

Chapitre IV

LES RESERVOIRS

1. Introduction :

Les eaux qui sont généralement captées peu ou bien trop loin de l'agglomération, sont acheminées grâce à des conduites vers les lieux de distributions, ce qu'on appelle le lieu de stockage.

Donc le stockage se fait dans des réservoirs, ces réservoirs différents de leur forme, leur capacité de stockage, leur position par rapport à l'agglomération et même leur rôle. Mais malgré cette différence entre les réservoirs on ne trouve généralement ces derniers que sur le point le plus haut dans l'agglomération pour assurer une distribution gravitaire et gagnant d'énergie.

2. Définition d'un réservoir :

Un réservoir est une enveloppe contenant un liquide, ce liquide est généralement de l'eau, soit potable. Parmi les liquides autres que l'eau les plus souvent le lit et les hydrocarbures.

Les réservoirs peuvent être construits découverts ou au contraire munis d'une coupole ou en dalle plate. Les réservoirs peuvent être simples ou complexes et formés de plusieurs cellules. La forme en plan peut être quelconque. Cependant la plupart du temps les petits réservoirs se font carrés ou rectangulaires, mais la forme circulaire est moins coûteuse.

3. Rôle du réservoir :

- Satisfaire les besoins en eau de l'agglomération.
- Permettre une marche plus uniforme des pompes.
- D'assurer aux heures de pointes les débits maximaux demandés.
- Régulariser les pressions dans le réseau de distribution.
- Maintenir l'eau à l'abri des risques de contamination et la préserver contre les fortes variations de température.

4. Classification des réservoirs :

4.1. D'après la nature des matériaux, on distingue :

- Les réservoirs en maçonneries.
- Les réservoirs en bétons armé, ordinaire ou précontraint.

4.2. D'après la situation des lieux, ils peuvent être :

- Enterrés.
- Semi enterrés.
- Surélevés sur tours (château d'eau).

5. Emplacement du réservoir :

5.1. Distribution gravitaire (normale):

La distribution est gravitaire quand le réservoir se trouve à un niveau par rapport à l'agglomération sera suffisamment élevé.

5.2. Distribution étagée :

Il arrive qu'une ville présente des différences de niveau importantes. Or, nous verrons, à propos de la distribution urbaine, qu'il convient d'éviter des pressions trop fortes sur le réseau et que des pressions de l'ordre de 40.00 m d'eau constituent une limite qu'il est bon en ville de ne pas dépasser.

Par exemple dans la figure 1, pour une ville étagée entre les cotes (30.00 m) et (70.00 m), un réservoir **R1** pourra être prévu pour alimenter la zone comprise entre (30.00) et (50.00). **R1** sera établi à la cote 70.00 m et la pression au sol variera donc de $70 - 30 = 40$ m d'eau à $70 - 50 = 20$ m d'eau. En plus, un réservoir **R2** à la cote 90 alimentera la zone comprise entre 50 et 70 m.

Ces réservoirs pourront être alimentés, soit par une station commune, soit par des sources différentes. Ils pourront également être reliés entre eux pour se porter secours éventuellement.

