

Voici ci-dessous notre point de vue :

Le raisonnement consiste à tracer le niveau de la surface de l'eau afin de répondre aux questions suivantes :

- Est-ce que suffisamment d'eau arrive dans le second canal ?
- Est-ce que le second canal est assez large pour ne pas déborder ?

Les étapes du calcul sont les suivantes :

1. Calcul de la perte de charge, différence d'altitude de la surface de l'eau entre le départ et l'arrivée
2. Calcul de la hauteur d'eau dans chaque canal

## 1. Calcul de la perte de charge, différence d'altitude de la surface de l'eau entre le départ et l'arrivée

Dans le cas d'un canal ouvert, à débit constant et vitesse moyenne constante, la perte de charge est compensée par la pente du canal. C'est pourquoi la différence d'altitude du niveau supérieur de l'eau se calcule avec la pente du canal.

$$\left| \begin{array}{l} \text{Perte de charge dans le premier canal : } 400 * 2/1000 = 0,8 \text{ m} \\ \text{Perte de charge dans le second canal : } 135 * 3,5/1000 = 0,47 \text{ m} \end{array} \right.$$

## 2. Calcul de la hauteur d'eau dans chaque canal

Ensuite, nous cherchons à connaître les hauteurs d'eau dans différents points du canal :

- a. hauteur d'eau dans le 1<sup>er</sup> canal en écoulement permanent
- b. hauteur d'eau dans le 2<sup>nd</sup> canal en écoulement permanent
- c. hauteur d'eau dans le 1<sup>er</sup> canal juste avant le changement de canal

Cette hauteur d'eau se calcule sous les hypothèses suivantes : écoulement turbulent, en régime permanent, canal de longueur infini (pas de perturbation : ce cas sera vu en c.)

Le nombre de Reynold permet de caractériser l'écoulement (turbulent ou laminaire) :

$$Re = \rho \cdot U \cdot Dh / \mu$$

$$\left| \begin{array}{l} \rho = \text{masse volumique de l'eau (1000 kg/m}^3\text{)} \\ U = \text{vitesse d'écoulement de l'eau (environ 2 m/s)} \\ Dh = \text{Diamètre hydraulique} = 4 \cdot Rh \text{ (environ 3,3m, cf. calcul ci-dessous)} \\ Rh = \text{Rayon hydraulique} = \text{section mouillée} / \text{périmètre mouillé (environ 0,8m, cf. calcul ci-dessous)} \\ \mu = \text{viscosité dynamique de l'eau (10}^{-3}\text{ N.s/m}^2\text{)} \end{array} \right.$$

Pour notre écoulement :  $Re = 6,6 \cdot 10^6$

Dans notre cas :  $Re \gg 5000$ , l'écoulement est donc turbulent.

### 2.a hauteur d'eau dans le 1<sup>er</sup> canal : $h_1$

Dans le cas d'un écoulement permanent en régime turbulent, la formule de Manning Strickler permet de connaître la hauteur d'eau :

$$Q = K_s \cdot S \cdot Rb^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

$$\left| \begin{array}{l} Q = \text{débit (imposé par la vanne dans notre cas : } 20 \text{ m}^3\text{/s)} \\ K_s = \text{coefficient de Strickler donné par des abaques (béton lisse : 77 à 91, béton brut : 62 à 77)} \\ S = \text{section mouillée (} 4 \cdot h_1 \text{ où } h_1 \text{ est la hauteur de l'eau dans le canal et 4m la largeur du canal)} \\ Rh = \text{Rayon hydraulique} = \text{section mouillée} / \text{périmètre mouillé} = 4 \cdot h_1 / (4 + 2h_1) \\ I = \text{pente du canal (2/1000)} \end{array} \right.$$

Selon le coefficient de Strickler utilisé, la résolution du calcul donne les résultats suivants :

Béton pur lisse ( $K_s = 91$ ) :  $h_1 = 1,3 \text{ m}$

Béton lisse moyen ( $K_s = 77$ ) :  $h_1 = 1,6$  m

Béton rugueux ( $K_s = 62$ ) :  $h_1 = 1,85$  m

Le premier canal étant recouvert de béton pur nous prendrons le résultat  $h_1 = 1,3$  m.

La vitesse d'écoulement se calcule via le débit :

$$Q = V \cdot S$$

Q = débit (imposé par la vanne dans notre cas :  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ )

V = vitesse moyenne d'écoulement de l'eau

S = section mouillée ( $4 \cdot h_1$  où  $h_1$  est la hauteur de l'eau dans le canal et 4m la largeur du canal)

Ainsi nous obtenons une vitesse d'écoulement dans le 1<sup>er</sup> canal  $V_1 = 3,85 \text{ m/s}$ .

