



INSTITUT DE FORMATION  
TECHNIQUE SUPERIEURE  
**IFTS**

Institution privée agréée par l'Etat (Arrêté N° 01/007/METFPA/CAB/SG/CPO)  
Reconnaissance et Equivalence délivrées par le CAMES

19/04/2016

# PROCEDES GENERAUX DE CONSTRUCTION

## LES CHATEAUX D'EAU

Présenté par :

Godwin DAKU ET

Antoine GALLEY

Chargé du cours :

M. Rafiou TIDJANI-SERPOS

IFTS - FILIERE LONGUE/GENIE CIVIL

**TABLE DES MATIÈRES**

Table des matières.....	i
Liste des figures.....	ii
A. INTRODUCTION.....	2
A.1. Historique .....	3
A.2. Parcours de l'eau.....	5
B. CONSTRUCTION D'UN CHATEAU D'EAU.....	8
B.1. Différents types de châteaux d'eau - Nomenclature.....	8
B.2. La structure d'un château d'eau en béton armé .....	15
C. LES EQUIPEMENTS.....	23
C.1. Les équipements de sécurité .....	23
C.2. Les équipements hydrauliques .....	24
C.3. Autres équipements.....	25
D. Réalisation de l'étanchéité des cuves.....	26
D.1. Les types de revêtement d'étanchéité .....	26
D.2. Étanchéité en membrane de hauts polymères – Les Coques en PEHD ....	26
E. CONCLUSION .....	36

# PROCEDES GENERAUX DE CONSTRUCTION DES CHATEAUX D'EAU

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 – Illustration du parcours de l'eau .....	5
Figure 2 – Schéma de principe structurel d'un réservoir à cuve moderne .....	15
Figure 3 - Vue en plan du ferrailage d'une semelle de fondation circulaire.....	16
Figure 4 - Les types de fondation possible .....	17
Figure 5 – Différents équipements du réservoir.....	23
Figure 6 – Les canalisations intérieures du château d'eau .....	25
Figure 7 – Plaque PEHD munie de crampons.....	26
Figure 8 – Schéma selon photo 33. ....	27
Figure 9 – Détail du profilé « à déchirer » .....	28
Figure 10 – Profilé déchiré (à gauche) puis Soudure par extrusion (à droite).....	28
Figure 11 – Nus en béton avec plaque PEHD électro conducteur.....	29
Figure 12 – Coulage du béton entre les nus .....	30
Figure 13 – Plaque PEHD posée sur le béton frais .....	31
Figure 14 – Contreplaqué de répartition + lestage .....	31
<i>Figure 15 – Peigne électrique .....</i>	<i>32</i>
Figure 16 – Grattage au droit des parties à souder puis soudure.....	33
Figure 17 – Détail d'un raccordement radier / voile .....	33
Figure 18 – Raccordement voile / plancher .....	35
Figure 19 – Raccordement entre 2 prédalles .....	35

PROCEDES GENERAUX DE  
CONSTRUCTION  
DES CHATEAUX D'EAU

## **A. INTRODUCTION**

Le terme « Château d'eau » provient du constat que ceux-ci ressemblent souvent aux donjons des châteaux. Egalement appelé « réservoir surélevé » par les exploitants d'eau potable, ou « réservoir sur tour » par les constructeurs, dans d'autres langues, il garde la traduction de cette dernière dénomination : en anglais, le réservoir sur tour devient « water tower », et en espagnol, il est communément appelé « torre de agua ».

Un château d'eau est un réservoir dont le fond s'élève au-dessus du niveau du sol. Une telle construction est essentiellement composée de deux parties :

- ✓ le réservoir proprement dit ou cuve,
- ✓ le support, communément appelé fût.

L'aspect extérieur d'un château d'eau est déterminé en premier lieu par les caractéristiques techniques, plus précisément par la capacité et l'élévation de la cuve. Ensuite, ce seront la disponibilité des matériaux de construction et l'évolution du génie civil qui joueront un rôle.

Dès le début du XX<sup>e</sup> siècle, le réservoir sur tour a pu s'associer à l'invention du béton armé. Quelques ouvrages datant de cette période sont encore sur pied, mais la majorité des châteaux d'eau en béton armé ont été conçus à partir des années cinquante. Le recours au béton dans la construction des réservoirs sur tour a eu de nombreux avantages, tel que le coût, la facilité de mise en œuvre et la création de nouvelles formes. Une solution avantageuse, pour répondre à la reconstruction d'après-guerre, et pour palier à la demande croissante due au développement démographique et économique.

Dans le présent projet, nous parlerons d'une manière générale, des procédés de construction des châteaux d'eau en béton armé.

## A.1. Historique

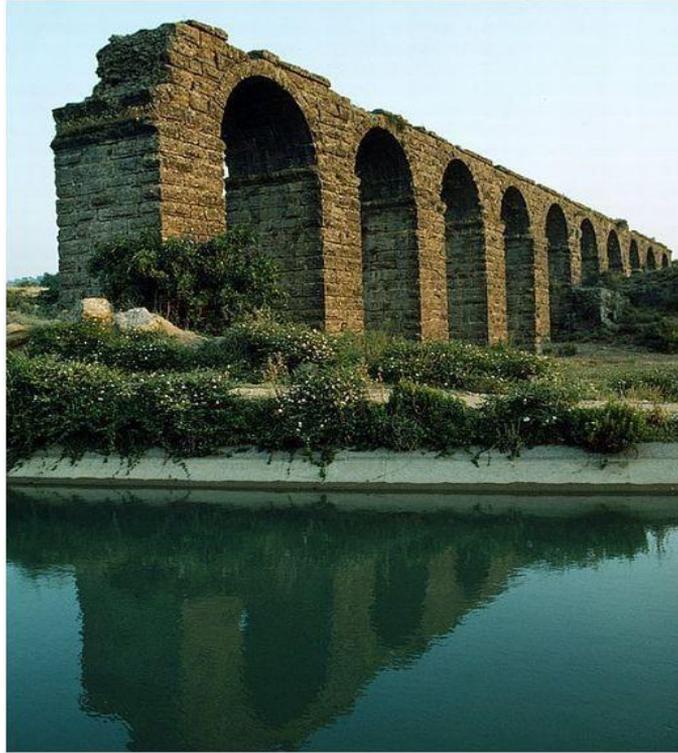
Les premiers réservoirs sur tour remontent à l'époque de la civilisation romaine. En l'an 100 après Jésus-Christ, Rome compte 19 aqueducs, 250 châteaux d'eau et 1352 fontaines qui apportent l'eau courante à la ville.



*Photo 1 – Vestige d'un château d'eau à Rome réalisé en l'an 226*

Le château d'eau est le symbole de civilisations avancées sur le plan technique, mais aussi sur celui de l'organisation. Ainsi, toutes les grandes civilisations s'y sont frottées. Elles ont accordé beaucoup d'importance au ravitaillement des agglomérations humaines en eau saine et abondante. Les romains, dont nous sommes les héritiers sur ce point, maîtrisaient parfaitement l'adduction d'eau, grâce à des aqueducs qui alimentaient les fontaines, les thermes et les installations privées de leur ville.

## PROCEDES GENERAUX DE CONSTRUCTION DES CHATEAUX D'EAU



*Photo 2 – Vestige d'un aqueduc romain construit il y a plus de 2000 ans*

Cependant, après une longue éclipse dans la civilisation européenne, remplacé par un système plus rudimentaire, « le porteur d'eau », le château d'eau réapparaît au XIXe siècle en raison de l'essor des chemins de fer et des trains à vapeur, grands consommateurs d'eau. Ce besoin inépuisable en eau des locomotives va permettre aux châteaux d'eau d'être disséminés dans les gares, et même sur de petites haltes en campagne. S'ensuivra de nombreuses constructions pour les usines, afin de fournir une pression suffisante aux machines, les refroidir et lutter contre les incendies. Des réservoirs seront édifiés également pour des camps militaires afin d'en assurer l'autonomie, pour les établissements de santé afin d'y préserver l'hygiène, pour des propriétés privées et des châteaux afin d'alimenter les fontaines et jets d'eaux, etc...

## A.2. Parcours de l'eau

Le château d'eau est un maillon de la chaîne de distribution d'eau potable. Pour comprendre le rôle du château d'eau, il est essentiel de connaître le parcours de l'eau :



Figure 1 – Illustration du parcours de l'eau

### A.2.1. Phase 1 : captage

L'eau qui sert à la consommation est d'origine superficielle (rivières, lacs, fleuves, mers...) ou souterraine (nappes phréatiques). Elle est pompée par forage ou prélevée directement en surface.

### A.2.2. Phase 2 : traitement

Une fois prélevée, l'eau subit plusieurs types de traitements afin de la rendre propre à la consommation.

