

CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES

—
SESSION 2024
—

**INGENIERIE, INNOVATION
ET DÉVELOPPEMENT DURABLE**

OPTION : ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

(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 Architecture et construction :

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

Tournez la page S.V.P.

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

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

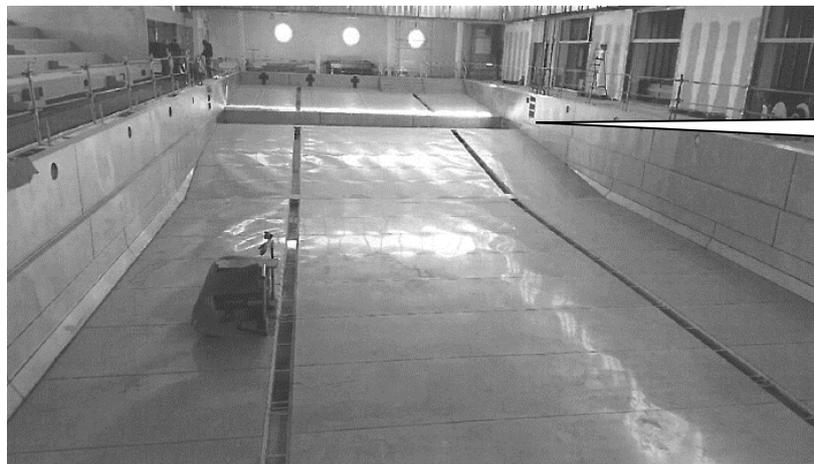


Figure 2 : bassin de 33 m après rénovation

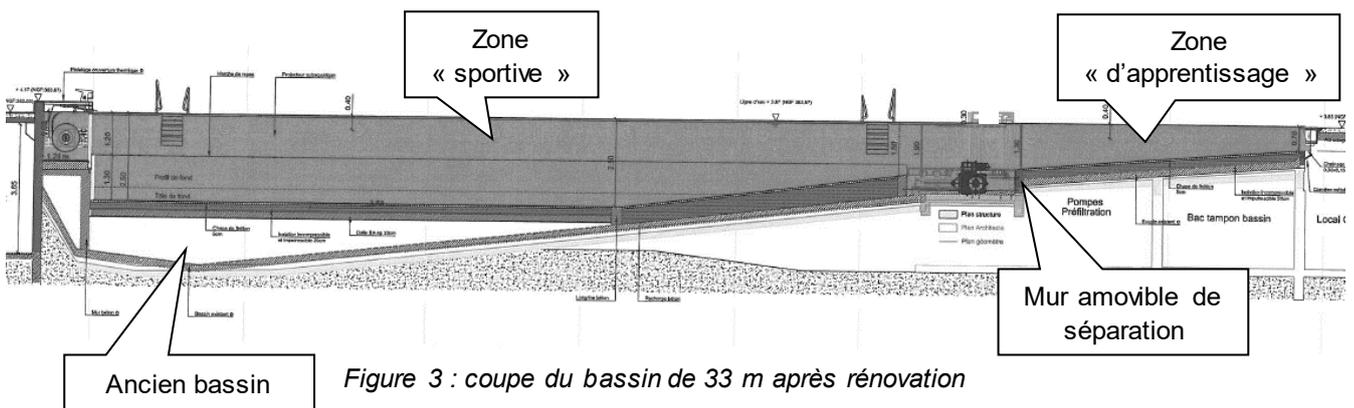


Figure 3 : coupe du bassin de 33 m après rénovation

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.

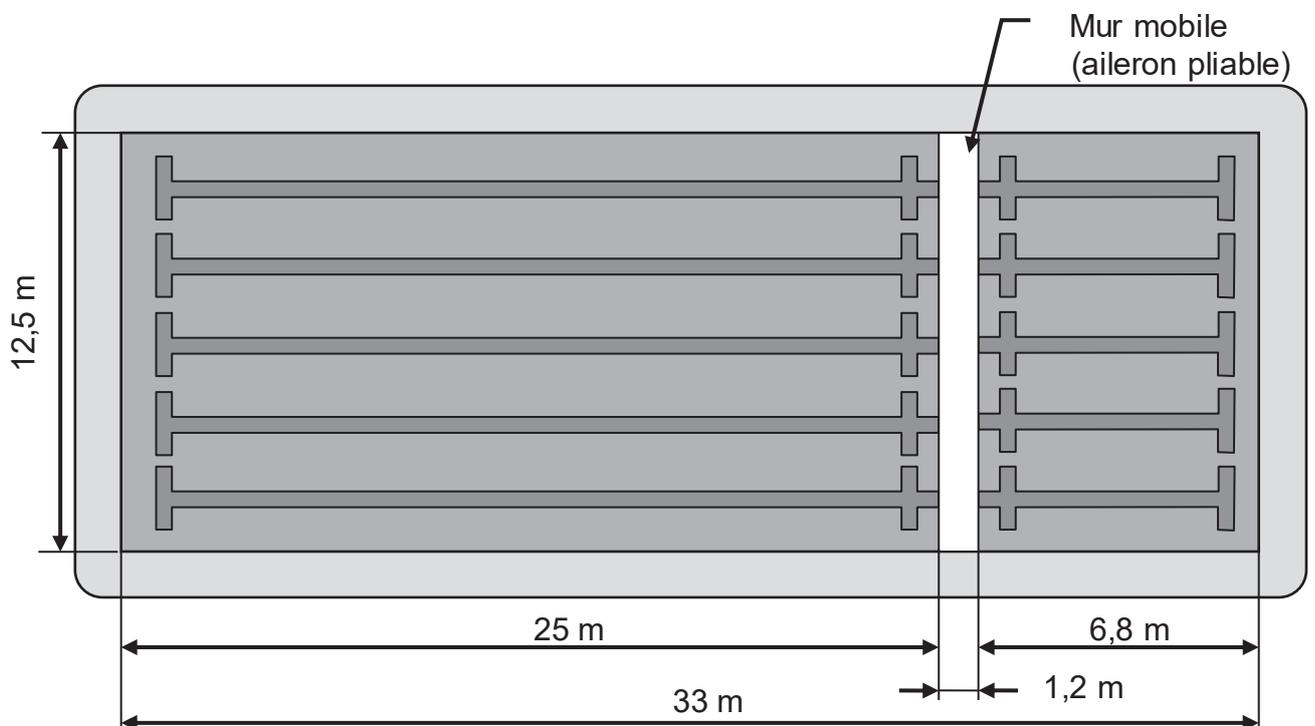


Figure 4 : bassin 33 m vue de dessus



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.

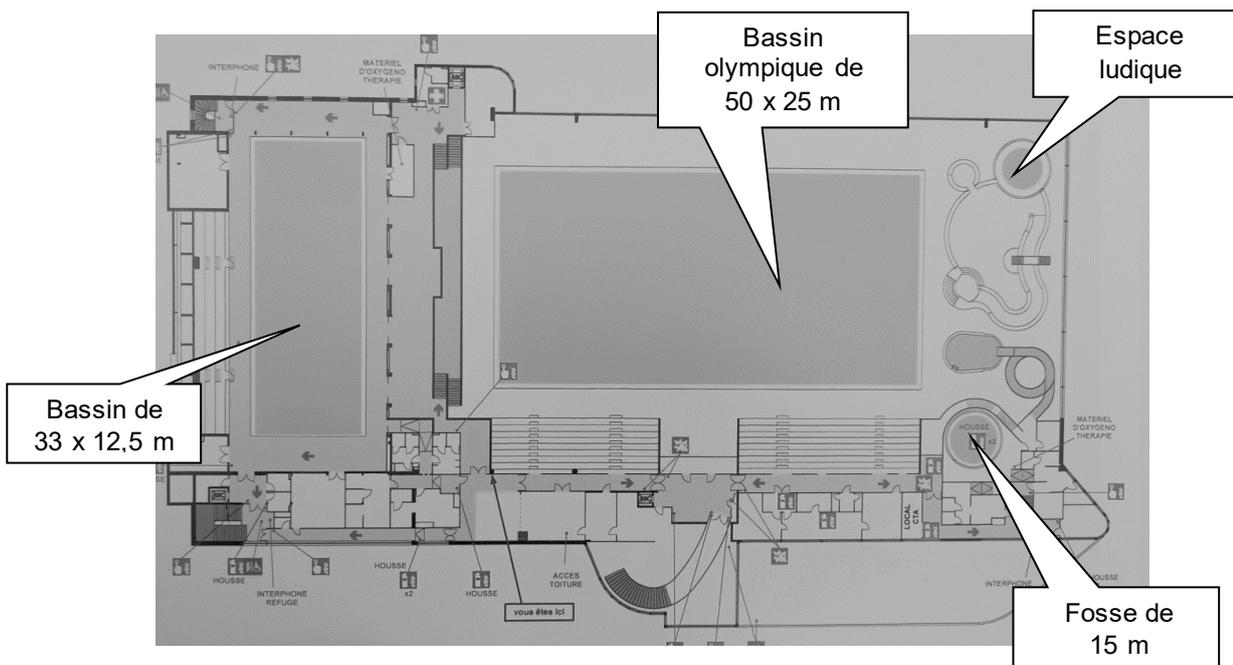
Question 24. **Compléter** le diagramme d'état donné afin de répondre aux exigences du cahier des charges.

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

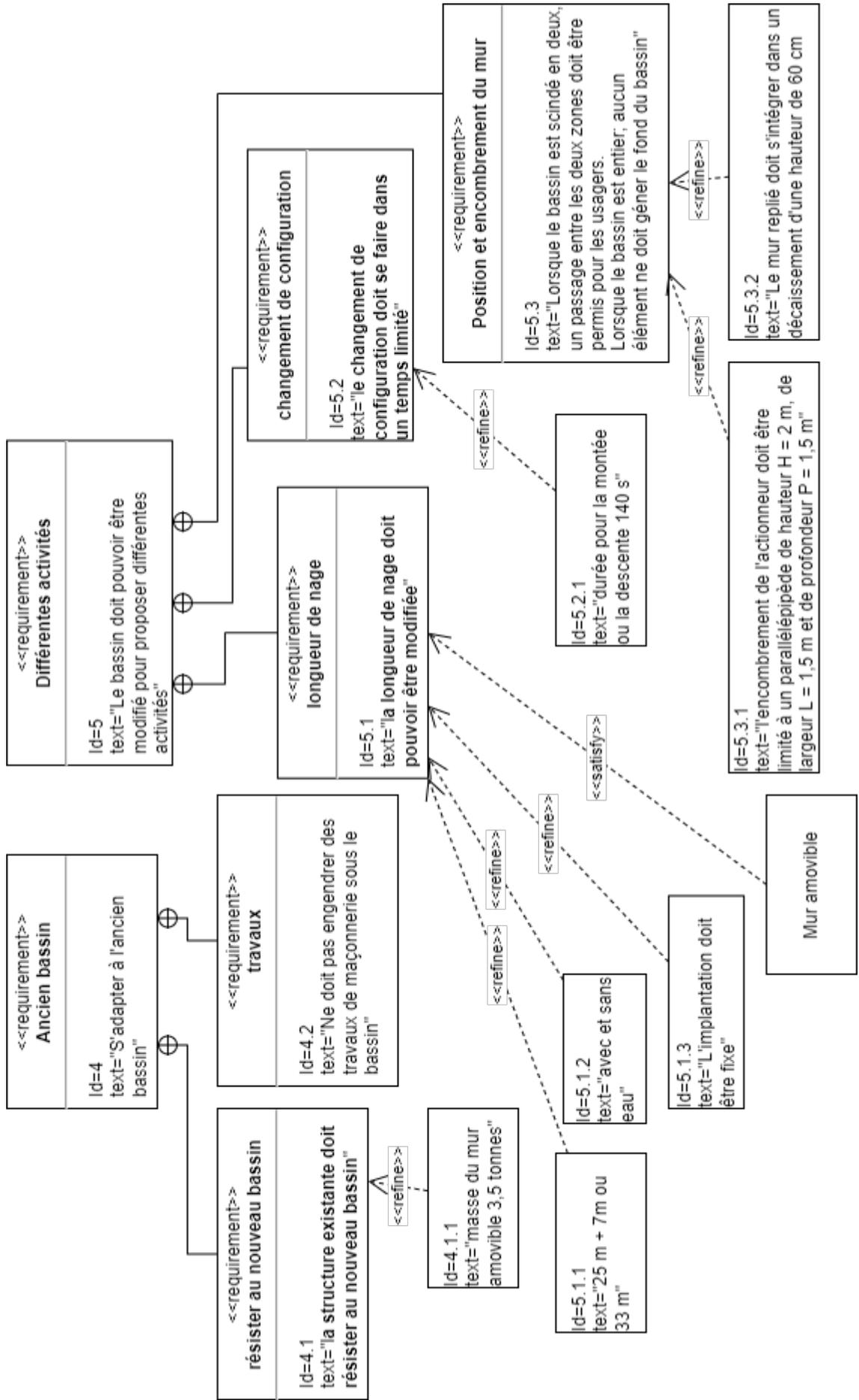
Le grand bassin olympique est équipé de sept lignes d'eau réservées au public. Il offre la possibilité de créer des zones de séparation grâce à un mur amovible.

