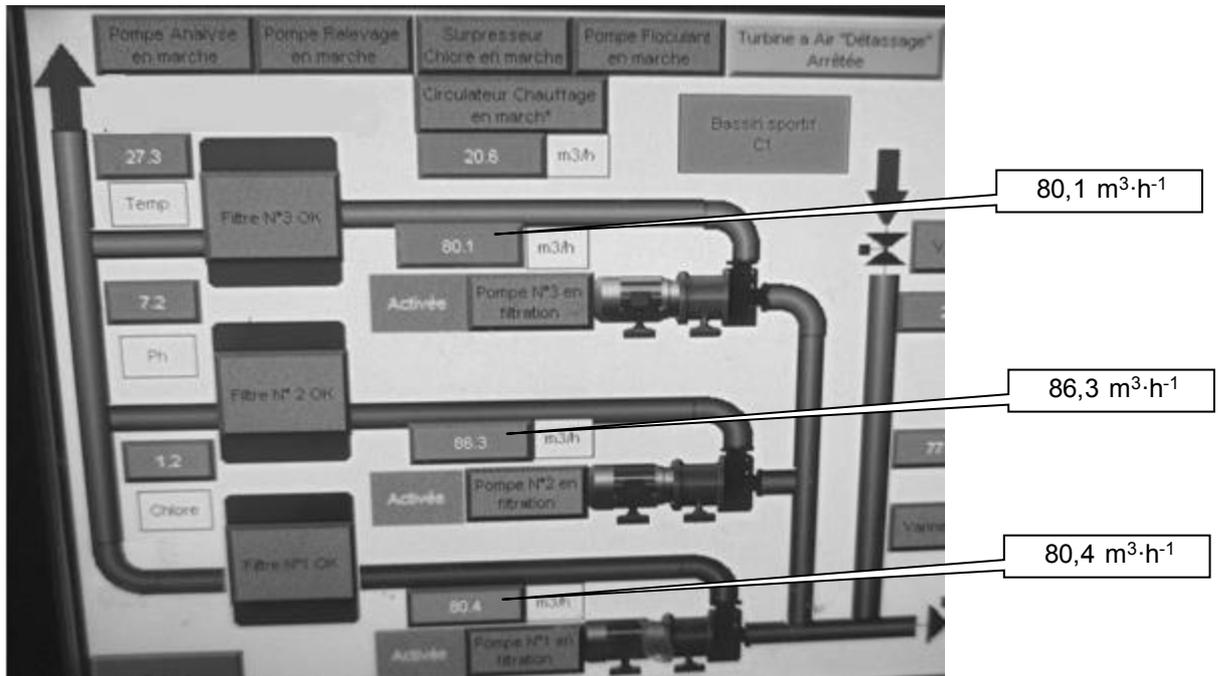


DT3 - Forme simplifiée du bassin de 33 m

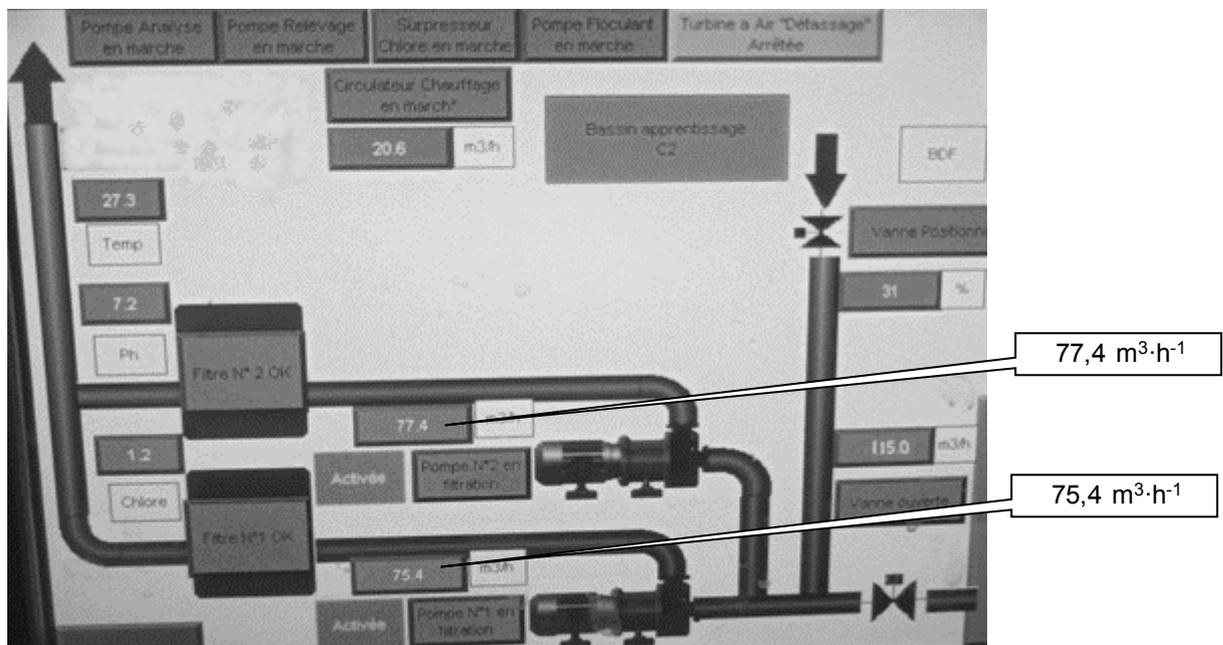


DT4 - Écrans de visualisation

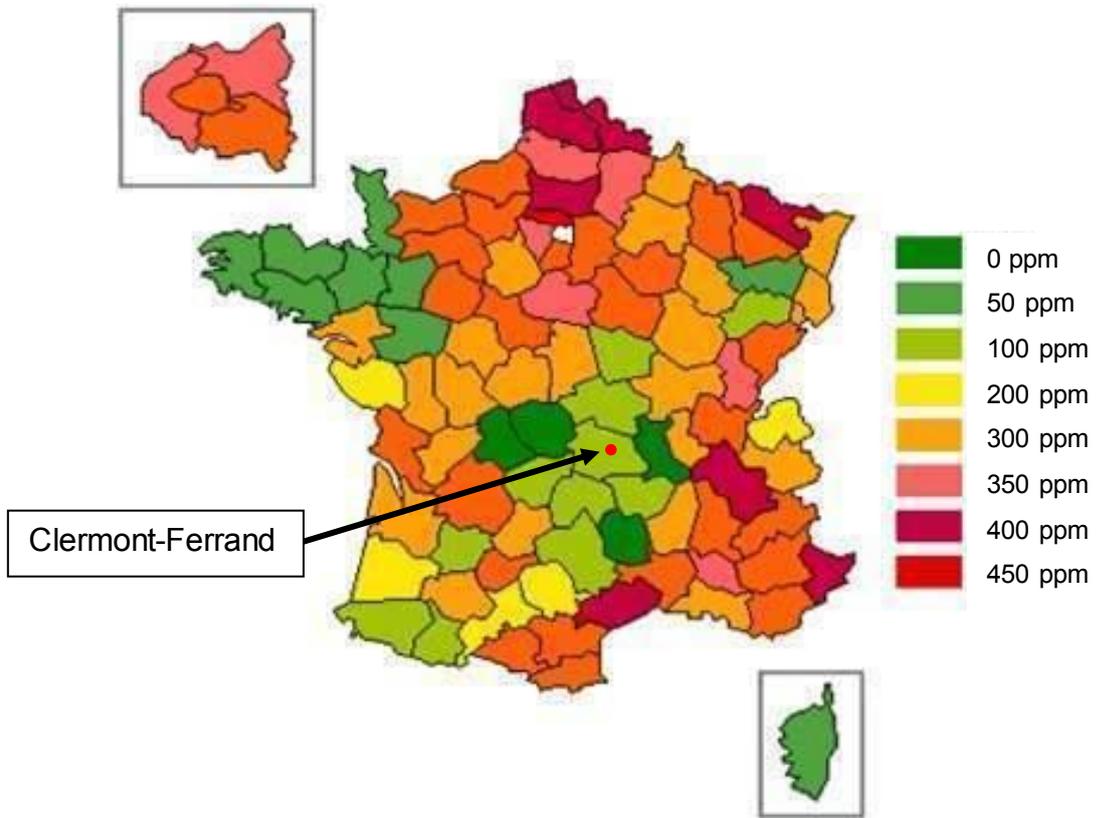
- Zone « sportive »