Dégrillage et tamisage : l'eau est d'abord filtrée à travers une simple grille, afin d'arrêter les plus gros déchets présents dans l'eau (feuilles, insectes...). Elle passe ensuite dans des tamis à mailles fines retenant les déchets les plus petits (moins de 1 mm).

## PROCEDES GENERAUX DE CONSTRUCTION DES CHATEAUX D'EAU

Floculation et décantation : un coagulant est ajouté à l'eau pour rassembler en flocons les déchets encore présents dans l'eau (poussière, particules de terre, œufs de poissons, etc...). Ces flocons, plus lourds que l'eau, se déposent au fond du bassin de décantation et 90% des matières en suspension sont ainsi éliminées.

Filtration sur sable : la filtration sur sable élimine les matières encore visibles à l'œil nu.

Ozonation : l'eau est désinfectée grâce à l'ozone qui a une action bactéricide et virucide. Ce gaz, mélangé à l'eau, agit aussi sur les matières organiques en les cassant en morceaux. Il améliore également la couleur et la saveur de l'eau.

Filtration sur charbon actif : les filtres à charbon actif retiennent les micropolluants comme les pesticides et consomment une partie de la matière organique « cassée » par l'ozone.

Chloration : ajout de chlore à la sortie de l'usine de production et sur différents points du réseau de distribution afin d'éviter le développement de bactéries et maintenir la qualité de l'eau tout au long de son parcours dans les canalisations.

### **A.2.3. Phase 3 : stockage**

Une fois rendue potable, l'eau est transportée à travers un réseau de conduites fermées en fonte ou en acier vers des réservoirs situés généralement en hauteur : les bassins enterrés au sommet des collines ou les châteaux d'eau.

L'entreposage de l'eau dans le réservoir sur tour joue un rôle de tampon entre le débit demandé par les abonnés et le débit fourni par la station de pompage.

En effet, les besoins en eau d'une population ne sont pas permanents, ils varient en fonction de l'heure et des saisons. Les pompes, elles, ont un débit continu trop abondant la nuit et insuffisant aux heures de pointe. Les cuves permettent donc de stocker l'eau pendant les creux pour satisfaire plus tard la surconsommation.

L'entreposage de l'eau permet également de faire face aux demandes exceptionnelles en cas d'incendie.

### **A.2.4. Phase 4 : distribution**

Les réservoirs d'eau sur tour fonctionnent selon le principe des vases communicants pour assurer une pression régulière et suffisante au sein du réseau en fonction du rythme de consommation.

## PROCEDES GENERAUX DE CONSTRUCTION DES CHATEAUX D'EAU

L'eau est acheminée du point d'eau au réservoir. Si l'altitude du point d'eau est inférieure à l'altitude du réservoir, des pompes sont utilisées pour relever l'eau jusqu'à ce dernier. L'eau est ensuite envoyée dans un réseau gravitaire qui va assurer son acheminement vers l'ensemble des habitations.

L'eau est distribuée au consommateur via un système complexe de conduites dotées de vannes et d'appareils de régulation. Le niveau des réservoirs, le débit, la pression et la qualité de l'eau sont contrôlés en permanence, en de nombreux points du réseau.

La pression de l'eau qui est fournie au robinet des abonnés est proportionnelle au dénivelé qui existe entre le niveau d'eau dans le château d'eau et l'habitation : 10 mètres de dénivelé équivalent à 1 bar, 20 mètres à 2 bars, etc. (un robinet correct a une pression de sortie aux environs de 2 à 3 bars). Les plus grands châteaux d'eau peuvent contenir plusieurs dizaines de milliers de mètres cubes d'eau.

## **B. CONSTRUCTION D'UN CHATEAU D'EAU**

### **B.1. Différents types de châteaux d'eau - Nomenclature**

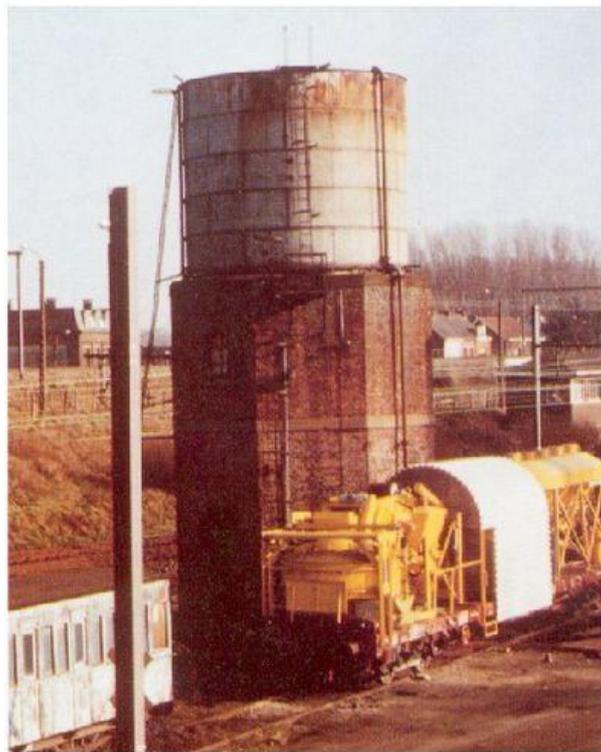
Depuis le début de construction des réservoirs d'eau sur tour, différents types de structures se sont imposés au fil des temps. Suivant les matériaux et les connaissances techniques de l'époque, les châteaux d'eau ont eu une forme différente. Un classement des différents réservoirs sur tour modernes peut être donné :

#### **B.1.1. Cuve cylindrique métallique**

Ce type de réservoir a été utilisé au début du 20<sup>e</sup> siècle par les compagnies ferroviaires, afin de ravitailler en eau les chaudières des locomotives à vapeur. D'une capacité inférieure à 100 m<sup>3</sup>, la cuve métallique repose sur un fût constitué de maçonnerie brique ou de poutres en béton et de maçonneries entre celles-ci.

De tels types simples de réservoirs sur socle se retrouvent encore actuellement, surtout dans l'agriculture et l'horticulture.

Années de construction de ce type de réservoir : 1899 à 1954.



*Photo 3 – Réservoir métallique sur fût maçonné du début du XXe siècle*

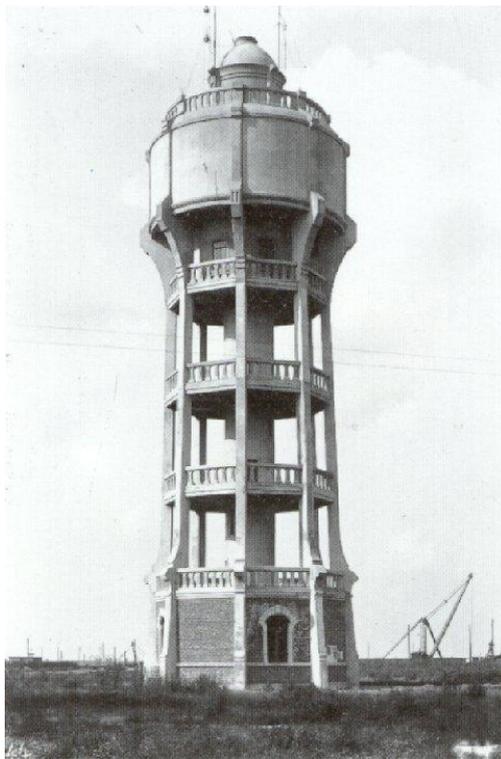
### B.1.2. Réservoir de type Hennebique

Les premiers réservoirs en béton armé sont de type Hennebique, du nom de leur concepteur François Hennebique, ingénieur Français, l'un des premiers à utiliser le béton armé dans la construction. Ils sont constitués de six ou huit appuis en béton armé disposés de façon cylindrique ou pyramidale, et reliés entre eux par des poutres circulaires. La cuve en béton en encorbellement est portée par des poutres en béton disposées en croix ou reposant radialement sur les poutres verticales.

De par leur coût peu élevé, ces châteaux d'eau sont essentiellement associés à la distribution d'eau industrielle.

La capacité de cuve de ce type de réservoir reste encore réduite, et est comprise entre 50 et 150 m<sup>3</sup>.

Années de construction de ce type de réservoir : 1900 à 1940.



*Photo 4 – Réservoir construit en 1907*

### **B.1.3. Réservoir de type Monnoyer**

C'est un réservoir avec un fût polygonal tronconique sur semelle, constitué d'un assemblage de parpaings moulés à cet effet, qui s'emboîtent les uns dans les autres, créant à chaque jonction une sorte de demi-colonne creuse dans laquelle est coulé le béton armé.

Début de construction de ce type de réservoir : 1930.