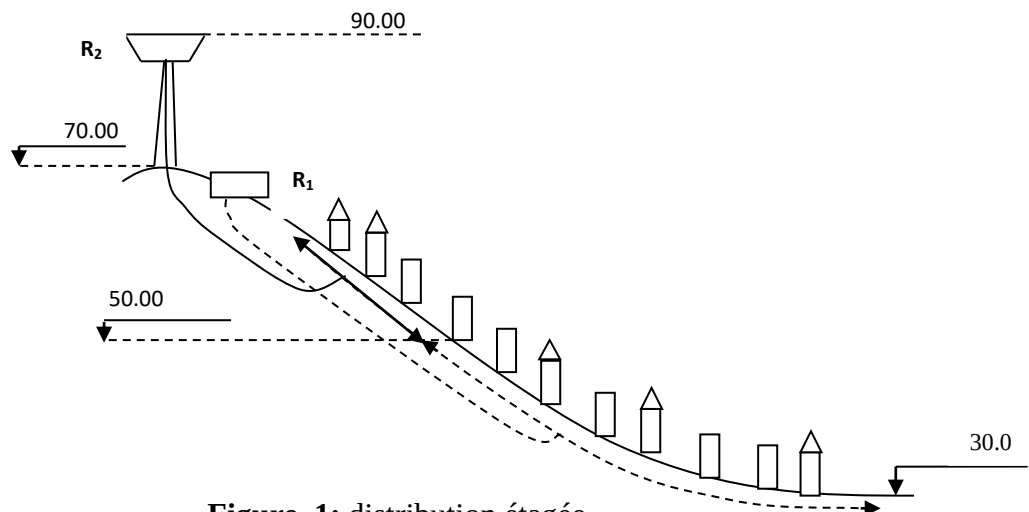


Figure 1: distribution étagée

5.3. Réservoir d'équilibre supplémentaire :

Dans l'hypothèse où une agglomération s'étend dans une direction donnée, le réservoir unique peut devenir insuffisant et ne donner, en extrémité de réseau, que des pressions trop faibles aux heures de pointe. On a recours alors à un ou plusieurs réservoirs d'équilibre, en liaison avec le réservoir principal, et qui se remplissent au moment des faibles consommations, c'est-à-dire la nuit principalement, et, partiellement, pendant le jour.

La conduite de liaison, de par son diamètre et sa pente hydraulique, conditionne le débit qui va alimenter le deuxième réservoir (II). Ce débit doit être suffisant pour que (II) soit plein au début de la matinée figure 2.

Il faut que la pression au point B soit au moins égale à la pression minimale à satisfaire entre les deux réservoirs.

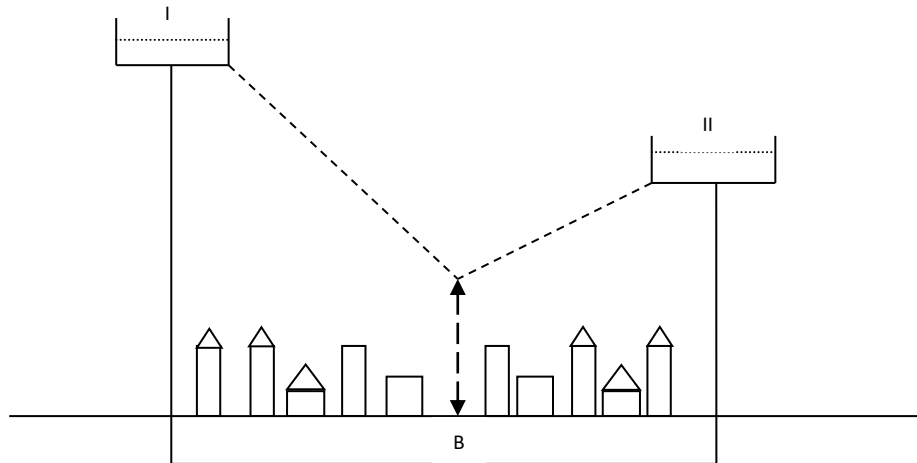


Figure 2: réservoirs d'équilibre.

6. Principe de calcul de la capacité d'un réservoir :

On détermine la capacité du réservoir en tenant compte des variations du débits entrant et débit sortant du réservoir. Le volume du réservoir est obtenu par la somme en valeur absolue de la plus grande valeur positive et la plus grande valeur négative de la régularisation de distribution augmenter du volume de la réserve d'incendie et le volume de sécurité par la formule suivante :

$$V_R = V_u + V_s + V_{inc}$$

Avec :

V_R : le volume du réservoir m^3

V_u : le volume utile m^3

V_R : le volume de la sécurité m^3

V_R : le volume d'incendie m^3

6.1. Déterminer le volume utile :

Pour déterminer le volume utile on fait la régularisation de la distribution des eaux, il est donné par la formule suivante :

$$V_u = |\Delta V_{max}^+| + |\Delta V_{max}^-|$$

Avec :

$|\Delta V_{max}^+|$: surplus en eau m^3

$|\Delta V_{max}^-|$: déficit en eau m^3

Pour déterminer la valeur du volume utile on utilise les coefficients horaires (ch) tableau 1.