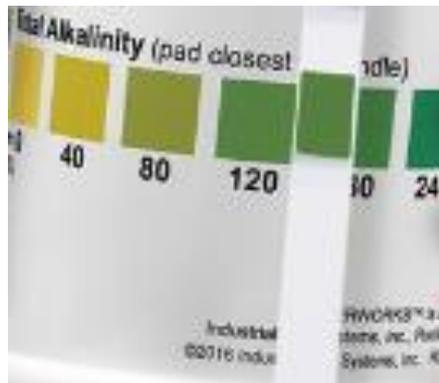
- Zone « d'apprentissage »



DT5 - Dureté de l'eau (TH)



DT6 - Pouvoir tampon de l'eau (TA)



Relevé du TA en ppm

La **balance de Taylor** est un outil permettant de connaître l'équilibre à atteindre entre :

- le **TAC (ou TA) : Titre Alcalimétrique Complet** correspondant à la quantité de carbonates et bicarbonates dans l'eau. Il s'exprime en °F (degré français) ou en ppm ($1^{\circ}\text{F} = 10 \text{ ppm}$). Il caractérise le **pouvoir tampon de l'eau**. Le TAC doit être compris **entre 100 et 300 ppm** ;
- le **TH : Titre Hydrotimétrique** correspond à la quantité de calcium et de magnésium (calcaire) dans l'eau. Il est exprimé en °F (degré français) ou en ppm ($1^{\circ}\text{F} = 10 \text{ ppm}$). Le TH caractérise la **dureté de l'eau**. Le TH doit être compris **entre 100 et 200 ppm** ;
- la valeur de **pH** : le pH est le potentiel hydrogène de l'eau. Il permet de mesurer l'acidité de l'eau de 0 à 14. L'eau peut être :
 - acide si le pH est inférieur à 7 ;
 - neutre si le pH est égal à 7 ;
 - basique si le pH est supérieur à 7.

Pour **déterminer l'équilibre calco-carbonique de l'eau grâce à la Balance de Taylor**, la méthodologie à suivre est la suivante :

- relever le TH et le TAC ;
- pointer les résultats sur la balance de Taylor sur l'échelle de gauche et de droite ;
- tracer une droite entre les deux résultats ;
- relever sur le graphique le pH idéal à essayer d'atteindre sur le bassin afin d'être en équilibre calco-carbonique.

L'objectif étant d'être conforme à la réglementation avec un pH entre 6,9 et 7,7 en général compris entre 7,2 et 7,4. Cependant, il est parfois plus simple d'agir sur les autres paramètres tels que **le TH et le TAC**.

En effet, si par exemple, le TAC est à 150 ppm et que le TH est à 90 ppm, cela donne un pH idéal d'après la Balance de Taylor à 7,8. Or si l'objectif de pH est de 7,2, il faudra agir sur le TAC plutôt que sur le pH afin de faire baisser ce dernier. Cela permettra également d'éviter d'utiliser une quantité trop importante d'acide afin d'atteindre l'objectif de pH souhaité.

Rôle du TAC d'une piscine ?

le TAC permet de conserver un pH stable dans l'eau de votre piscine. Il est primordial d'ajuster la valeur du TAC avant d'équilibrer celle du pH. Inutile de chercher à ajuster le pH tant que la valeur du TAC n'est pas comprise entre 80 et 120 ppm. En effet, le pH continuera à varier tant que le TAC n'est pas correctement équilibré.

- **Trop bas** : le pH sera instable et variera à la moindre occasion (pluie, baignade, traitement, ...).
- **Trop haut** : le pH de l'eau sera également trop élevé.

Cependant, comme le TAC limite les variations du pH, il sera plus difficile de le faire baisser. Un TAC élevé peut également rendre l'eau trouble ou favoriser la formation de dépôts de tartre ou calcaire sur la ligne d'eau et le fond du bassin.

Comment augmenter le TAC d'une piscine ?

Afin d'augmenter le TAC de l'eau, il faut ajouter du Bicarbonate de Sodium, aussi appelé bicarbonate de soude.

Comment diminuer le TAC d'une piscine ?

Il n'y a pas de produit spécifique permettant de diminuer uniquement le TAC d'une piscine. Il y a 2 solutions :

- renouveler une partie de l'eau de la piscine ;
- aérer l'eau.

Rôle du TH d'une piscine ?

Le titre hydrotimétrique ou TH correspond à la mesure de la dureté de l'eau, caractérisée par les ions calcium et le magnésium qu'elle contient.

Plus le TH est faible, plus l'eau est douce. À l'inverse, plus le TH est élevé, plus l'eau est dure, c'est-à-dire calcaire.

Si le TH de la piscine est trop haut, l'eau calcaire risque la formation de tartre au sein des différents équipements de la piscine et de troubler l'eau.

Les algues et les champignons se développent aussi plus facilement sur des parois entartrées. Le calcium et le magnésium identifiés par le TH ne sont pas nocifs pour la santé. Malgré cela, une eau trop calcaire peut engendrer une irritation des yeux, des démangeaisons et tiraillements sur les peaux sensibles.

Comment augmenter le TH d'une piscine ?

Pour rendre l'eau plus dure, il faut ajouter du chlorure de calcium.

Comment diminuer le TH d'une piscine ?

Il existe plusieurs solutions :

- remplacer une partie de l'eau par une eau moins dure ;
- utiliser un agent séquestrant (type anti-calcaire) ;
- utiliser un adoucisseur d'eau lorsqu'on remplit le bassin.

Courbe d'humidité relative ou hygrométrie Hr

Courbe fine noire

L'humidité relative correspond au rapport entre l'humidité absolue de l'air étudié et l'humidité maximale (absolue de saturation). Elle est notée Hr et s'exprime en pourcentage (%).

Limite de saturation de l'air Hr = 100%

Courbe noire en gras

L'air contient toujours une petite proportion de vapeur d'eau, mais celle-ci est limitée. Lorsque l'humidité relative atteint 100 %, l'air est totalement saturé d'eau – c'est la saturation de l'air limite, représentée sur le schéma par la courbe noire en gras. Au-delà de cette valeur, on dit que l'air est sursaturé et il y a formation de brouillard (sur le graphique, il s'agit de la zone à gauche de la courbe limite de saturation de l'air).

Axe d'enthalpie h

Axe oblique vert

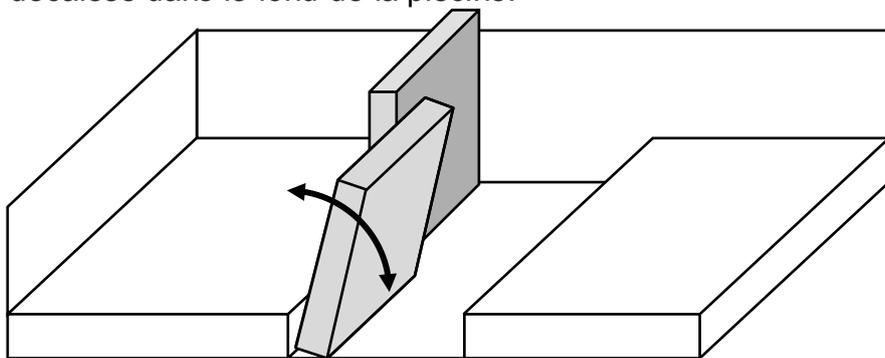
L'enthalpie correspond à la quantité d'énergie contenue dans l'air. Elle est notée h et s'exprime en kilojoules par kilogramme d'air sec (kJ/kgas).

Par convention, lorsque la température est égale à 0 °C et que l'air est sec, l'enthalpie est nulle.

Un mur mobile dans un bassin nautique permet de proposer différentes activités sans avoir à construire de bassin supplémentaire. Pour répondre aux différents besoins de zonage dans un bassin, il existe différents types de murs mobiles.