Le bassin de 33 m

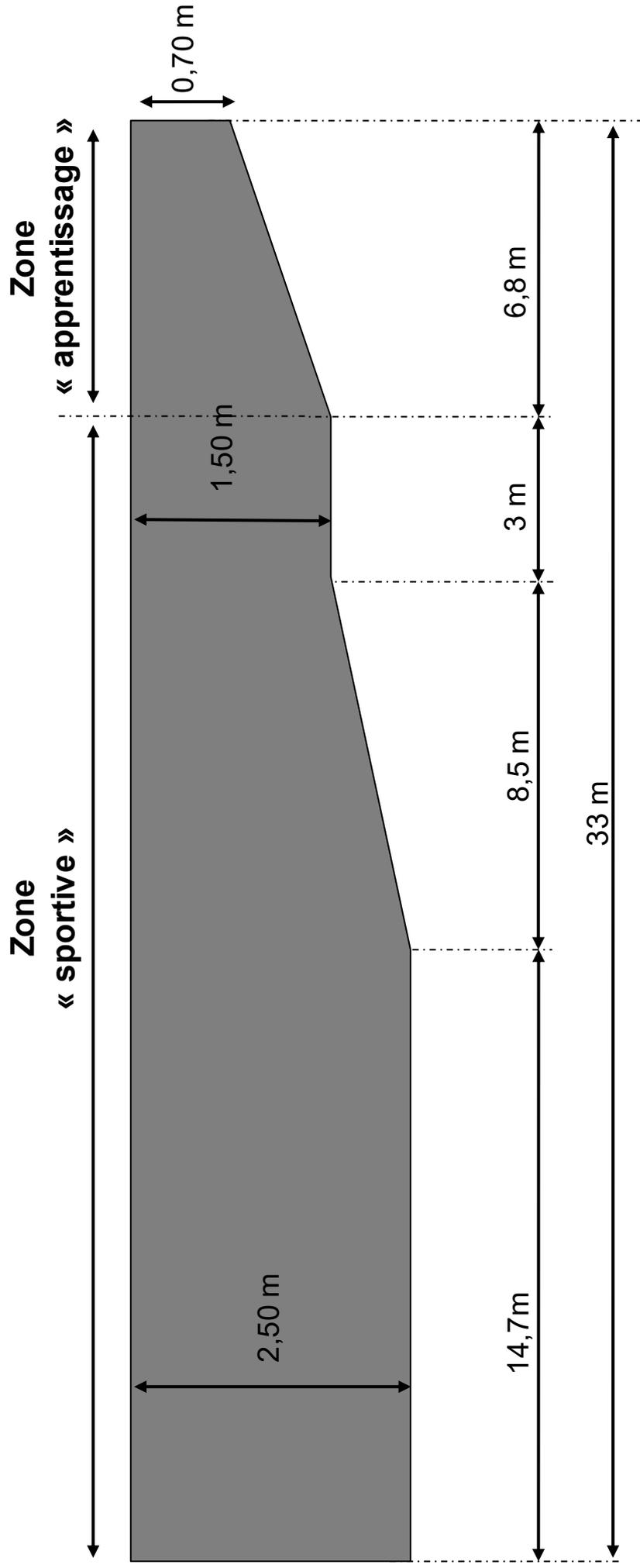
Ce bassin est équipé de trois lignes d'eau réservées au public. Il offre également la possibilité d'être partagé sur sa longueur en deux parties grâce à un mur amovible. Cet équipement permet ainsi de créer deux zones de nage :

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

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

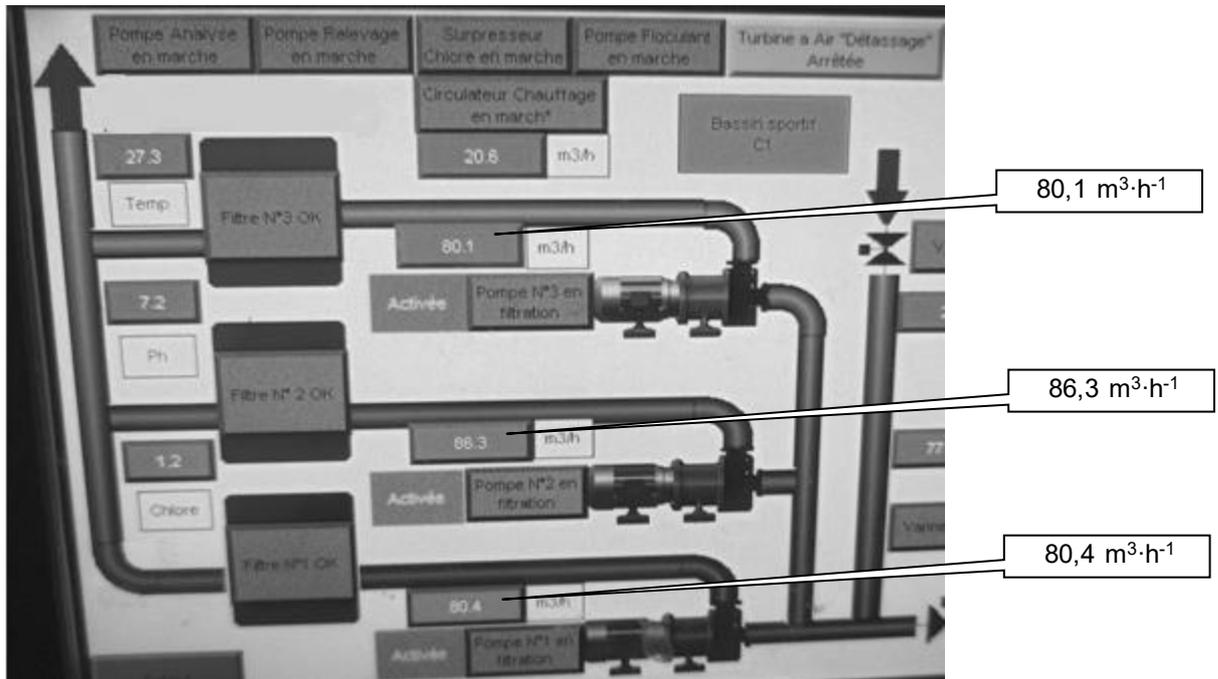


DT3 - Forme simplifiée du bassin de 33 m

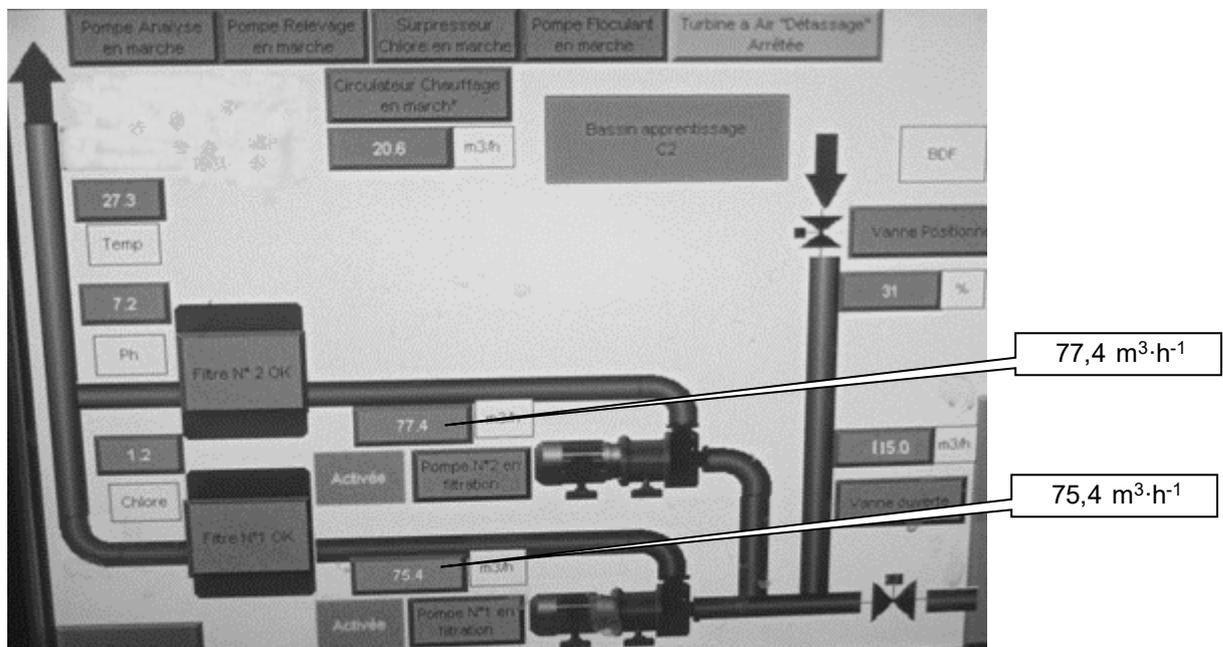


DT4 - Écrans de visualisation

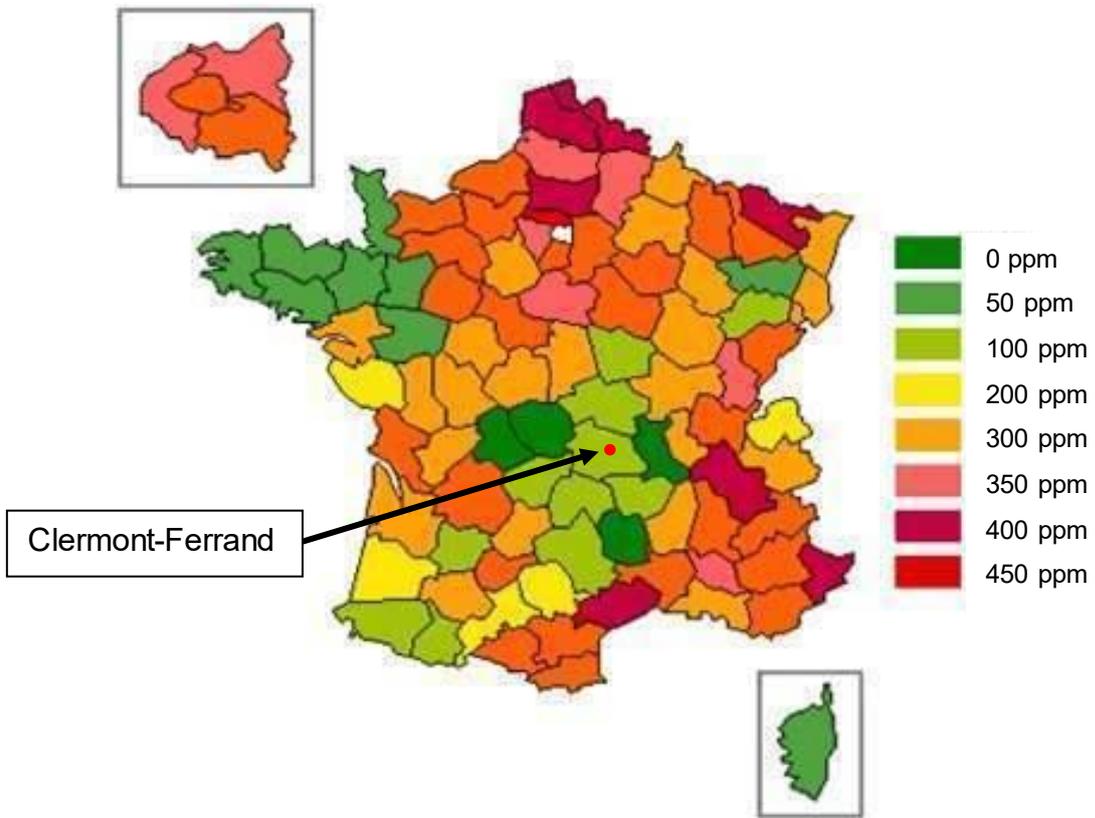
- Zone « sportive »



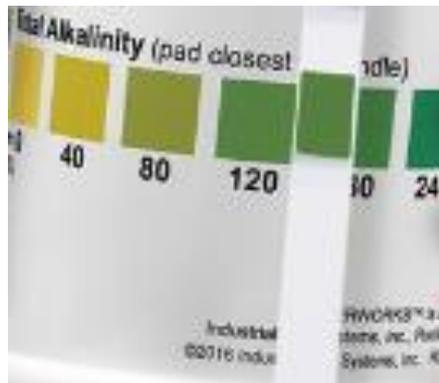
- Zone « d'apprentissage »



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 ?