Tableau 1: les coefficients horaires ch en fonction de nombre d'habitant.

heures	Inférieure à 10.000	10.000 < N < 50.000	50.000 < N < 100.000	> 100.000
0 – 1	1	1.5	3.25	3
1 – 2	1	1.5	3.25	3.1
2 – 3	1	1.5	3.3	3.1
3 – 4	1	1.5	3.2	2.6
4 – 5	2	2.5	3.25	3.5
5 – 6	3	3.5	3.4	4.5
6 – 7	5	4.5	3.85	4.5
7 – 8	6.5	5.5	4.45	4.1
8 – 9	6.5	6.25	5.2	4.9
9 – 10	5.5	6.25	5.05	5.6
10 – 11	4.5	6.25	4.85	4.8
11 – 12	5.5	6.25	4.6	4.7
12 – 13	7	5	4.6	4.4
13 – 14	7	5	4.55	4.1
14 – 15	5.5	5.5	4.75	4.2
15 – 16	4.5	6	4.7	4.65
16 – 17	5	6	4.65	4.4
17 – 18	6.5	5.5	4.35	4.1
18 – 19	6.5	5	4.4	4.5
19 – 20	5	4.5	4.3	4.5
20 – 21	4.5	4	4.3	4.3
21 – 22	3	3	4.2	4.8
22 – 23	2	2	3.75	4.5
23 – 24	1	1.5	3.7	3.3

6.2. Déterminer le volume d'incendie :

Pour le calcul du volume d'incendie on utilise la relation suivante :

$$V_{inc} = q_{inc} t$$

Avec :

q_{inc} : le débit d'incendie l/s.

t : le suffisant à l'affaîssement une moyenne incendie généralement $t = 2$ heures.

Le débit d'incendie est calculé selon l'importance de la ville et la texture architecturée et les équipements existents. Le tableau 2.

Tableau 2: le débit d'incendie en fonction du nombre d'habitant et l'importance de l'immeuble.

Nombre d'habitant	Nombre d'incendie au même temps	q_{inc} l/s	
		Immeuble d'un étage	Immeuble de 3 étages ou plus
Inférieure à 5000	1	5	5
5000 – 10.000	1	10	10
10.000 – 25.000	2	10	10
25.000 – 50.000	2	10	15
Supérieure à 50.000	2	17	17

Selon le règlement en France le volume d'incendie est égale à 120 m^3 avec un débit de 17 l/s pour l'affaîssement d'un incendie en 2 heures à condition que la pression dans le poteau d'incendie ne soit pas inférieure à 10 m d'eau.

6.3. Déterminer le volume de sécurité :

Le volume de sécurité est donné par la relation suivante :

$$V_s = (10 - 15)\% (V_u + V_{inc})$$

On prend généralement un pourcentage de 12% donc le volume de sécurité sera donc :

$$V_s = 12\% (V_u + V_{inc})$$

Remarque :

Selon A. Du pont le volume du réservoir dans le cas d'un pompage continu est de l'ordre de 30 % du débit maximal journalier $V_r = 30\% Q_{maxj}$

7. Dimensionnement du réservoir :

Il faut choisir une hauteur de la cuve

$$V = S H = \pi \frac{D^2}{4} H \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 V}{\pi H}}$$

du réservoir ($H = 3 - 6$ m) en fonction de l'importance de l'agglomération et les besoins en eaux potable.