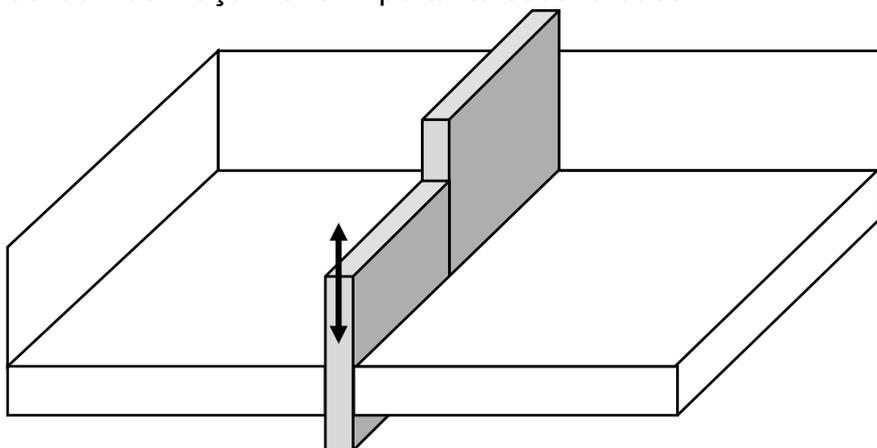
- **Aileron rabattable (mur à poste fixe)**

L'aileron rabattable pivote autour d'un axe posé sur le fond du bassin. En position baissée, l'impact sur la profondeur du bassin doit être réduit ce qui impose la réalisation d'un décaissé dans le fond de la piscine.



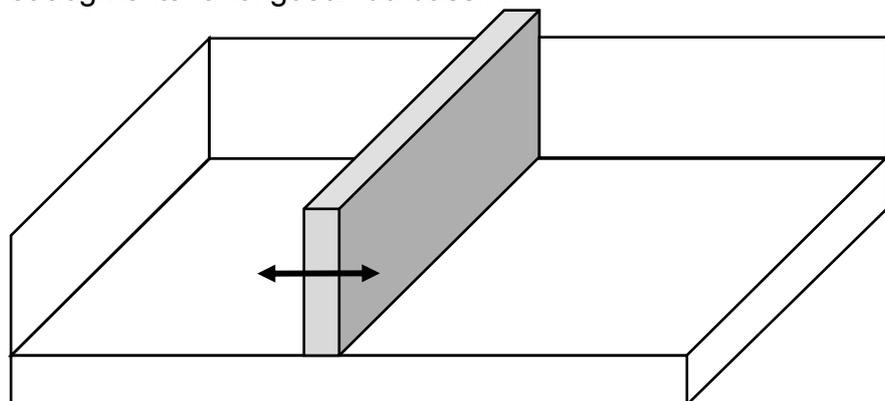
- **Mur ciseau (mur à poste fixe)**

Cette cloison coulisse verticalement entre les parois du bassin et s'enfonce, pour une position baissée, dans une fosse située au fond du bassin. Ce type de mur impose des travaux de maçonnerie importants sous le bassin.



- **Quai mobile**

Le quai mobile est un mur qui se déplace dans le sens de la longueur du bassin et peut être arrêté à différentes positions. Ce type de mur impose une profondeur constante du bassin et augmente la longueur du bassin.



DT9-2/2 - Différents types de murs de séparation

En fonction de l'épaisseur, les différents murs peuvent être équipés de consoles amovibles permettant la mise en place d'un platelage provisoire lors des compétitions.

Les murs dépassent le niveau d'eau de 30 cm et sont suffisamment stables pour absorber les efforts dus aux appuis des nageurs lors de leurs virages.

Une épaisseur de 50 cm à 1 m est préconisée afin que le mur puisse servir de passerelle entre les deux côtés du bassin. Il est possible de prévoir des manchons pour la mise en place de garde-corps.

Mise en mouvement des murs mobiles

Un moteur électrique et un réducteur à engrenages ou un vérin et un groupe hydrauliques situés dans la galerie technique à côté du bassin assurent la mise en mouvement. Elle peut se faire même lorsque le bassin est vide ce qui permet l'accès à toutes les surfaces de parois et de fond du bassin pour un nettoyage et un entretien complets.

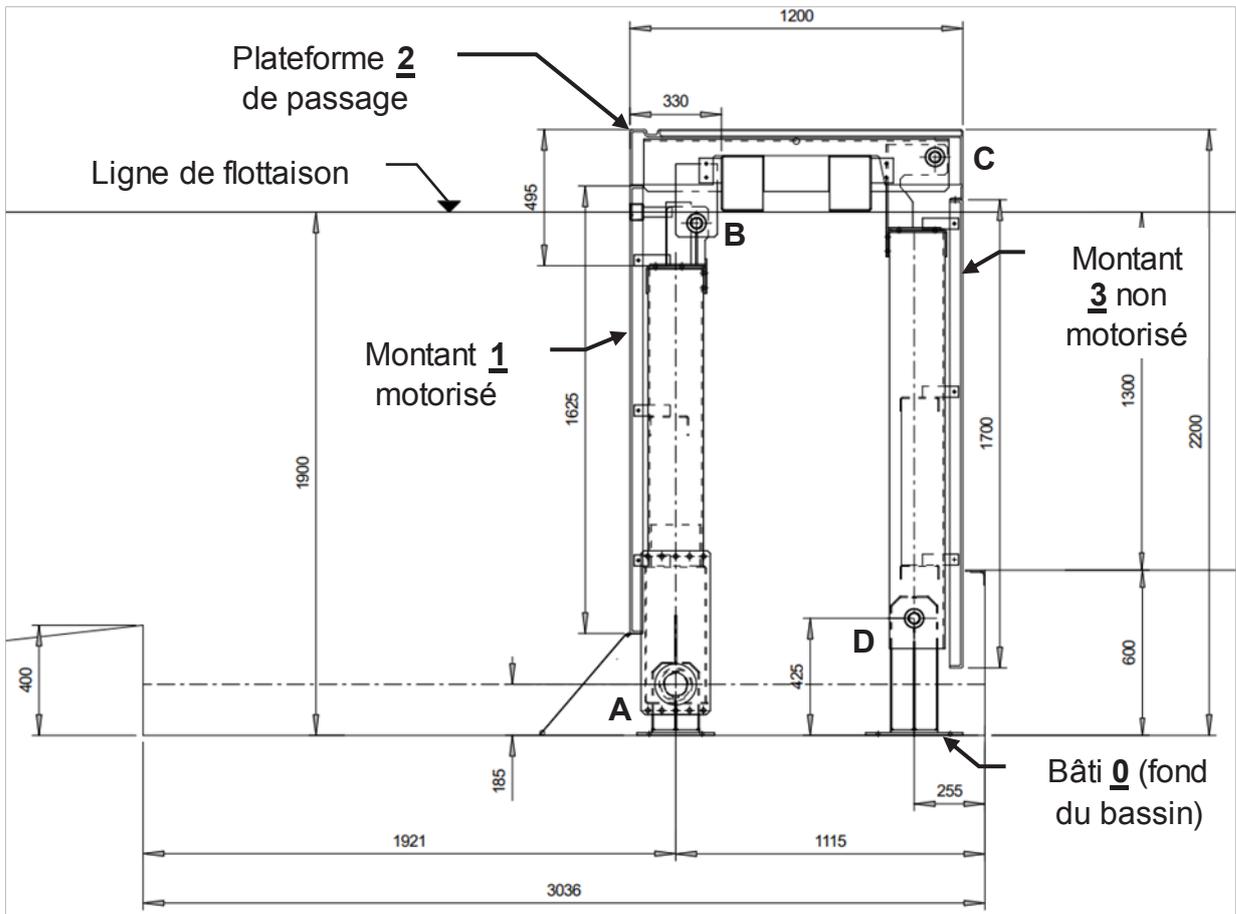
Les murs types aileron rabattable et mur ciseau peuvent aussi fonctionner sur le principe du ballast par remplissage tantôt d'air, tantôt d'eau. Ils présentent le gros inconvénient de ne fonctionner que lorsque le bassin est en eau.

Le mouvement des murs mobiles est lent afin d'éviter la formation de vagues.

