

CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES

—
SESSION 2024
—

**INGENIERIE, INNOVATION
ET DÉVELOPPEMENT DURABLE**

OPTION ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENT

(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
- Numéroter 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 Energies et environnement :

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

Tournez la page S.V.P.

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

ÉNERGIES ET ENVIRONNEMENT

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 46 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)

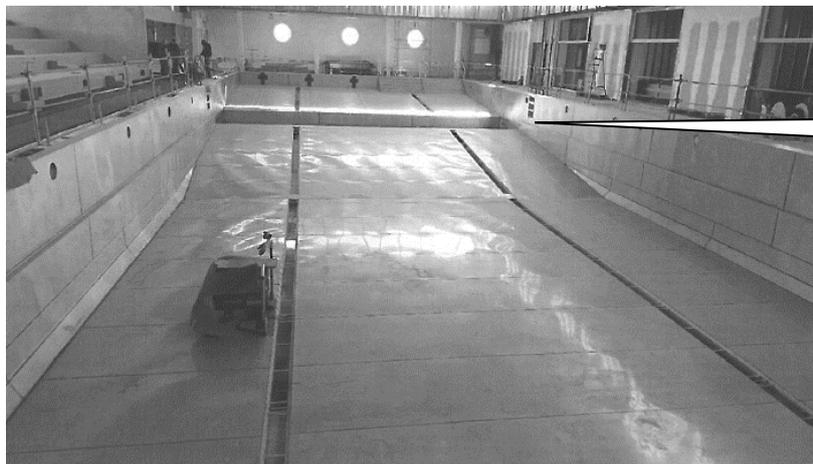
Fermé depuis 2004 pour cause du non-respect des normes règlementaires, le bassin de 33 m a été réhabilité afin de pouvoir accueillir deux espaces séparés par un mur amovible :

- 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.

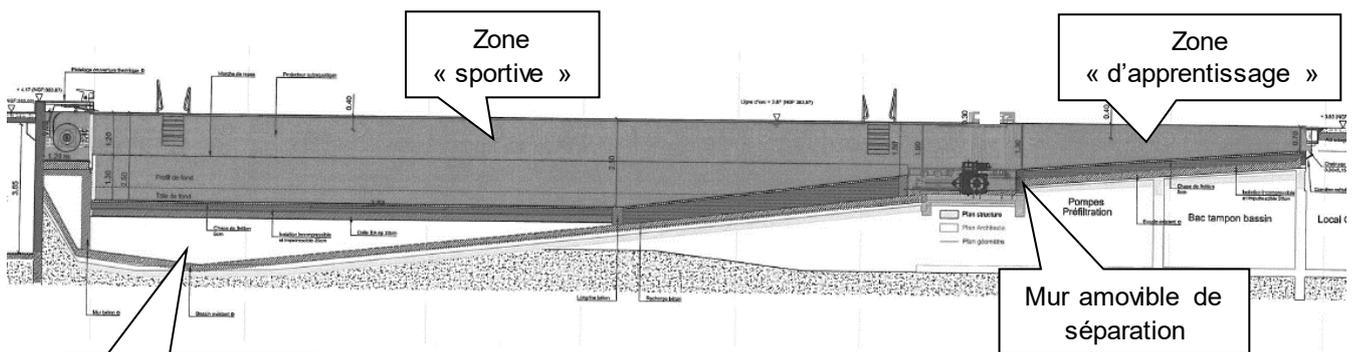


Figure 1 : bassin de 33 m avant rénovation



Mur amovible de séparation

Figure 2 : bassin de 33 m après rénovation



Zone « sportive »

Zone « d'apprentissage »

Mur amovible de séparation

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 :

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

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.

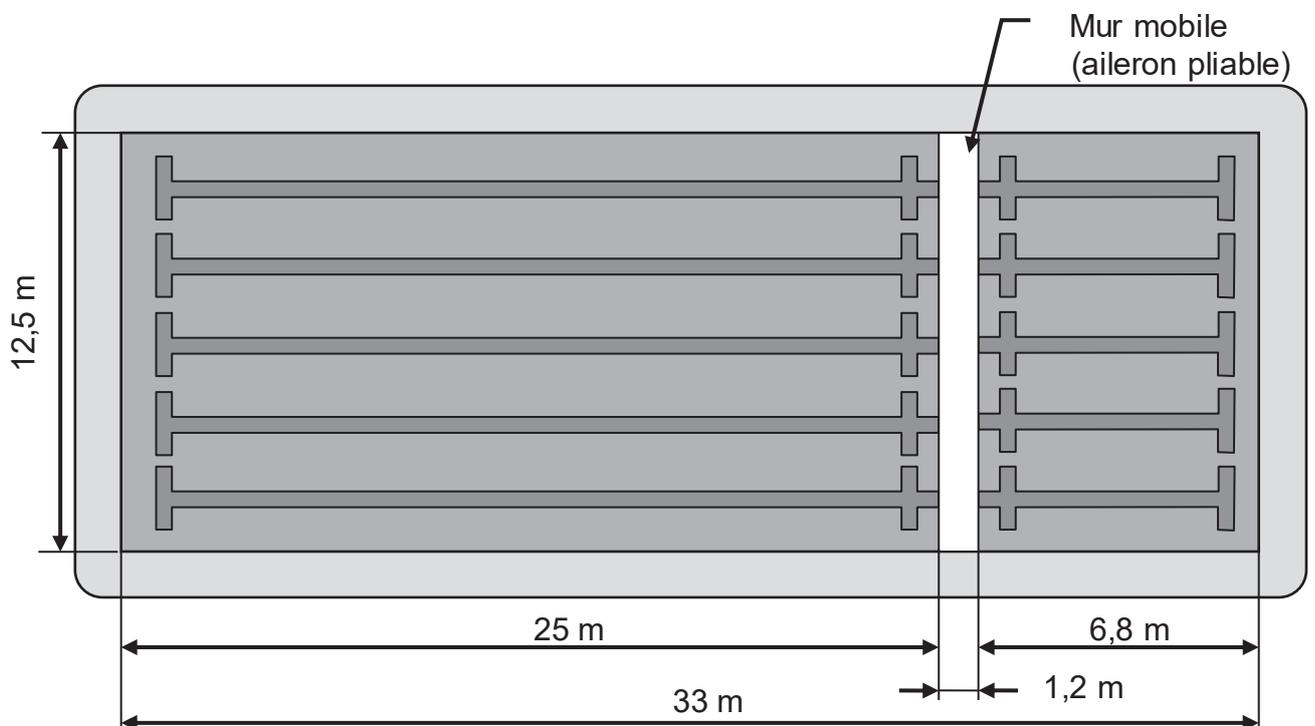


Figure 4 : bassin 33 m vue de dessus



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.

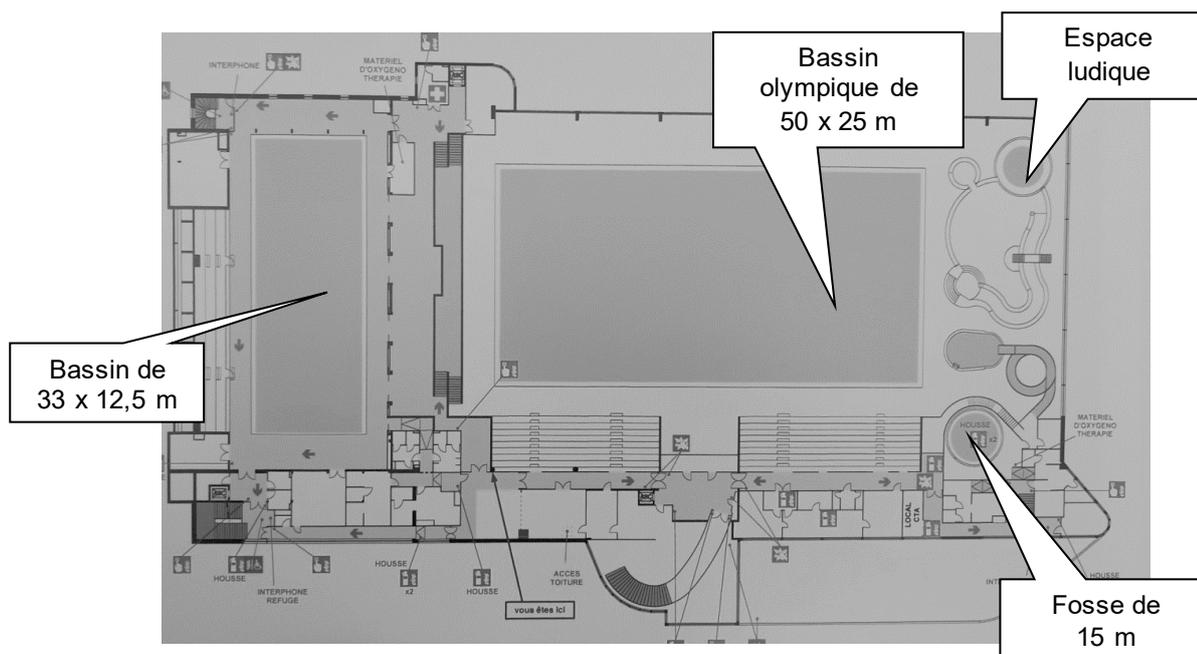
Question 24. **Compléter** le diagramme d'état donné afin de répondre aux exigences du cahier des charges.

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

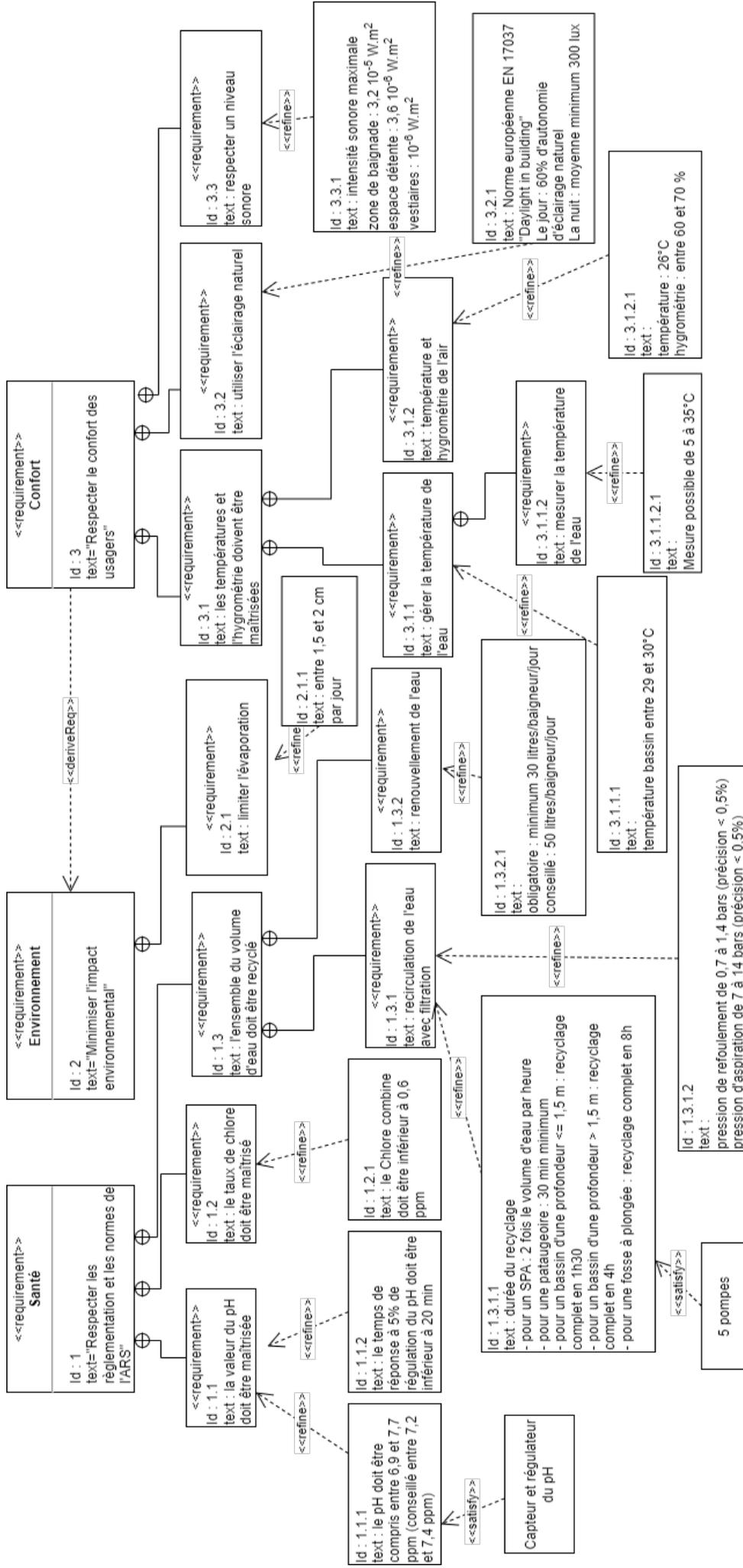
Le grand bassin olympique est équipé de sept lignes d'eau réservées au public. Il offre la possibilité de créer des zones de séparation grâce à un mur amovible.