Pour déterminer le diamètre du réservoir, on utilise la relation suivante :

Exemple : soit le volume du réservoir $R = 200 \text{ m}^3$ avec une hauteur $H = 3$ m, déterminer le diamètre du réservoir.

$$D = \sqrt{\frac{4 * 200}{3.14 * 3}} = 9.21 \approx 9.50 \text{ m}$$

8. Calcul du côté du radier du réservoir :

L'implantation du réservoir tient compte du relief permettant d'obtenir des dépenses minimales des frais d'investissement et d'exploitation, donc on est amené à tenir compte des facteurs suivants :

- Le point le plus haut à alimenter.
- La hauteur de plus haut bâtiment.
- Les pertes de charges à partir du réservoir jusqu'au point le plus défavorable de la ville.

Pour déterminer la coté du radier du réservoir C_r on utilise la formule suivante qui tient compte de plusieurs facteurs :

$$C_r = CTN + H + h_s + P_s + \Delta H_t$$

Avec :

CTN : la cote du terrain naturel du point le plus défavorable.

H : la hauteur de plus haut bâtiment (fonction de nombre d'étages).

h_s : perte de charge singulière dans les bâtiment ($2 - 4$ m) on prend généralement $h_s = 4$ m.

P_s : colonne d'eau supplémentaire tenant compte des chauffe d'eau et autres appareils d'eau ($3 - 5$ m) on prend $P_s = 3$ m

ΔH_t : perte de charge linéaire et singulière sur le tronçon reliant le réservoir au point le plus défavorable.

En premier pas on calcul la coté du radier approximative :

$$C_r = CTN + H + h_s + P_s$$

Le calcul des pertes de charges linéaires s'effectue le long de la conduite de distribution et le long des conduites reliant le point le plus défavorable dans le réseau c'est pourquoi on doit d'abord déterminer les dimensions de la conduite de distribution principale et les conduites du réseau.

8.1. Calcul de la perte de charge linéaire :

Les pertes de charge linéaires sont données par la formule suivante :

$$\Delta H_L = j L = \frac{\lambda v^2}{2 g D} L$$

j : gradient hydraulique de perte de charge m/m.

v : vitesse d'écoulement m/s.

D : diamètre de la conduite.

L : longueur de la conduite m.

La perte de charge totale est donnée par la formule suivante :

$$\Delta H_t = \Delta H_L + \Delta H_s \quad \text{Avec} \quad \Delta H_s = (15 - 20)\% \Delta H_L$$

λ est donnée par itération d'après Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[\frac{\varepsilon}{3.7 D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda_0}} \right]$$

Avec:

ε : coefficient de rugosité $\varepsilon = 10^{-4}$ pour les conduite on pvc

Re : le nombre de Reynolds, il se calcule par la formule suivante:

$$Re = \frac{v D}{\nu}$$

ν : viscosité cinématique de l'eau $\nu = 10^{-6}$ m/s

Si $Re > 10^6$ le régime d'écoulement est régime transitoire.

On régime transitoire λ_0 peut être déterminé par la formule de Nikuradze:

$$\lambda_0 = \left(1.14 - 0.86 \ln \frac{\varepsilon}{D} \right)^{-2}$$

9. Equipement des réservoirs :

9.1. Conduite d'adduction :

La conduite d'adduction, à son débouché dans le réservoir, doit pouvoir s'obturer quand l'eau atteint, dans la cuve, son niveau maximal : obstruction par robinet flotteur si l'adduction est gravitaire ou dispositif permettant l'arrêt du moteur si l'adduction s'effectue par refoulement. L'adduction s'effectue par surverse, soit en chute libre, soit en prolongeant la conduite de façon que son extrémité soit toujours noyée. L'adduction peut aussi s'effectuer par passage à travers le radier.