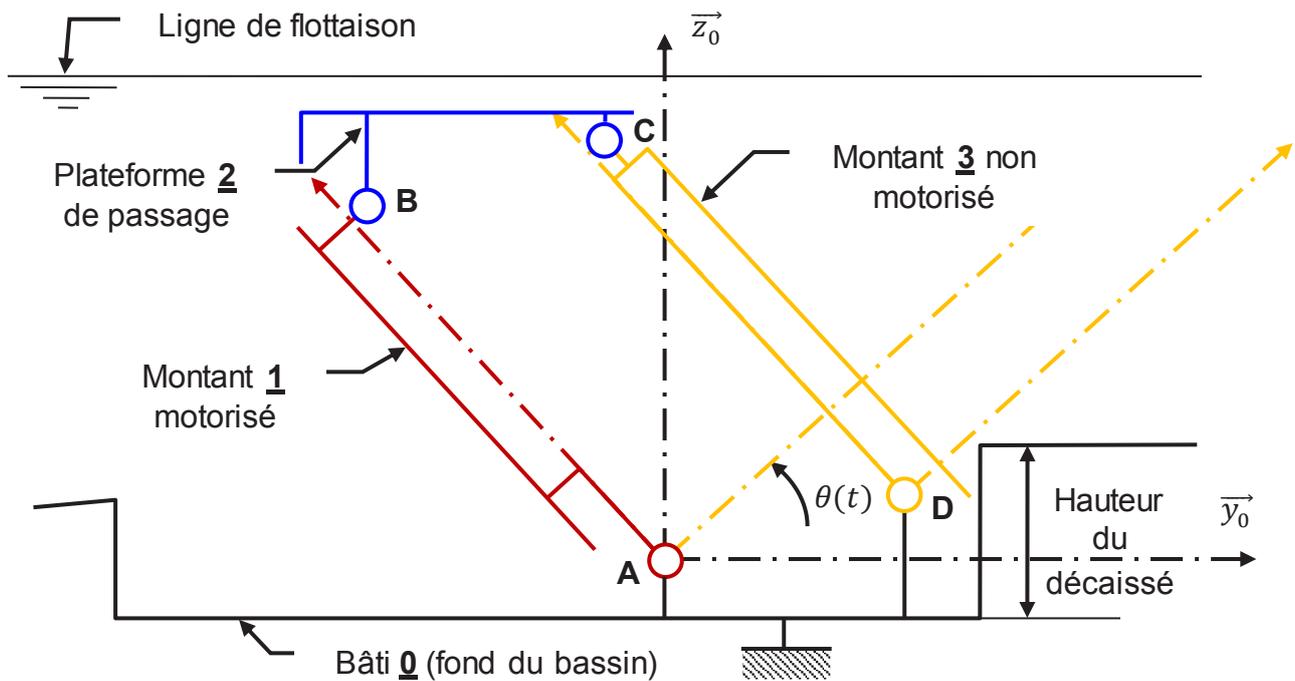
Structure des murs mobiles

La structure des murs mobile est constituée d'un squelette en acier inoxydable habillé, au choix, d'un revêtement en polyester ou de panneaux en tôle d'innox.

Représentation partielle de l'aileron pliable



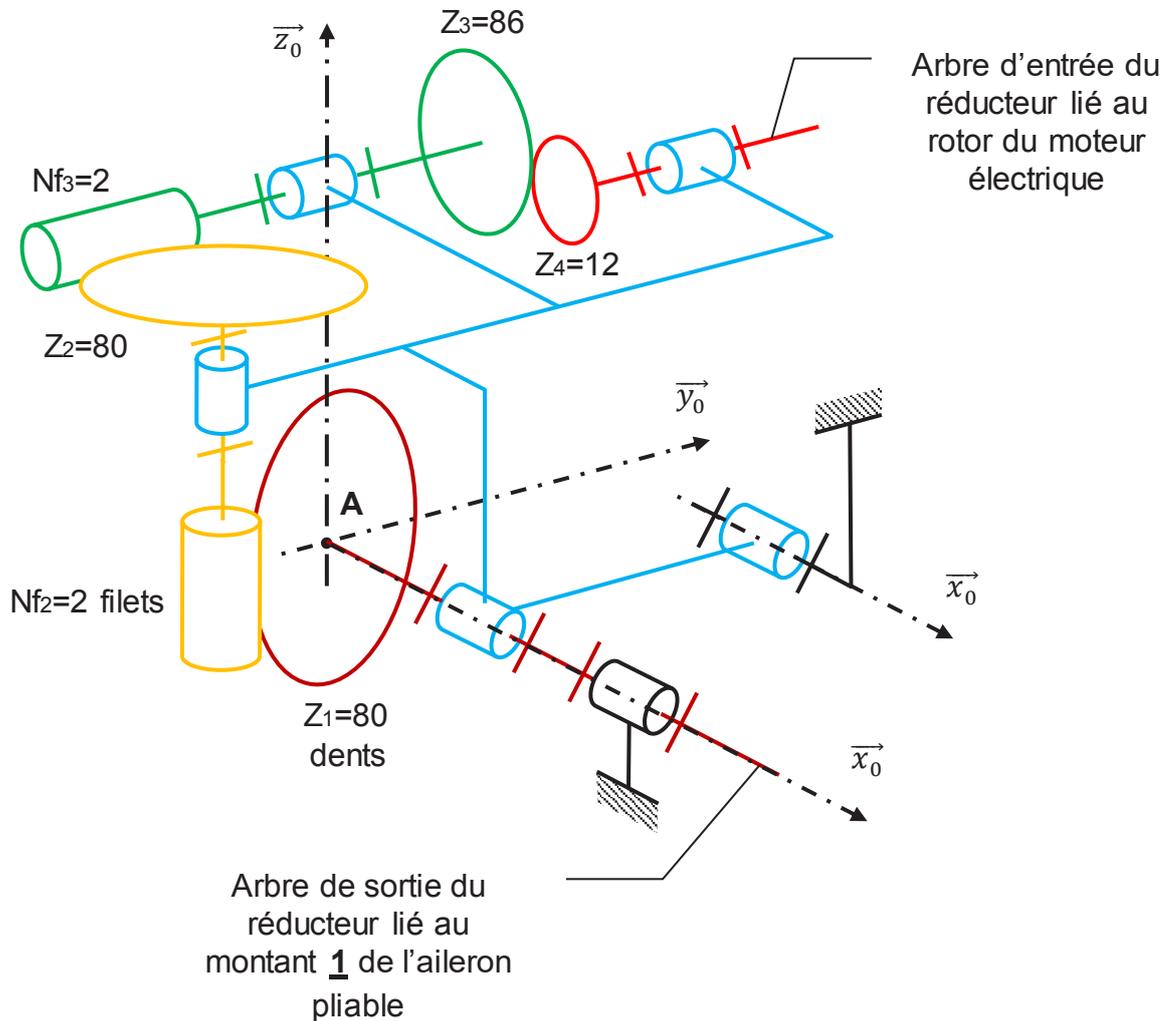
Modèle cinématique associé



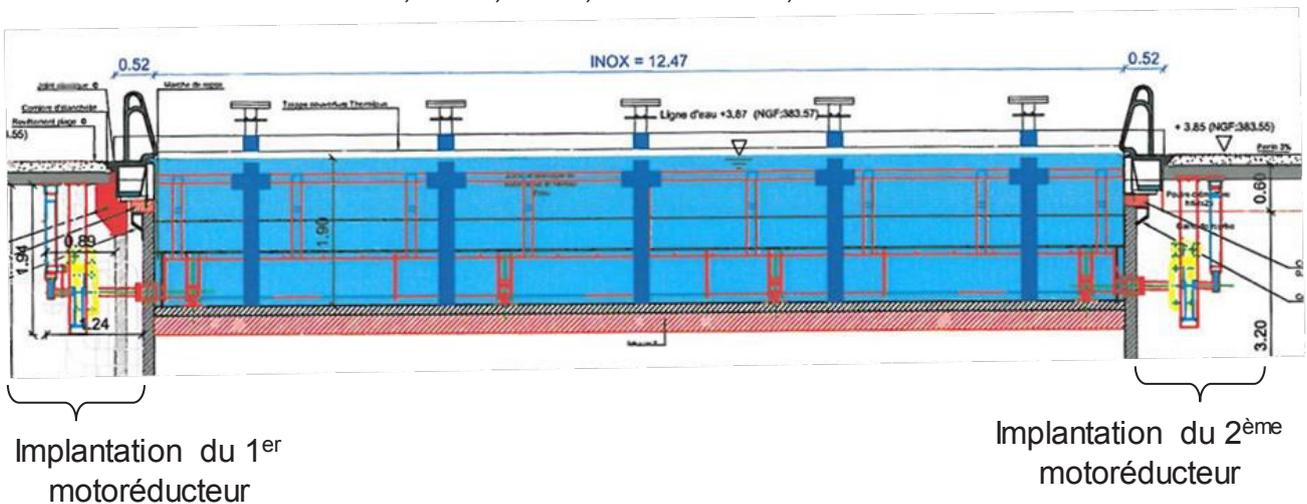
DT11 – Réducteur à engrenages

L'aileron pliable est entraîné en rotation par deux motoréducteurs identiques.