*Photo 5 – Réservoir construit en 1934*

### **B.1.4. Réservoir de type colonne**

Le diamètre du fût et de la cuve est identique et constant sur toute la hauteur. Des variantes existent : elles présentent des contreforts sur toute ou partie de la hauteur du réservoir, et une distinction peut se faire entre la cuve et le fût par la présence d'un léger encorbellement sur la base de la cuve.

Ce type de réservoir est construit avec une cuve en béton armé et un fût en maçonnerie ou en béton armé.

Années de construction

- 🚧 1906 à 1984 pour les réservoirs de grande hauteur (Photo 7)
- 🚧 1892 à 1909 pour les réservoirs de faible hauteur (Photo 8)

## PROCEDES GENERAUX DE CONSTRUCTION DES CHATEAUX D'EAU



Photo 6– 1936-700m<sup>3</sup>

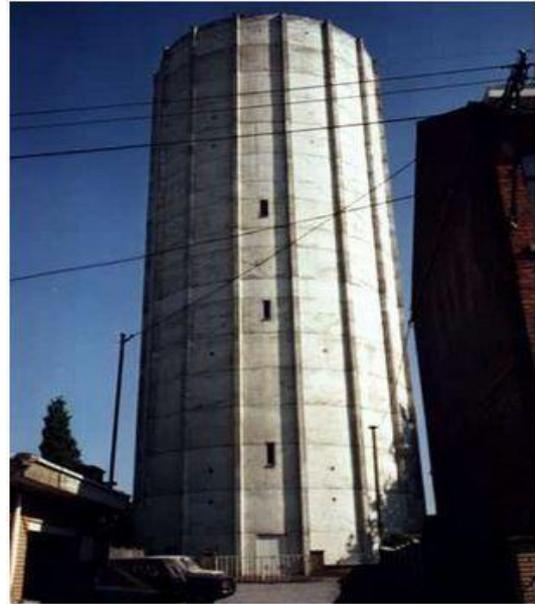


Photo 7 – 1979-100m<sup>3</sup>

### B.1.5. Cuve à faible encorbellement ou champignon

Elle se caractérise par une cuve droite en béton reposant sur un fût en béton ou en maçonnerie. La base de la cuve connectant cette dernière au fût, est légèrement inclinée.

Année de construction : 1900 à 1960.



Photo 1 - 1950 – 60 m<sup>3</sup>



Photo 2 - 1930 – 500 m<sup>3</sup>

### B.1.6. Cuve conique avec fût droit ou fût conique

Ce type de réservoir se caractérise par une forme conique inversée de la cuve. Cette dernière repose sur un fût conique ou droit. La capacité de ces réservoirs ne dépasse pas les 500 m<sup>3</sup>.

Année de construction : 1964 à nos jours.



Photo 11 - 1977 – 200 m<sup>3</sup>



Photo 12 - 200 m<sup>3</sup>

### B.1.7. Cuve à fort encorbellement

Elle se caractérise par une cuve avec un voile fortement incliné ou droit, et un fût étroit et haut sur lequel est implantée la cuve. Le diamètre du fût peut être variable sur la hauteur.

De tels châteaux d'eau sont conçus pour emmagasiner des volumes d'eau compris entre 1500 et 3000 m<sup>3</sup>, et sont construits suivant un procédé différent. Le fût est réalisé en premier, et après la cuve est assemblée sur le sol et hissée ou élevée au moyen de vérins tel un élément préfabriqué (voir Paragraphe III.2.5 – Construction de la cuve).

Année de construction : 1960 à nos jours



*Photo 3 - 1985 – 1600 m<sup>3</sup>*



*Photo 4 - 1983 – 2000 m<sup>3</sup>*

### **B.1.8. Réservoirs sphériques**

Dans ces réservoirs métalliques, la cuve est sphérique. Pour les réservoirs de capacité ne dépassant pas 500 m<sup>3</sup>, le support est généralement composé d'un fût cylindrique légèrement conique de faible diamètre par rapport à celui de la cuve. Pour les réservoirs sphériques de grande capacité, leur support comprend une série de colonnes tubulaires qui permettent de masquer les tuyauteries et les échelles d'accès.

Année de construction : 1960 à 1980.



*Photo 5 - 1974 – 1000m<sup>3</sup>*

### **B.1.9. Réservoirs sphéroïdaux**

La cuve métallique de ces réservoirs présente une forme de bulbe qui est plus avantageuse du point de vue de la résistance. Ces réservoirs peuvent atteindre des capacités de 2000 à 3000 m<sup>3</sup>. Le support est constitué comme les précédents d'un fût central.

Année de construction : 1980 à nos jours.



*Photo 6 - Réservoir à cuve sphéroïdale*

### **B.1.10. Réservoirs à fond sphéroïdal**

La cuve métallique de ce type de réservoir est composée de deux calottes sphériques raccordées par un élément en forme de cylindre. Ce type de réservoir est utilisé pour des grandes capacités de 1 000 à 10 000 m<sup>3</sup>.

Année de construction : 1980 à nos jours



*Photo 7 - Réservoir à fond sphéroïdal*

## B.2. La structure d'un château d'eau en béton armé

Le béton armé est le matériau de prédilection pour la construction des châteaux d'eau modernes, comme il le fut déjà dès le début du 20<sup>e</sup> siècle.

L'art du coffrage, l'excellente connaissance théorique et pratique du matériau, dans sa composition et dans sa mise en œuvre, sa résistance et sa faible sensibilité à la corrosion, moyennant le respect de quelques règles, permettent de donner une grande variété de formes aux réservoirs.

Ci-dessous, un schéma de principe structurel d'un réservoir sur tour moderne à cuve conique :

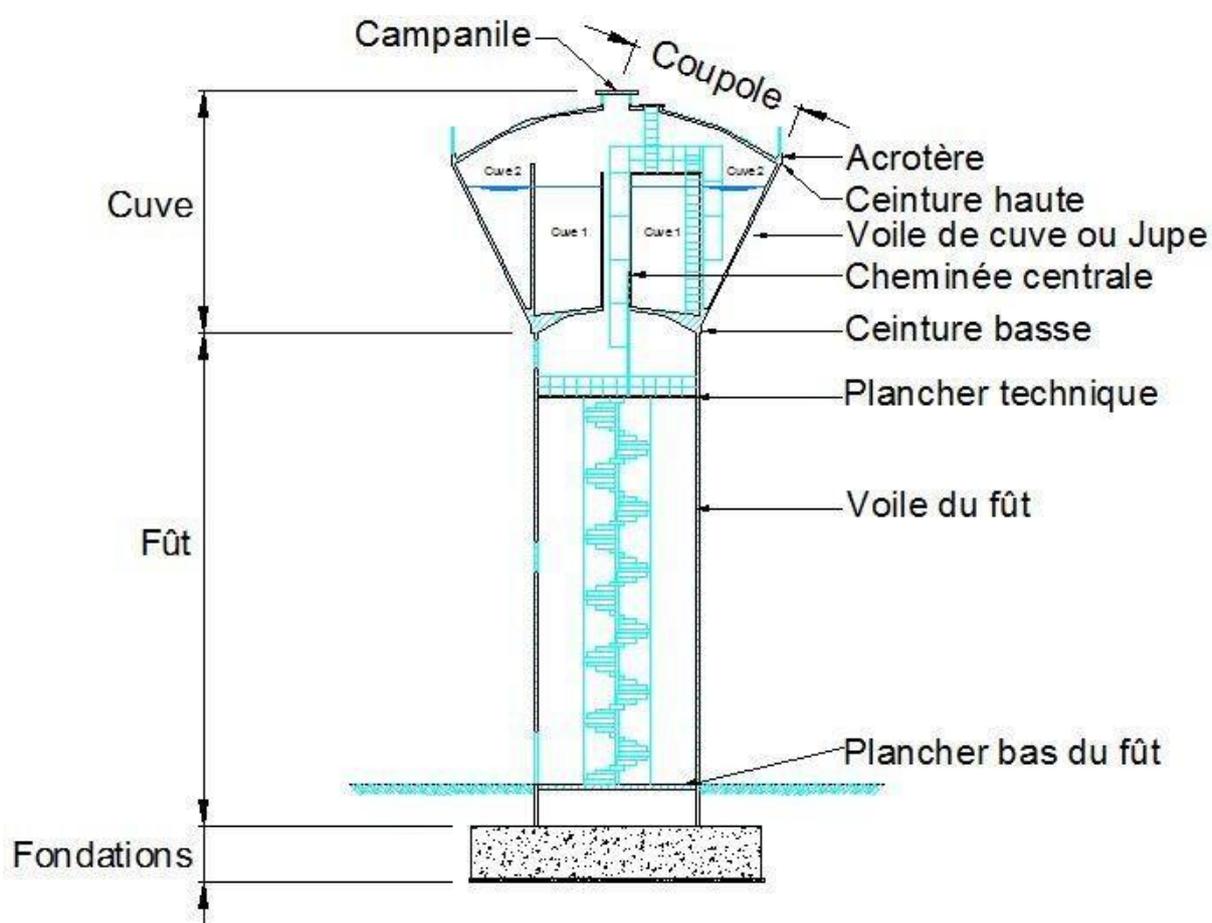


Figure 2 – Schéma de principe structurel d'un réservoir à cuve moderne

### B.2.1. Les fondations

La fondation des châteaux d'eau est toujours importante car elle reçoit une charge de plusieurs milliers de tonnes que constitue le fût avec la cuve.

