



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN
Ufficio federale dell'energia UFE
Swiss Federal Office of Energy SFOE

Estimation de l'onde de submersion selon les documents d'aide de l'OFEN: «Procédé CTGREF» et «Procédé Beffa»



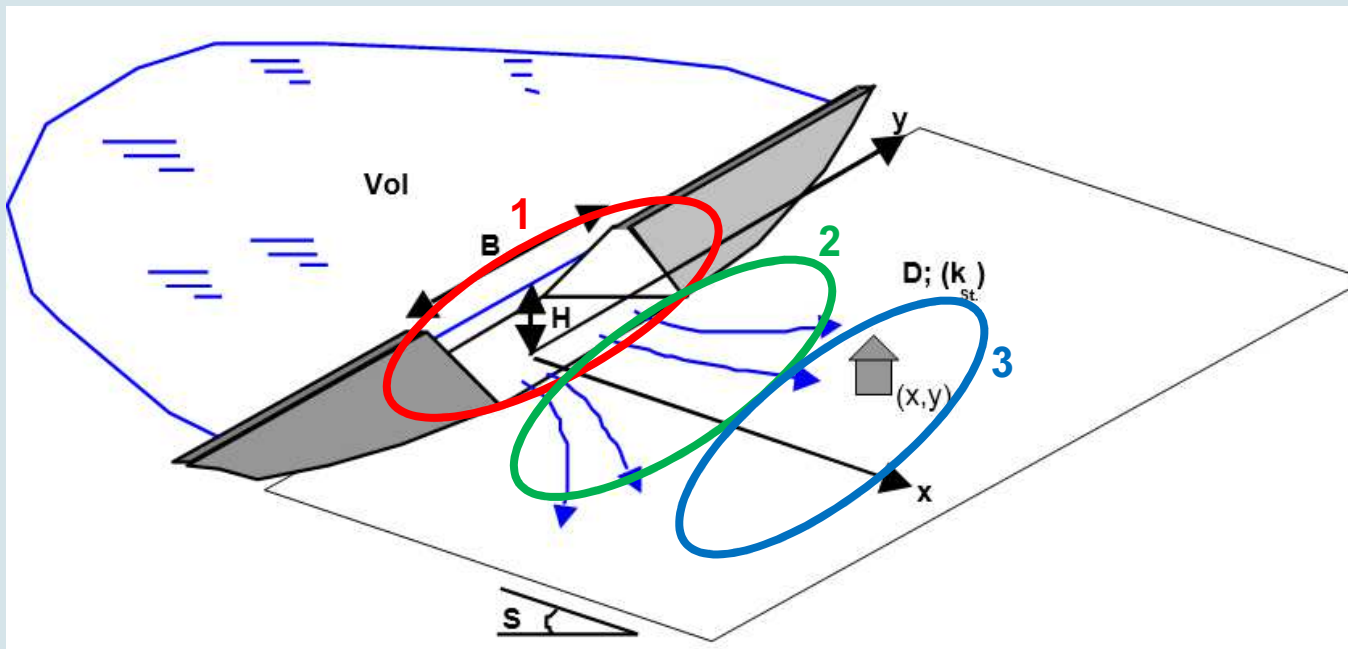
Rocco Panduri

OFEN, section Surveillance des barrages

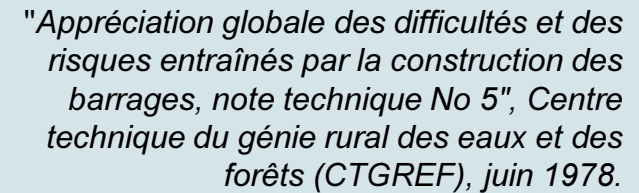
11 mars 2015



Procédés CTGREF et Beffa: étapes générales et résultats



- ➔ Principaux résultats au site considéré:
- vitesse d'écoulement v
 - hauteur de débit (hauteur d'eau) h



- brèche et profils transversaux représentés par des formes géométriques simples
- propagation (représentation unidimensionnelle)
- conditions de terrain régulières (aucune modification subite de la coupe transversale ou de la pente)
- le lit du cours d'eau est sec (ce qui induit une hauteur d'eau maximale mais une propagation plus lente)



Procédé CTGREF: survol des différentes étapes

- 1 {
 - (1) Calcul du débit de brèche Q_b
 - (2) Calcul du débit de brèche corrigé Q_b'
(prise en compte des propriétés du bassin de retenue)
- 2 {
 - (3) Calcul d'un paramètre auxiliaire pour l'application du diagramme de propagation d'une onde de submersion
 - (4) Calcul du débit maximal Q_{\max} à une distance X en aval du barrage
- 3 {
 - (5) Calcul de la hauteur d'eau maximale Y_{\max} et de la vitesse d'écoulement pour la coupe transversale X