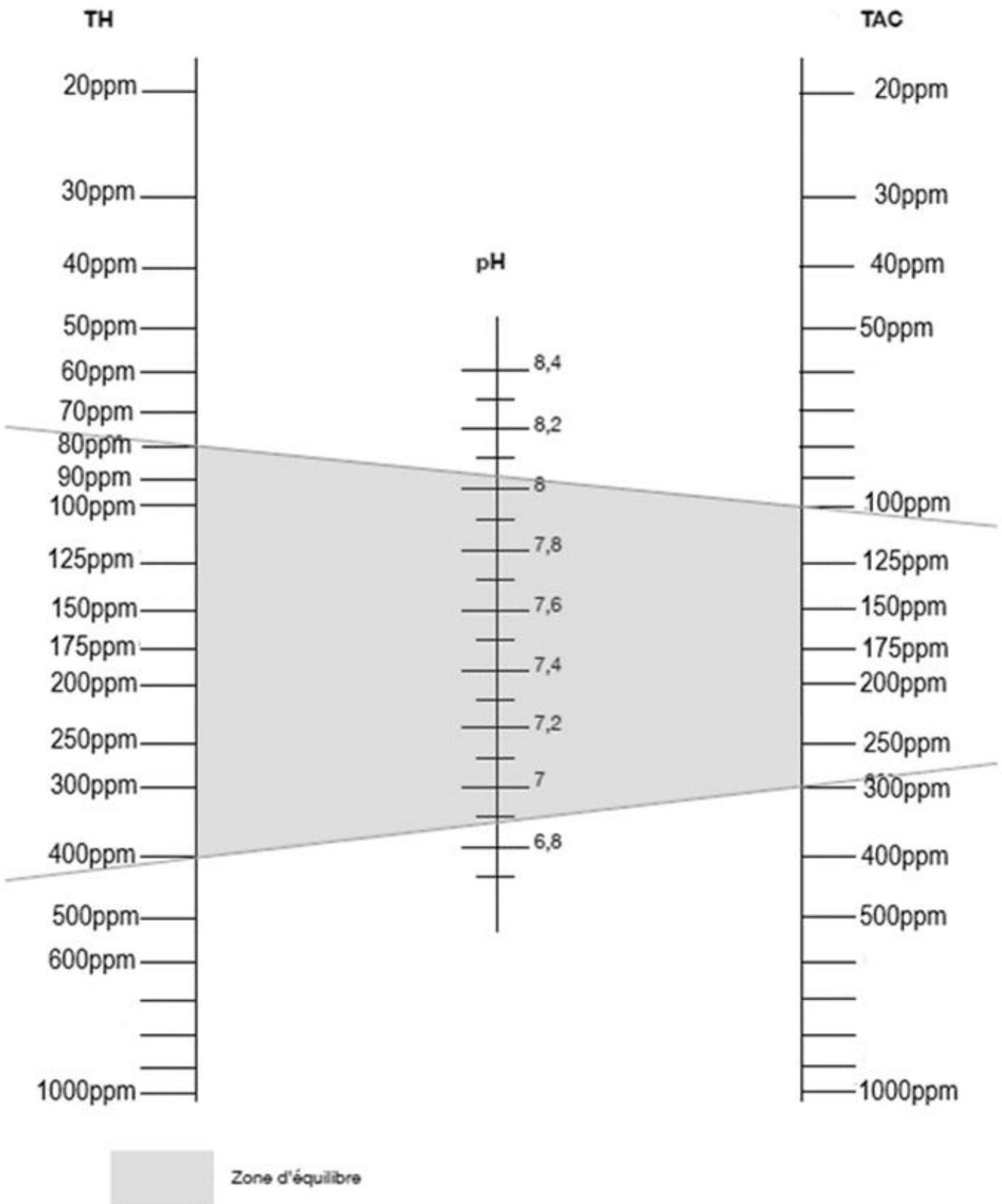
Modèle cinématique du réducteur



L'implantation de chaque motoréducteur dans la galerie technique à côté du bassin impose un encombrement de : $H = 1,94$ m ; $L = 1,24$ m et $P = 1,31$ m.



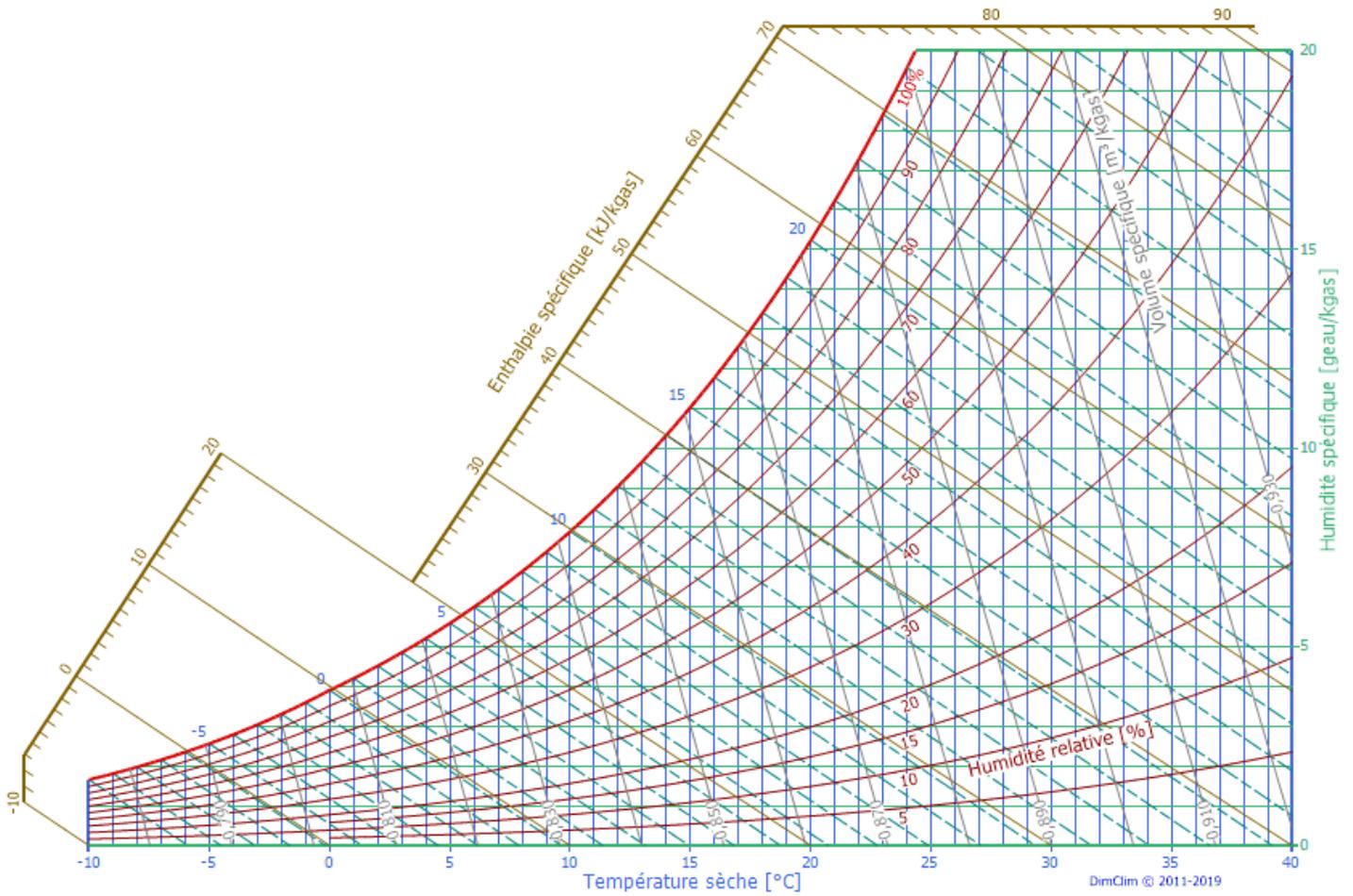
DR1 - Balance de Taylor



DR2 - Diagramme de l'air humide (pour une pression et altitude correspondant à Clermont-Ferrand)

DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

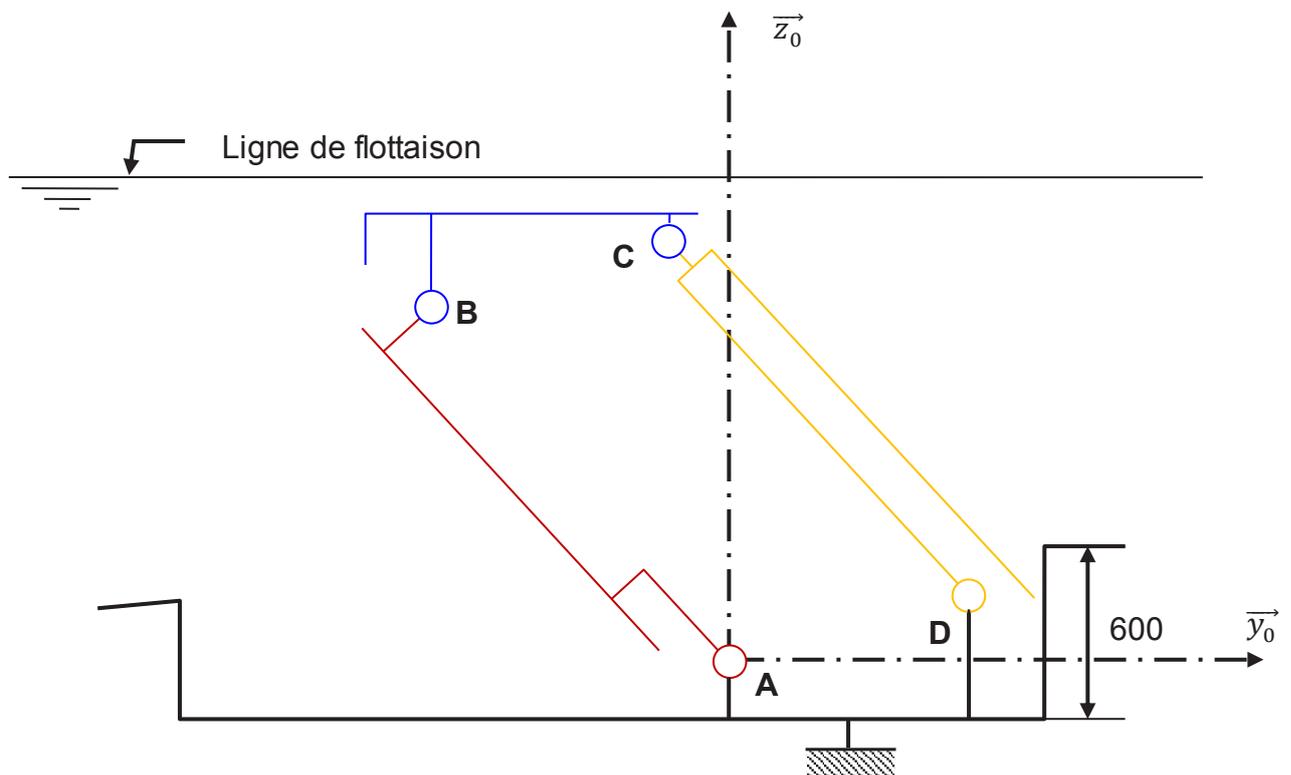
Pression atmosphérique 97772,6 Pa Altitude 300 m



DR3 - Choix du type de mur mobile

	Type de murs		
	Aileron rabattable	Mur ciseau	Quai mobile
Exigence Id5.1 La longueur de nage doit pouvoir être modifiée.			
Exigence Id5.1.3 L'implantation doit être fixe.			
Exigence Id5.3 Lorsque le bassin est scindé en deux, un passage entre les deux zones doit être permis pour les usagers.			
Exigence Id4.2 Ne doit pas engendrer des travaux de maçonnerie importants sous le bassin.			

Nota : (++) : exigence vérifiée
 (+-) : exigence partiellement vérifiée
 (--) : exigence non vérifiée

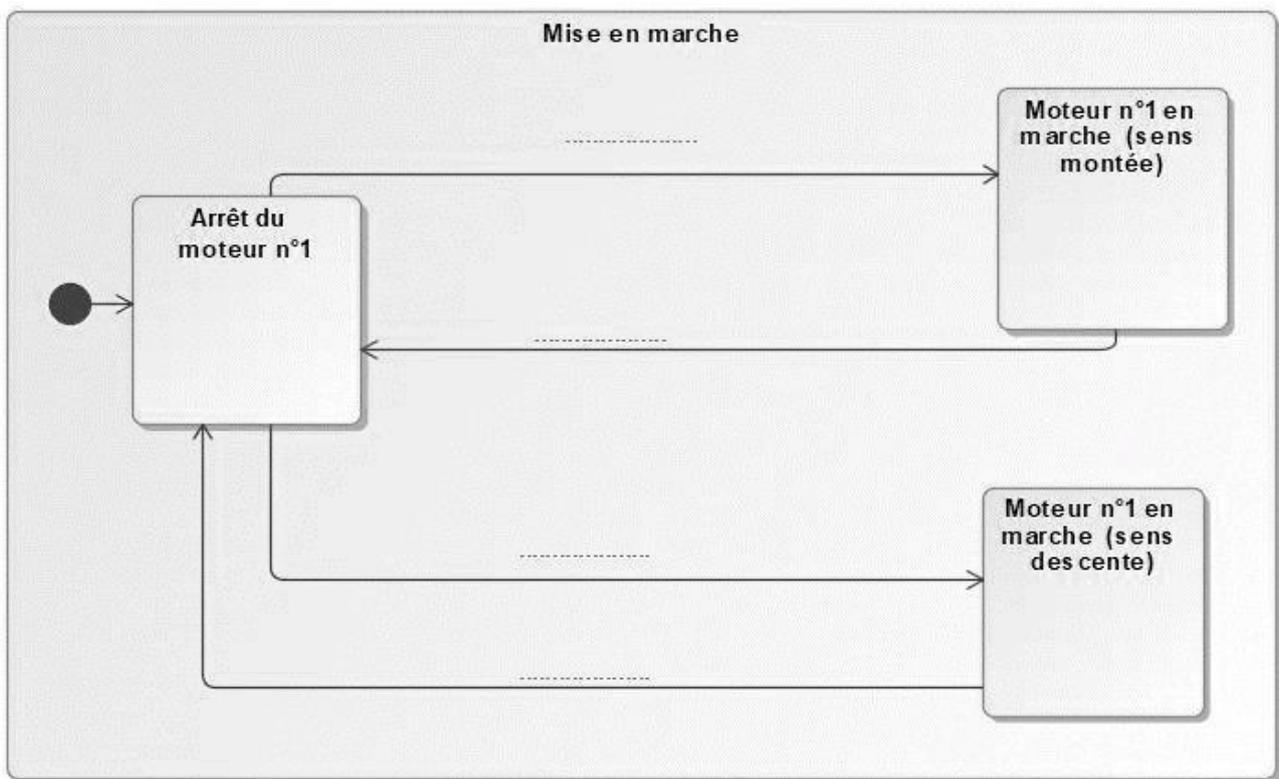
DR4 - Cinématique du mur mobile

F

DR5 - Diagramme d'état du moteur n°1 commandant le mur amovible

On pourra employer les termes suivants :

- **BPmontée** : bouton poussoir monostable commandant la montée
- **BPdescente** : bouton poussoir monostable commandant la descente
- **Fin_course_montée** : fin de course détectant la montée complète du mur de séparation
- **Fin_course_descente** : fin de course détectant la descente complète du mur de séparation



SYSTÈMES D'INFORMATION ET NUMÉRIQUE

Rénovation d'un stade nautique



Présentation de l'étude et questionnement pages 30 à 37

Mise en situation

Le contrôle sanitaire de l'eau est un aspect très important pour les installations recevant du public. Pour assurer des conditions sanitaires conformes aux réglementations de l'A.R.S (cf. **DT2 - diagramme d'exigences bassin 33 m**), la piscine est munie d'une centrale de mesure de la température de l'eau. Elle possède également un dispositif de contrôle et de fourniture de solution pH- permettant la régulation fine du pH.

Ce sujet aborde différents aspects relatifs à la phase de conception et à la réalisation de l'unité de contrôle sanitaire :

- **partie A** : comment mesurer la température de l'eau ?
- **partie B** : comment gérer le dosage du pH ?
- **Partie C** : comment optimiser le dosage du pH ?