## PROCEDES GENERAUX DE CONSTRUCTION DES CHATEAUX D'EAU

Elle dépend évidemment en premier lieu de la qualité du sol (figure 3).

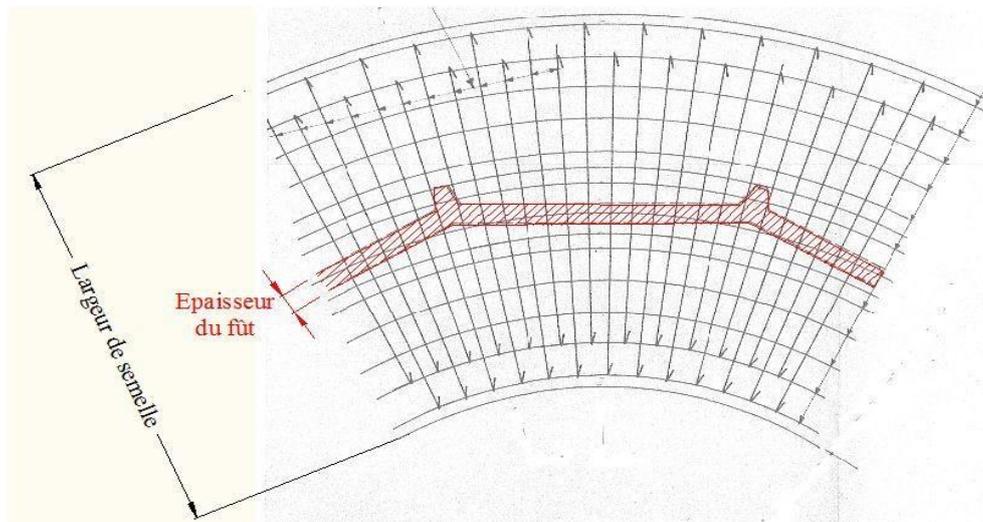
En bon terrain, une fondation directe sur semelle suffit (semelle annulaire sous piliers et semelle ou petit radier sous fût).



*Photo 9 - Début de réalisation d'une fondation de château d'eau après fouille*



*Photo 8 - Fondation d'un château d'eau réalisée*



*Figure 3 - Vue en plan du ferrailage d'une semelle de fondation circulaire*

Un terrain de portance plus médiocre réclame un radier. Les couches de sol sous radier peuvent être améliorées par remplacement ou battage de colonnes de gravier. Enfin, des pieux en béton armé, battus ou forés, sont réalisés quand le terrain possède des caractéristiques mécaniques faibles sur une grande profondeur. Cette solution est d'ailleurs souvent plus économique et meilleure vis-à-vis des tassements, qu'un radier général de grande étendue.

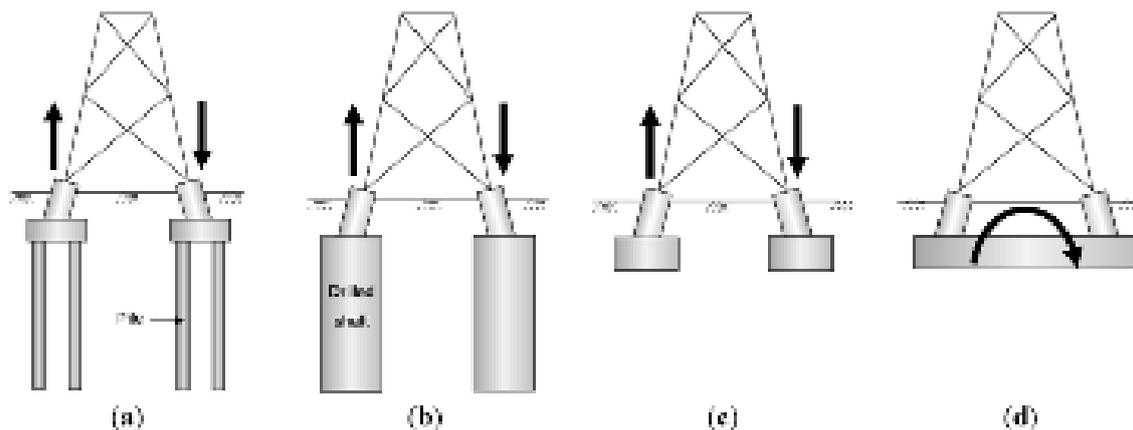


Figure 4 - Les types de fondation possible

### B.2.2. Le fût

Les fûts cylindriques des ouvrages en béton à cuve conique ou droite reprennent seuls la charge verticale et les efforts du vent, et sont donc sollicités à la fois en compression et en flexion. Leur relative flexibilité impose la vérification à la résonance, phénomène oscillatoire produit par les rafales de vent.

Classiquement, le château d'eau en béton est construit à l'aide d'un échafaudage.

En raison de la hauteur de l'ouvrage, de l'étendue de la cuve et des charges élevées qui lui sont transmises en cours de travaux, cette construction provisoire doit être robuste et occupe dans l'espace un volume important. Son montage et son immobilisation représentent une fraction substantielle des charges du chantier. D'autre part, le coffrage dans ses méthodes traditionnelles, appliquées à des formes complexes, dans des conditions de travail difficiles, représente le coût prépondérant dans le gros-cœuvre de l'ouvrage.

Le coffrage grimpant permet la réalisation, par tranches verticales successives, du fût du château d'eau. Il comporte les passerelles de travail nécessaires et prend appui sur la structure même (voir photo 20).

## PROCEDES GENERAUX DE CONSTRUCTION DES CHATEAUX D'EAU



*Photos 20 et 21 - Coffrage grimpant du fût*

Il en est de même du coffrage glissant, à cette différence que ce dernier monte de façon continue, jour et nuit, de la base au sommet du fût. Quelques jours suffisent pour atteindre une hauteur de plusieurs dizaines de mètres.

Ces méthodes s'appliquent le plus facilement à des éléments prismatiques ou de section peu variable. La seconde permet une économie de temps considérable. Leur avantage est cependant réduit du fait qu'elles n'évitent pas, dans la plupart des cas, la construction d'un échafaudage pour la construction de la cuve.



*Photos 22 et 23 - Phase finale de réalisation du fût*

### **B.2.3. Plancher bas et planchers intermédiaires**

Les différents planchers, du plancher bas aux planchers intermédiaires sont réalisés au fur à mesure de l'avancement du fût.

Dans le cas de la mise en place d'un escalier hélicoïdale en béton, ou métallique, celui-ci est également monté en avancement avec la construction du fût.

### **B.2.4. La cuve**

Les cuves des châteaux d'eau sont presque entièrement composées de parois relativement minces (épaisseur minimale de 15 cm pour les ouvrages de Classe A, et épaisseur minimale de 12 cm pour les ouvrages de Classe B et C – voir définition des Classes au paragraphe C.2. « *Description des différents équipements* »), à symétrie de révolution.

La base de la cuve est le siège d'efforts horizontaux considérables, qui doivent être repris par des ceintures travaillant, selon le cas en traction ou en compression.



*Photo 24 - Echafaudage pour la réalisation de la cuve*

## PROCEDES GENERAUX DE CONSTRUCTION DES CHATEAUX D'EAU

Les parois et les ceintures tendues des cuves en béton reçoivent un ferrailage important, qui assure seule leur résistance, le béton étant inapte à reprendre la traction. Les tensions dans le béton doivent y être limitées, pour éviter sa fissuration. Les sections sont donc assez importantes. Ce qui a conduit à utiliser pour ces éléments, dans les ouvrages importants, la précontrainte, mise en compression préalable du béton par câbles ou fils, qui conduit à une réduction considérable des quantités d'armatures et est très favorable pour l'étanchéité.

La paroi latérale des cuves cylindriques à fond plat est encastrée à la base et donc soumise à la fois à un effort annulaire de traction et à flexion. Le fond est, de son côté, fléchi entre ses supports, colonnes et fût, auxquels il transmet intégralement le poids de l'eau.