Le bassin de 33 m

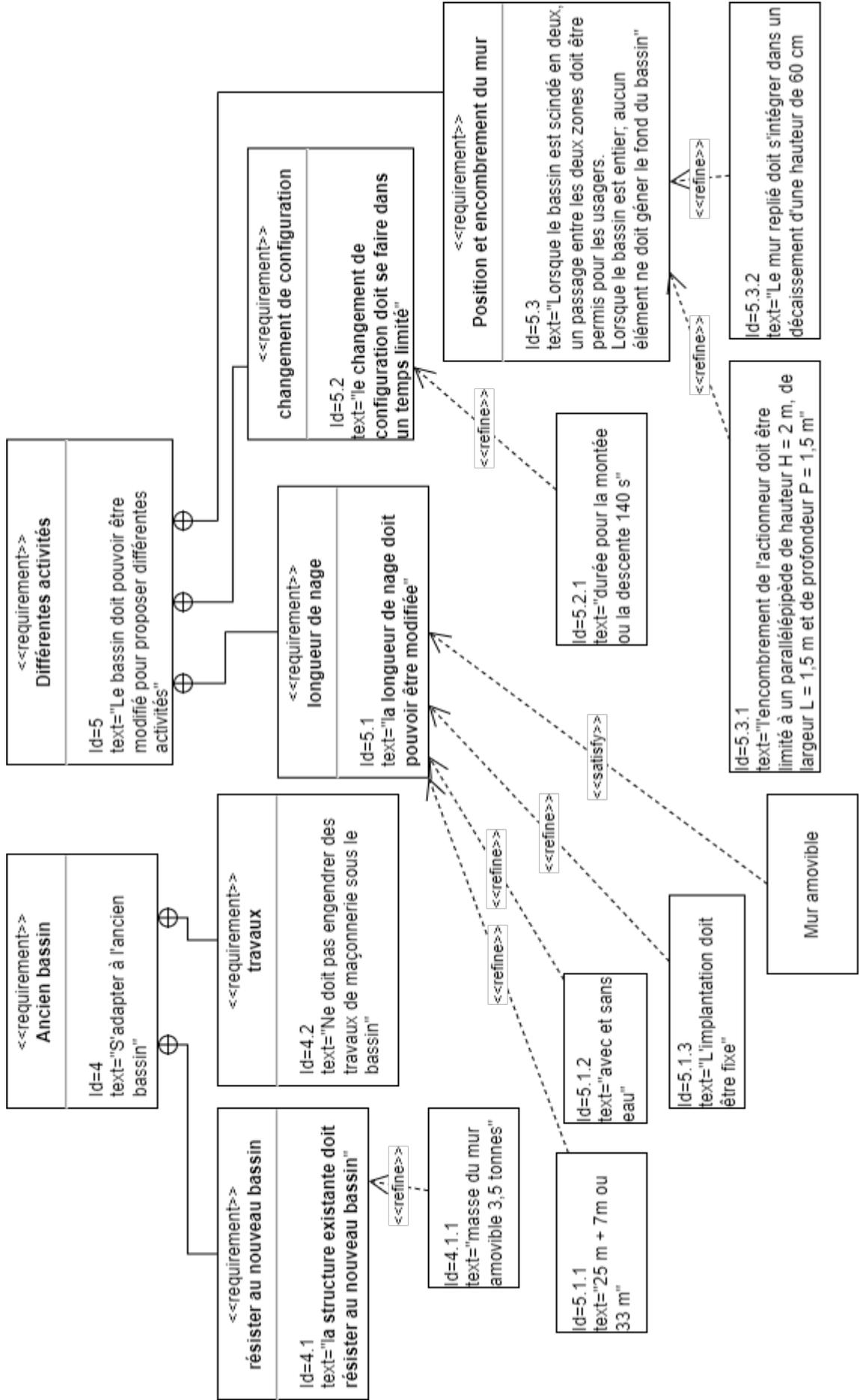
Ce bassin est équipé de trois lignes d'eau réservées au public. Il offre également la possibilité d'être partagé sur sa longueur en deux parties grâce à un mur amovible. Cet équipement permet ainsi de créer deux zones de nage :

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

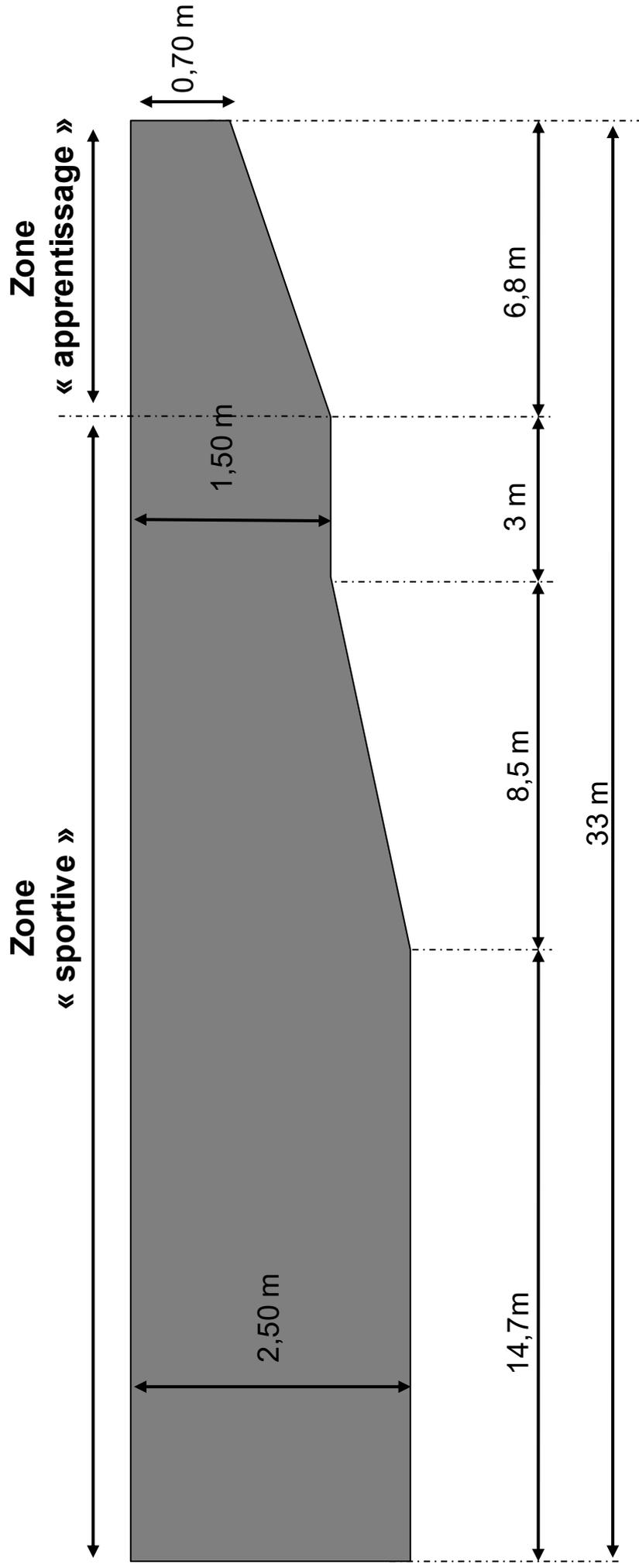
DT2-1/2 – Diagramme d'exigences bassin de 33 m