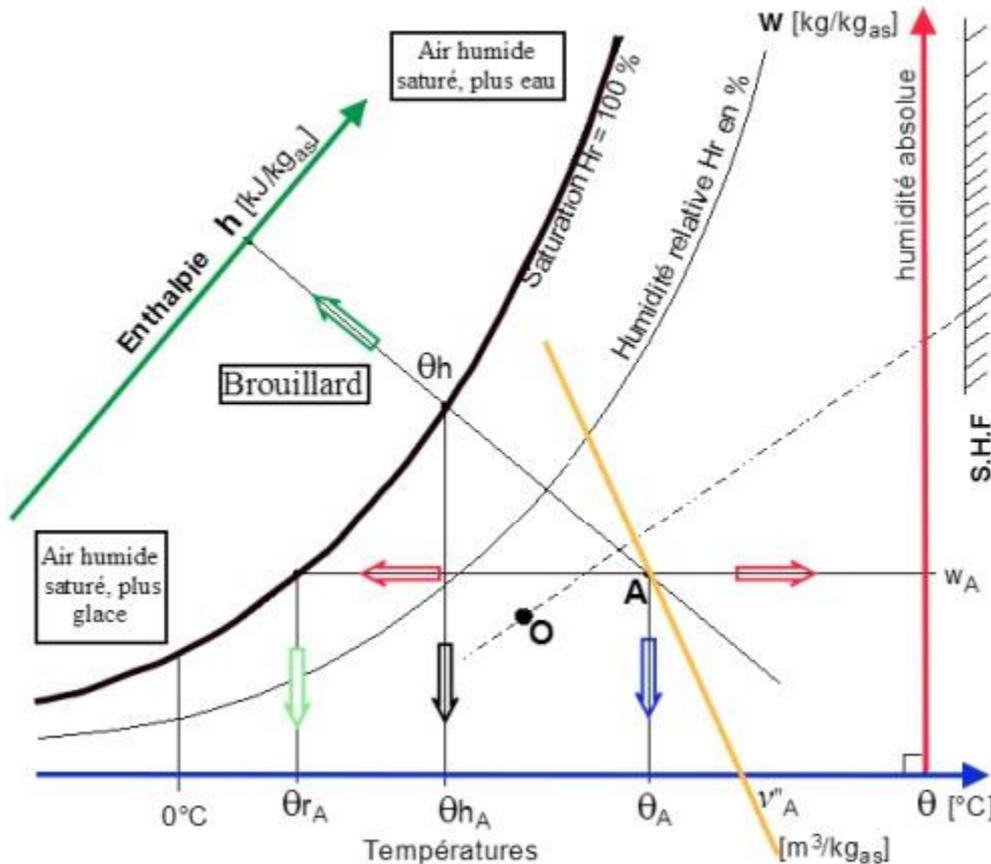
Il existe plusieurs solutions :

- 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

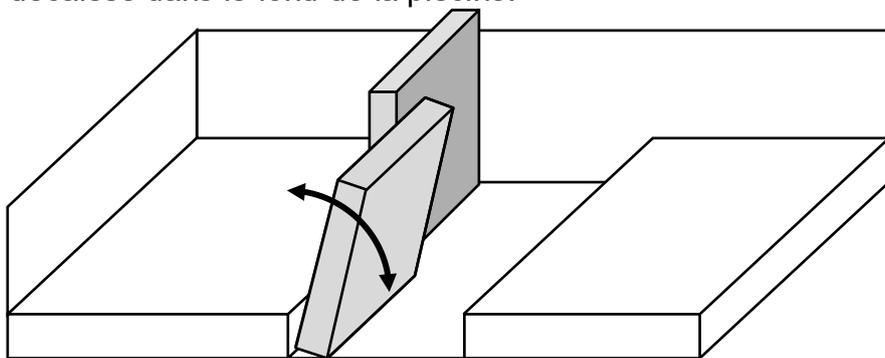
L'enthalpie correspond à la quantité d'énergie contenue dans l'air. Elle est notée h et s'exprime en kilojoules par kilogramme d'air sec (kJ/kgas).

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.

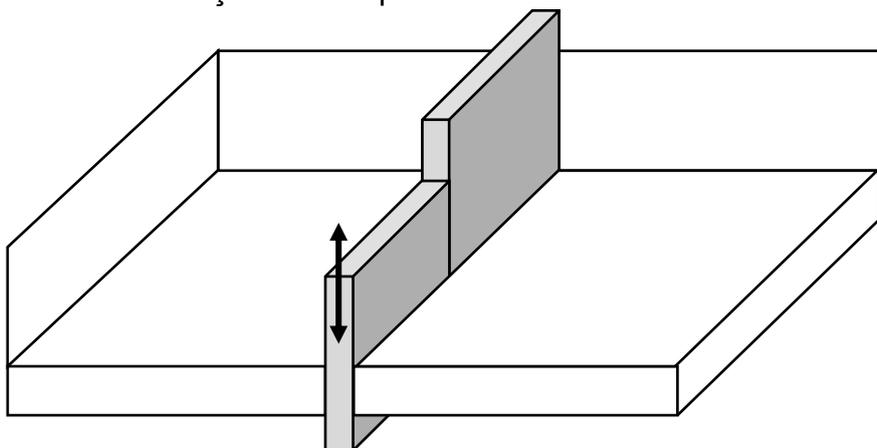
- **Aileron rabattable (mur à poste fixe)**

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.



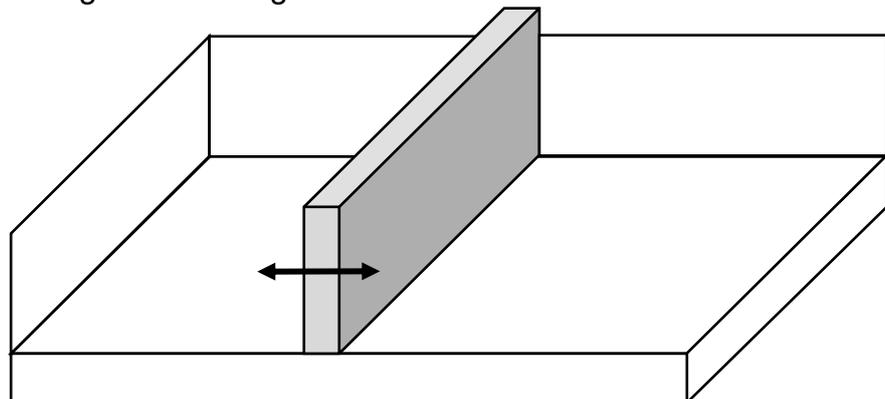
- **Mur ciseau (mur à poste fixe)**

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 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.

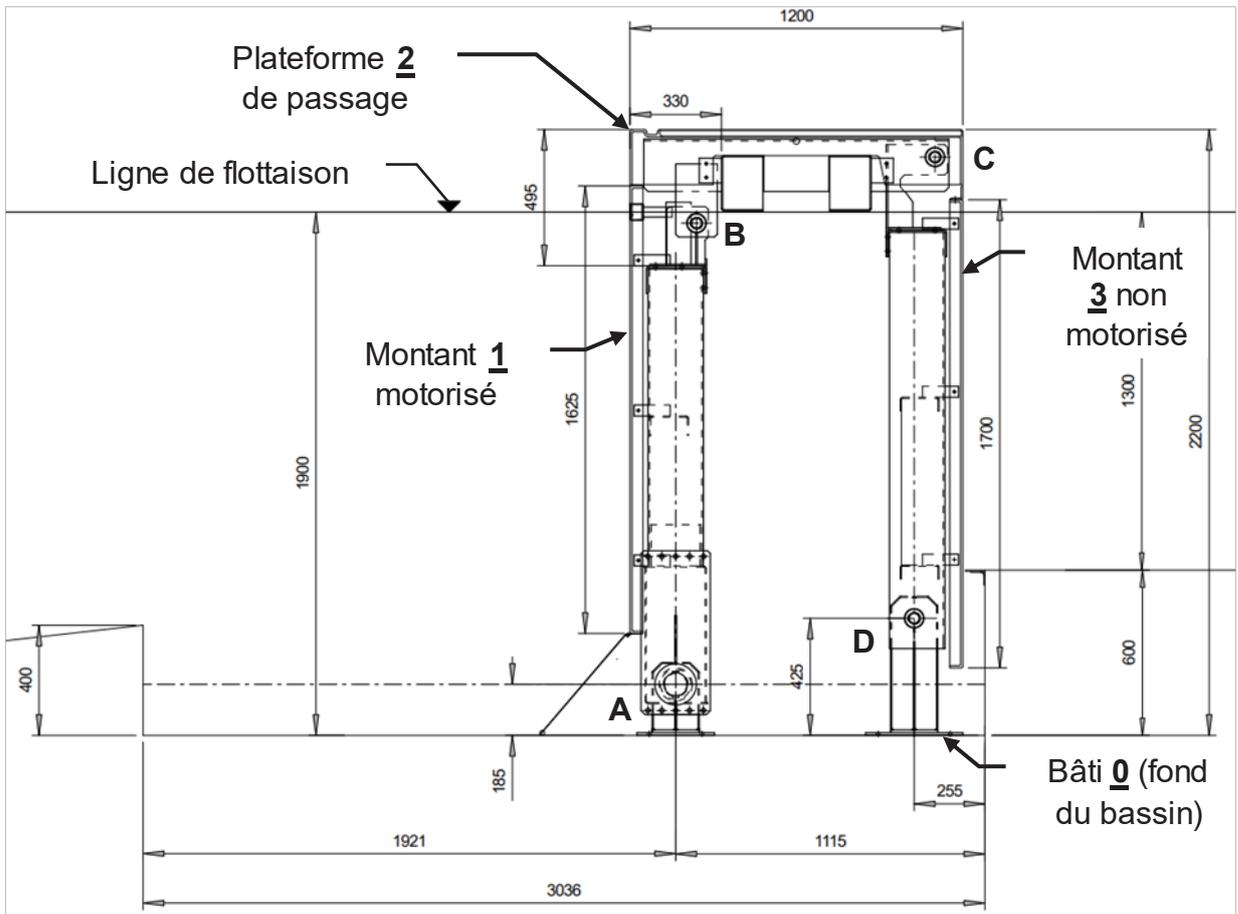
Les murs types aileron rabattable et mur ciseau peuvent aussi fonctionner sur le principe du ballast par remplissage tantôt d'air, tantôt d'eau. Ils présentent le gros inconvénient de ne fonctionner que lorsque le bassin est en eau.

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

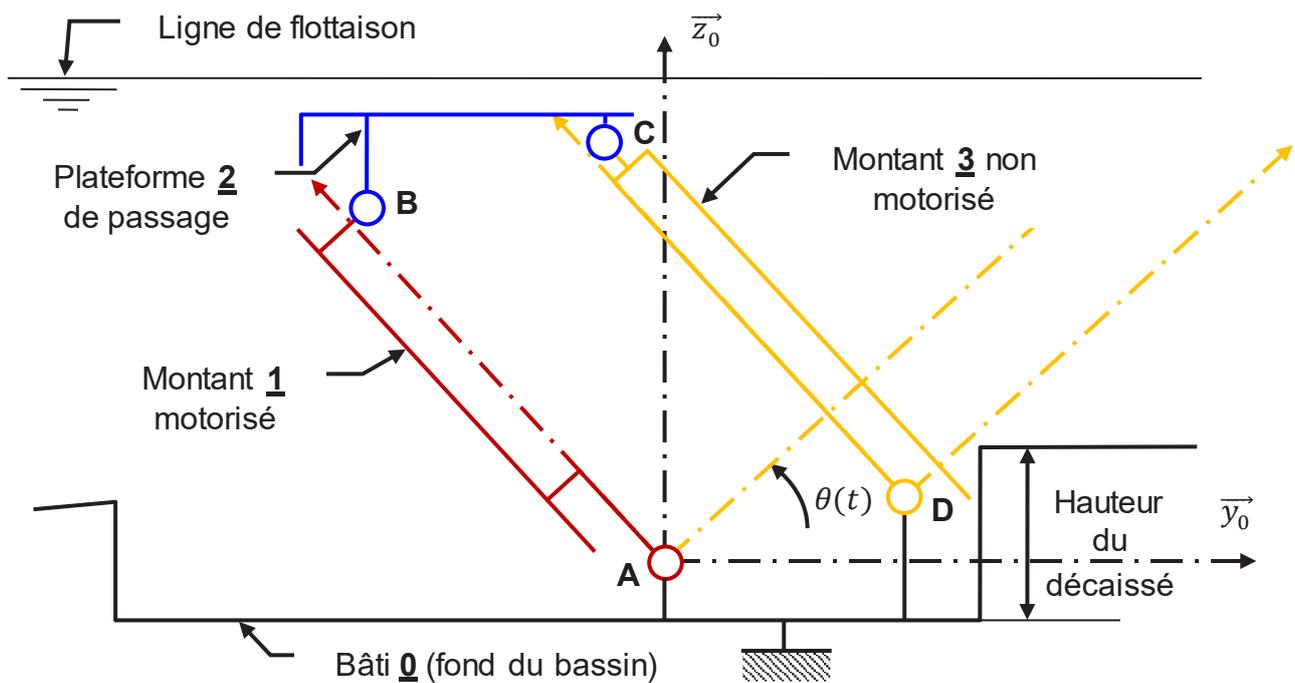
Structure des murs mobiles

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'inox.