### **B.2.4.1. Cuve coffrée en tête du fût**

Ordinairement, la cuve béton d'un réservoir se construit avec un échafaudage de grande hauteur mis en place en périphérie du fût. Ce dispositif provisoire permet ainsi d'accueillir le coffrage de la cuve, sur lequel seront mises en place les armatures de construction, et dans lequel le béton sera mis en œuvre. Pour l'aspect fini et lisse, un enduit de type mortier hydraulique a été mis en place sur de nombreux réservoirs anciens.



*Photo 25 - Mis en place de l'échafaudage*



*Photo 26 - Coffrage de la cuve*



*Photo 27 - Réalisation de la cuve*

Cette technique de construction de la cuve a l'inconvénient d'immobiliser un important dispositif de coffrage.

### **B.2.4.2. Cuve coffrée au sol**

Des constructeurs ont pu éliminer cet inconvénient en concevant la cuve au sol, autour du fût déjà réalisé, et en levant celle-ci à l'aide de vérins et de câbles placés en tête du fût. Une fois la cuve mise en place, elle est fixée au fût par des éléments précontraints.

Ce procédé permet ainsi un gain de temps manifeste, et réduit la quantité de matériel nécessaire à la réalisation de la cuve. Cette technique est bien adaptée à l'exécution de réservoirs de grande hauteur, et à cuve de fort encorbellement.



Photo 28 - Coffrage au sol de la cuve



Photo 29 - Levée de la cuve par câbles

### B.2.5. La coupole de couverture

La coupole est l'élément voûte en forme de demi-sphère qui repose sur la cuve et qui la rend clos. Cet élément beaucoup plus léger que la cuve, est en béton armé pour les réservoirs modernes. Elle est fabriquée au sol, et levée à l'aide d'une grue pour être mis en place sur la cuve. Elle peut également être coffrée et coulée en place.



Photos 30 et 31 – Coupole d'une cuve : réalisation et montage

Sur les châteaux d'eau plus anciens, les coupoles peuvent être constituées de maçonnerie enduite d'un mortier présent en intrados et en extrados.

## C. LES EQUIPEMENTS

### C.1. Les équipements de sécurité

Les réservoirs surélevés ont une hauteur souvent supérieure à la dizaine de mètres. L'accèsion à la cuve et aux différents organes de fonctionnement nécessaires à la distribution d'eau potable exige des équipements qui soient fonctionnels et sécuritaires.

Dans le cas du réservoir sur tour, les différents équipements de sécurité se répartissent sur toute la hauteur du réservoir (voir figure 4). On distingue de bas en haut :

- ✚ La porte d'accès
- ✚ Les escaliers (hélicoïdale, droit, ...)
- ✚ La fenêtre d'éclairage
- ✚ L'échelle de cheminée, l'échelle de cuve et l'échelle d'accès à la coupole
- ✚ Le capot d'obturation en tête de cheminée
- ✚ Le campanile d'accès à la coupole (figure 5)
- ✚ Les garde-corps de la coupole
- ✚ L'étanchéité intérieure de la cuve

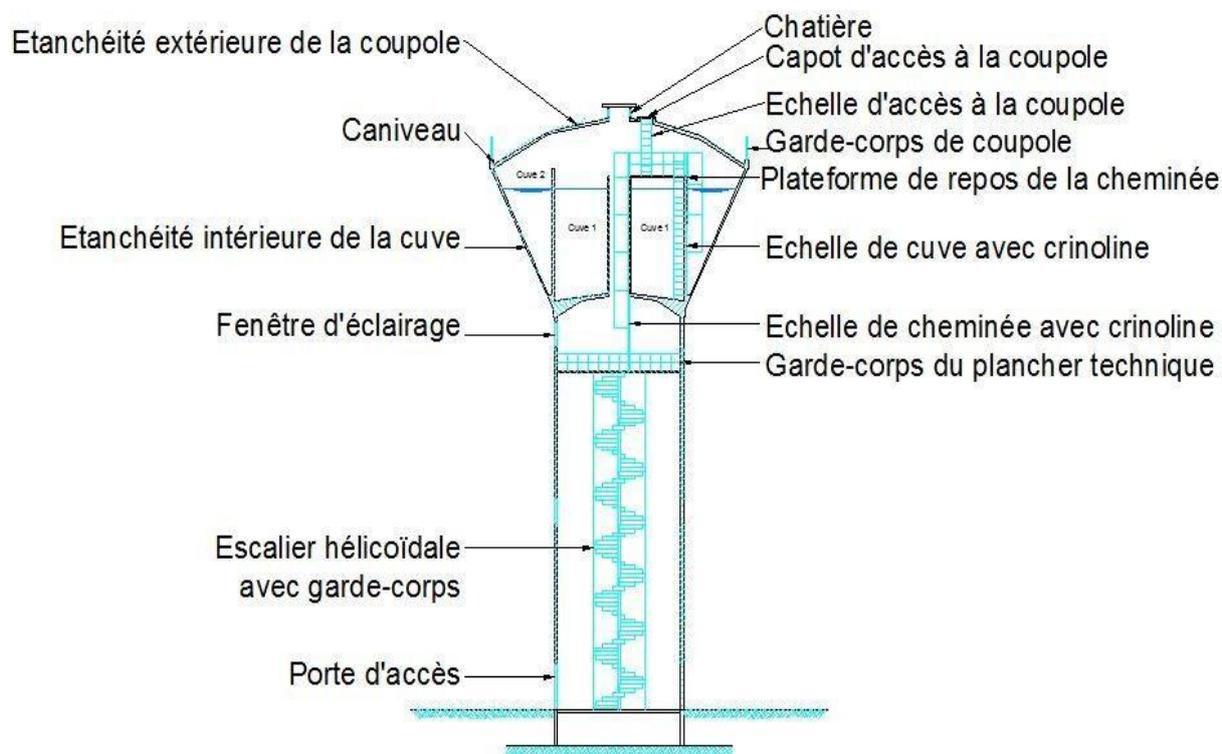


Figure 5 – Différents équipements du réservoir



Figure 5 – Equipements de sécurité : le campanile d'accès et les garde-corps

### C.2. Les équipements hydrauliques

Les canalisations intérieures du château d'eau sont en acier inox, à brides boulonnées (figure 6). Leur diamètre est souvent réduit par rapport à celui des conduites extérieures enterrées qui aboutissent à l'ouvrage. L'économie et le plus faible poids des pièces à manipuler compensent les pertes de charges accrues sur quelques dizaines de mètres de canalisations. Elles sont revêtues d'époxy, ou métallisées et peintes ensuite, ou encore plastifiées à chaud



Photo 32 – Raccords entre les canalisations

## PROCEDES GENERAUX DE CONSTRUCTION DES CHATEAUX D'EAU

Les principales canalisations (figure 6) sont les suivantes :

- ✚ La conduite d'amenée d'eau
- ✚ La conduite de distribution d'eau
- ✚ La canalisation de trop-plein

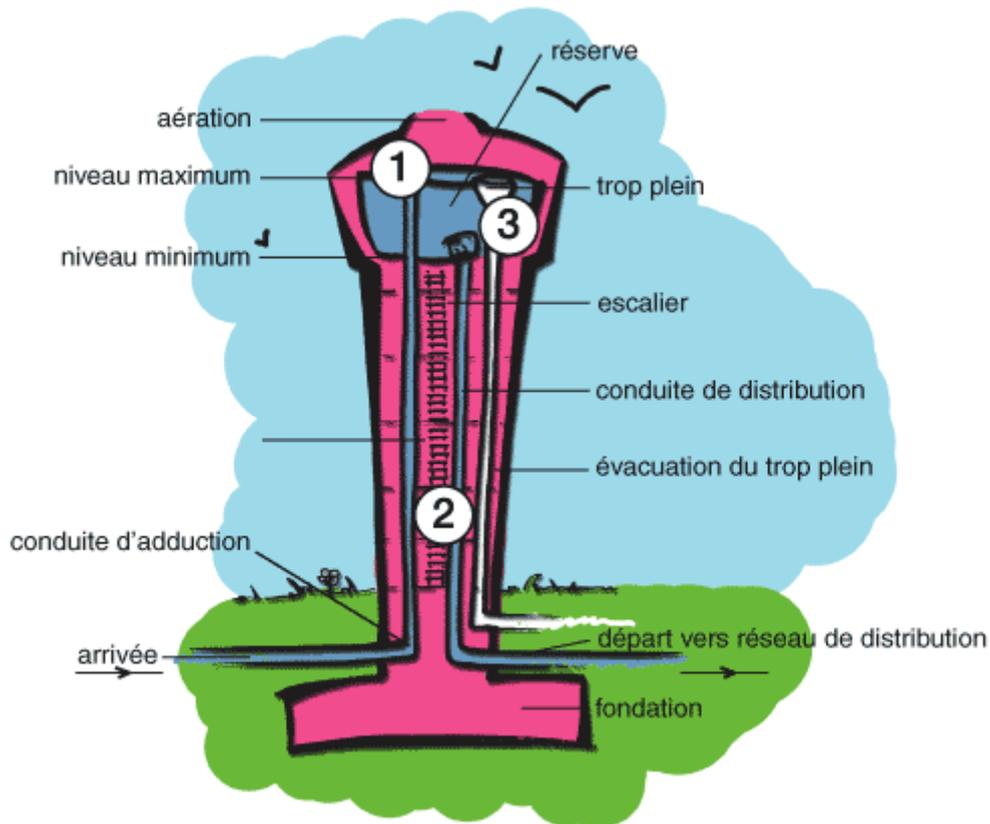


Figure 6 – Les canalisations intérieures du château d'eau

### C.3. Autres équipements

Grâce au point haut qu'ils représentent, de nombreux réservoirs sur tour sont utilisés comme emplacement d'antenne relais des différents opérateurs de téléphonie mobile. Ces antennes sont placées sur le campanile de la coupole, fixées sur les bords périmétriques de la cuve, ou au sol à proximité du château d'eau.