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

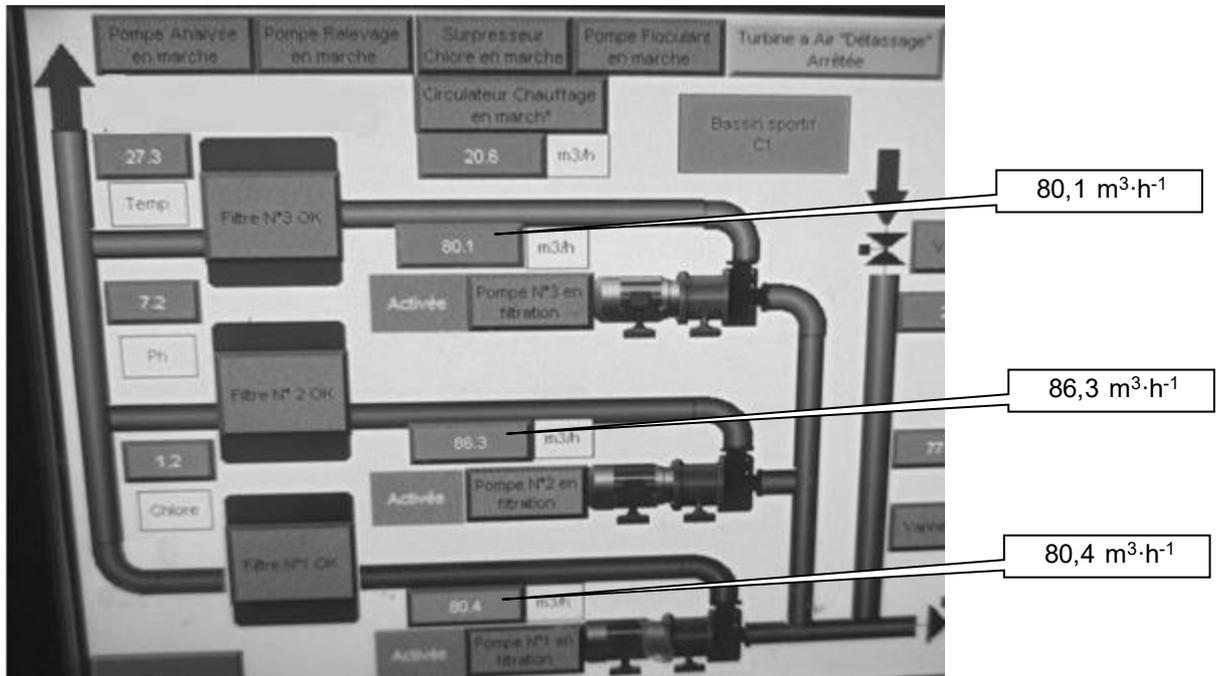


DT3 - Forme simplifiée du bassin de 33 m

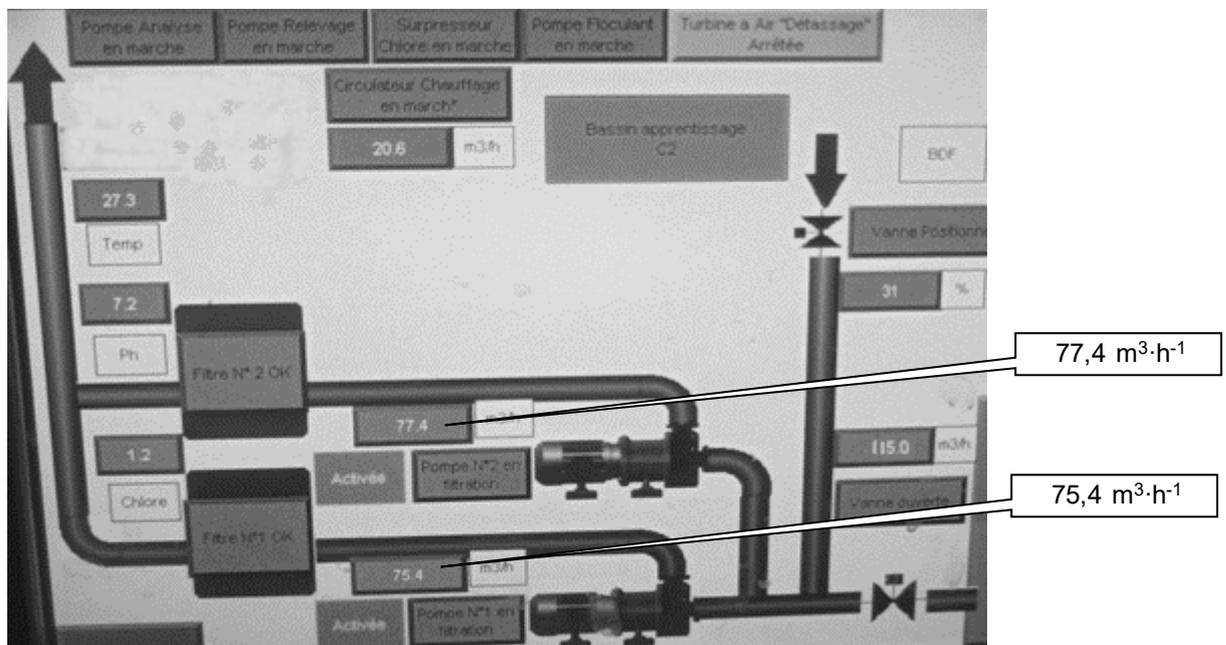


DT4 - Écrans de visualisation

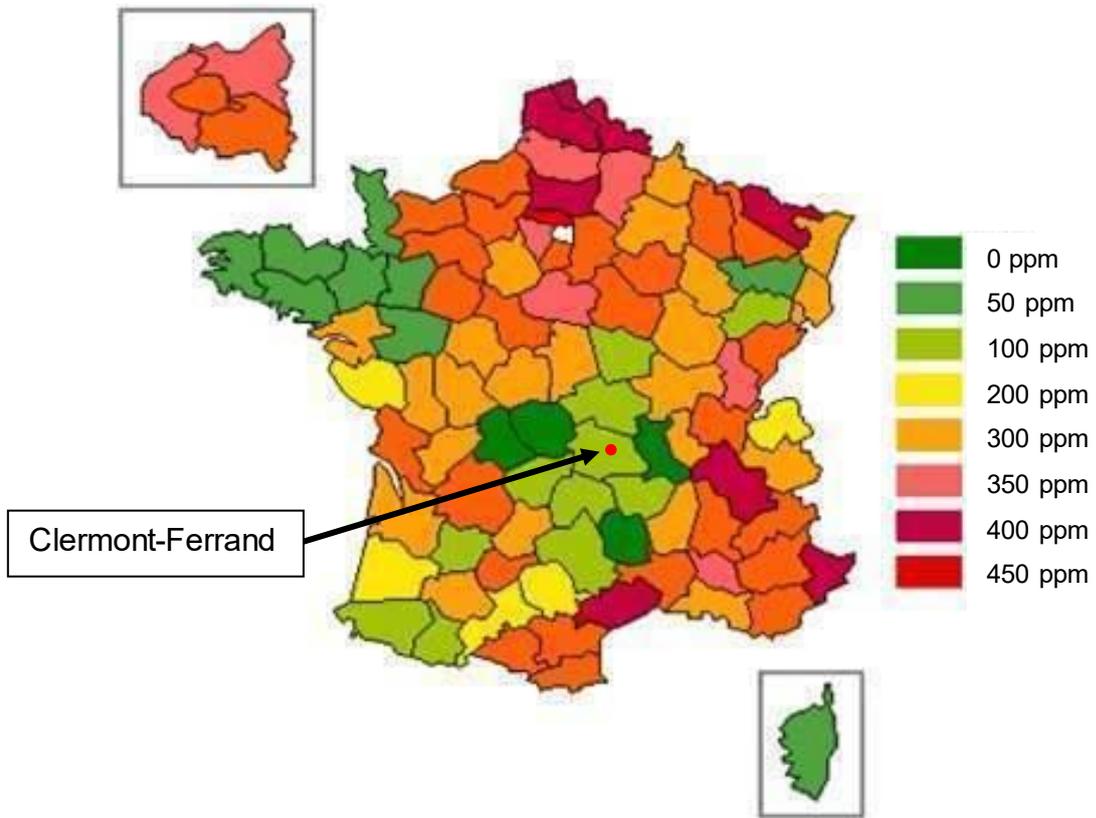
- Zone « sportive »



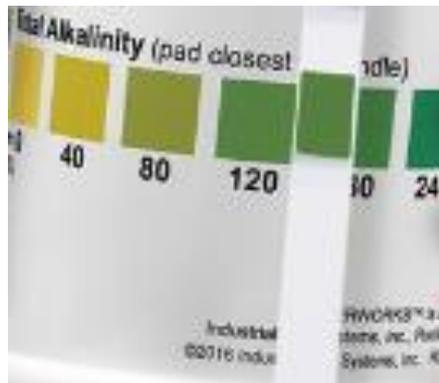
- Zone « d'apprentissage »



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 ?

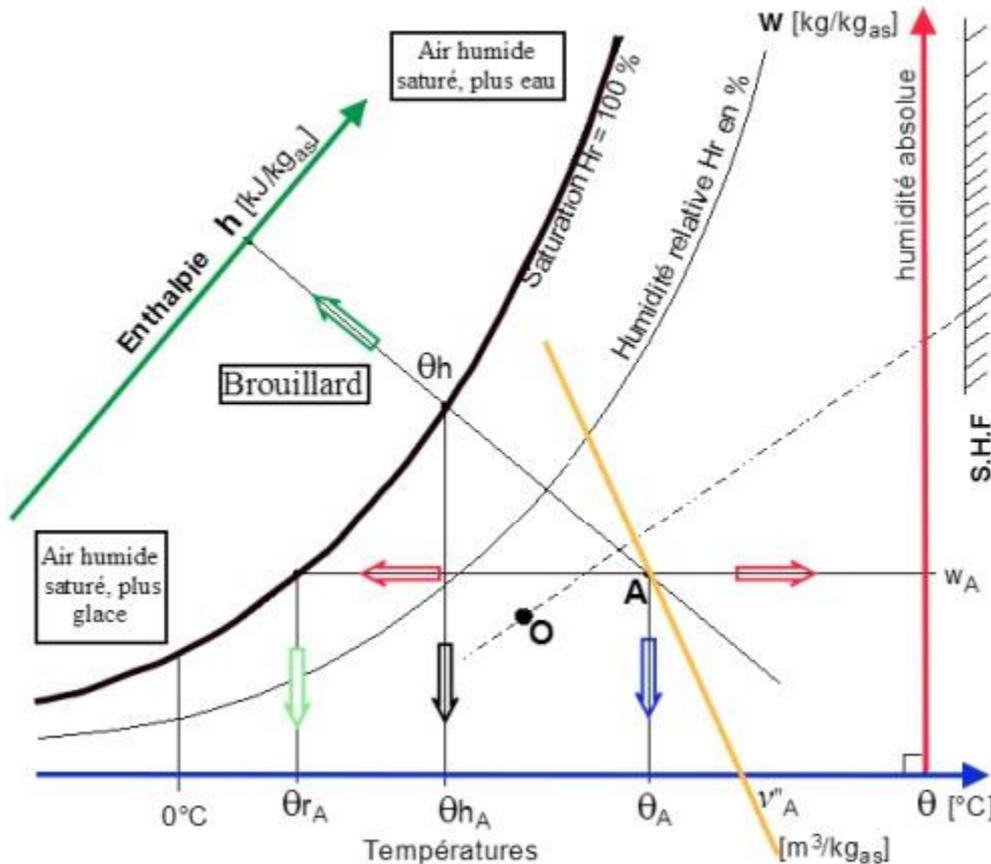
Il existe plusieurs solutions :

- 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.

DT8-1/2 - Aide à l'utilisation du diagramme de l'air humide

Le diagramme de l'air humide (DAH) également nommé diagramme de Carrier ou diagramme psychrométrique représente graphiquement les principales caractéristiques physiques et thermodynamiques de l'air humide pour une pression donnée.

Comment lire et utiliser le diagramme de l'air humide ?



Les données du diagramme de l'air humide dépendent de la pression atmosphérique. Chaque diagramme est donc défini à une pression atmosphérique P donnée.

Le point A, situé ici aléatoirement sur le graphique, correspond à une situation donnée de l'état de l'air reportée sur le diagramme de l'air humide. Pour pouvoir placer un point sur le graphique, il est nécessaire de connaître au moins deux des valeurs du diagramme, présentées ci-dessous.

Axe de température θ

Axe horizontal bleu

La température s'exprime en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

L'axe est gradué de -15°C à 55°C .

Axe d'humidité absolue ou teneur en humidité w

Axe vertical rouge

L'humidité absolue correspond à la quantité de vapeur contenue dans 1 kilogramme d'air sec. Elle est notée w et s'exprime en kilogramme de vapeur d'eau par kilogramme d'air sec ($\text{kg}/\text{kg}_{\text{as}}$).

L'axe est gradué de $0 \text{ g}/\text{kg}$ à $30 \text{ g}/\text{kg}$.

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

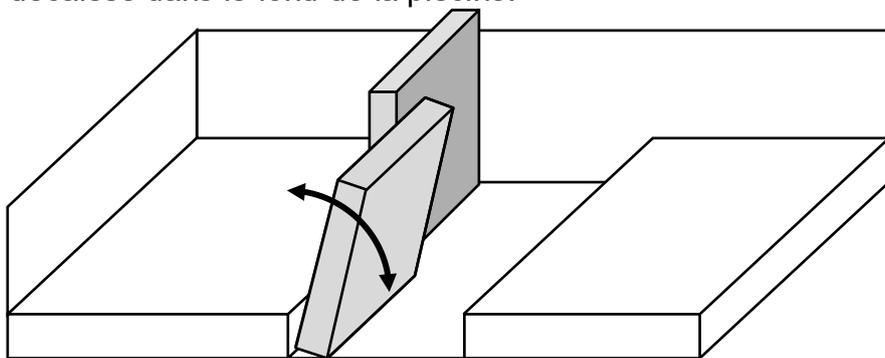
L'enthalpie correspond à la quantité d'énergie contenue dans l'air. Elle est notée h et s'exprime en kilojoules par kilogramme d'air sec (kJ/kgas).

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.

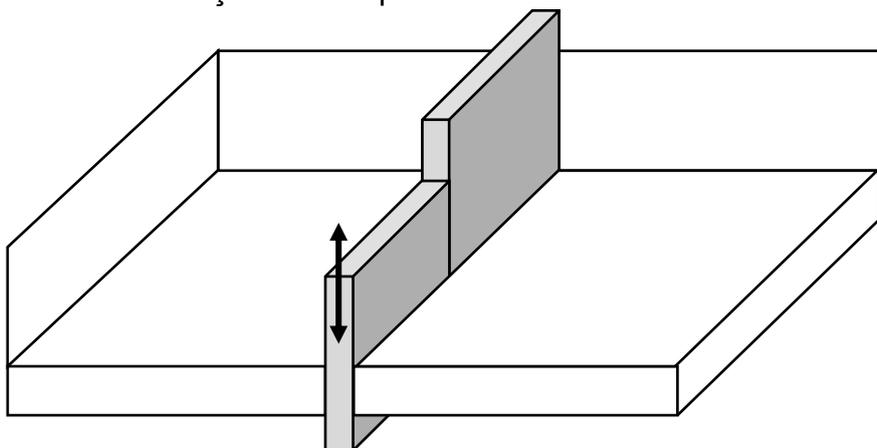
● **Aileron rabattable (mur à poste fixe)**

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.



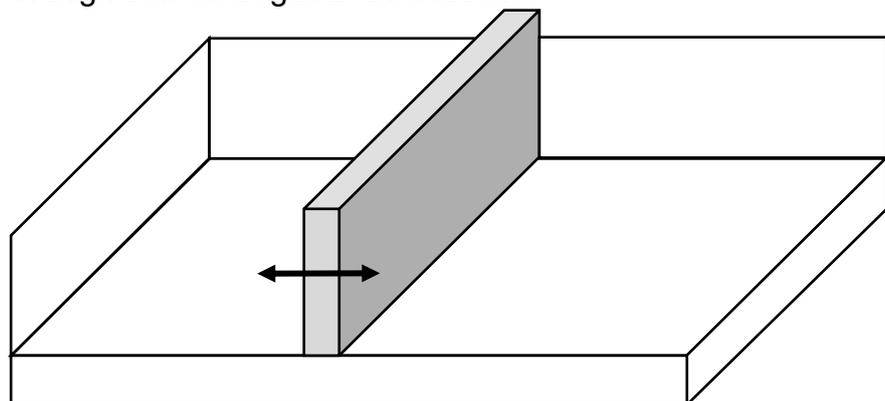
● **Mur ciseau (mur à poste fixe)**

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 hydraulique 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.

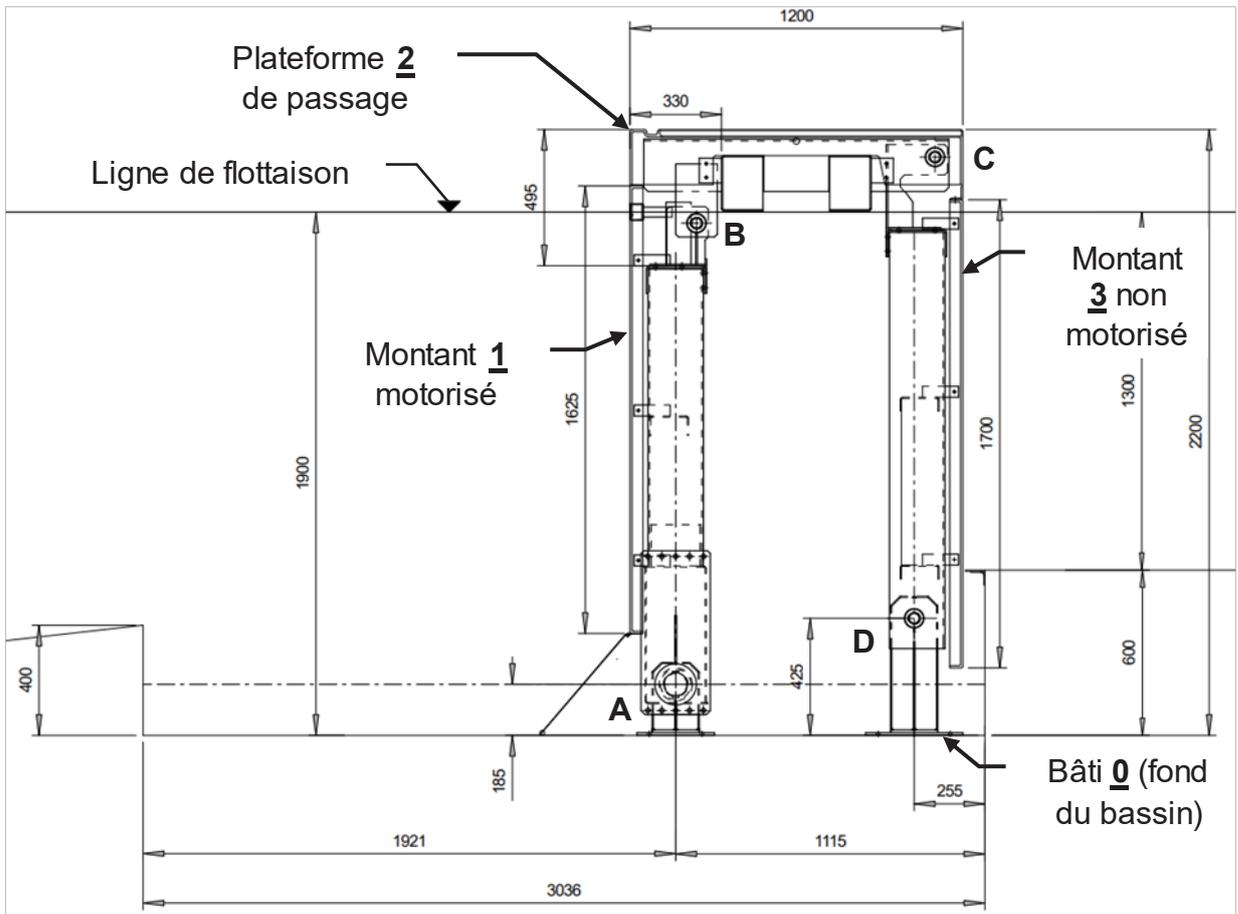
Les murs types aileron rabattable et mur ciseau peuvent aussi fonctionner sur le principe du ballast par remplissage tantôt d'air, tantôt d'eau. Ils présentent le gros inconvénient de ne fonctionner que lorsque le bassin est en eau.

