



TD3

Étude du laminage d'une crue

Contexte

Vous êtes mandaté pour dimensionner l'évacuateur de crue d'un petit barrage de surface 0,5 ha. Le débit de projet est de $Q_p = 0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ pour $T_p = 5000$ ans. C'est un débit relativement modeste qu'il est facile de faire transiter par un ouvrage classique. La charge maximale au-dessus du déversoir est de 10 cm (de telle sorte que la revanche calculée, comme la différence entre la cote de courbe de remous au-dessus du déversoir et la crête de la digue, soit de 50 cm). Compte tenu de la taille du bassin-versant par rapport à celle de la retenue, il convient de faire un calcul de laminage de crue.

Théorie

Le débit à travers un seuil dénuyé, de largeur l , se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$Q = Cl(H - p)^{3/2} \quad (1)$$

avec p la pelle (hauteur du seuil par rapport à une cote de référence), H la charge hydraulique (calculée par rapport à la même cote de référence) à l'amont du déversoir et C un coefficient de débit (voir Figure 1). En théorie, ce coefficient vaut $8g/27 \simeq 1,70 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{-1}$ (théorème de Bernoulli). Mais en pratique, il dépend

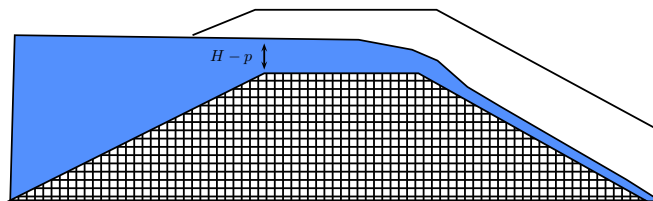


FIGURE 1 – Schéma de l'évacuateur de crue étudié

fortement de la géométrie du seuil et de la contraction des lignes de courant à l'approche de ce dernier. Les valeurs retenues sont généralement comprises dans la fourchette $1,3-2,2 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{-1}$. Pour des raisons économiques, les petites retenues sont souvent équipées de déversoir rustique, c'est-à-dire sans ouvrage en béton armé (toujours coûteux et relativement complexe à mettre en place. Pour un déversoir avec un seuil épais et sans profil spécifique pour resserrer les lignes de courant, le coefficient C est pris égal à 1,4.

La relation (1) suppose que tout le débit entrant dans la retenue est aussitôt évacué. Il faut, toutefois, prendre en compte que les volumes de crue sont ici très modestes et qu'en conséquence les remontées du niveau d'eau au-delà du niveau d'exploitation sont faibles (de l'ordre de quelques centimètres en l'absence d'évacuateur) car la surface occupée par la retenue est grande. Il convient donc de tenir compte du laminage de crue offert par la retenue (c'est d'ailleurs un principe appliqué dans la protection contre les crues avec les bassins d'orage). Pour cela, il faut calculer la remontée du niveau d'eau au cours de la crue de projet. Les principales sources remplissant la retenue sont :

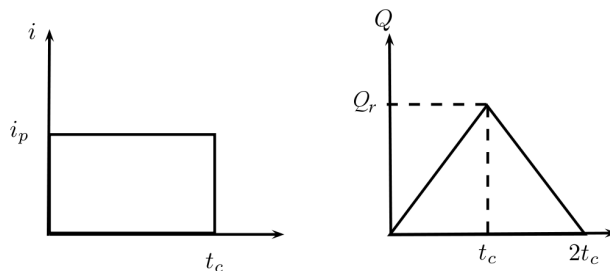


FIGURE 2 – Méthode rationnelle

- **la pluie** de durée d et d'intensité $i_p = P/d$ qui génère un flux entrant $i_p \cdot S$ constant et uniforme sur la surface au miroir S , où $P(T, d)$ est donné par l'équation de Montana :

$$P(T, d) = a \cdot d^{1-b} \quad (2)$$

avec d la durée des précipitations en heure, T la période de retour en années, P la pluie en mm. a et b sont deux coefficients (dépendants des unités choisies) et fonctions de T . On prendra pour la crue de projet $a = 8,3 + 2,45 \ln(T)$ et $b = 0.47$.

- **le ruissellement** forme un débit variable dans le temps. Par exemple, avec la méthode rationnelle (voir Figure 2), le débit ruisselant R est :

$$\begin{aligned} R(t) &= Q_r \frac{t}{d} \text{ si } 0 \leq t < d \\ &= Q_r \left(2 - \frac{t}{d}\right) \text{ si } d \leq t < 2d \\ &= 0 \text{ si } t \geq 2d \end{aligned} \quad (3)$$

avec $Q_r = C_r i_p S_r$ ($S_r = 2$ ha la surface de ruissellement, $C_r = 1$ le coefficient de ruissellement).