## D. Réalisation de l'étanchéité des cuves

### D.1. Les types de revêtement d'étanchéité

A l'intérieur des cuves de château d'eau, plusieurs types de revêtement ont été adoptés pour assurer l'imperméabilité des parois :

- Étanchéité de type enduit hydraulique (classe B)
- Étanchéité à base résine époxy (classe C) :
- Étanchéité à base polyuréthane (classe B)
- Étanchéité de type membrane bitumineuse
- **Étanchéité à base de membrane de hauts polymères (Classe C)**
- Etanchéité extérieure de la coupole

### D.2. Étanchéité en membrane de hauts polymères – Les Coques en PEHD

Le matériau d'étanchéité est composé d'une plaque PEHD avec des crampons. La plaque et les crampons, souvent appelés coque, sont fabriqués en une seule phase permettant ainsi d'obtenir une résistance élevée à l'arrachement. L'étanchéité est mise en place au coulage du béton.



*Figure 7 – Plaque PEHD munie de crampons*

## D.2.1. Les voiles ou parois verticales

La plaque est posée directement sur le coffrage (photo 33 et figure 8). Elle est maintenue mécaniquement en tête et en pied. Le raccordement des panneaux entre eux est réalisé par un profilé dit « à déchirer » (photo 34). Celui-ci permet de conserver un écartement constant et limite le nettoyage ultérieur au droit de la zone à souder. Ce profilé est conducteur, ce qui permet de contrôler la soudure au peigne électrique (figures 9 et 10). Les raccordements au droit des pénétrations : canalisations, écarteurs (photo 35), sont réalisés par extrusion après coulage du béton.



Photo 33. Mise en place de l'étanchéité sur les banches

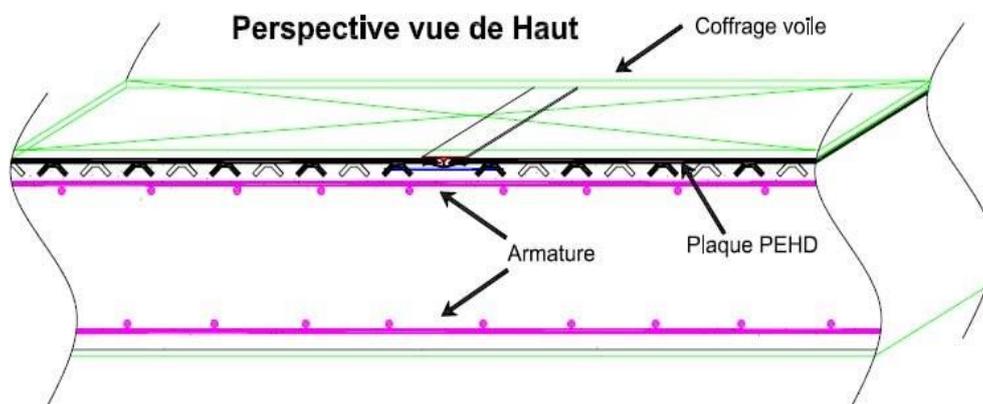


Figure 8 – Schéma selon photo 33.



Photo 34 – Raccordement des panneaux par le Profilé « à déchirer »

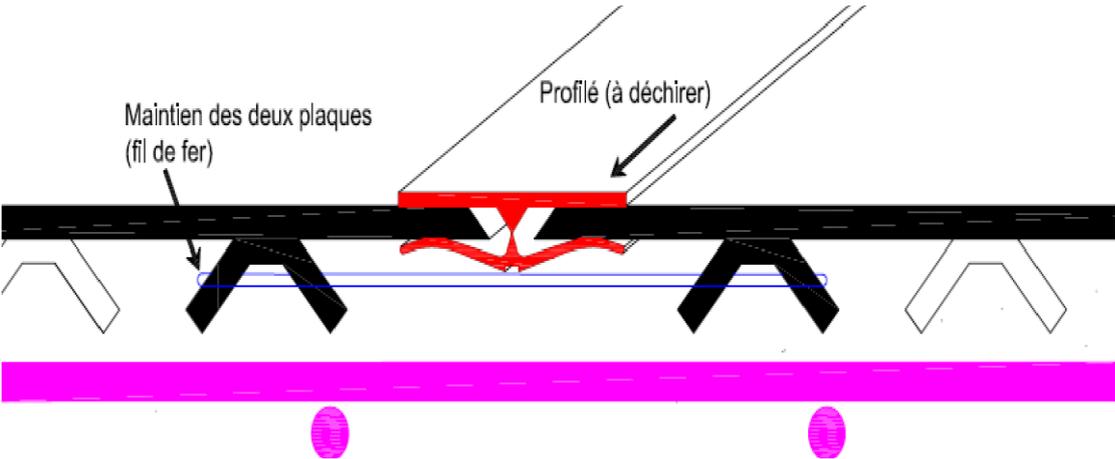


Figure 9 – Détail du profilé « à déchirer »

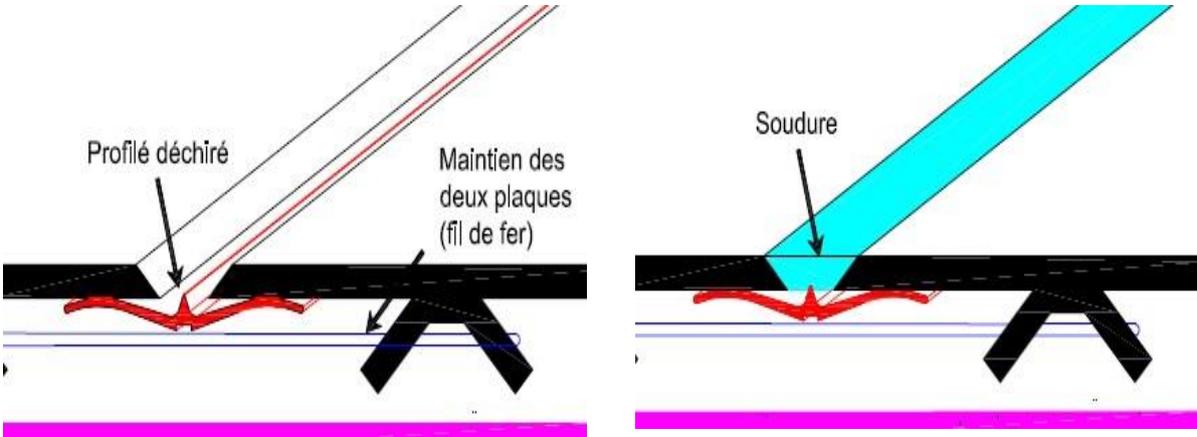


Figure 10 – Profilé déchiré (à gauche) puis Soudure par extrusion (à droite)



Photo 35 – Raccordement sur canalisation

### D.2.2. Le radier

Un quadrillage de nus en béton est mis en œuvre pour assurer la planéité du radier et pour servir d'appui à la mise en œuvre des plaques (figure 11). La disposition de ces nus est fonction de la géométrie de l'ouvrage et des dimensions des plaques retenues. Sur chaque nu est ancré un profilé PE électro-conducteur.