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

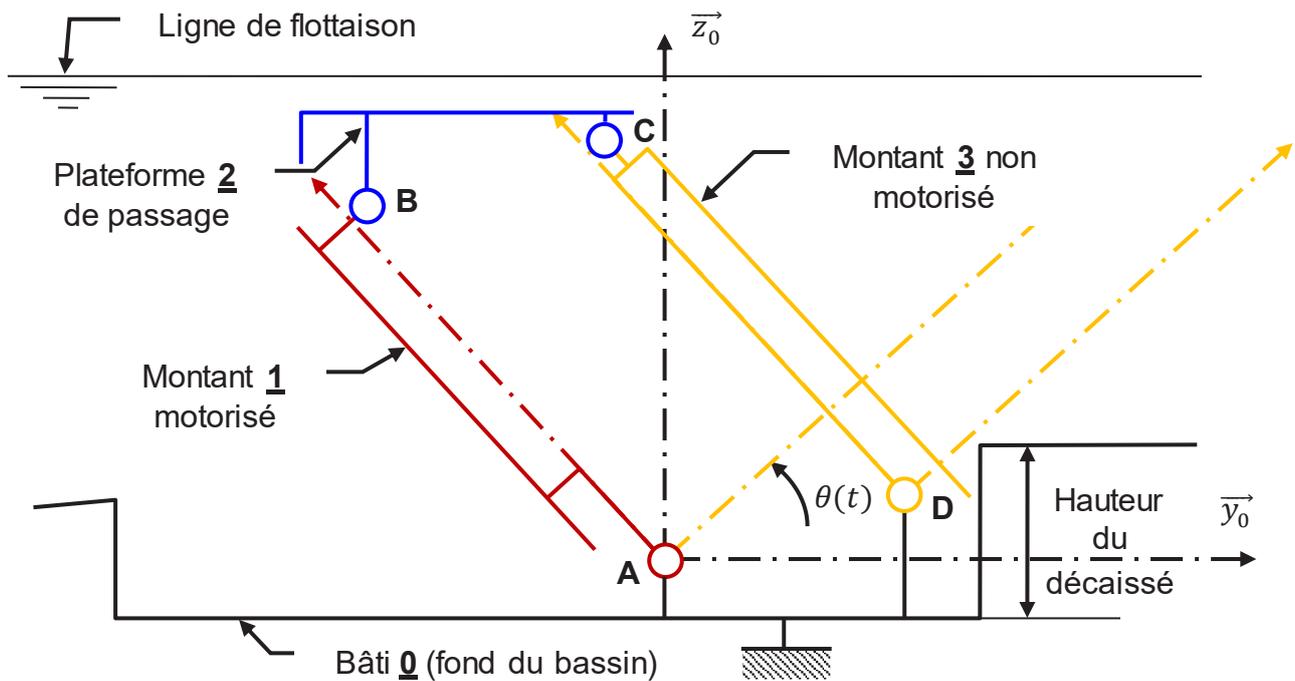
Structure des murs mobiles

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'inox.

Représentation partielle de l'aileron pliable

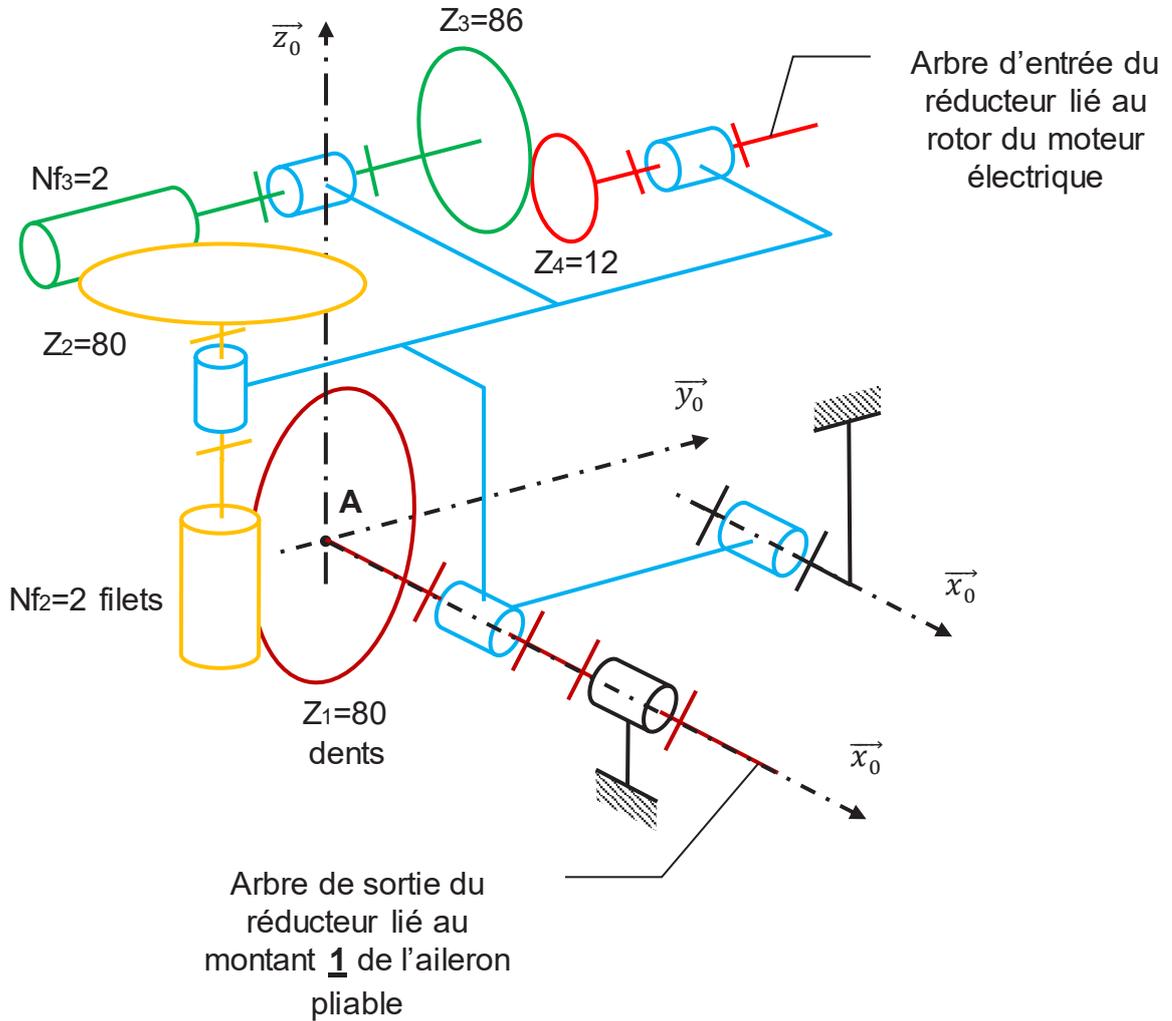


Modèle cinématique associé

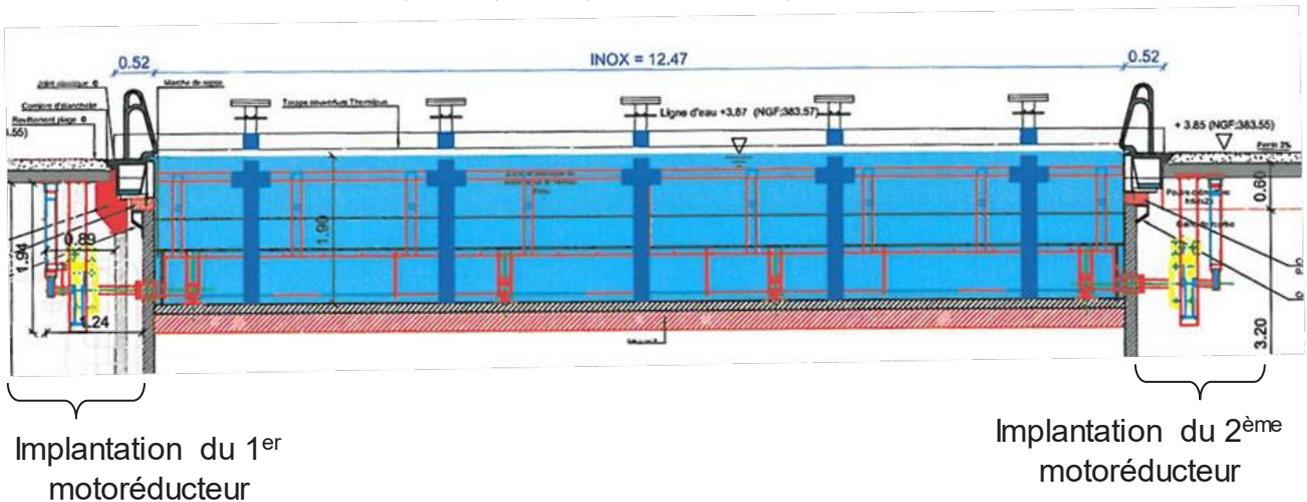


DT11 – Réducteur à engrenages

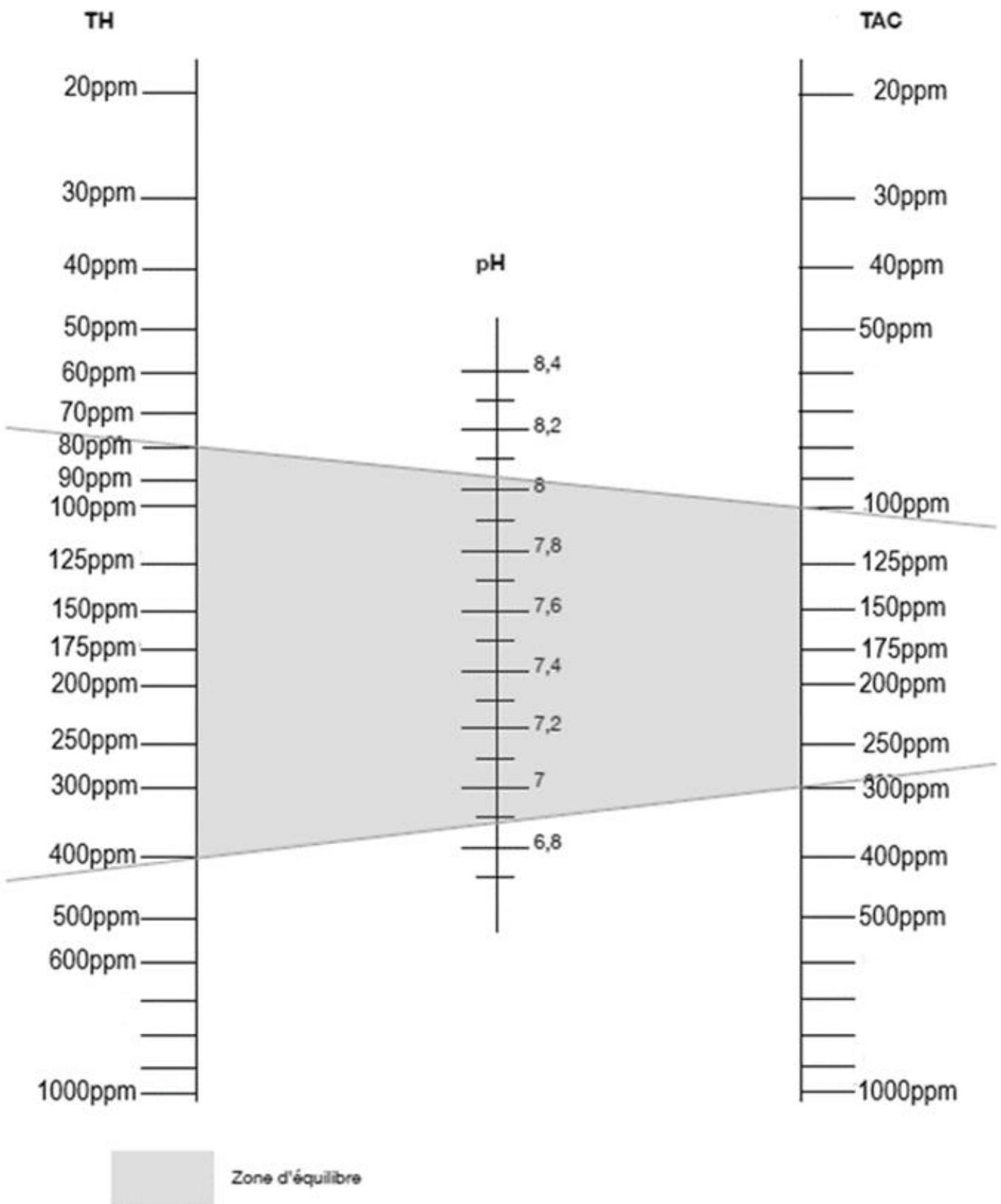
L'aileron pliable est entraîné en rotation par deux motoréducteurs identiques.
Modèle cinématique du réducteur



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.