### 2.b hauteur d'eau dans le 2nd canal : $h_2$

Le même calcul que celui utilisé en 2.a permet de connaître la hauteur d'eau dans le second canal. Nous modifions les données suivantes

largeur = 7 mètres au lieu de 4 mètres

$K_s = 62$

$i = 3,5 / 1000$

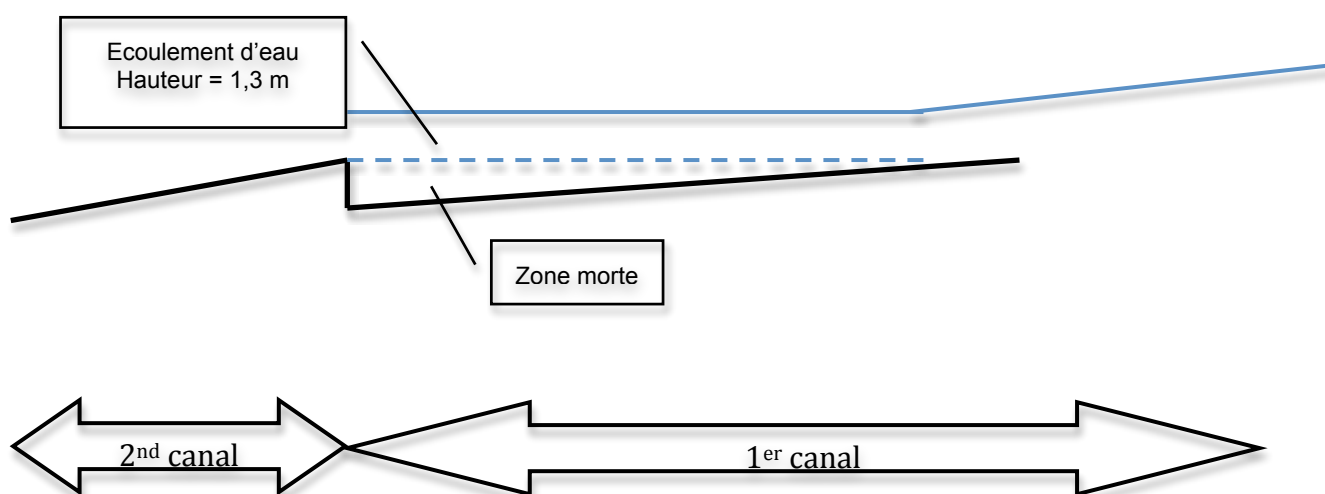
La hauteur d'eau dans le second canal est  $h_2 = 0,95$  m et la vitesse d'écoulement  $V = 3 \text{ m/s}$ .

La vitesse d'écoulement devrait augmenter car la pente est plus importante, mais la rugosité du canal a une influence plus grande sur cette vitesse.

### 2.c hauteur d'eau dans le 1er canal juste avant le changement de canal

Nous abordons ici un point qui a été négligé par l'hydraulicien : le changement de hauteur du fond du canal entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>nd</sup> va créer une « zone morte » dans laquelle l'eau ne s'écoule pas. La hauteur d'eau calculée précédemment est déterminée par la largeur du canal, la rugosité du revêtement et le débit imposé par la source. Il s'agit d'une hauteur d'eau « en écoulement ». Cette hauteur s'ajoute donc à la hauteur d'eau « morte ». Nous avons donc une hauteur d'écoulement d'eau juste avant le passage dans le second canal de 1,3 m. Il faut ajouter la différence de hauteur des fonds de canaux pour avoir le niveau d'eau total (1,49m selon les plans).

La hauteur totale d'eau au moment de changement de canal est donc de 2,79 m hors phénomènes de turbulence dus au changement de largeur de canal



### 3. Conclusion :

D'après les calculs ci-dessus, le débit peut être conservé entre la vanne et la fin du second canal. Le changement de niveau du fond du canal n'est pas un problème puisque l'eau va continuer de s'écouler au-dessus de la « zone morte ».

De plus, la hauteur d'eau s'écoulant dans le second canal étant de 0,95 m, une hauteur de mur de 1,76 m est suffisante pour éviter un débordement de l'écoulement.

Il faut néanmoins vérifier l'altitude de la surface de l'eau du bassin de déversement avant la conduite forcée (ce niveau doit être au moins plus bas que la hauteur d'eau d'écoulement plus la différence d'altitude due à la pente, soit  $0,95 + 0,47 = 1,42$  m). Sinon, le second canal se remplit et risque de déborder.