Représentation partielle de l'aileron pliable



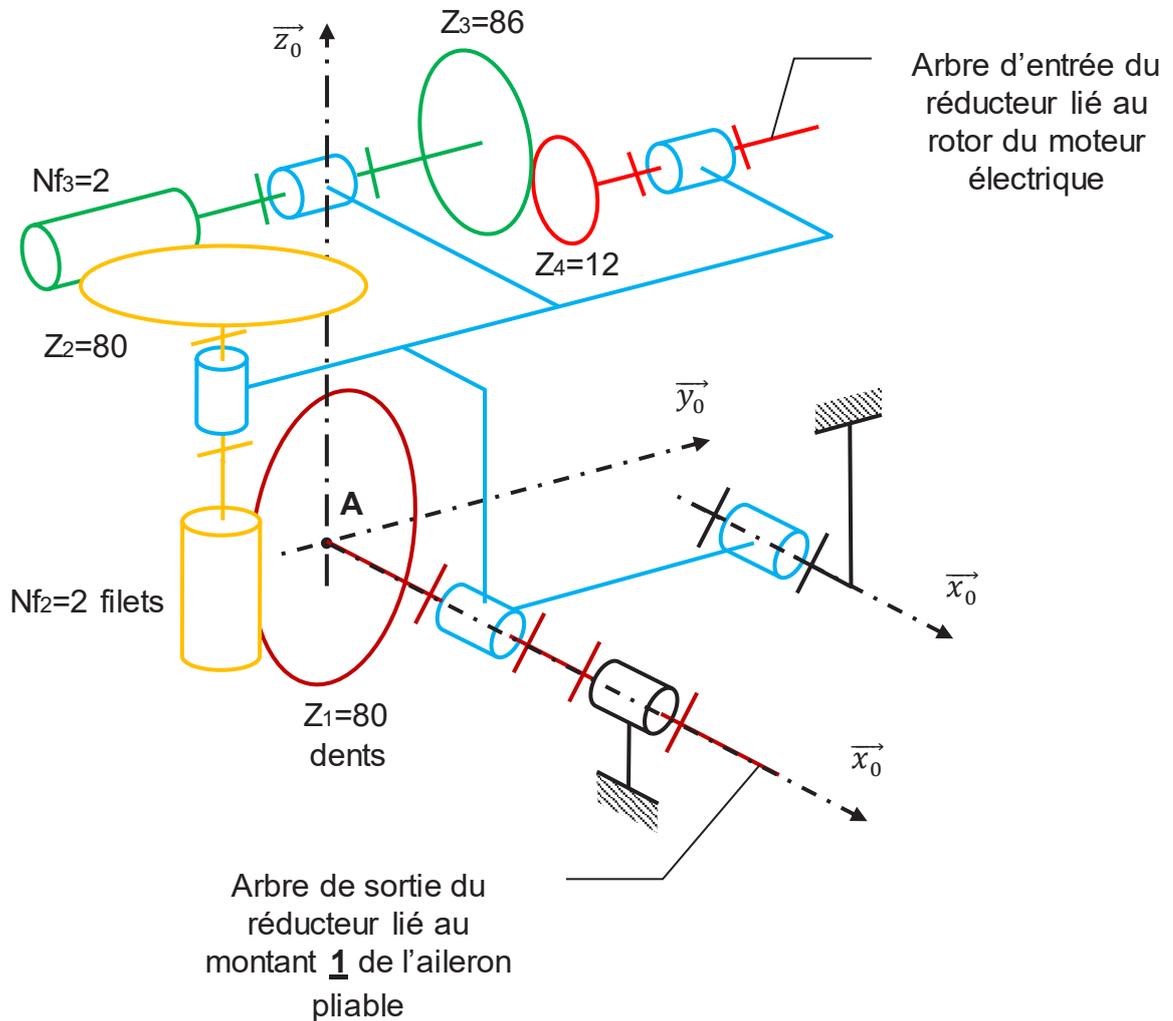
Modèle cinématique associé



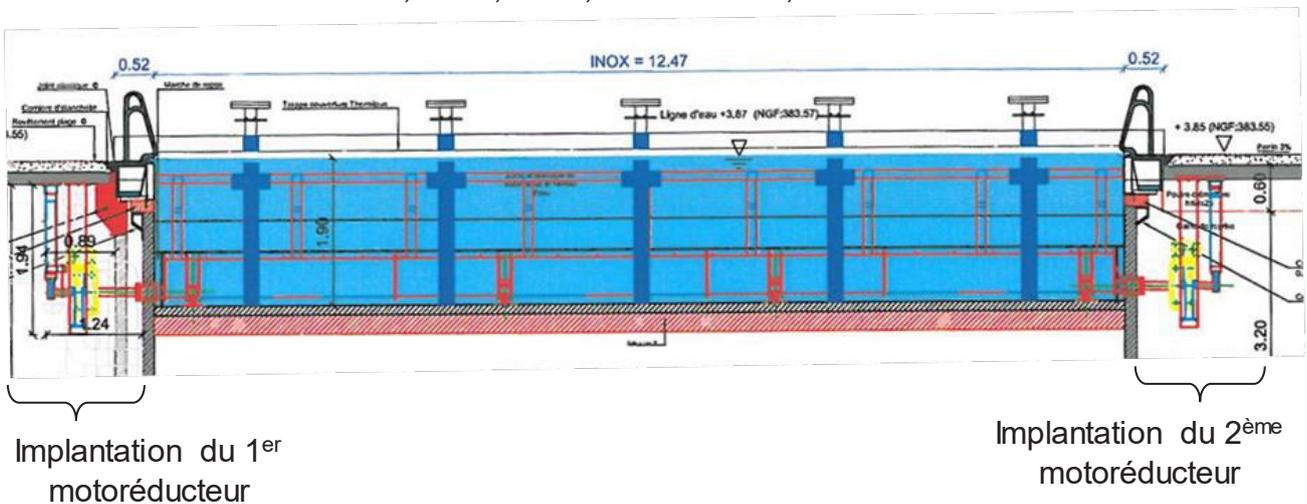
DT11 – Réducteur à engrenages

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

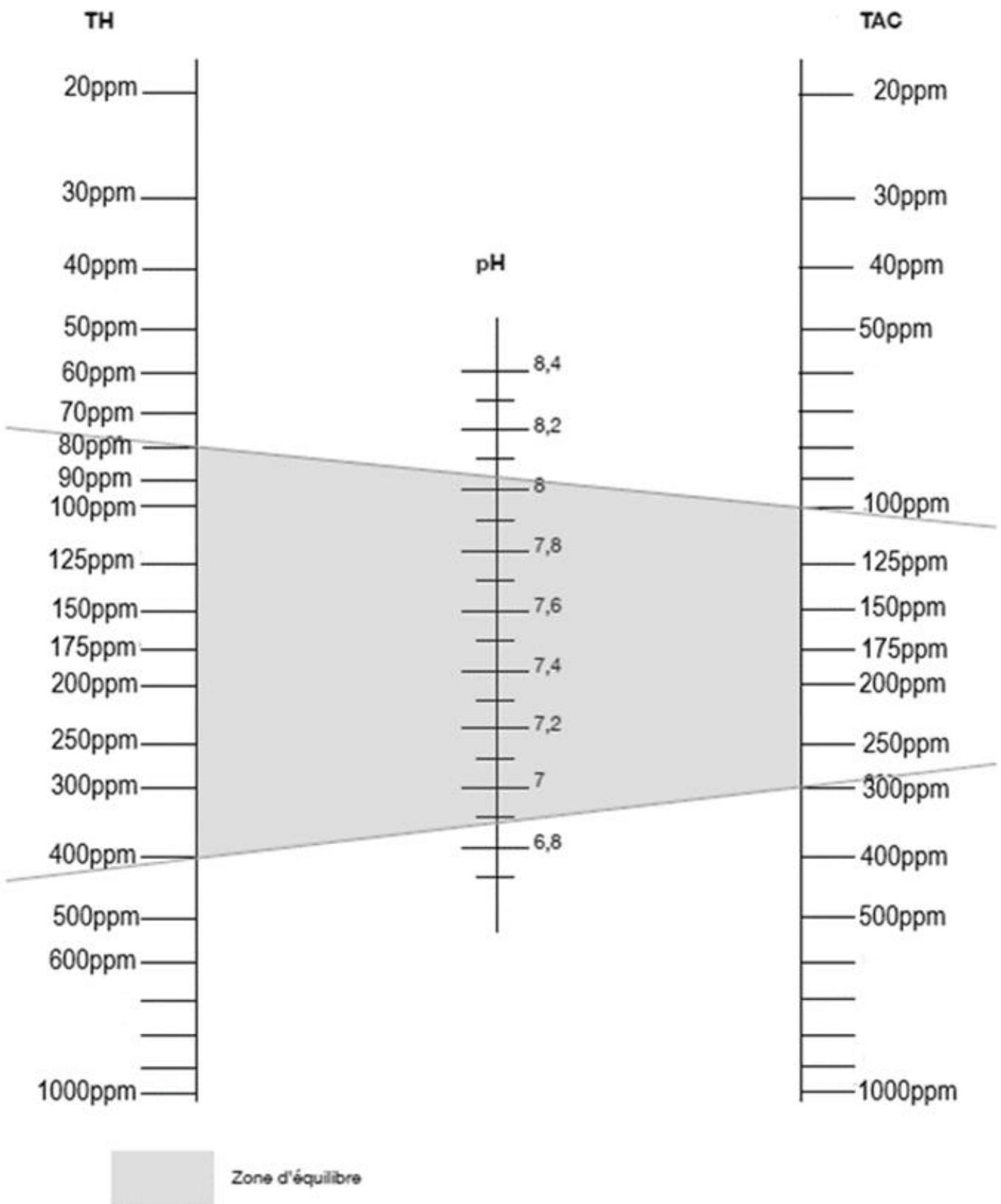
Modèle cinématique du réducteur



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.