L'arrivée en chute libre provoque une oxygénation de l'eau, ce qui peut être favorable pour des eaux souterraines, ordinairement pauvres en oxygène dissous.

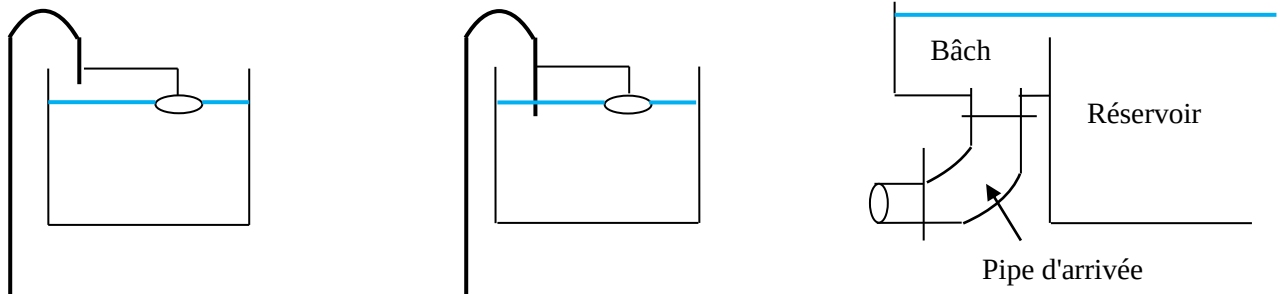


Figure 3 : Adduction avec chute libre Adduction noyée Arrivée en pipe

9.2. Conduite de distribution:

Le départ de la conduite de distribution s'effectue à 0.15 ou 0.20 m au-dessus du radier en vue d'éviter d'introduire dans la distribution des boues ou des sables qui, éventuellement, pourraient se décanter dans la cuve.

Pour faciliter le passage de l'eau, le départ sera prévu à l'opposé de l'arrivée. Un robinet sera ménagé sur le départ de la conduite.

Pour le dimensionnement de la conduite on a :

$$Q_p = v s$$

Avec:

Q_p : le débit de pointe m^3/s

s : la section de la conduite

v : La vitesse d'écoulement et varie entre 0.5 – 1.5 m/s, généralement on prend une vitesse $v = 1m/s$

Donc: $D = \sqrt{\frac{4 Q_p}{\pi v}}$

On détermine après la vitesse $v = \frac{4 Q_p}{\pi D^2}$

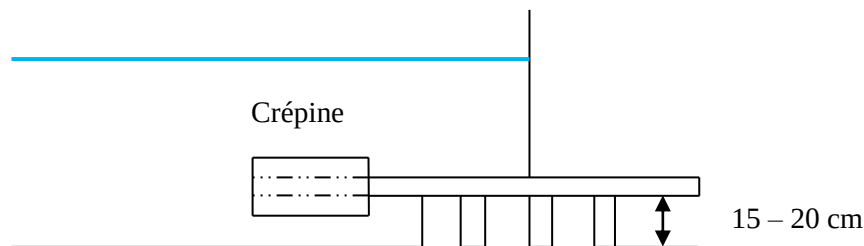


Figure 4 : départ de la distribution.

9.3. Top plein :

Cette conduite est destinée à empêcher le débordement du réservoir, elle devra pouvoir évacuer la totalité du débit Q arrivant au réservoir, elle maintient l'eau à niveau maximal dans le réservoir. Elle ne comportera pas de robinet sur son parcours.

La section transversale comportera, au départ, un évasement en forme de tronc de cône permet le passage du débit sous une hauteur de lame h

Le débit évacué dans ces conditions est donnée par la formule d'après Lancastre :

$$Q = 27.828 \mu r h^{3/2}$$

Avec:

h : la hauteur d'eau sur le trop plein.

r : le rayon de l'ouverture du tronc de cône de la conduite.

μ : coefficient d'écoulement donnée en fonction de h/r .