Travail demandé

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

Objectif: dans cette partie, il s'agit de vérifier que la solution technologique implantée satisfait les exigences du cahier des charges (cf. DT2 - Diagramme d'exigences bassin 33 m) pour la gestion de la température de l'eau du bassin de 33 m.

La mesure de la température est assurée par une sonde à résistance variable de type pt100. Elle est montée sur un pont diviseur de tension polarisé par une tension de 5 V. Le microcontrôleur possède un Convertisseur numérique analogique (C.A.N) intégré d'une résolution de 10 bits. La plage de tension analogique admise varie de 0 à 5 V.

°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms
0	100.00	30	111.67	60	123.24	90	134.70	120	146.06
1	100.39	31	112.06	61	123.62	91	135.08	121	146.44
2	100.78	32	112.45	62	124.01	92	135.46	122	146.81
3	101.17	33	112.83	63	124.39	93	135.84	123	147.19
4	101.56	34	113.22	64	124.77	94	136.22	124	147.57
5	101.95	35	113.61	65	125.16	95	136.60	125	147.94
6	102.34	36	113.99	66	125.54	96	136.98	126	148.32
7	102.73	37	114.38	67	125.92	97	137.36	127	148.70
8	103.12	38	114.77	68	126.31	98	137.74	128	149.07
9	103.51	39	115.15	69	126.69	99	138.12	129	149.45
10	103.90	40	115.54	70	127.07	100	138.50	130	149.82
11	104.29	41	115.93	71	127.45	101	138.88	131	150.20
12	104.68	42	116.31	72	127.84	102	139.26	132	150.57
13	105.07	43	116.70	73	128.22	103	139.64	133	150.95
14	105.46	44	117.08	74	128.60	104	140.02	134	151.33
15	105.85	45	117.47	75	128.98	105	140.39	135	151.70
16	106.24	46	117.85	76	129.37	106	140.77	136	152.08
17	106.63	47	118.24	77	129.75	107	141.15	137	152.45
18	107.02	48	118.62	78	130.13	108	141.53	138	152.83
19	107.40	49	119.01	79	130.51	109	141.91	139	153.20
20	107.79	50	119.40	80	130.89	110	142.29	140	153.58
21	108.18	51	119.78	81	131.27	111	142.66	141	153.95
22	108.57	52	120.16	82	131.66	112	143.04	142	154.32
23	108.96	53	120.55	83	132.04	113	143.42	143	154.70
24	109.35	54	120.93	84	132.42	114	143.80	144	155.07
25	109.73	55	121.32	85	132.80	115	144.17	145	155.45
26	110.12	56	121.70	86	133.18	116	144.55	146	155.82
27	110.51	57	122.09	87	133.56	117	144.93	147	156.19
28	110.90	58	122.47	88	133.94	118	145.31	148	156.57
29	111.28	59	122.86	89	134.32	119	145.68	149	156.94

Figure 6 : table de conversion résistance/température de la sonde pt100

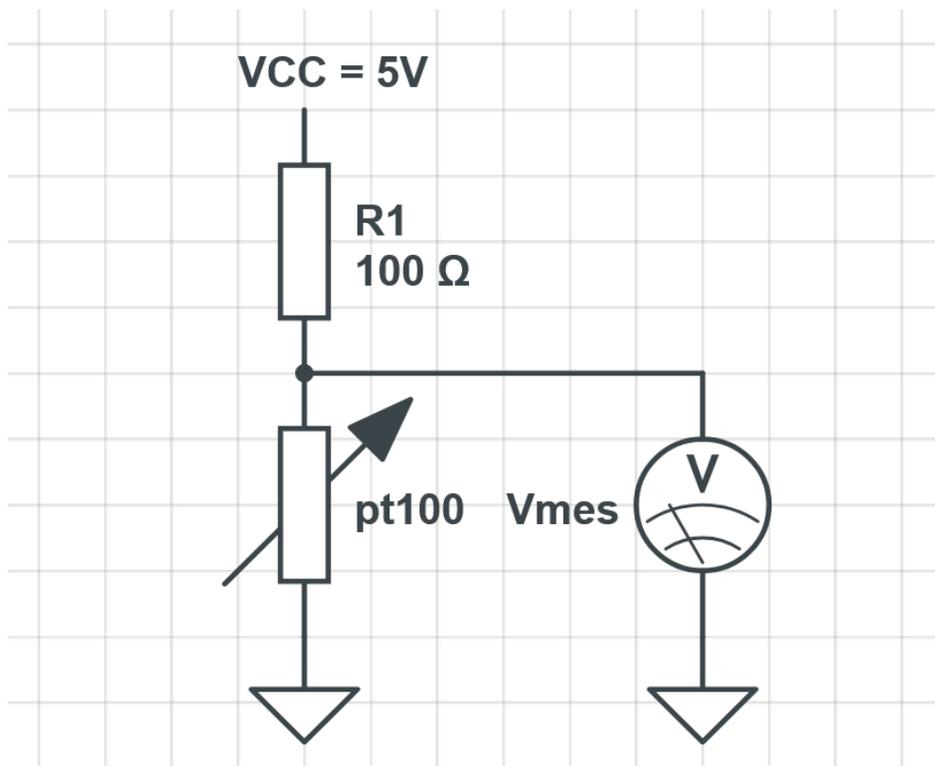


Figure 7 : schéma du pont diviseur et de la sonde pt100

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.

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

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

Pour la suite, la résolution est de 1°C par division du C.A.N. et les tensions extrêmes mesurées sont : 2,66V et 2,52 V.

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.

Pour fonctionner, le microcontrôleur de gestion exécute un programme qui se répète constamment. Une mesure de la température et de pH est ainsi réalisée toutes les 20 millisecondes. La sonde de pH est également de technologie analogique. Le système transmet ensuite les données de température et de pH à un ordinateur de supervision via une liaison Ethernet. Ces données sont codées sous la forme d'octets (8 bits) encapsulés dans une trame de communication nécessitant deux octets supplémentaires pour l'adressage sur le réseau.

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.

Stocker un si grand nombre de données n'a pas beaucoup d'intérêt car les processus d'évolution de la température et du pH sont assez lents. Pour limiter le flux de données transmis et stockées, on souhaite apporter une modification au programme implanté dans le microcontrôleur. Ce nouveau programme devra transmettre les nouvelles données à raison d'une fois toutes les dix secondes. Les valeurs transmises correspondront aux moyennes de la température et du pH de toutes les valeurs mesurées dans l'intervalle entre chaque mesure.

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.

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 8 : pseudo code calcul de la moyenne

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.

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 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.

Afin de faciliter les traitements réalisés par le microcontrôleur, on décide d'approximer cette courbe par une fonction affine. Cette opération de linéarisation ne générera que peu d'erreurs dans ce cas de figure.

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.

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 9 : 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 et la chaîne de mesure sont à présent définis.

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.

Partie B. Comment gérer le dosage du pH ?

Objectif : dans cette partie il s'agira de vérifier si la solution technique utilisée permet, pour le bassin de 33 m, le respect des normes préconisées par l'A.R.S pour le pH de l'eau (Exigence Id1.1).

Les pompes péristaltiques sont employées dans de nombreux secteurs pour véhiculer des produits qui ne doivent pas être contaminés par les organes mécaniques de la pompe ou des produits trop corrosifs.

Un tuyau flexible qui contient le fluide à transvaser passe au travers de la pompe. Un ensemble de trois galets, montés sur une roue, va tour à tour écraser le flexible et pousser le fluide. Une fois qu'un galet rompt le contact avec le flexible, un autre prend le relais interdisant ainsi au fluide de rebrousser chemin.

Pour calculer le débit de ce genre de pompe, on multiplie la section interne du flexible par la vitesse de progression des galets sur ce dernier.

En règle générale, il est nécessaire de diminuer le pH avec du pH-. Ce fluide étant hautement corrosif, l'emploi de cette technologie est tout indiqué.