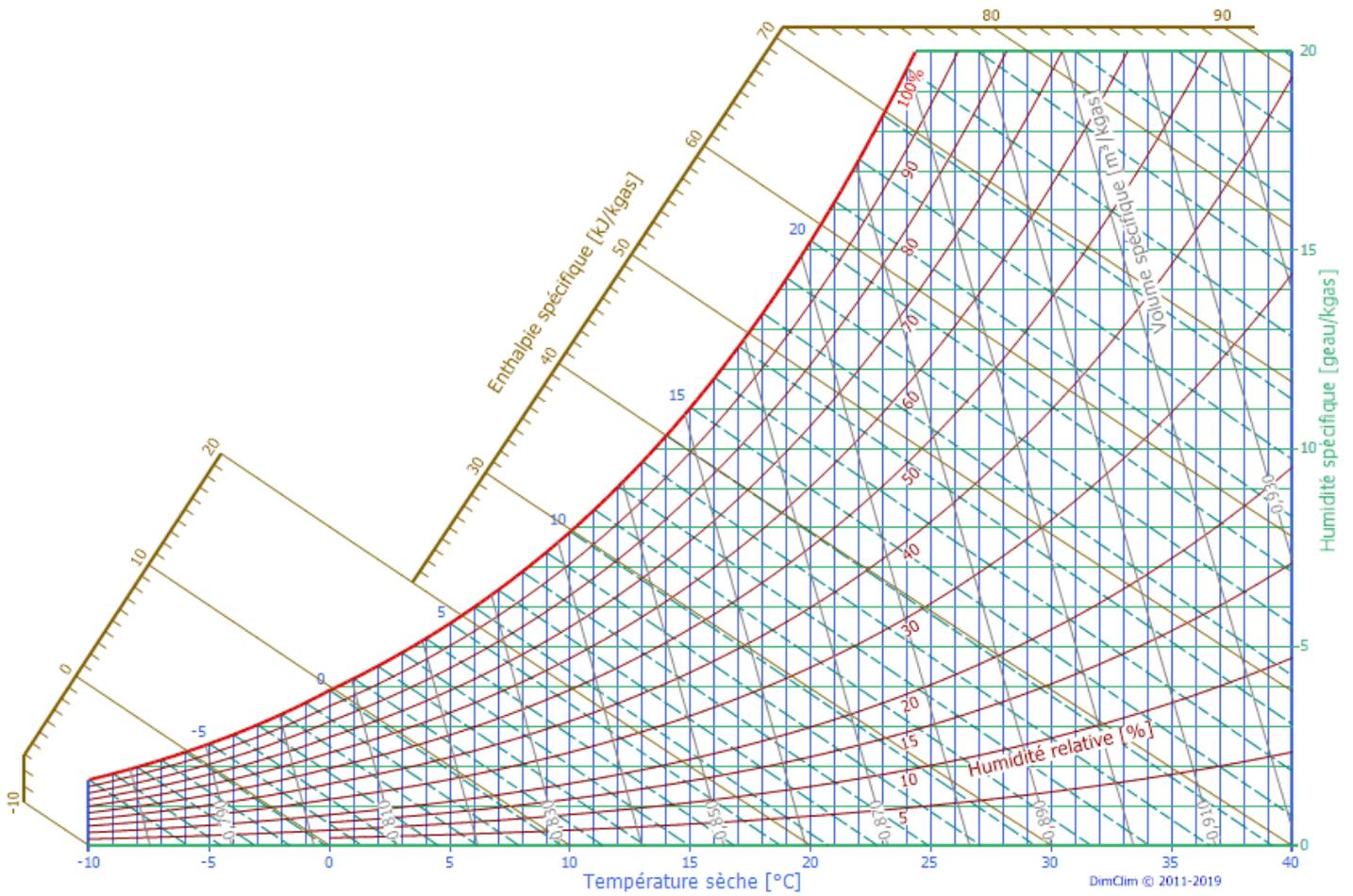
DR1 - Balance de Taylor



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

DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

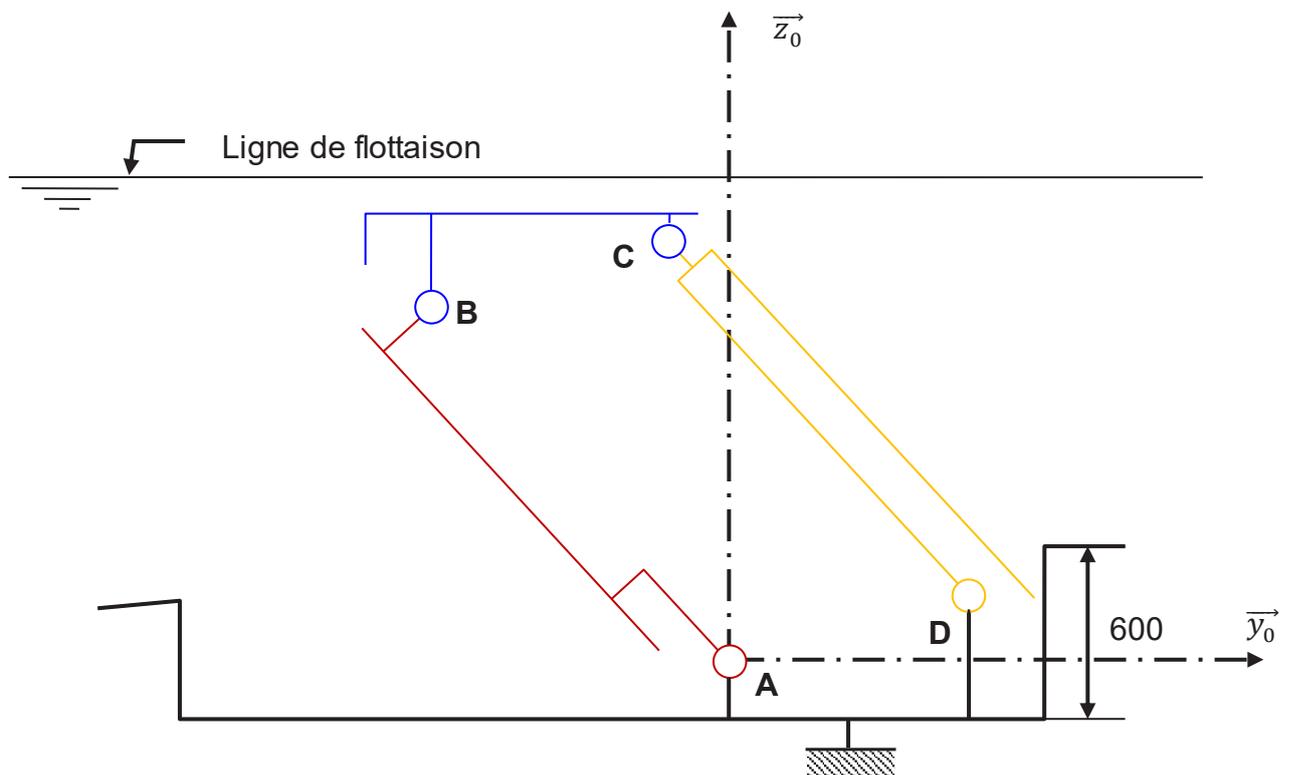
Pression atmosphérique 97772,6 Pa Altitude 300 m



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.			

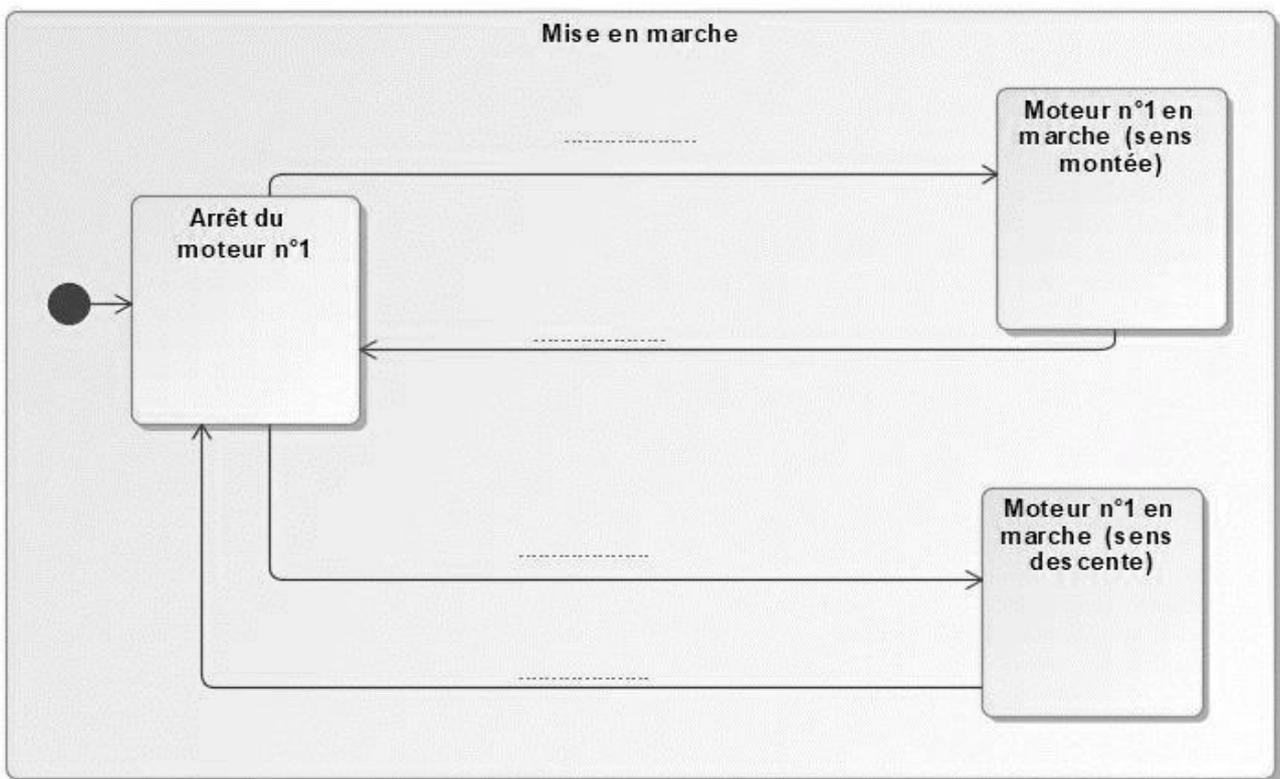
Nota : (++) : exigence vérifiée
 (+-) : exigence partiellement vérifiée
 (--) : exigence non vérifiée

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



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PRENOM :
(en majuscules)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N° candidat :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N° d'inscription :

--	--	--	--	--	--

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)



Né(e) le :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Architecture et construction

Rénovation d'un stade nautique



Présentation de l'étude et questionnement pages 30 à 35

Documents techniques DTS1 à DTS13 pages 36 à 46

Mise en situation

La restauration du bassin de 33 m, initiée en partie à cause de remises aux normes, entraîne de nombreux changements dans la structure initiale du bassin.

En plus de reconstruire un bâtiment selon les normes en vigueur, les concepteurs doivent s'appuyer sur la structure existante. L'objectif de ce sujet est de s'assurer que les changements ne modifient pas fondamentalement les paramètres architecturaux et légaux de la structure.

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

- **partie A** : choix de la solution technologique des fondations ;
- **partie B** : vérification des exigences liées au confort des usagers ;
- **partie C** : choix de l'isolant dans la nouvelle structure inox.

Partie A. Choix de la solution technologique des fondations

Objectif : dans cette partie, l'objectif est de déterminer une solution satisfaisante pour les fondations du bassin, en particulier sous le mur amovible.

La restauration du bassin ainsi que l'implantation du mur amovible (**DTS1**) entraînent des modifications et une surcharge de la structure. Il apparaît alors nécessaire de vérifier la conformité de cette structure et d'envisager un dimensionnement adéquat des fondations.

Les fondations **situées sous le mur amovible** sont constituées d'une chape, une dalle de compression en béton, de deux poutres et de 8 poteaux de soutènement **de section carrée**. (**DTS2**).

La solution envisagée est de type semelles isolées et **repose sur un sol argileux à limons mous**. La chape est en mortier. La dalle, les poteaux et les poutres sont en béton armé.

Question 26. **Indiquer**, à partir du **DTS1**, **DTS3** et du **DTS4**, les numéros des poteaux qui seront le plus sollicités par la descente de charge.

Question 27. **Expliquer** pourquoi il est possible de simplifier l'étude de la descente de charge sur un seul poteau.

Pour la suite, l'étude se limitera aux charges supportées par le poteau 2.

Question 28. **Calculer** les charges d'exploitations Q correspondant au poids de l'eau supporté par le poteau 2.

Question 29. **Calculer** la charge permanente G_{mur} du mur amovible supportée par le poteau 2 (par hypothèse, les poteaux 1, 2, 3, et 4 subissent toute la charge du mur).

Question 30. À l'aide du **DTS5**, **calculer** les charges permanentes, G_s correspondant au poids des éléments de structure.

Les coefficients suivants sont donnés pour les charges totales : $P = 1,7 \cdot G + 2,5 \cdot Q$ (où G est la somme de toutes les charges permanentes).

Question 31. **Calculer** la charge totale qui s'exerce au-dessous de la zone « mur amovible ».

Question 32. À partir du **DTS6**, **déterminer** la surface théorique S_{th} de la semelle associée à cette charge.

Question 33. **Conclure** sur la possibilité d'utiliser des semelles carrées pour les fondations. Le cas échéant, **proposer** une nouvelle solution adaptée au type de sol et à cette classe de bâtiment.

Partie B. Vérification des exigences liées au confort des usagers

Objectif : dans cette partie, il s'agit de vérifier les exigences liées au confort des usagers en particulier visuel et acoustique.

L'éclairage des piscines publiques doit être conçu de façon à assurer la sécurité des nageurs, permettre une surveillance adaptée et créer une ambiance agréable. L'éclairage doit être suffisamment lumineux pour permettre une visibilité claire dans l'eau et autour du bassin. Deux cas de figure se présentent : le respect des normes lumineuses lorsque la piscine est éclairée par la lumière du jour et lorsqu'elle est éclairée par la lumière artificielle.

Éclairage naturel

Les surfaces vitrées du bâtiment accueillant la piscine sont représentées dans le **DTS8**.

Le facteur de lumière du jour (ou FLJ) est une mesure de la quantité de lumière naturelle qui pénètre à l'intérieur d'un espace ou d'un bâtiment par le biais des fenêtres, des baies, ou autres éléments de construction transparents.

Le FLJ peut être estimé **en pourcentage** par la relation suivante :

$$FLJ \text{ moy} = \frac{(Sf \cdot TL \cdot a)}{St \cdot (1 - R^2)}$$

Avec

- Sf : surface nette de vitrage (= ouverture de baies moins 10% pour les châssis) ;
- TL : facteur de transmission lumineuse du vitrage ici à 0,75 (dont on déduit 10% pour la saleté) ;
- a : angle du ciel visible depuis la fenêtre, supposé le même sur toutes les façades, exprimé en degrés ;
- St : surface totale de toutes les parois du local, y compris celle des vitrages ;
- R : facteur de réflexion moyen des parois du local (0,5 par défaut) ;
- Un FLJ inférieur à 2,5% implique environ 50% d'autonomie d'éclairage naturel ;
- Un FLJ compris entre 2,5 et 4% implique 60% d'autonomie d'éclairage naturel ;
- Un FLJ supérieur à 4% implique plus de 60% d'autonomie d'éclairage naturel.

Hypothèses

- Les triangles sont considérés rectangles.
- Les verrières sont assimilées à une vitre unie.

Question 34. Calculer le FLJ moyen pour le bâtiment piscine 33 m pour un angle « a » du ciel visible de 30°.

Question 35. **Conclure** sur l'autonomie d'éclairage naturel sur le bassin de 33 m au regard des exigences définies dans le document **DT2 – Diagramme d'exigences bassin 33 m**.

Éclairage artificiel

Afin d'augmenter la fréquentation du centre nautique de manière significative, le bâtiment est utilisé entre 7h et 22h au moins 350 jours dans l'année. L'éclairage artificiel du bassin devient alors un vrai enjeu pour offrir sécurité et confort aux nageurs.

Question 36. À l'aide du **DTS9**, **commenter** l'éclairement du bassin et **conclure** sur le respect des normes en vigueur.

La direction des travaux souhaite opérer le changement des lampes sans changer le réseau électrique d'alimentation, le nombre de lampes reste donc identique.

Question 37. **Calculer** le flux lumineux minimum que chaque nouvelle ampoule doit produire pour respecter le seuil minimal imposé par la norme (cf. **DT2 – Diagramme d'exigences bassin 33 m**).

Question 38. À l'aide du **DTS10**, **en déduire** la référence de luminaire adéquat pour répondre à l'exigence de luminosité artificielle.

Depuis 1999, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a classé le bruit environnemental comme nuisance majeure et publié des directives pour en limiter leurs effets dans les bâtiments publics.

Les piscines sont particulièrement ciblées par ces directives, étant généralement des bâtiments de grand volume, sans cassure particulière pour la propagation du son et aux matériaux réfléchissants.

Une fois le bâtiment restauré, une équipe d'ingénieur vient vérifier les installations et exécute des relevés du niveau sonore (en dB) toutes les heures sur une journée type (de 7h à 22h). Le relevé de ces mesures est disponible en **DTS11**.

Question 39. **Calculer** le niveau sonore moyen L_{moyen} dans la zone de baignade du bâtiment « piscine 33 m »

Question 40. **En déduire** l'intensité sonore I . **Conclure** sur le respect des normes en vigueur.

Question 41. **Expliquer** en quoi l'intensité sonore en $W \cdot m^{-2}$ est moins appropriée que le niveau de bruit en dB pour évaluer le confort acoustique.

Partie C. Choix de l'isolant dans la nouvelle structure inox

Objectif : dans cette partie, il s'agit de choisir le matériau d'isolation afin de respecter l'exigence concernant la température de l'eau.

Bien que la tendance actuelle vise à tendre vers une diminution de la température globale de l'eau, des normes liées au confort du nageur subsistent et se doivent d'être respectées.