Tableau 3 – 6 : valeurs de μ

h/r	0.2	0.25	0.30	0.40	0.50
μ	0.415	0.414	0.410	0.404	0.394

Si on prend $\mu = 0.415$ on a $h/r = 0.2$ donc $h = 0.2 r$

$$r = \left[\frac{Q}{27.828 \mu (0.2)^{\frac{3}{2}}} \right]^{2/5}$$

La canalisation de trop plein débouchera à un exutoire voisin, mais on peut craindre, par cet exutoire, une pollution ou une introduction d'animaux ou de moustiques qui pourraient ainsi pénétrer dans le réservoir. Aussi ménage-t-on un joint hydraulique constitué par un siphon qui maintient en eau le tronçon AB du trop-plein.

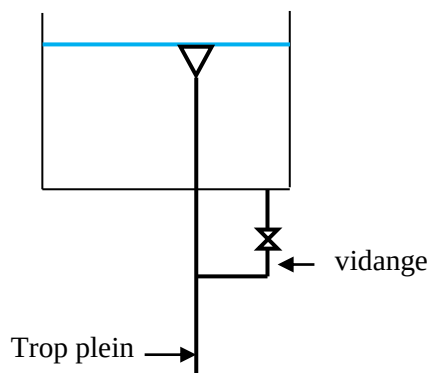
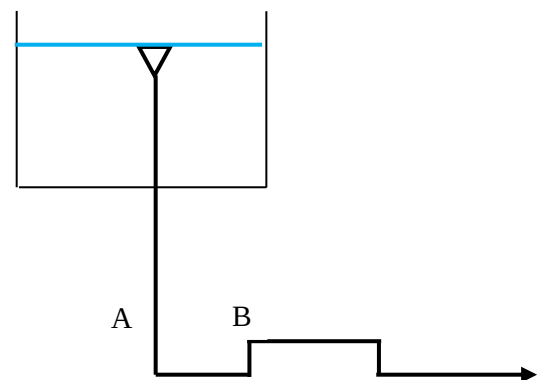


Figure 5 : Trop plein et vidange



siphon trop plein

9.4. Conduite de vidange :

Elle part du point le plus bas du réservoir et se raccorde sur la canalisation du trop-plein, elle dispose d'une vanne. Le vidange est indispensable pour l'entretien du réservoir (nettoyage, réparation,)

Le diamètre de cette conduite est donné d'après la relation suivante :

$$Q = \mu s \sqrt{2 g h} = \mu \left[\frac{\pi D^2}{4} \right] \sqrt{2 g h}$$

Donc: $D = \sqrt{\frac{4 Q}{\mu \pi \sqrt{2 g h}}}$

Avec :

h : la hauteur d'eau dans le réservoir m.

Q : le débit d'arrivé m³/s

μ : coefficient d'écoulement, on prend μ = 0.4

Application :

Pour un réservoir de 700 m³ quel est le diamètre de la conduite de vidange si h = 6m et on veut le vidé en 2 heures.

Calculer le débit d'écoulement dans la conduite de vidange ?

Calculer la vitesse d'écoulement ?

Solution :

- Déterminer le débit

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{700}{2 \times 3600} = 0.097 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0.097 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Calculer le diamètre de la conduite :

$$D = \sqrt{\frac{4 Q}{\mu \pi \sqrt{2 g h}}} = \sqrt{\frac{4 * 0.097}{0.4 * 3.14 * \sqrt{2 * 9.81 * 6}}} = 0.168 \approx 200 \text{ mm}$$

$$D = 200 \text{ mm}$$

- Calculer le débit d'écoulement dans la conduite de vidange :

$$Q = \mu \left[\frac{\pi D^2}{4} \right] \sqrt{2 g h} = 0.4 \left[\frac{3.14 * 0.2^2}{4} \right] \sqrt{2 * 9.81 * 6} = 0.136$$

$$Q = 0.136 \text{ m}^3/\text{s}$$

Et la vitesse d'écoulement :

$$v = \frac{4 Q}{\pi D^2} = \frac{4 * 0.136}{3.14 * 0.2^2} = 4.33$$

$$v = 4.33 \text{ m/s}$$

Le diamètre de la conduite de vidange est 0.2 m évacué un débit de 0.136 m³/s avec une vitesse de 4.33 m/s.