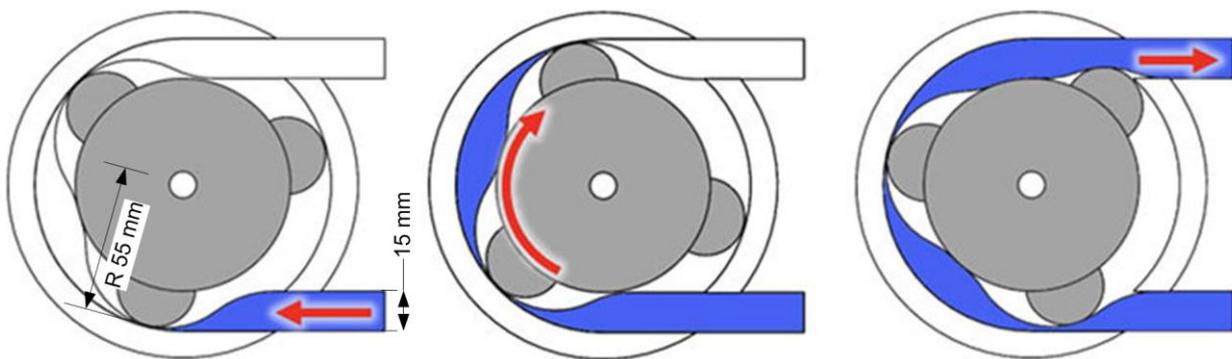


Figure 10 : pompe péristaltique

Pour cette application de dosage, la pompe est actionnée par un moteur pas-à-pas d'une résolution de 400 pas par tours, couplé à un réducteur de rapport 1/10.

Pour mettre en mouvement la pompe, le microcontrôleur envoie des impulsions à un amplificateur se chargeant de fournir l'énergie au moteur. À chaque impulsion le moteur progresse d'un pas. Le microcontrôleur envoie ces impulsions à une fréquence maximale de 2000 Hz.

Dans le cas où la mesure du pH atteint la valeur maxi 7,7, le système doit injecter une solution acide (pH-) afin de ramener la valeur à 7,2. Il est préconisé de verser 0,1 litre de pH- par tranche de 10 m³ d'eau pour diminuer de 0,5 unité pH.

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

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

Question 41. **Déterminer** le débit de la pompe en $l \cdot \text{min}^{-1}$ à pleine vitesse.

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

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.

Partie C. Comment optimiser le dosage du pH ?

Objectif: dans cette partie, il s'agit de proposer un réglage de l'unité de commande de la pompe en vue de satisfaire les exigences id 1.1.1 et id 1.1.2.

Régulation de la valeur de pH

Le schéma ci-dessous représente la chaîne de régulation implantée permettant le contrôle du pH. Dans ce dispositif, le microcontrôleur se charge de réaliser les opérations suivantes :

- lecture de la sonde de pH- ;
- comparaison de sa valeur avec la valeur de consigne souhaitée ;
- application d'une correction à l'aide d'un correcteur de signal P.I.D. (Proportionnel/Intégral/Dérivé) ;
- génération des impulsions en vue de piloter l'amplificateur du moteur.

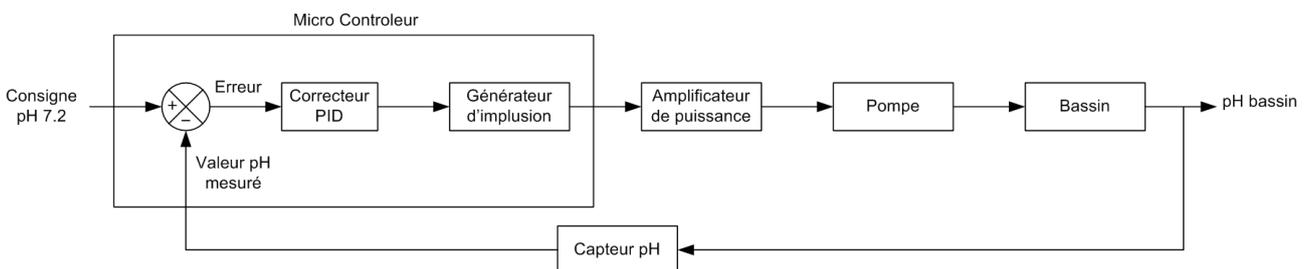


Figure 11 : chaîne de régulation

Ce système bouclé permet un pilotage du moteur adaptatif conférant au système la possibilité de se réguler de façon autonome. La pompe de dosage en pH- se retrouve pilotée par l'écart entre ce que l'on souhaite (la consigne) et ce que l'on constate (la mesure capteur).

Un correcteur P.I.D. permet d'ajuster les performances du système en modifiant le signal d'erreur, rendant ainsi le système plus ou moins dynamique en fonction des exigences.

Le graphe ci-dessous montre l'influence d'un des paramètres (l'action proportionnelle P) du correcteur P.I.D. sur l'évolution du pH de la piscine lors d'une phase de correction de pH.

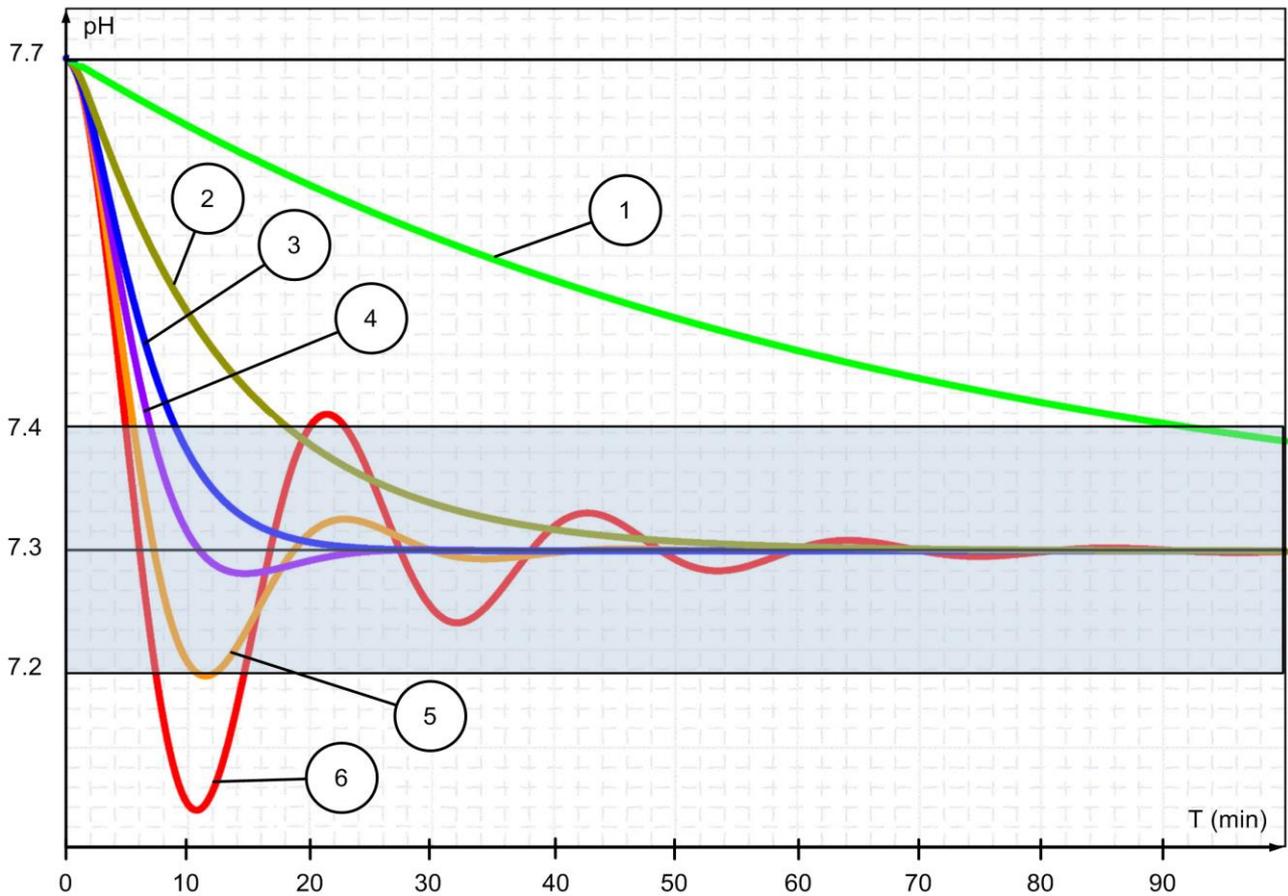


Figure 12 : évolution du pH

Le temps de réponse à 5 % est le temps nécessaire au système pour atteindre la valeur souhaitée à + ou -5 % sans ne plus ressortir de cette plage.

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

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