La rénovation du bassin de 33 m entraîne un changement de revêtement : le carrelage est remplacé par un bac inox de 2 mm d'épaisseur, plus durable dans le temps. Le changement de revêtement s'accompagne d'un changement de la profondeur de la piscine (DTS1). Il subsiste donc une zone « tampon » remplie uniquement d'air et qui ne doit pas, par des échanges thermiques, refroidir la température de l'eau. L'ajout d'un isolant apparaît alors nécessaire.

Des relevés de contrôle indiquent que la température est en moyenne de 10°C dans la zone tampon.

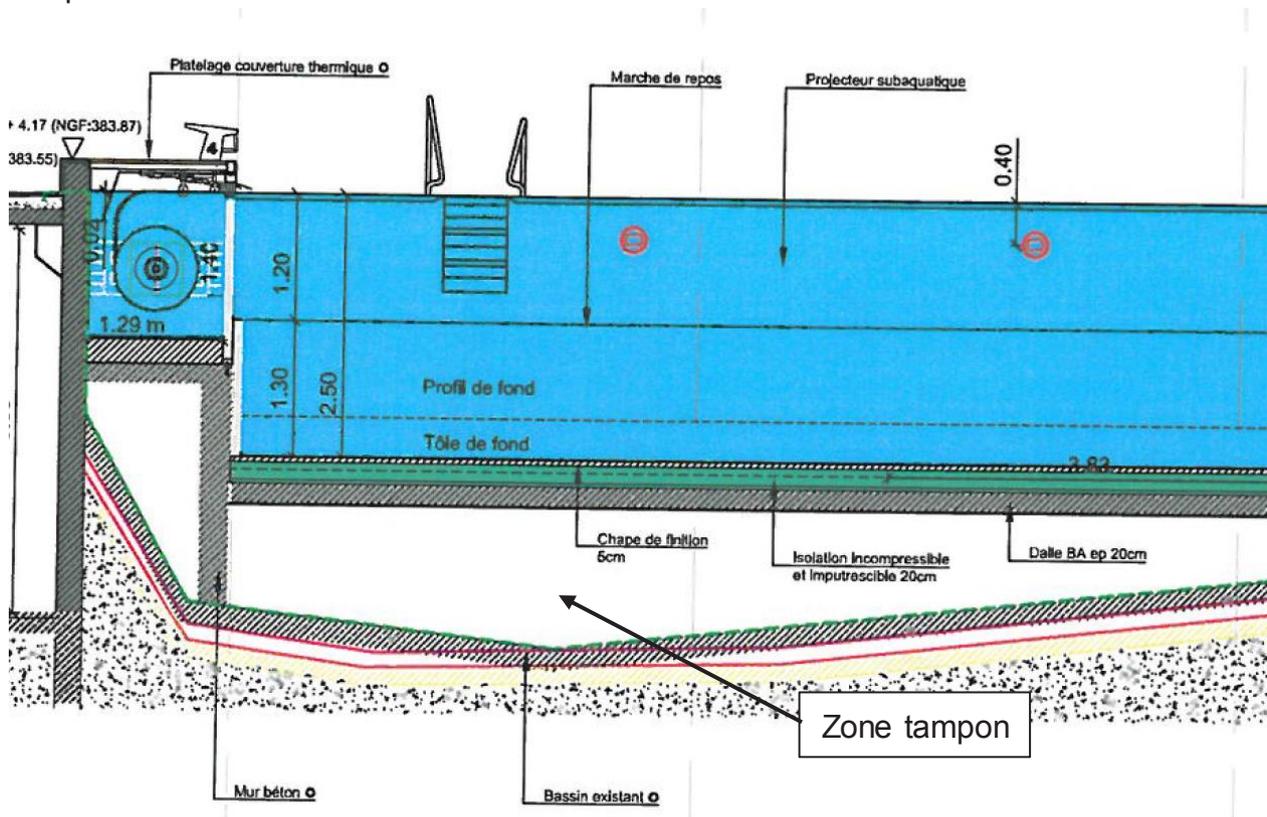


Figure 6 : zone tampon

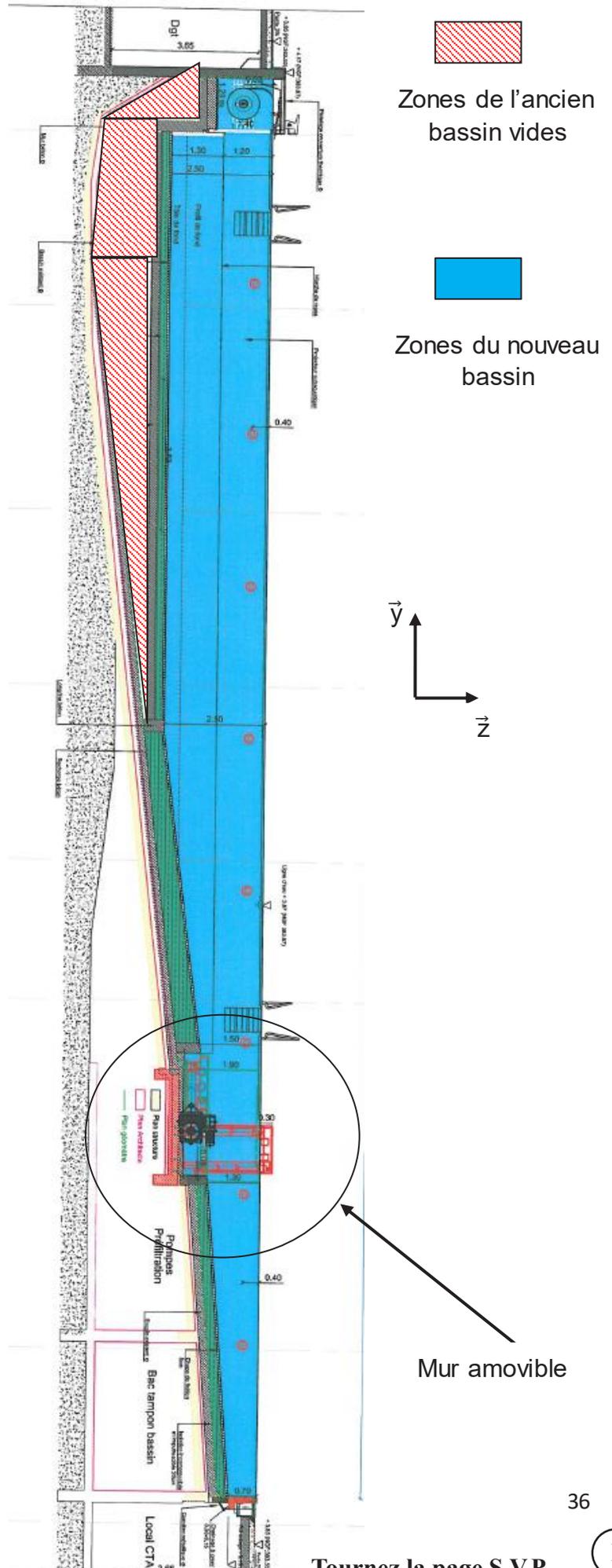
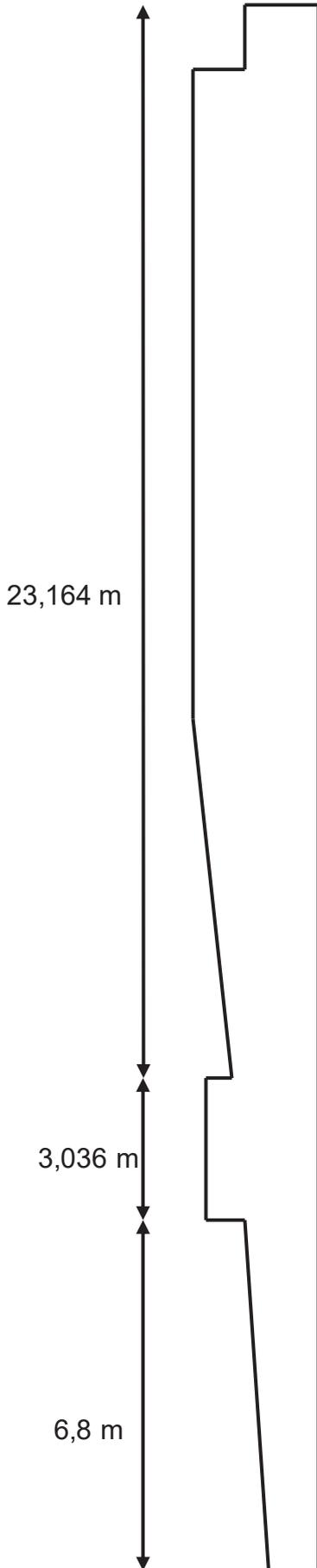
Question 42. **Calculer**, la résistance thermique totale R_{Tot} du fond de la piscine sachant que le flux thermique est évalué à $\phi = 2 \text{ W}$.

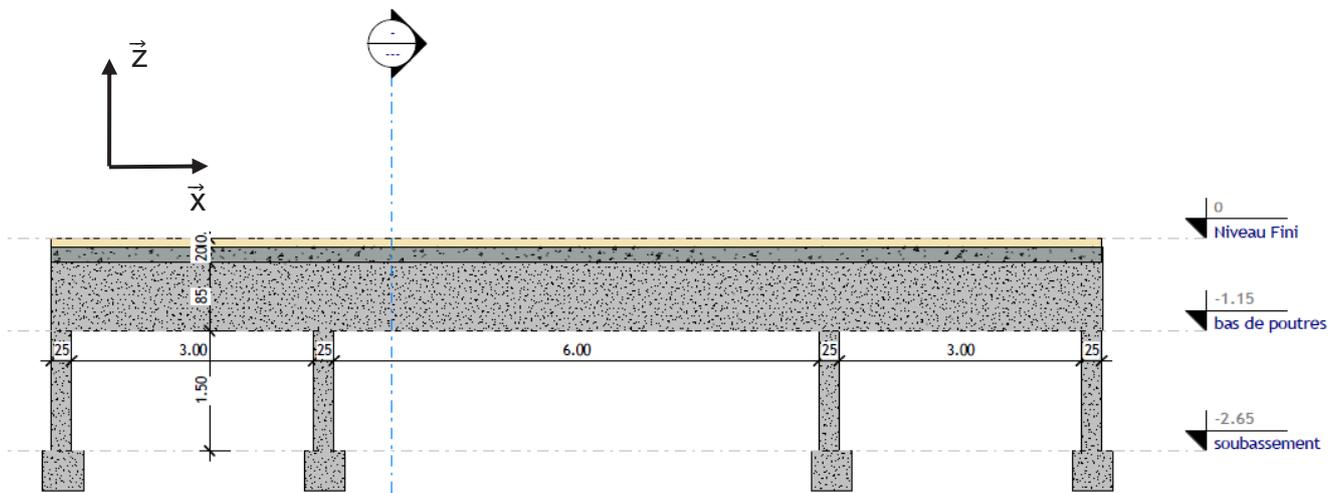
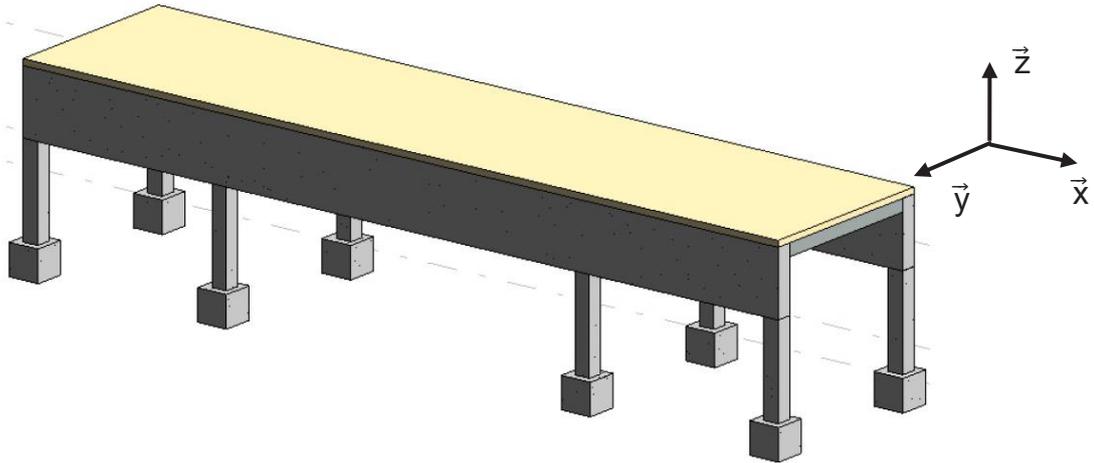
Question 43. **Calculer**, à l'aide du DTS12, la valeur du coefficient de transmission thermique λ_i de l'isolant pour obtenir R_{tot} (les résistances superficielles sont prises en compte).

L'hygroscopicité est la capacité d'une substance à absorber l'humidité de l'air ou de son environnement. Les substances hygroscopiques ont tendance à attirer et à retenir l'eau ou la vapeur d'eau de l'air ambiant.