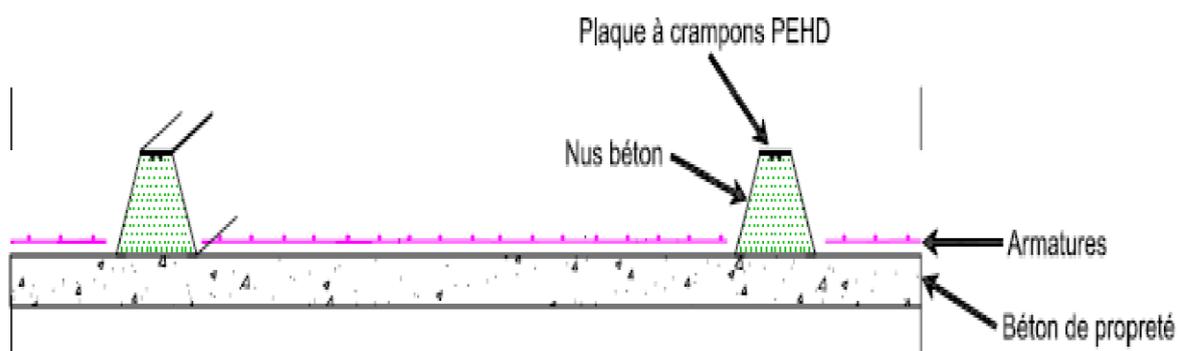


Figure 11 – Nus en béton avec plaque PEHD électro conducteur

On coule du béton entre les nus en béton (photo 36, figure 12).

## PROCEDES GENERAUX DE CONSTRUCTION DES CHATEAUX D'EAU



Photo 36 – Coulage du béton entre les nus

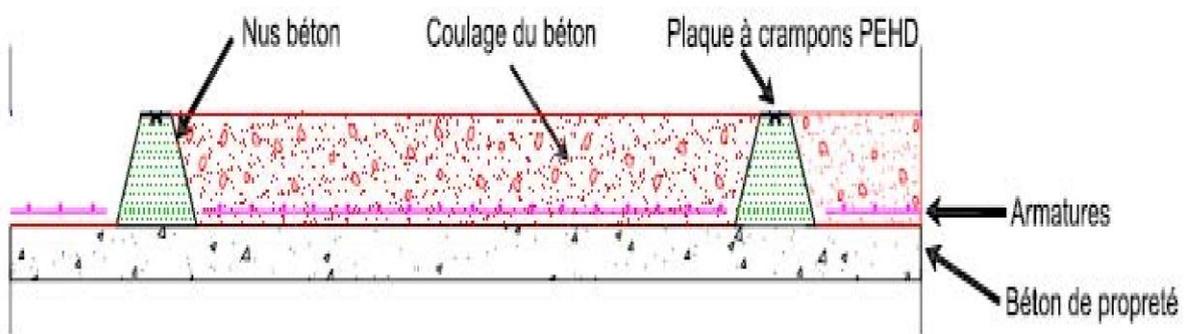


Figure 12 – Coulage du béton entre les nus

Une fois la dalle tirée, on vient mettre la plaque (photo 37, figure 13). On leste celle-ci en plaçant un contreplaqué de répartition et un lestage efficace pour une bonne prise des crampons dans le béton (figures 14, Photo 38).

PROCEDES GENERAUX DE CONSTRUCTION DES CHATEAUX D'EAU



Photo 37 – Mise en place de la plaque

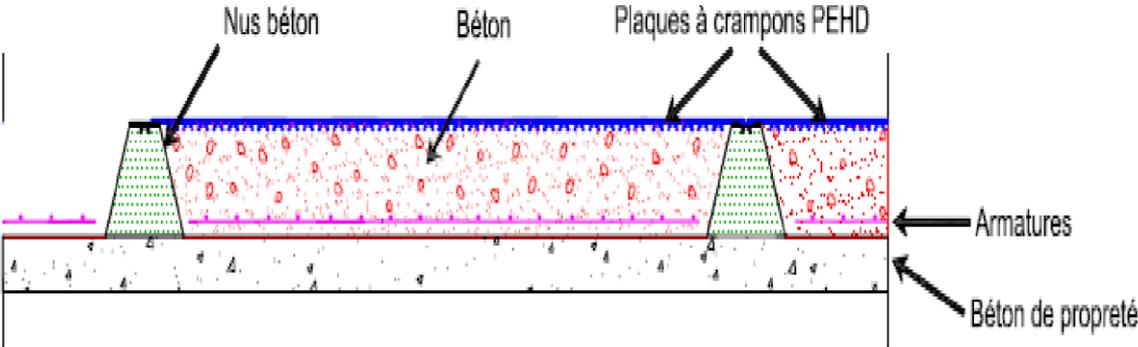


Figure 13 – Plaque PEHD posée sur le béton frais

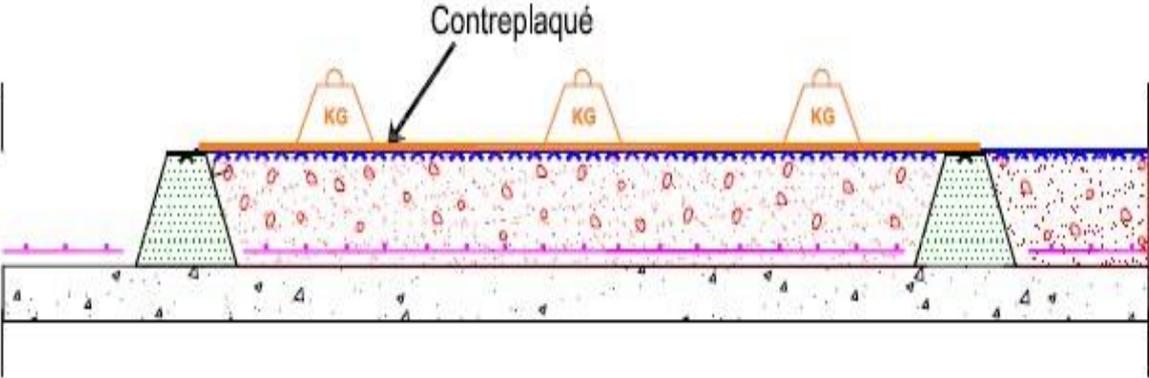


Figure 14 – Contreplaqué de répartition + lestage



*Photo 38 – Lestage*



*Photo 39 – Trous d'évents*

Lors de la mise en place des plaques dans le béton frais, le volume des crampons crée un surplus de matériaux qui s'échappe sur les côtés par des ouvertures laissées dans les nus. Pour la mise en place de la dernière plaque, ce surplus de béton ne peut s'échapper que par le dessus. On pratique alors une ouverture dans la plaque (photo 39), qui sera rebouchée ultérieurement.

### **D.2.3. Les soudures**

Après la prise du béton, les coffrages sont retirés et les soudures sont effectuées (photo 40). Une préparation soignée de la soudure est nécessaire : grattage et nettoyage des parties à souder (figure 19).

Nota : Toutes les soudures sont contrôlées au peigne électrique (figure 15).



*Photo 40 – Soudure par extrusion*



*Figure 15 – Peigne électrique*

PROCEDES GENERAUX DE CONSTRUCTION DES CHATEAUX D'EAU

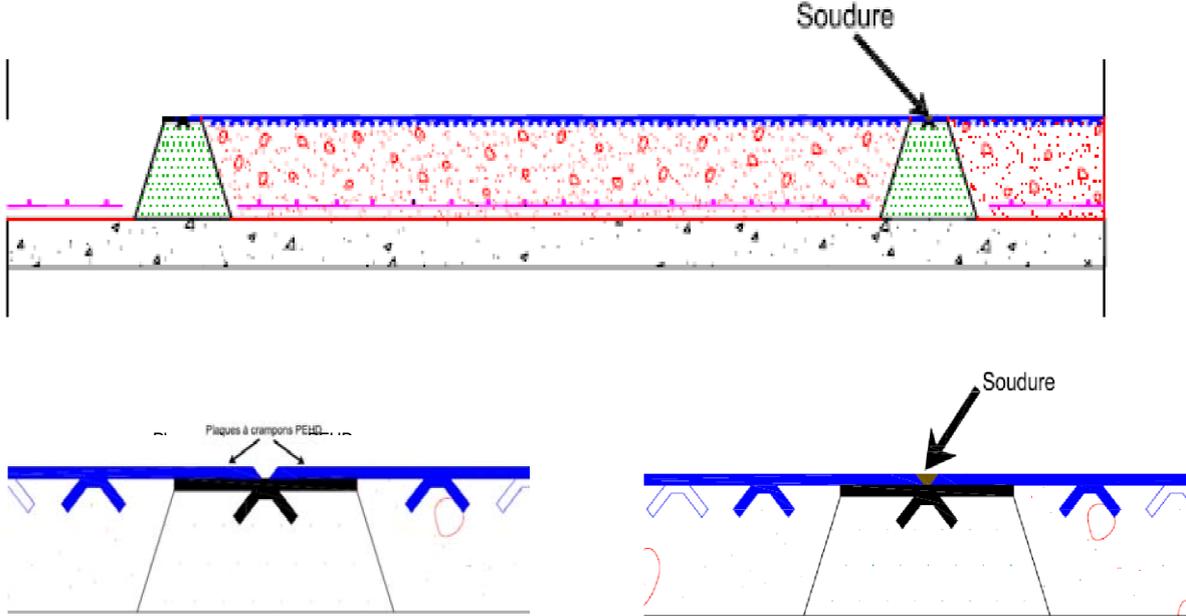


Figure 16 – Grattage au droit des parties à souder puis souder

Le raccordement entre le radier et les voiles est réalisé selon les mêmes procédés (figure 17).