Dispositions spéciales :

9.4.1. By-pass :

Lorsqu'on désire assurer la distribution pendant la vidange ou le nettoyage d'un réservoir, il suffit de disposer un by-pass reliant la conduite d'amenée à la conduite de distribution.

- Dans le cas d'utilisation du réservoir les vannes (1) et (3) sont ouvertes et (2) fermée.
- Dans le cas de nettoyage du réservoir on ferme (1) et (3) et on ouvre (2).

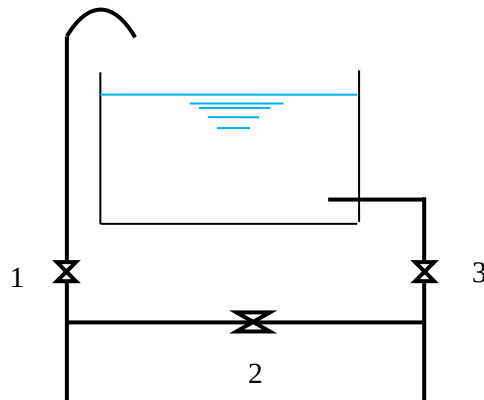


Figure 6 : by-pass

9.4.2. Matérialisation de la réserve d'incendie :

Le réservoir dispose toujours d'une certaine quantité d'eau d'environ 120 m^3 stockée en cas d'incendie. On adopte un dispositif constitué par un siphon qui se désamorce quand le niveau du réservoir est atteint et cela grâce à l'évent ouvert à l'air libre.

- Dans le cas normal de distribution, on ferme (2) et ouvre (1) et (3).
- Dans le cas d'incendie on ouvre (2) et ferme (1) et (3).

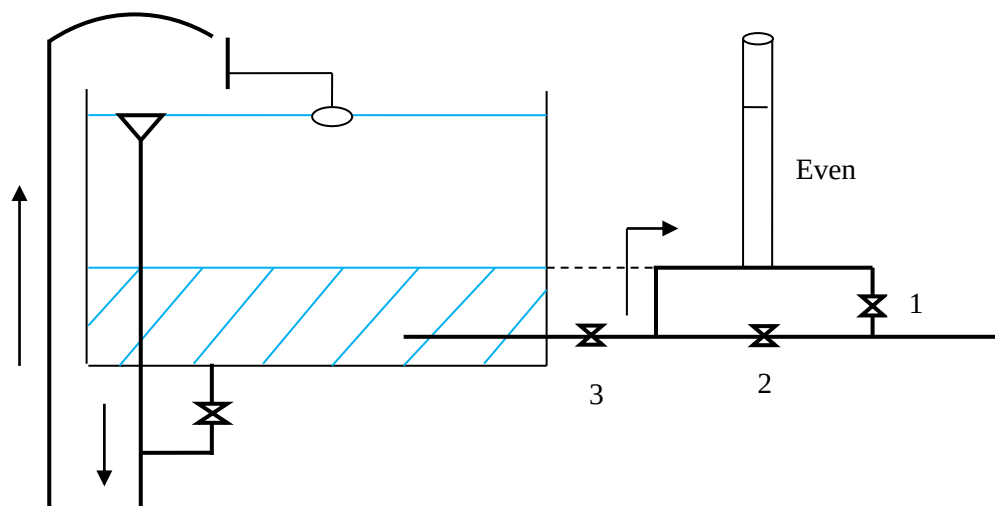


Figure 7 : matérialisation de la réserve d'incendie.