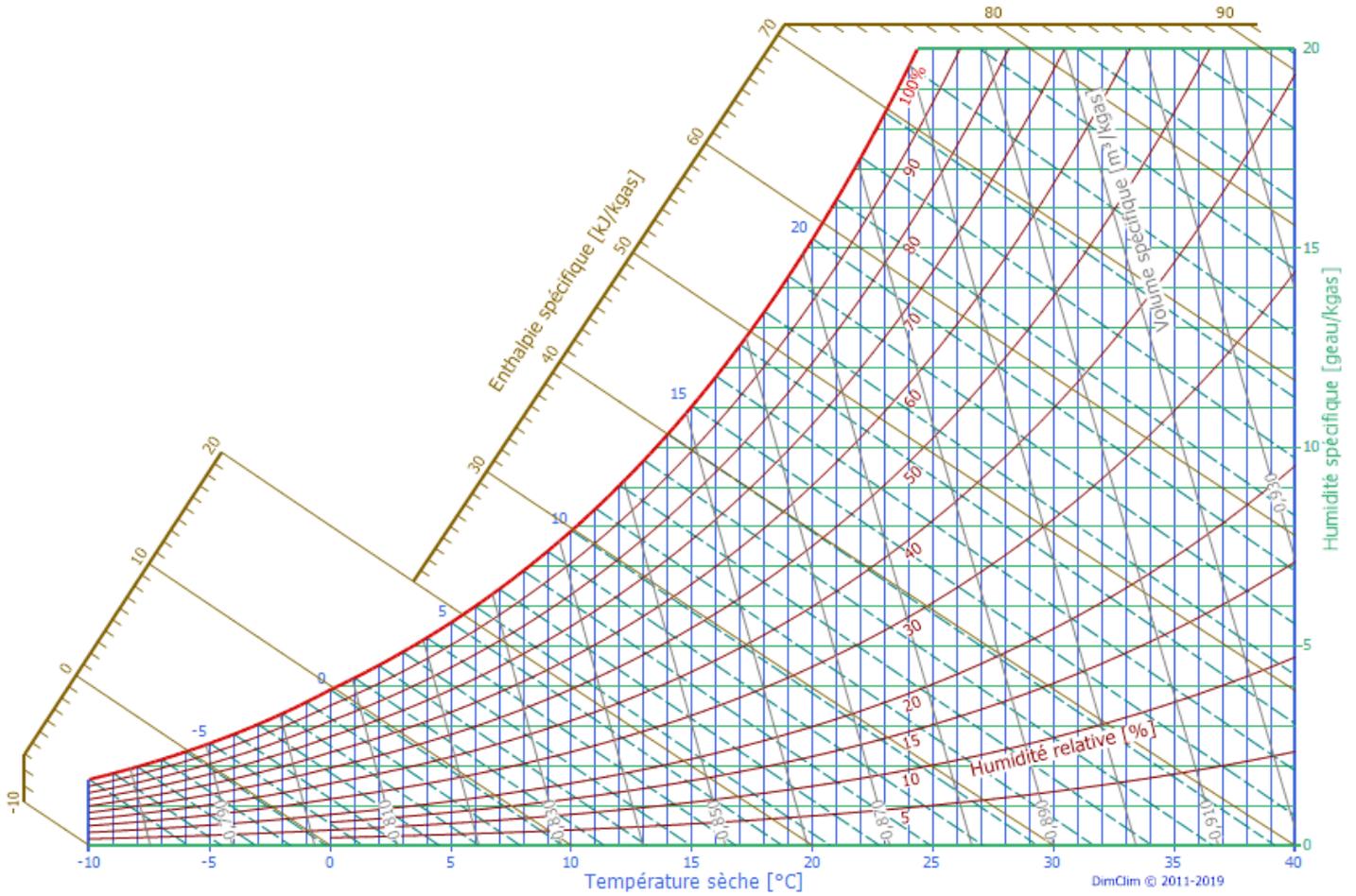
DR1 - Balance de Taylor



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

DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

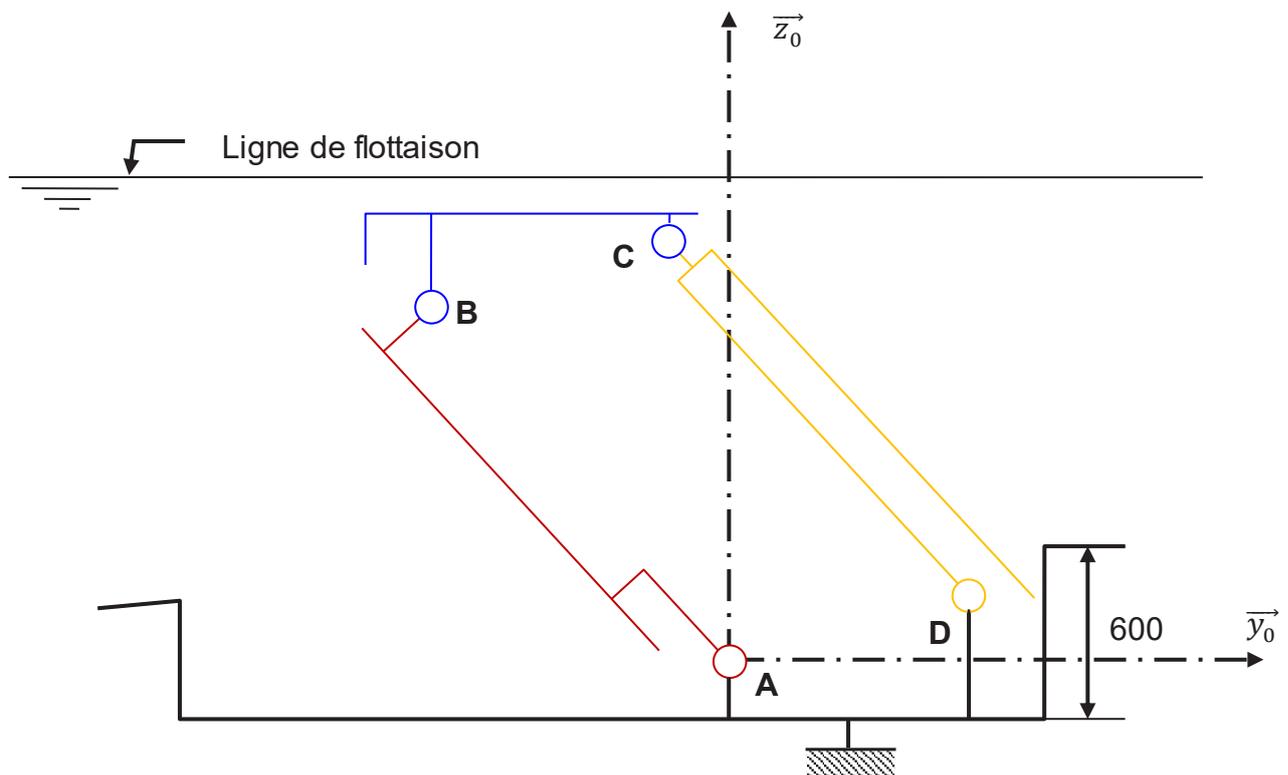
Pression atmosphérique 97772,6 Pa Altitude 300 m



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.			

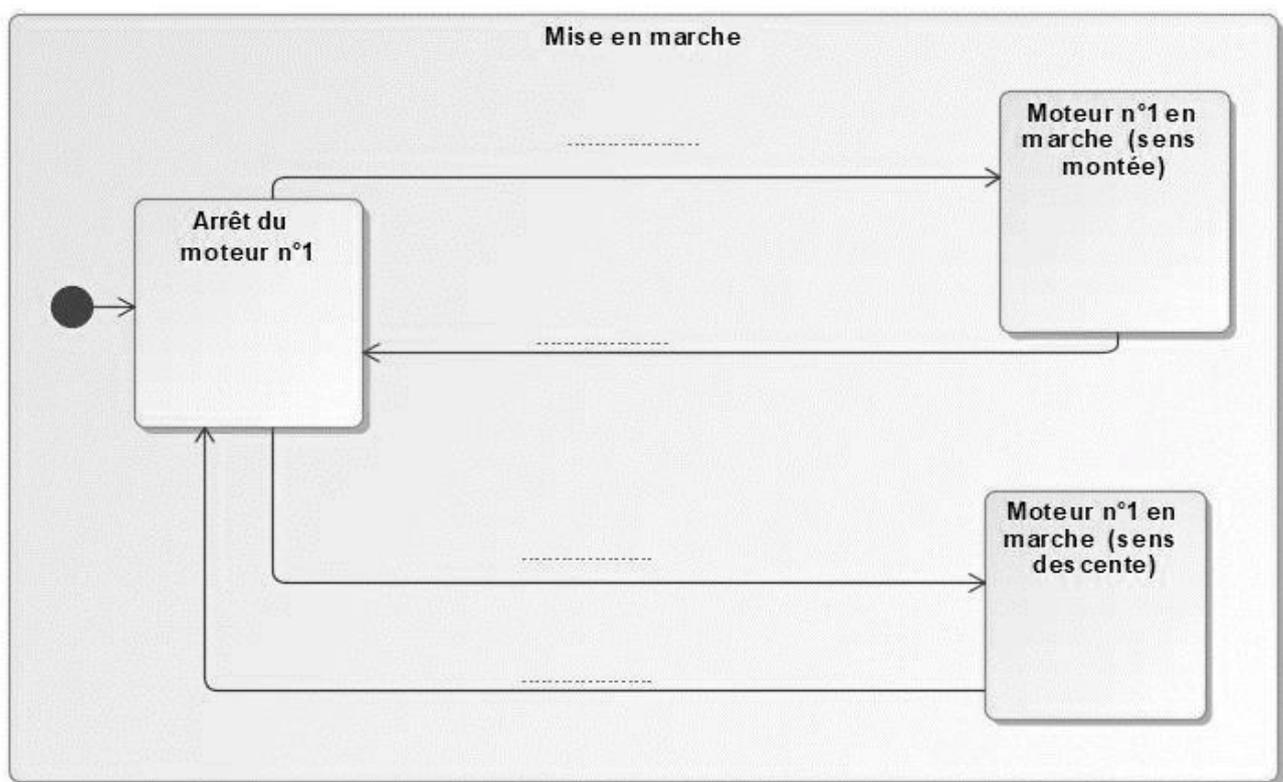
Nota : (++) : exigence vérifiée
 (+-) : exigence partiellement vérifiée
 (--) : exigence non vérifiée

DR4 - Cinématique du mur mobile

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



Énergies et Environnement

Rénovation d'un stade nautique



Présentation de l'étude et questionnement	pages 30 à 35
Documents techniques DTS1 à DTS6	pages 36 à 44
Documents réponses DRS1 à DRS2	pages 45 à 46

Mise en situation

Le bassin de 33 m est équipé d'un système de filtrage qui comporte cinq pompes + filtres à sable qui permettent de filtrer l'eau suivant les préconisations de l'Agence Régionale de Santé (A.R.S).

L'objectif de cette étude est de vérifier que les normes sont respectées et envisager d'améliorer la consommation énergétique tout en continuant à respecter les prescriptions de l'A.R.S.

Ce sujet aborde différents aspects relatifs à la phase de conception et à la réalisation :

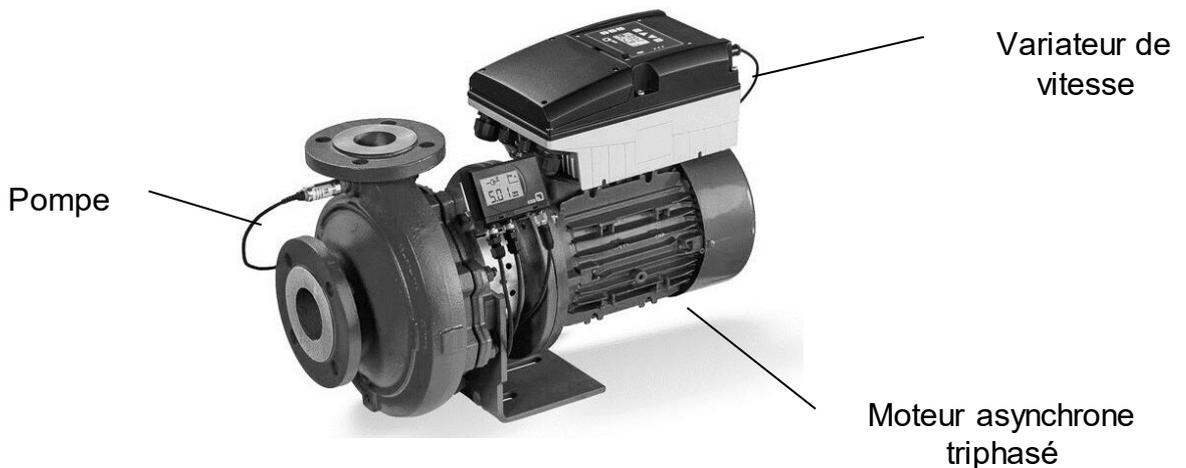
- **partie A** : comment améliorer la consommation énergétique du système de filtrage ?
- **partie B** : comment permettre une continuité du service suite à une panne du système de filtrage ?
- **partie C** : Comment compenser les pertes de charge ?