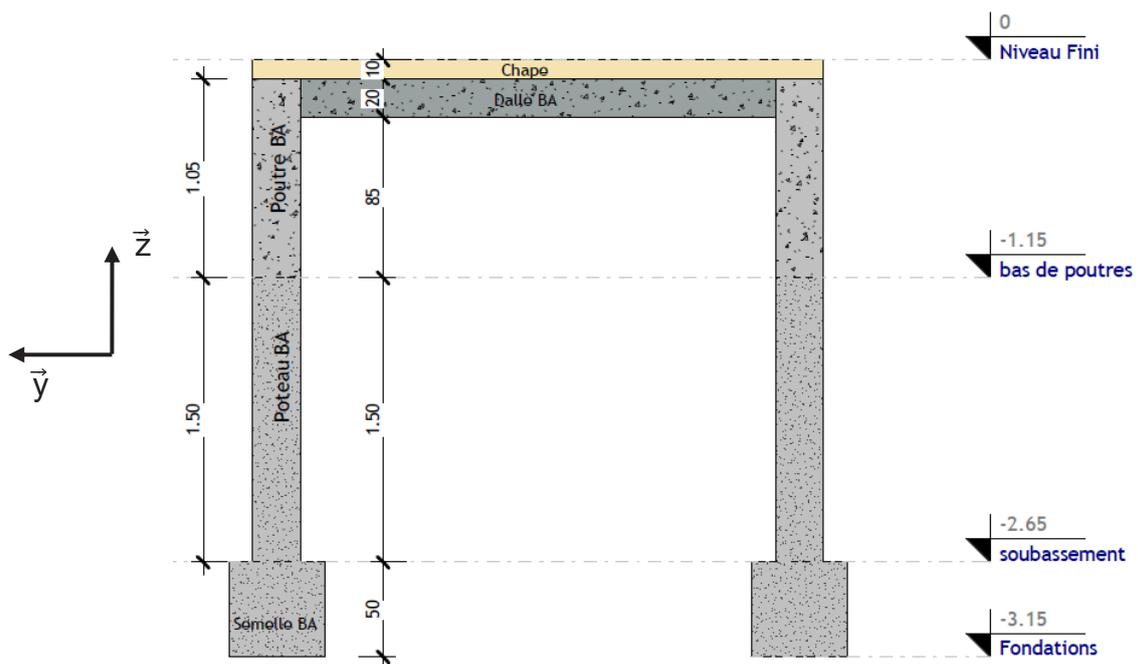
Question 44. À partir du document DTS13, **choisir** un isolant adapté. **Justifier** la réponse.

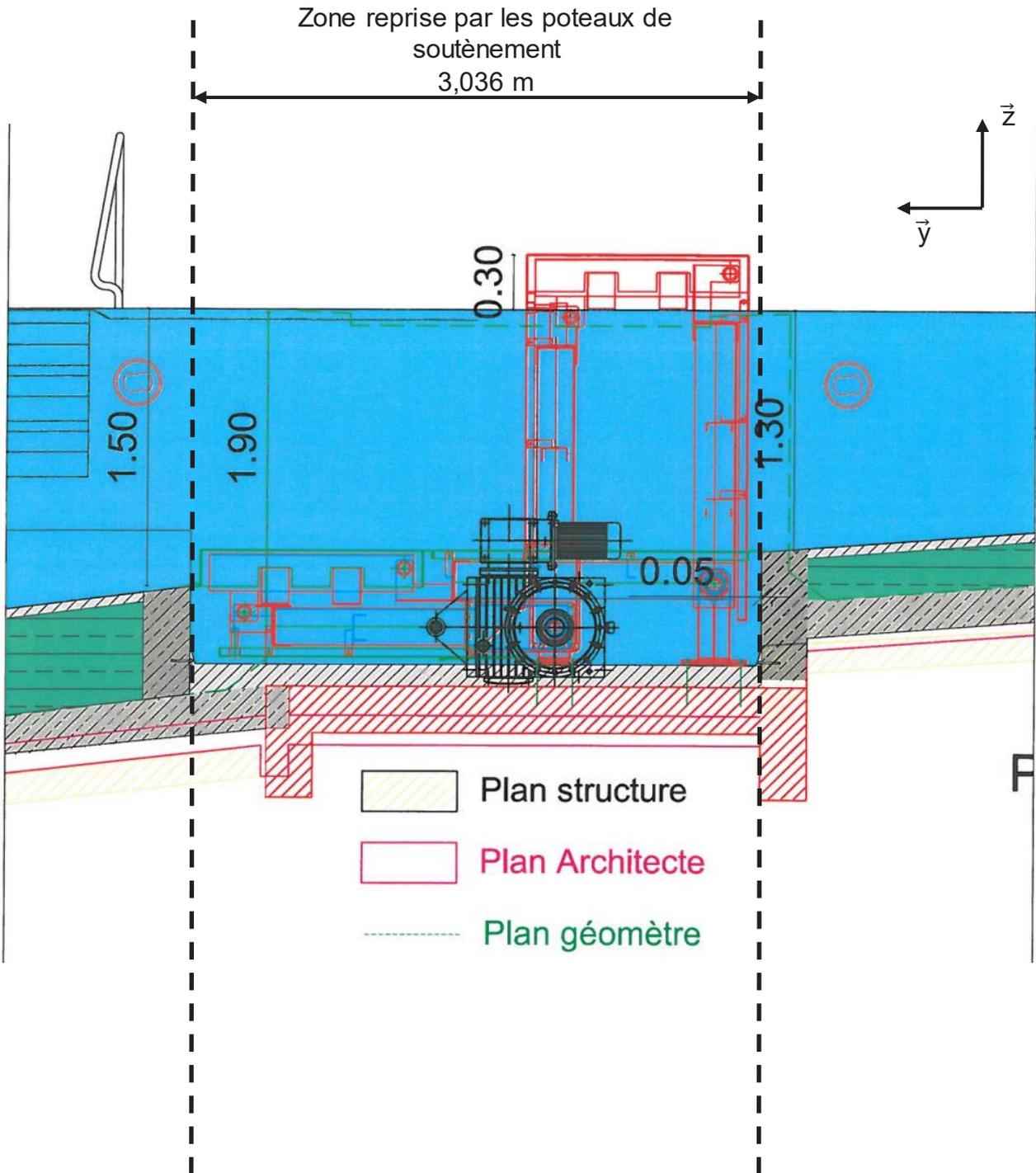
Document technique DTS1 – Coupe horizontale bassin 33m / Dimensions



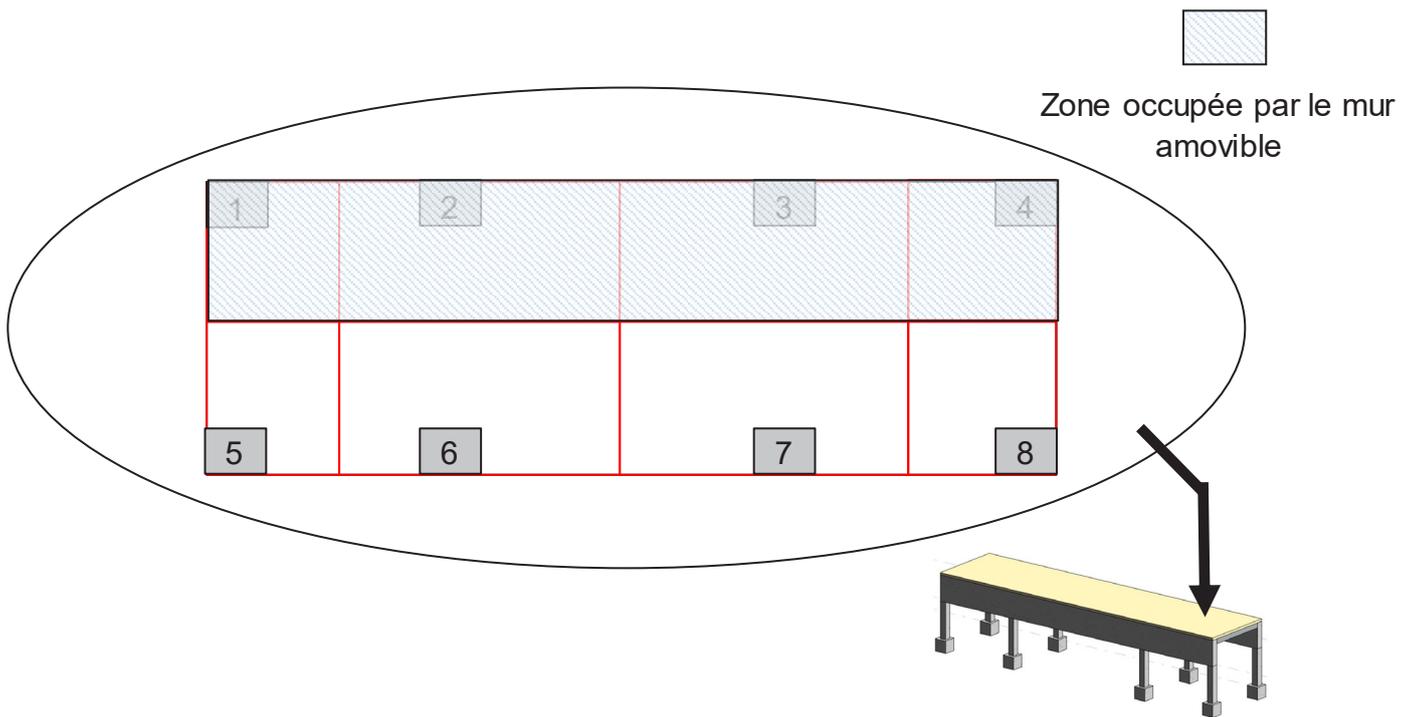


Coupe longitudinale





Document technique DTS4 - Fondations sous le mur amovible dans le plan (\vec{x}, \vec{y})



Document technique DTS5 – Caractéristiques des matériaux de construction

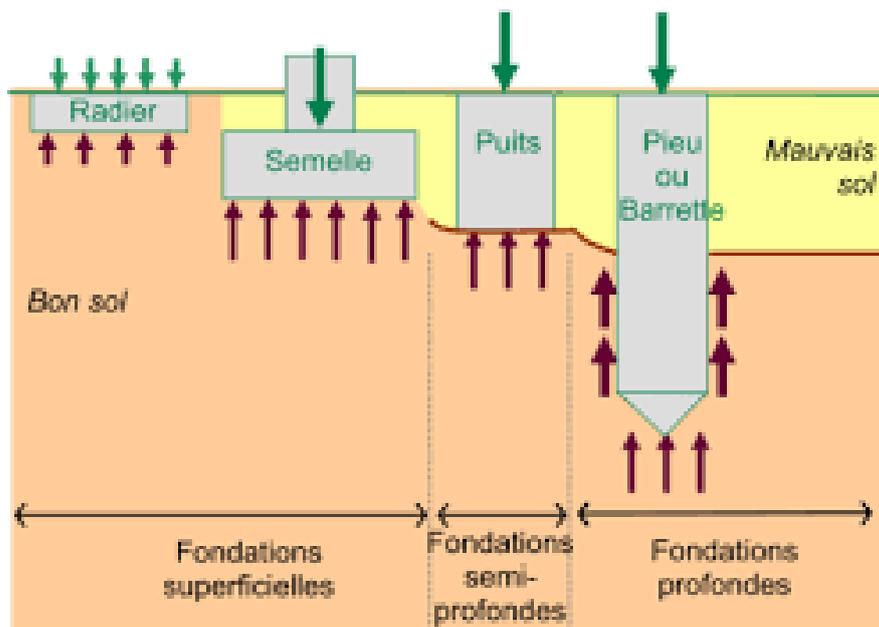
	Limite élastique (en MPa)	Masse Volumique (en t·m ⁻³)	Conductivité Thermique (en W·m ⁻¹ ·K ⁻¹)	Module d'Young (en GPa)
Béton armé	500	2,5	1,5	32
Aluminium	40	2,7	226	70
Mortier	26	1,62	1,5	29
Acier inoxydable	300	7,85	14	210

Document technique DTS6 – Contrainte admissible de différents types de sols

Classe de sol		Pressiomètre p_l (MPa)	Pénétromètre q_c (MPa)
Argiles, limons	A- Argiles et limons mous	<0,7	<3,0
	B- Argiles et limons fermes	1,2 à 2,0	3,0 à 6,0
	C- Argiles très fermes à dures	>2,5	>6,0
Sables, graves	A- Lâches	<0,5	<5
	B- Moyennement compacts	1,0 à 2,0	8,0 à 15,0
	C- Compacts	>2,5	>20,0
Craies	A- Molles	<0,7	<5
	B- Altérées	1,0 à 2,5	>5,0
	C- Compactes	>3,0	
Marnes, marno-calcaires	A- Tendres	1,5 à 4,0	
	B- Compacts	>4,5	
Roches (1)	A- Altérées	2,5 à 4,0	
	B- Fragmentées	>4,5	

Les fondations superficielles :

Dans l'idéal, le terrain dispose d'une nature stable « bon sol » pour éviter de devoir creuser profondément pour des fondations. On parle alors de fondations superficielles qui représentent un coût bien moins élevé. Celles-ci sont réalisées **sur un sol sain à une profondeur comprise entre 50 cm et 3 m de la surface**. Elles ne nécessitent pas de renforts pour supporter les charges de la construction tout entière.