D'autre part, **le déversoir** évacue un débit d'eau variable selon le remplissage de la retenue, qui est donné par l'équation du seuil dénoyé (1). On suppose ici (pour simplifier) que la cote p du seuil du déversoir est égal à la cote des plus hautes eaux en exploitation (en pratique, il y a une différence de quelques centimètres). De plus, comme les variations de hauteur attendues sont faibles, on a en première approximation :

$$\frac{dV}{dt} = S \frac{dh}{dt} \quad (4)$$

avec V le volume dans la retenue, S sa surface et h la profondeur d'eau.

Exercice

Question 1 Calculer la largeur du seuil nécessaire pour faire passer la crue de projet si l'on ne tient pas compte du laminage de crue.

Question 2 Établir l'équation différentielle donnant la hauteur d'eau dans la retenue.

Question 3 Programmer la fonctionnelle donnant la dérivé de h par rapport au temps ($dh/dt.m$) en fonction des paramètres importants du problème.

Question 4 Résoudre l'équation différentielle avec **ODE45** pour $d = 0,1, 1$ et 10 h et $l = 0,1, 1, 5$ et 10 m.

Question 5 Donner l_{min} pour satisfaire au cahier des charges (balayer les paramètres d et l possible). Comparer le dimensionnement avec la Question 1.

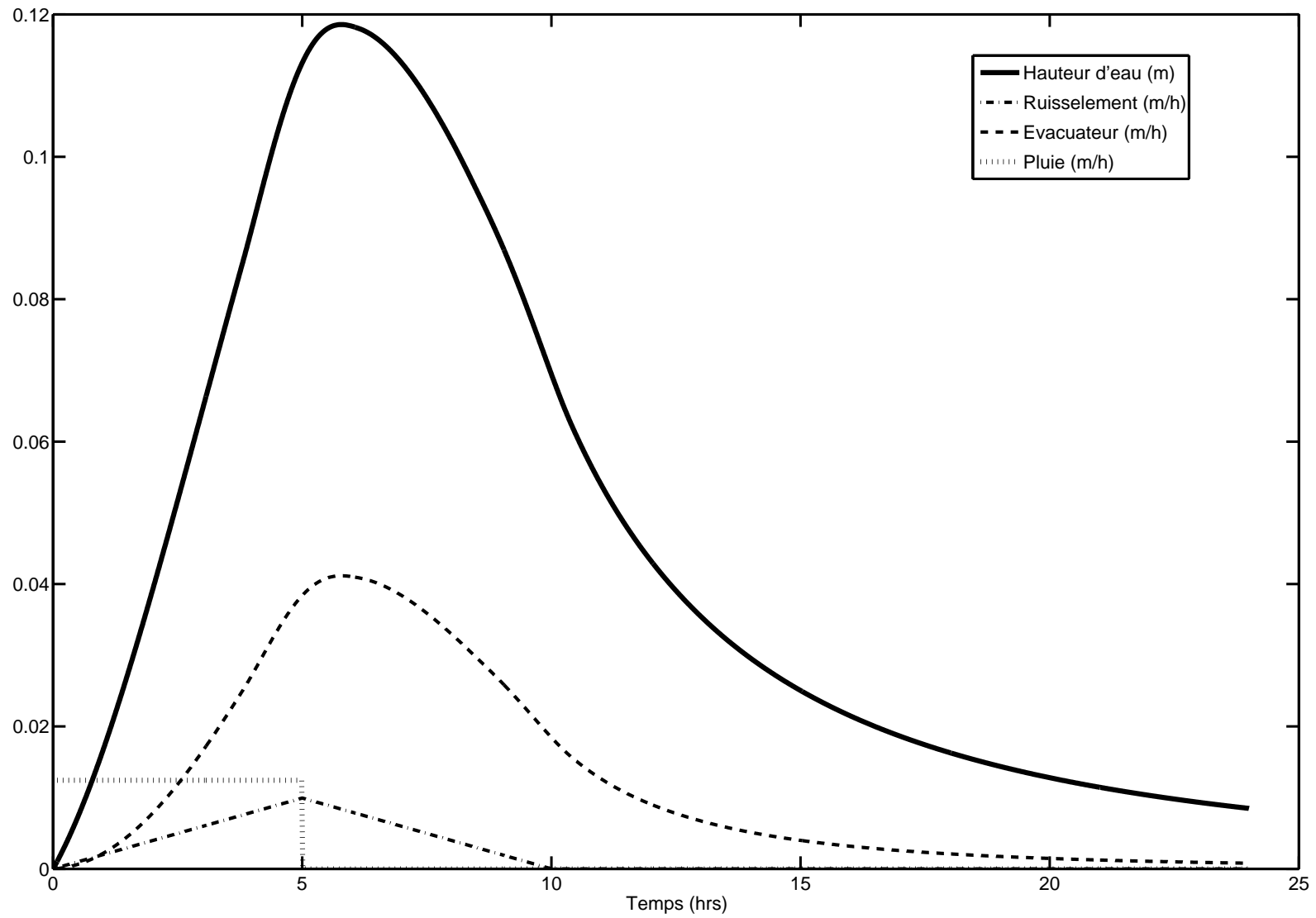


FIGURE 3 – Résultat du laminage de crue pour $d = 5h$ et $l = 1m$.