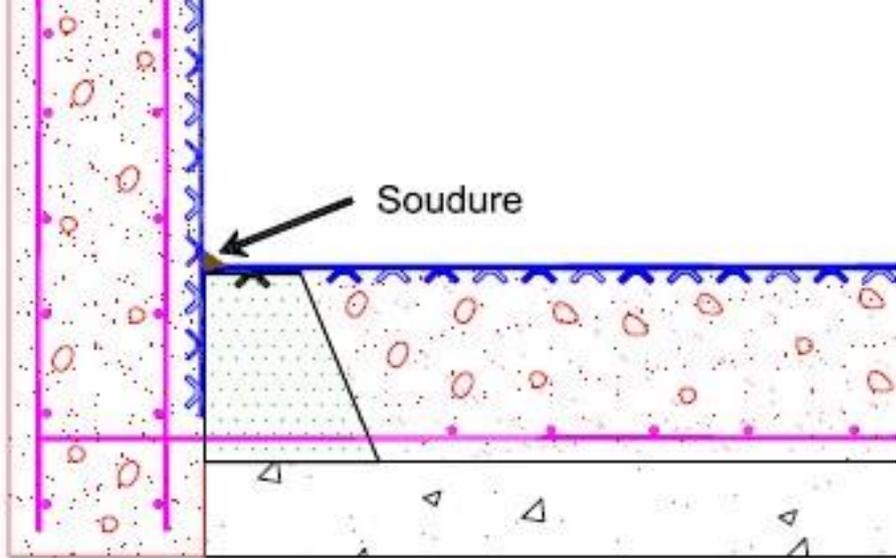


Figure 17 – Détail d'un raccordement radier / voile

### D.2.4. Le plafond

Pour la réalisation du plafond, étant donné la hauteur de la cuve (8 m), l'entreprise a eu, on peut avoir recours au système poutres préfabriquées et prédalles. Ces éléments sont coulés en usine, la plaque PEHD ayant été mise en fond de coffrage. Les éléments composant le plafond sont ainsi arrivés sur chantier pré-étanchés. Au préalable, des réservations ont été réalisées pour recevoir des poutres (photos 41 et 42).

Les poutres et les prédalles sont posées de façon traditionnelle puis la dalle de compression est ensuite coulée. Les raccords poutres / prédalles et voiles sont effectués par soudure, en plafond, selon la même méthode que précédemment (figures 18 et 19).



*Photo 41 – Réserve pour la pose d'une poutre*



*Photo 42 – Vue d'ensemble de l'ouvrage avant le coulage du plancher*



*Photo 43 – Vue de l'ouvrage terminé*

PROCEDES GENERAUX DE CONSTRUCTION DES CHATEAUX D'EAU

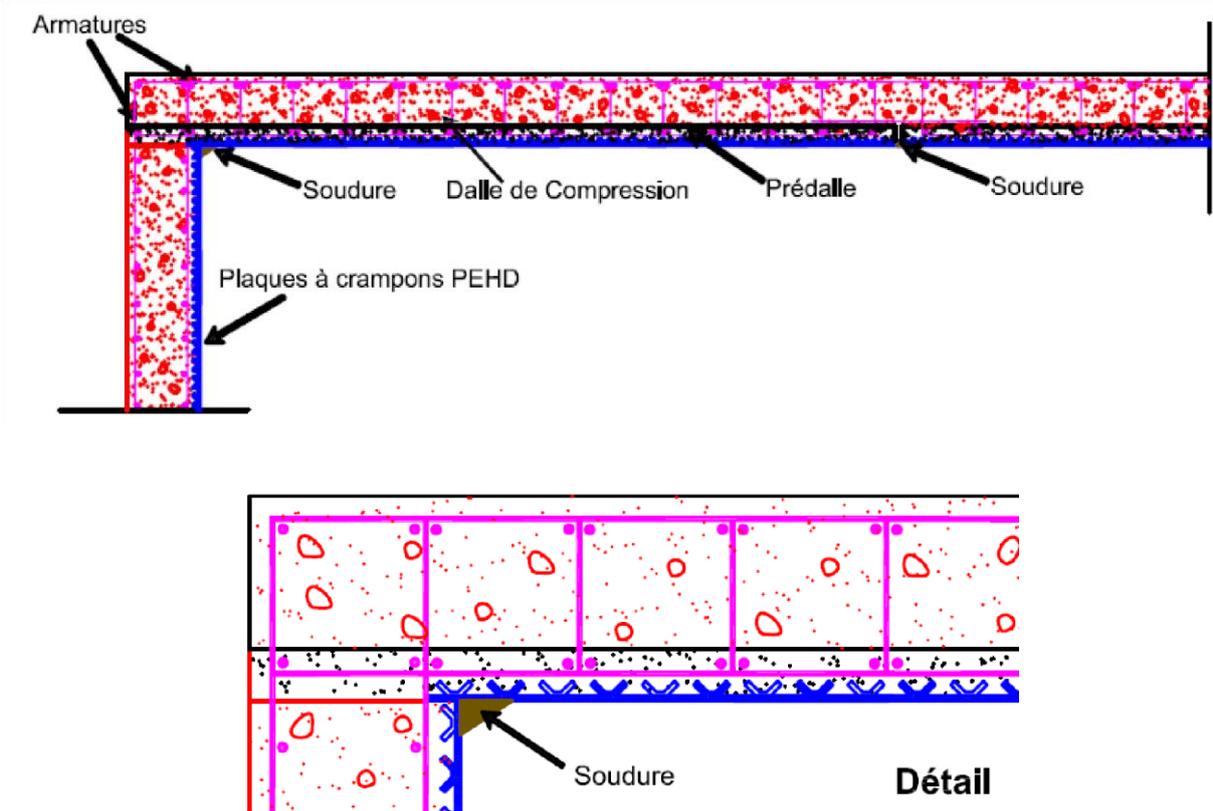


Figure 18 – Raccordement voile / plancher

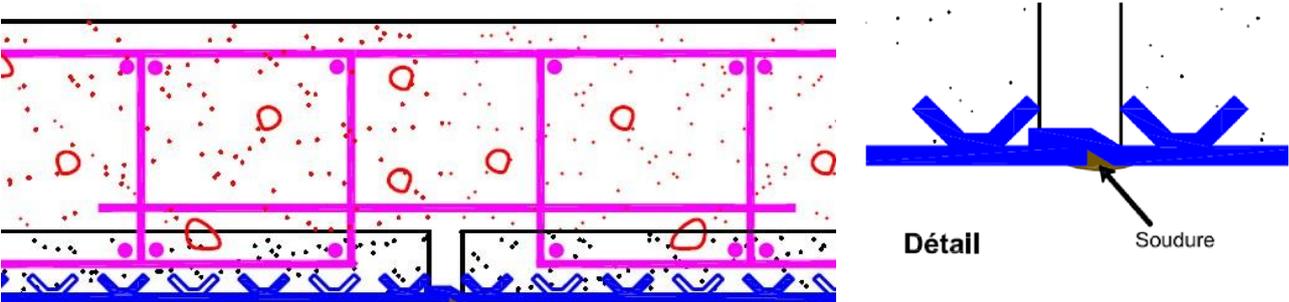


Figure 19 – Raccordement entre 2 prédalles

### **E. CONCLUSION**

La construction de réservoirs en béton armé est extrêmement répandue. Aujourd'hui la majorité de ces ouvrages est encore en service et subissent des désordres liés à leur exploitation et à leur usure. Ces désordres sont essentiellement structurels, et liés à l'étanchéité. Les facteurs principaux dégradant de la cuve et de son fût proviennent de l'agressivité de l'eau, des techniques de nettoyage et de désinfection des cuves, pour l'intérieur, et de l'exposition en altitude, l'ensoleillement différentiel, les cycles gel/dégel, les intempéries (neige et vent) pour l'extérieur.

En outre, tirer des conclusions sur le comportement d'un ouvrage nécessite de maîtriser les données structurelles, environnementales, etc...

Des missions d'inspection et de diagnostic sont alors nécessaires et doivent par conséquent s'inscrire clairement dans une démarche permettant de faire un état des lieux de l'ouvrage. Ces missions constituent une aide décisionnelle pour le maître d'ouvrage.

Les travaux de réparation et de confortement tenant compte de l'ensemble des préconisations élaborées à l'issue du diagnostic permettront de restaurer la structure, et de la conforter pour un usage prolongé et durable.