Plusieurs techniques sont réalisables :

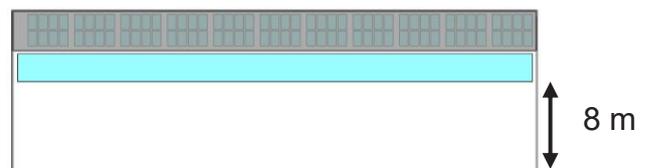
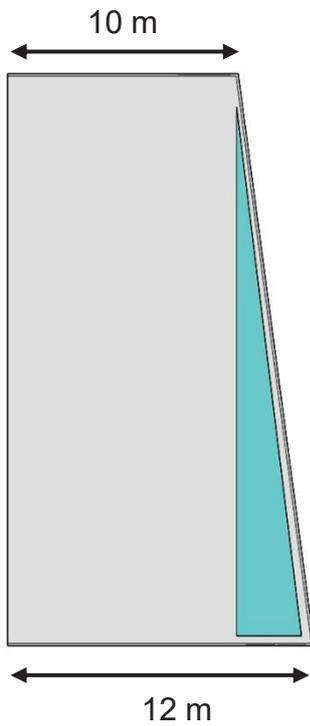
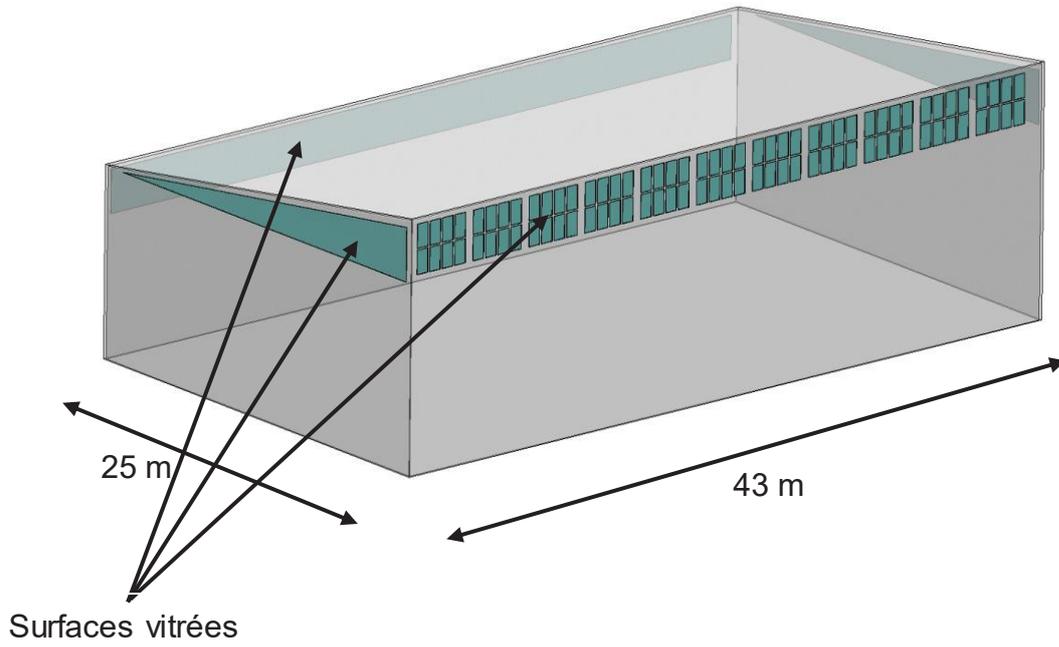
- **les radiers sont des fondations reliées aux murs porteurs**. L'avantage de cette méthode est une meilleure répartition des charges. Elles sont réparties sur toute la surface de la construction ;
- **le système des semelles isolées correspond à des fondations ponctuelles positionnées sous les poteaux**. De forme ronde ou carrée, ce type de fondation vise des points précis de la construction pour le transfert des charges. Sa largeur maximale ne doit cependant pas dépasser 80 cm ;
- **les semelles filantes sont des fondations disposées le long des murs porteurs** de la construction. Aussi appelées semelles continues, elles sont adaptées aux sols avec une moins bonne homogénéité. Elles assurent néanmoins une importante surface pour le transfert de charge.

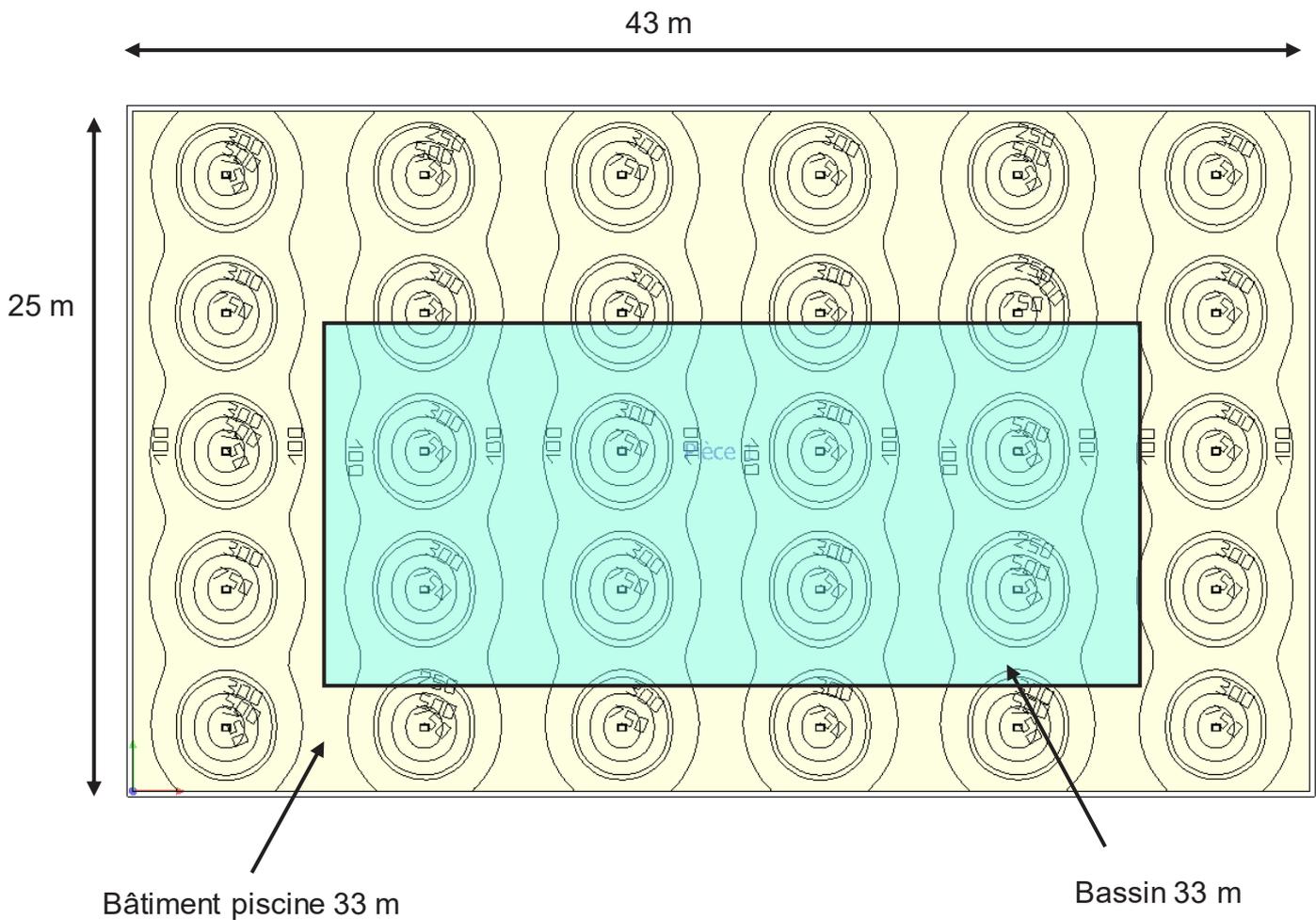
Les fondations semi-profondes :

Ce type de fondation implique une plus grande profondeur que les fondations superficielles. L'opération nécessite de creuser une couche de terre plus importante afin d'atteindre un sol sain. **La profondeur varie de 2 à 6 m** pour permettre de supporter sans risques les charges de la maison. Si cette solution est nécessaire pour éviter de futurs problèmes, le coût sera plus élevé que la solution précédente.

Les fondations profondes :

Dans le cas de sols instables, il est impératif de creuser davantage pour garantir la stabilité de la construction. Le terrain se montre donc sensible à la compression. Il est possible d'utiliser des pieux refoulant, vissés, métalliques ou des micropieux pour réaliser les fondations profondes. La profondeur peut varier de 5 m à plusieurs dizaines de mètres.





Résultats

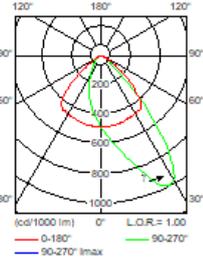
	Taille	Calculé	Consigne
Plan utile	$\bar{E}_{\text{perpendiculaire}}$	251 lx	≥ 500 lx
	g ₁	0.19	-
Valeurs de consommation	Consommation	8250 kWh/a	max. 37650 kWh/a
Pièce	Valeur spécifique de raccordement	2.79 W/m ²	-
		1.11 W/m ² /100 lx	-

Product



Selected Luminaire
Reference name
BVP110 1 xLED42/NW OFA52

Technical Specification



Light Source Flux: 4200 lm
Light Output Ratio: 1.00
Luminous Flux: 4200 lm
Power: 38.0 W
LxBxH: 0.24x0.21x0.05 m
Driver: NO
Color: -

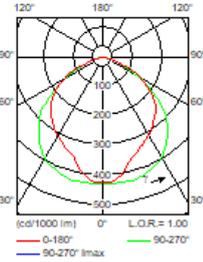
[Datasheet](#)

Product



Selected Luminaire
Reference name
BVP106 W422 1 xLED200/740

Technical Specification



Light Source Flux: 20000 lm
Light Output Ratio: 1.00
Luminous Flux: 20000 lm
Power: 200.0 W
LxBxH: 0.33x0.42x0.11 m
Driver: NO
Color: -

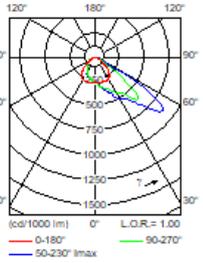
[Datasheet](#)

Product



Selected Luminaire
Reference name
BVP125 T25 1 xLED80-4S/740 OFA52

Technical Specification



Light Source Flux: 8000 lm
Light Output Ratio: 1.00
Luminous Flux: 8000 lm
Power: 63.0 W
LxBxH: 0.27x0.39x0.07 m
Driver: NO
Color: -

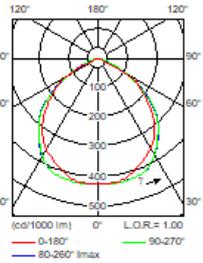
[Datasheet](#)

Product



Selected Luminaire
Reference name
BVP106 W323 1 xLED100/740

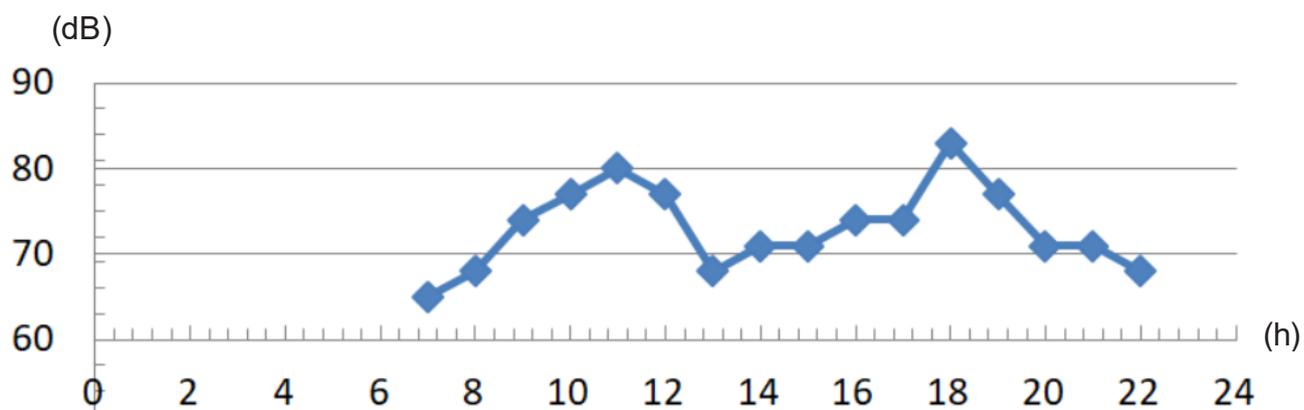
Technical Specification



Light Source Flux: 10000 lm
Light Output Ratio: 1.00
Luminous Flux: 10000 lm
Power: 100.0 W
LxBxH: 0.27x0.32x0.09 m
Driver: NO
Color: -

[Datasheet](#)

Document technique DTS11 – Relevé horaire du niveau sonore sur une journée type



Document technique DTS12 – Résistances superficielles (en $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$)

Sens de flux	Paroi donnant sur l'extérieur			Paroi donnant sur un local non chauffé		
	R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$	R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$
Horizontal 	0,13	0,04	0,17	0,13	0,13	0,26
Ascendant 	0,1	0,04	0,14	0,1	0,1	0,2
Descendant 	0,17	0,04	0,21	0,17	0,17	0,34

Document technique DTS13 – Principaux isolants utilisés dans la construction des piscines

	Conductivité thermique ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)	Chaleur spécifique ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)	Énergie grise ($kWhEp \cdot UF^{-1}$)	Hygroscopicité	Effet de serre ($kCO_2eq \cdot UF^{-1}$)
Mousse de polystyrène expansé	0,032 à 0,038	1450	89	Non	14
Mousse de polyuréthane	0,022 à 0,03	1400 à 1500	119	Non	20
Mousse de polystyrène extrudé	0,029 à 0,035	1300 à 1500	141	Non	421
Mousse de polyisocyanurate	0,022 à 0,028	1500	139	Oui	35
Laine de roche	0,039 à 0,042	940 à 1030	58	Non	11