Travail demandé

Partie A. Comment améliorer la consommation énergétique du système de filtrage ?

Objectif : dans cette partie, il s'agit d'étudier comment améliorer la consommation énergétique du système de filtrage.

Actuellement, les moteurs utilisés par les pompes ont une puissance de 7,5 kW, afin de diminuer cette puissance tout en restant dans les normes préconisées par l'A.R.S, il est décidé d'augmenter le temps du recyclage de l'eau à **3h45**.



Question 26. En considérant un débit identique pour les 5 pompes, **calculer** le nouveau débit.

On donne

$$H = 10,197 * \frac{p}{PS}$$

H : hauteur de refoulement

p : pression en bar

PS : poids spécifique (l'eau a un poids spécifique de 1)

Question 27. **Calculer** la pression p sachant que la hauteur de refoulement cumulée est de 22 m.

On donne

$$Pu (kW) = \frac{\text{Débit (l} \cdot \text{min}^{-1}) \cdot \text{Pression(bars)}}{600}$$

Question 28. **Calculer** la puissance en sortie de chaque pompe.

Question 29. À partir de la courbe du **DTS1 - pompe**, **déterminer** le diamètre de la roue à utiliser dans les pompes.

Question 30. **Relever** sur la même courbe le rendement de cette pompe.

Question 31. **En déduire** la puissance absorbée par la pompe.

Question 32. En vous aidant du tableau donné sur le **DTS2 - Choix du moteur**, **déterminer** la nouvelle référence du moteur à utiliser. **Justifier** ce choix.

Question 33. **Conclure** sur la pertinence de ce choix.

Partie B. Comment permettre une continuité du service suite à une panne d'un des systèmes de filtrage ?

Objectif : dans cette partie, il s'agit d'améliorer la continuité du service de filtration en cas de dysfonctionnement sur l'une des pompes.

Actuellement les pompes tournent à plein régime 24h/24h.

En cas de dysfonctionnement sur une des pompes, les quatre restantes doivent pouvoir subvenir afin de respecter les normes de l'A.R.S.

On souhaite vérifier si ces normes sont respectées dans la configuration actuelle (avec des pompes de 7,5 kW) et dans la configuration calculée dans la partie précédente.

Données de la solution actuellement utilisée

- volume du bassin de 33 mètres : 800 m^3 ;
- puissance des pompes : 7,5 kW ;
- débit des pompes : $80 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Question 34. **Calculer** le débit des quatre pompes restantes (en cas de dysfonctionnement de la cinquième) si l'on considère que ce débit est uniformément réparti sur chacune d'entre elles.

Question 35. **En déduire** la capacité pour ces quatre pompes à remplir les conditions de l'A.R.S à savoir un renouvellement de l'eau du bassin en 4h.

Question 36. **Conclure** sur les normes préconisées et les dépenses énergétiques engendrées.

Pour la suite de l'étude, les pompes choisies ont un débit de **$55 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$** .

Question 37. **Calculer** le temps de renouvellement d'eau dans le cas où l'on utilise ces nouvelles pompes et que l'une d'entre elles dysfonctionne. **Conclure** par rapport aux exigences.

Pour remédier aux deux problèmes (répondre aux exigences de l'A.R.S et éviter une consommation énergétique excessive pour les pompes), on décide de conserver la solution

actuelle avec un débit de **80 m³·h⁻¹**, mais avec seulement quatre pompes en fonctionnement.

Une rotation du fonctionnement doit alors être établie afin que toutes les pompes aient un arrêt de 4h toutes les 16h de fonctionnement.

Question 38. **Compléter** l'organigramme sur le document réponse **DSR1 - Programme de fonctionnement des pompes**, afin de répondre aux exigences.

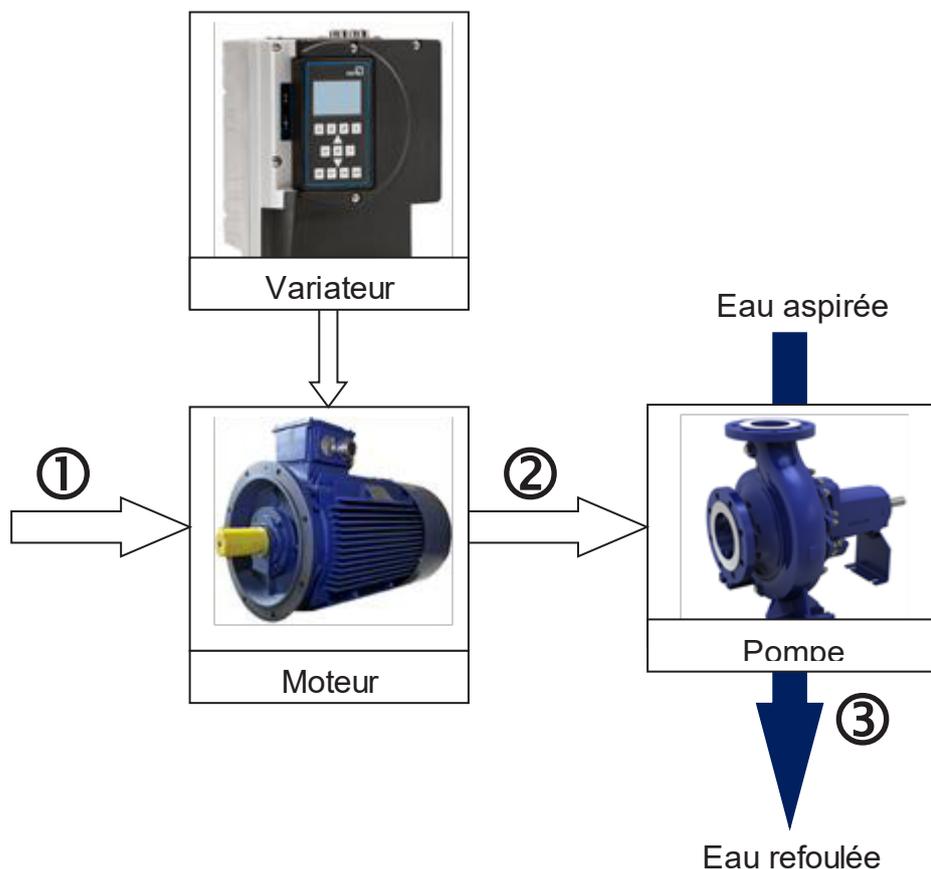
Partie C. Comment compenser les pertes de charge ?

Objectif : pour respecter les normes préconisées par l'A.R.S, il est nécessaire que le système de pompage soit asservi en débit tout en gardant une pression suffisante, quels que soient les phénomènes venant perturber la distribution de l'eau (vanne légèrement fermée, filtres encrassés...).

Données du groupe motopompe :

Type/référence : Suprem B ;
Société : KSB ;
Moteur : asynchrone triphasé ;
Nombre de pôles du moteur : 4 pôles ;
Puissance moteur : 7,5 kW ;
Tension d'alimentation : triphasé 400 V.

La commande du moteur et de la pompe peut être représentée de la façon suivante:



Remarque

L'ensemble moteur + pompe constitue ce que nous appellerons « motopompe » par la suite.

Exploitation des courbes

Question 39. **Citer** la nature des énergies rencontrées pour les différents points (1, 2 et 3). En **déduire** pour chacun les formules de puissance.

Question 40. À partir du **DTS3 - Courbes motopompe en fonction de la vitesse (en $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$)** et en vous aidant du **DTS4 - Rôle du variateur de vitesse pour motopompe**, **repérer** le point de fonctionnement sur la courbe pour la vitesse nominale de la motopompe ($n = 1500 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$), en **déduire** la puissance absorbée.

Question 41. Pour ce point de fonctionnement, **déterminer** la valeur de la pression différentielle. **Calculer** la valeur de la puissance hydraulique à la sortie de la pompe.

Question 42. À partir des deux questions précédentes, **déterminer** le rendement de l'ensemble motopompe

La courbe de charges du réseau peut évoluer en fonction de divers phénomènes (filtres encrassés, vannes partiellement fermées...) ce qui joue sur le débit et la pression. En effet, en cas de surcharge hydraulique, la courbe de charge a tendance à se redresser comme indiqué sur le **DTS4 - Rôle du variateur de vitesse pour motopompe**.

Pour expliquer ce principe, il est possible d'établir une analogie avec un circuit électrique.

Question 43. **Rappeler** la loi d'ohm et **expliquer** ce qui se passe pour l'intensité du courant si la résistance augmente pour une tension fixe.

Question 44. En utilisant le tableau du **DTS5 - Nature des énergies et leurs composantes**, **expliquer** par analogie avec l'électricité, ce qui se passe au niveau du débit si la charge hydraulique augmente pour une pression constante.

Pour rester dans les normes préconisées par l'A.R.S, le débit est imposé à **$80 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$** . Le variateur doit alors adapter la vitesse pour garder cette valeur.

Question 45. **Expliquer** l'évolution de la pression différentielle, si la vitesse de la motopompe baisse tout en gardant un débit constant.

Pour respecter cette norme, la pression différentielle minimale admissible est de **0,74 bar**.

Question 46. À partir de la valeur minimale de la pression différentielle admise, **déterminer** la vitesse minimale qu'il convient d'imposer pour respecter les normes.

Pour rappel, le variateur obéit à une loi $\frac{U}{f} = \text{Constante}$ et la vitesse de synchronisme d'un moteur asynchrone est donnée en $\text{tr}\cdot\text{s}^{-1}$ par la relation $n_s = \frac{f}{p}$ avec f : fréquence en Hz et p : nombre de paires de pôles.

Question 47. Sachant qu'à 50 Hz la tension d'alimentation du moteur est égale à 400 V entre phases et que la vitesse est de $1500 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$, **déterminer** la fréquence et la tension délivrées par le variateur au moteur pour la vitesse minimale admise.

Question 48. **Conclure** sur l'intérêt de l'utilisation tant sur le respect des normes de l'A.R.S que sur les économies d'énergie.

Choix du variateur de vitesse :

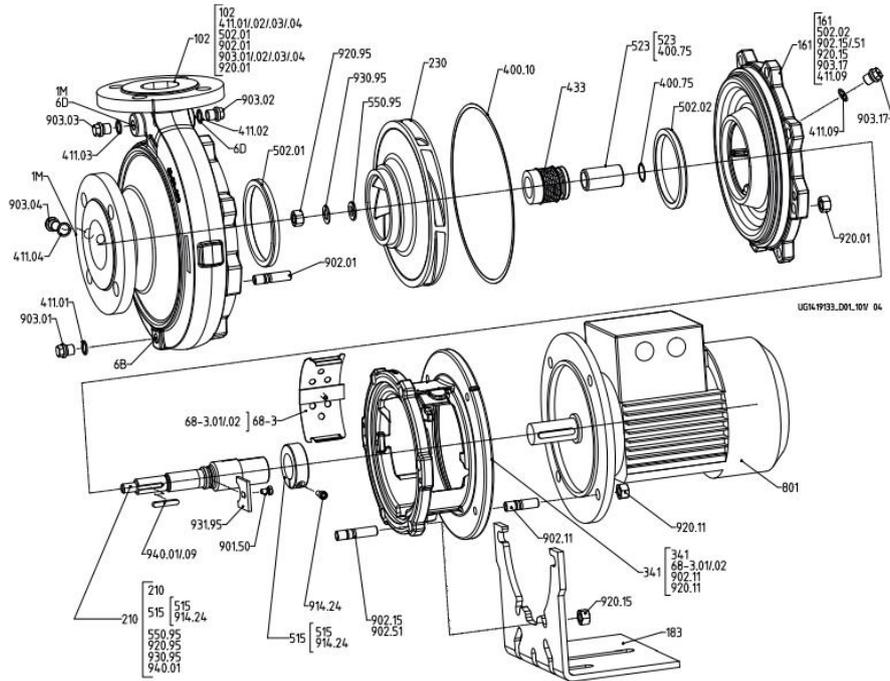
La société KSB propose pour ce type de motopompes, deux références de variateur en fonction de leur utilisation.

Le montage se fait directement sur la pompe.

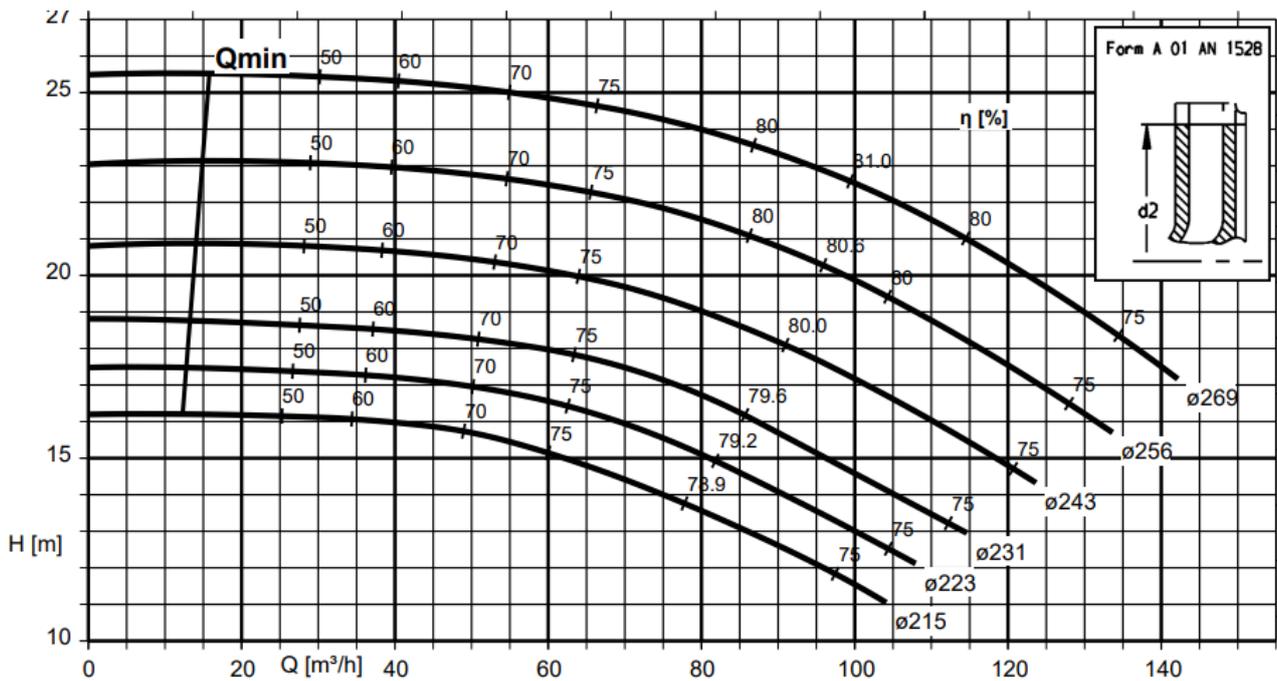
Question 49. En utilisant la description faite sur le **DTS6 - Variateur de vitesse pour motopompe**, **déterminer** le type de variateur le mieux adapté à notre utilisation.

Question 50. En utilisant l'exemple de référence et la description faite sur le **DTS6 - Variateur de vitesse pour motopompe**, **compléter** la référence du variateur choisi en remplissant les cases vides sur le **DRS2 - Référence du variateur de vitesse**.

DTS1 – Pompe



Repère	Désignation	Repère	Désignation
102	Volute	523	Chemise d'arbre
146	Lanterne intermédiaire	550.95	Rondelle
161	Couvercle de corps	68-3.01/02	Plaque de couverture
183	Béquille	801	Moteur à bride
210	Arbre	901.30 ³⁰⁾ /31 ³⁰⁾ /50	Vis à tête hexagonale
230	Roue	902.01/06/11/15/50/51	Goujon
341	Lanterne d'entraînement	903.01/02/03/04/08 ³¹⁾ /17	Bouchon fileté
400.10/75	Joint plat	914.24	Vis à six pans creux
411.01/02/03/04/08/09	Joint d'étanchéité	920.01/06/11/15/95	Écrou
433	Garniture mécanique	930.95	Rondelle élastique
502.01/02	Bague d'usure	931.95	Frein d'écrou
515	Bague de serrage	940.01/09 ³²⁾	Clavette

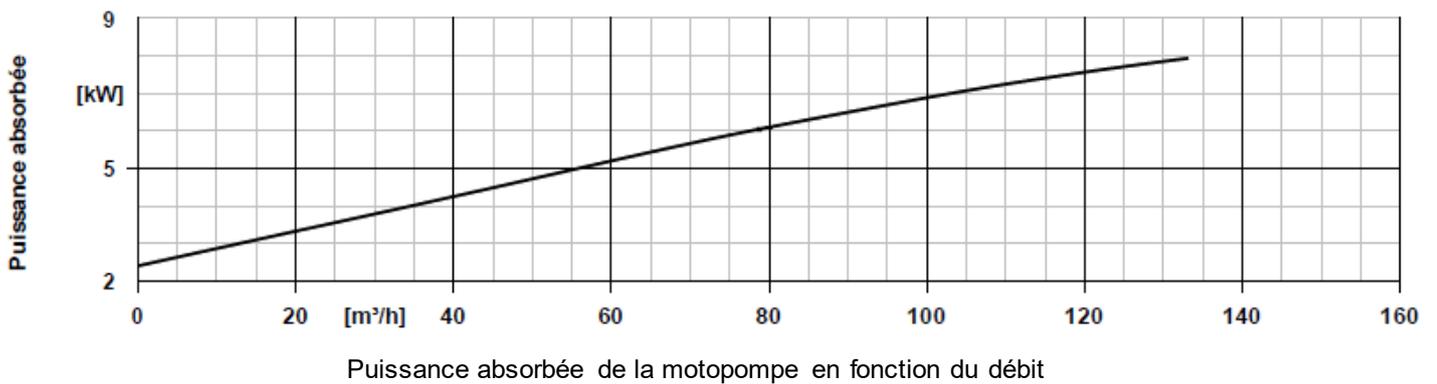
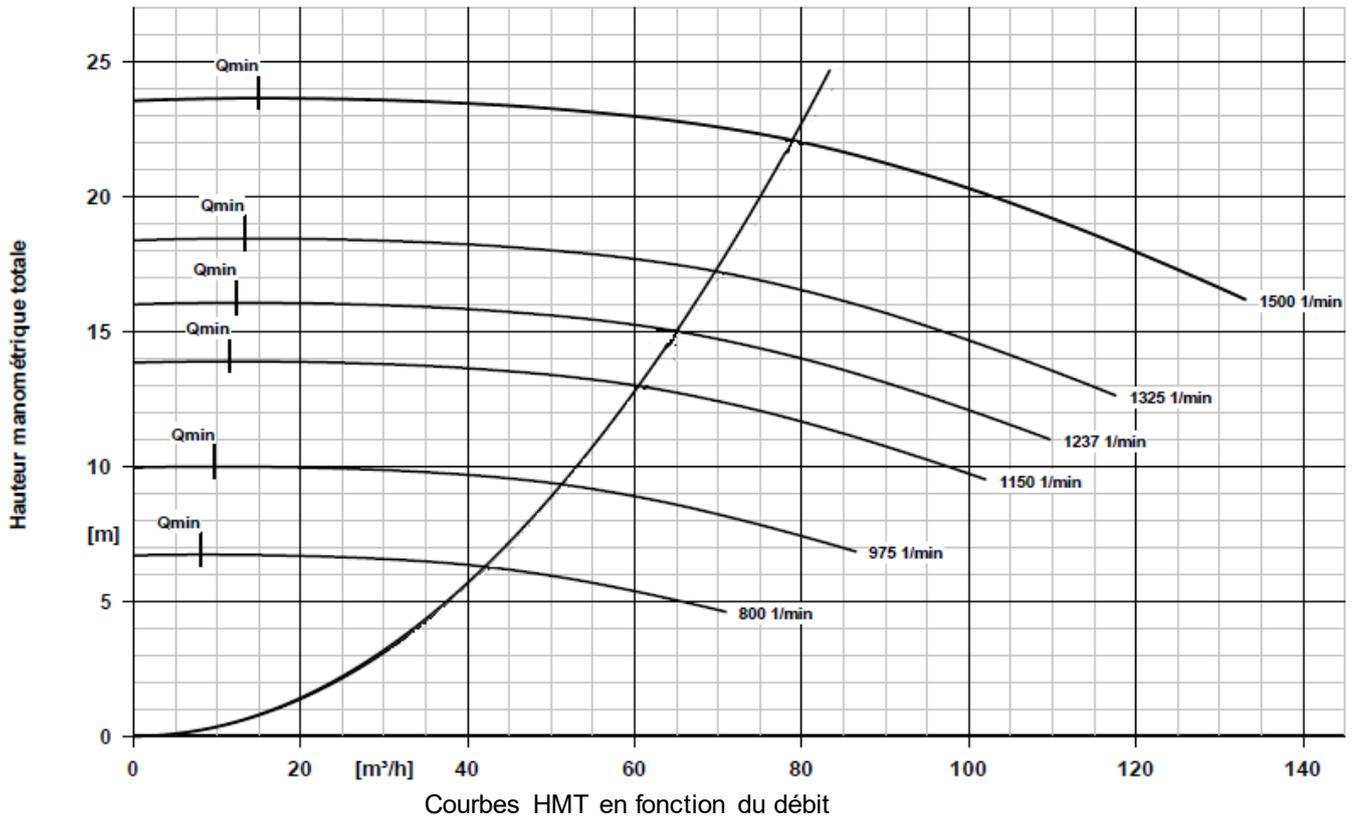


Courbe $H = f(\text{débit } Q)$ permettant de déterminer le diamètre de la roue et le rendement

DTS2 – Choix du moteur

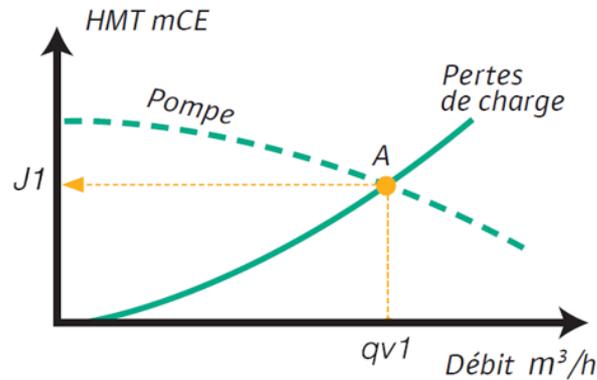
Power [kW]		Motor size	Rated voltage				Frequency	Mat. No.	Page
50 Hz	60 Hz		50 Hz		60 Hz				
			Δ	Y	Δ	Y			
0,75	0	80M	230	400	-	-	50Hz	01583945	(⇒ Page 26)
1,1	0	90S	230	400	-	-	50Hz	01583946	(⇒ Page 27)
1,5	1,5	90L	230	400	-	460	50/60Hz	01583947	(⇒ Page 28)
2,2	0	100L	230	400	-	-	50Hz	01583934	(⇒ Page 29)
3	3	100L	400	690	460	-	50/60Hz	01583935	(⇒ Page 30)
4	4	112M	400	690	460	-	50/60Hz	01583936	(⇒ Page 31)
5,5	0	132S	400	690	-	-	50Hz	01583937	(⇒ Page 32)
7,5	0	132M	400	690	-	-	50Hz	01583938	(⇒ Page 33)
11	11	160M	400	690	460	-	50/60Hz	01583939	(⇒ Page 34)
15	15	160L	400	690	460	-	50/60Hz	01583940	(⇒ Page 35)
18,5	18,5	180M	400	690	460	-	50/60Hz	01583921	(⇒ Page 36)
22	22	180L	400	690	460	-	50/60Hz	01583922	(⇒ Page 37)
30	30	200L	400	690	460	-	50/60Hz	01583923	(⇒ Page 38)
37	37	225S	400	690	460	-	50/60Hz	01583924	(⇒ Page 39)
45	45	225M	400	690	460	-	50/60Hz	01583925	(⇒ Page 40)
55	55	250M	400	690	460	-	50/60Hz	01583926	(⇒ Page 41)
75	75	280S	400	690	460	-	50/60Hz	01583856	(⇒ Page 42)
90	90	280M	400	690	460	-	50/60Hz	01583857	(⇒ Page 43)
110	110	315S	400	690	460	-	50/60Hz	01583860	(⇒ Page 44)
132	132	315M	400	690	460	-	50/60Hz	01583862	(⇒ Page 45)

DTS3 – Courbes motopompe en fonction de la vitesse (en $tr \cdot min^{-1}$)



Point de fonctionnement d'une pompe

Chaque pompe se cale sur un point de fonctionnement qui correspond à l'équilibre entre la pression donnée par la pompe et la perte de charge ou résistance du réseau. Ce point est matérialisé par l'intersection de la courbe hydraulique de la pompe et de la courbe des pertes de charge du réseau, comme le montre le diagramme ci-dessous.



La courbe caractéristique d'une pompe permet donc de connaître en son point A d'utilisation le débit $qv1$ et la pression $J1$ fournis par la pompe.

Dans une installation, une modification du point de fonctionnement ne peut être obtenue qu'en augmentant ou en diminuant la résistance du circuit donc en déplaçant la « courbe de pertes de charge » (par exemple en ouvrant ou en fermant une vanne) appelée aussi « courbe de réseau ».

La modification de la courbe de la pompe peut être obtenue par la modification de la vitesse de rotation.

Remarque

HMT : la hauteur manométrique totale d'une pompe (HMT) correspond à l'augmentation énergétique du fluide entre son aspiration et son refoulement. Cette énergie, fournie par la pompe, se traduit sous forme de pression différentielle.

Plutôt que d'exprimer cette valeur en pascals ou en bars, unités classiques de pression, cette valeur est généralement donnée en mètres, soit la hauteur de la colonne de liquide nécessaire pour créer une pression identique. Avec de l'eau, on parle de **mètres de colonne d'eau** (noté **mCE**).

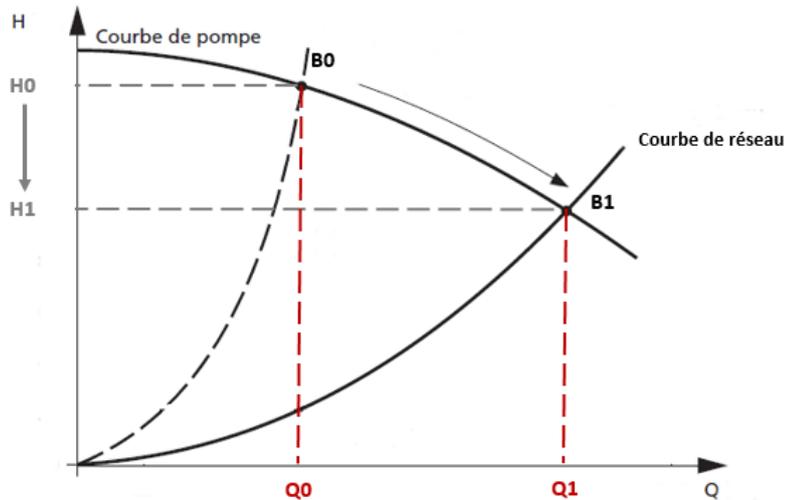
$$h = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g}$$

où ρ est la masse volumique du fluide en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, g est l'accélération de la pesanteur en $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ et Δp la différence de pression exprimée en Pa.

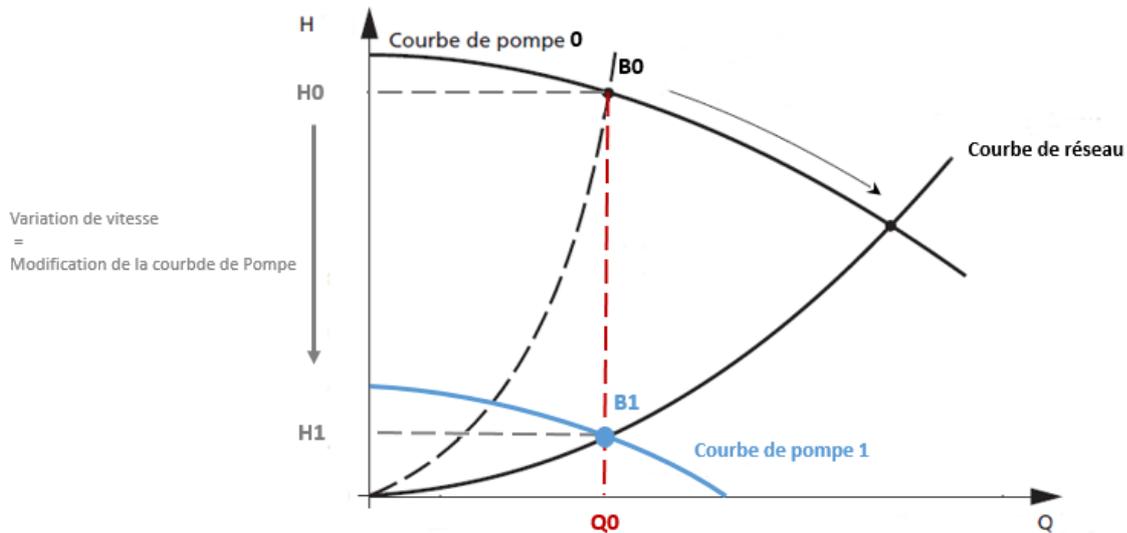
Pour de l'eau ($\rho = 1\,000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$), et la pesanteur ($g = 9,806\,65 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)

Rôle du variateur de vitesse

La variation de la Hauteur Manométrique fait évoluer la courbe de réseau. Lorsque la hauteur manométrique diminue, la courbe de réseau s'affaisse telle qu'illustrée ci-dessous. Sans aucune intervention (par variation de vitesse par exemple), le point de fonctionnement devrait alors glisser le long de la Courbe de Pompe (passage de B0 à B1), et le débit devrait augmenter (passage de Q0 à Q1).



Faire varier la vitesse des moteurs des pompes va faire évoluer la Courbe de Pompe. Pour maintenir un débit constant, le variateur de vitesse va faire bouger la courbe de pompe au détriment de la pression comme illustré ci-dessous :



DTS5 – Nature des énergies et leurs composantes

Nature de l'énergie	Composante d' «effort» (unité)	Composante de «flux» (unité)	Composante de «déplacement» (unité)
Mécanique de translation	Force (Newton N)	Vitesse (mètre par seconde m/s unité pratique : km/h 1km/h = 3.6m/s)	Distance (mètre m)
Mécanique de rotation	Couple (Newton.mètre N.m)	Vitesse angulaire (radian par seconde rad/s)	Angle (radian rad)
Hydraulique	Pression (Pascal Pa Unité pratique : bar 1bar = 10 ⁵ Pa)	Débit (mètre cube par seconde m ³ /s)	Volume (mètre cube m ³)
Électrique	Tension (Volt V)	Intensité (Ampère A)	Charge (coulomb C unité pratique : Ampère.heure 1A.h = 3 600C)
Thermique	Température (Kelvin K)	Flux de chaleur (Watt par Kelvin W/K)	Quantité de chaleur (Joule par Kelvin J/K)

Systèmes de régulation de pompes

Systèmes de variation de la vitesse de rotation

PumpDrive 2 / PumpDrive 2 Eco



Applications principales

PumpDrive 2

- Systèmes de climatisation
- Production et distribution de chaleur
- Installations d'alimentation en eau
- Captage et extraction d'eau
- Traitement de l'eau
- Transport et distribution de l'eau
- Production et distribution de froid
- Production et distribution de chaleur
- Transport de fluides
- Distribution d'huile de coupe
- Alimentation en eau industrielle
- Vidange de réservoirs
- Transport d'eaux usées

PumpDrive 2 Eco

- Systèmes de climatisation
- Production et distribution de chaleur
- Installations d'alimentation en eau

Désignation

Tableau 1: Désignation (exemple)

Position																													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
P	D	R	V	2	I	-	0	1	1	K	0	0	M	_	K	S	U	P	B	E	5	P	2	_	O	O	O	O	O

Tableau 2: Explication concernant la désignation

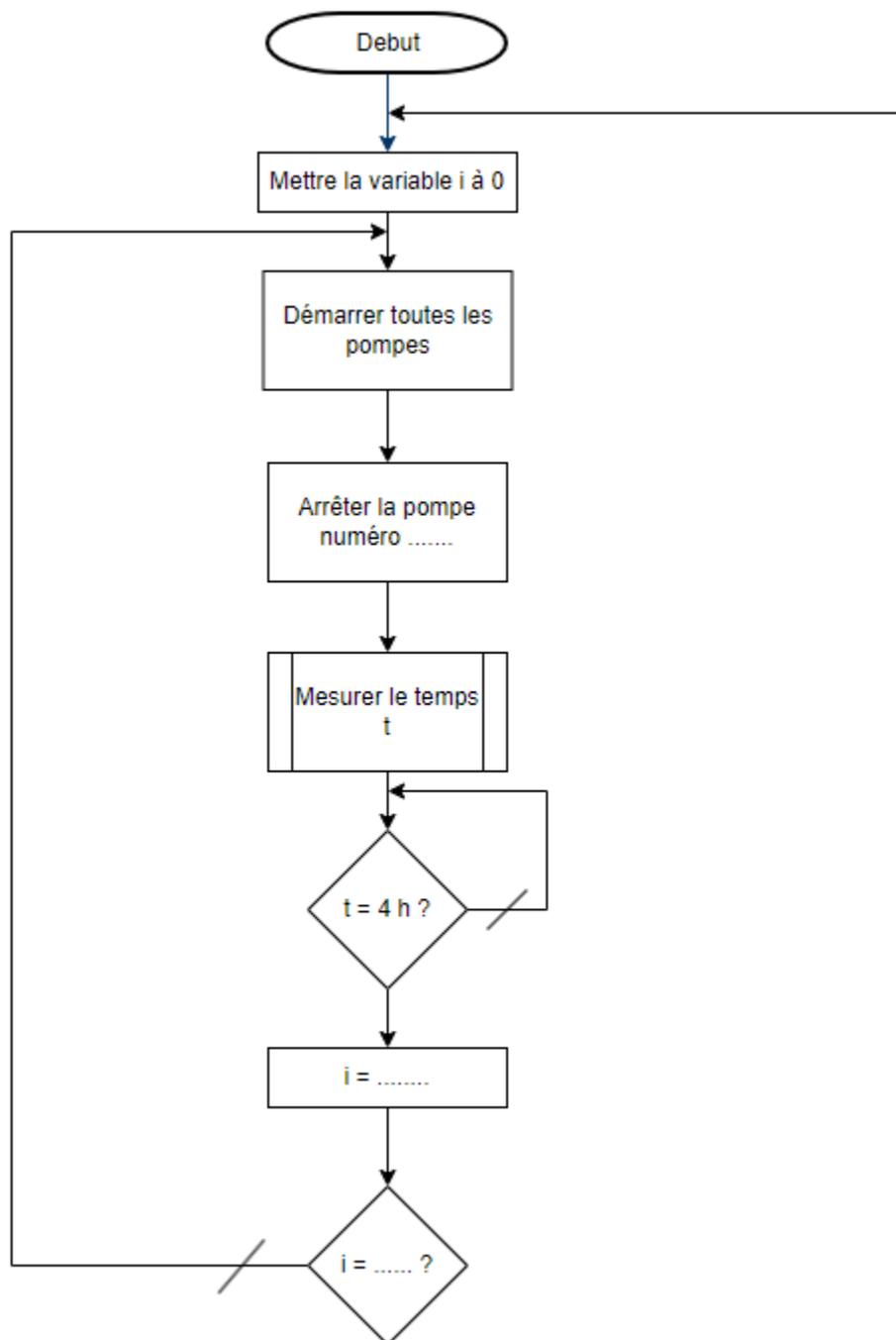
Position	Indication	Signification	MyFlow Drive	PumpDrive 2 Eco	PumpDrive 2		
1-5	Génération de produit						
	PDRV2	PumpDrive 2			X	X	X
6	Version						
	E	PumpDrive 2 Eco			-	X	-
	I	MyFlow Drive			X	-	-
7	Certifications produits						
	-	CE			X ¹⁾	X	-
	R	UR et CE			X ²⁾	-	X

DTS6-2/3 – Variateur de vitesse pour motopompe

7	L	UL et CE	-	-	X ³⁾
8-13	Puissance				
	A	000K37 = 0,37 kW	-	X	X
		000K55 = 0,55 kW	X	X	X
		000K75 = 0,75 kW	X	X	X
		001K10 = 1,1 kW	X	X	X
		001K50 = 1,5 kW	X	X	X
	B	002K20 = 2,2 kW	X	X	X
		003K00 = 3 kW	X	X	X
		004K00 = 4 kW	X	X	X
	C	005K50 = 5,5 kW	X	X	X
		007K50 = 7,5 kW	X	X	X
		011K00 = 11 kW	X	X	X
	D	015K00 = 15 kW	X	-	X
		018K50 = 18,5 kW	X	-	X
		022K00 = 22 kW	X	-	X
030K00 = 30 kW		X	-	X	
E	037K00 = 37 kW	X	-	X	
	045K00 = 45 kW	X	-	X	
	055K00 = 55 kW	-	-	X	
14	Mode d'installation				
	M	Montage sur le moteur	X	X	X
	W	Montage mural	-	X	X
	C	Montage dans l'armoire de commande	-	X	X
16	Marque moteur				
	K	KSB	X	X	X
	S	Siemens	-	X	X
	C	Cantoni	-	X	X
	W	Wonder	-	X	X
17-20	Type de moteur				
	1LE1	Siemens 1LE1/ KSB 1PC3	-	X	X
	1LA7	Siemens 1LA7/ KSB 1LA7	-	X	X
	1LA9	Siemens 1LA9/ KSB 1LA9	-	X	X
	1LG6	Siemens 1LG6/ KSB 1LG6	-	X	X
	SUPB	KSB SuPremE B	X	X	X
	DMC	KSB(DM) Cantoni	-	X	X
	DMW	KSB(DM) Wonder	-	X	X
21-22	Classe de rendement				
	E1	IE1	-	X	X
	E2	IE2	-	X	X
	E3	IE3	-	X	X
	E4	IE4	X	X	X
	E5	IE5	X	X	X
23-24	Nombre de pôles moteur				
	P2	2 pôles	X	X	X
	P4	4 pôles	X	X	X
	P6	6 pôles	-	X	X
26	Module M12				
	O	Sans	X	X	X
	M	Module M12	-	X	X
27	Module bus de terrain				
	O	Sans	X	X	X
	L	LON	-	-	X

DTS6-3/3 – Variateur de vitesse pour motopompe

27	P	Profibus DP	-	-	X
	M	Modbus RTU	X ⁴⁾	X	X
	B	BACnet MS / TP	-	X	X
	N	Profinet	-	X	X
28	Option de montage 1				
	O	Sans	X	X	X
	I	Carte d'extension d'E/S	-	-	X
29	Option de montage 2				
	O	Sans	X	X	X
	R	Module Bluetooth	-	X	X
30	Option de montage 3				
	O	Sans	X	X	X
	M	Interrupteur général	-	-	X

DRS1 - Programme de fonctionnement des pompes

DRS2 - Référence du variateur de vitesse

Position																															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3				
									0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0		
					-	-														E	5					-	M	M	O	R	O