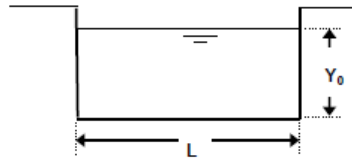


Procédé CTGREF: débit à la brèche

1

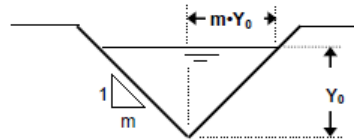
Rechteck:

$$Q_b = 0.93 \cdot L \cdot Y_0^{3/2}$$
$$F = L \cdot Y$$



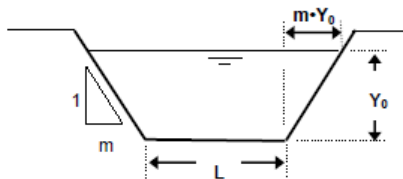
Dreieck:

$$Q_b = 0.72 \cdot m \cdot Y_0^{5/2}$$
$$F = m \cdot Y^2$$



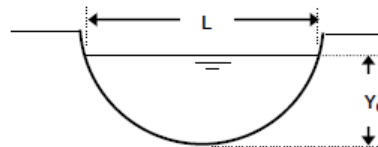
Trapez:

$$Q_b = 0.72 \cdot m \cdot Y_0^{5/2} + 0.93 \cdot L \cdot Y_0^{3/2}$$
$$F = L \cdot Y + m \cdot Y^2$$



Parabel:

$$Q_b = 0.54 \cdot L \cdot Y_0^{3/2}$$
$$F = \frac{2}{3} \cdot L \cdot Y$$



→ Débit de brèche Q_b

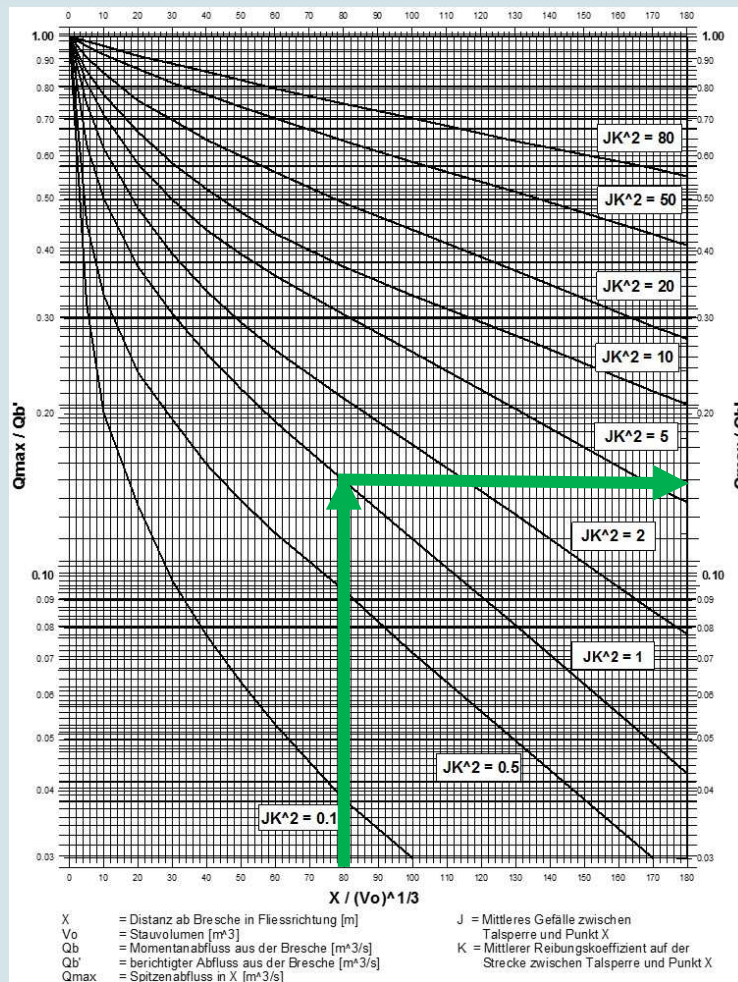


Débit de brèche
corrigé $Q_b' = \mu Q_b$
(μ = de 0,6 à 1,4)



Procédé CTGREF: propagation de l'onde de submersion

2



Distance de la brèche X



Distance normée $X / V_o^{1/3}$



Dans le diagramme, au moyen
du paramètre auxiliaire JK^2



Débit normé $Q_{max} / Q_{b'}$

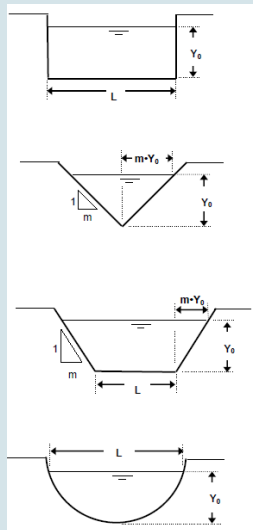


Débit Q_{max} dans la coupe
transversale X



Procédé CTGREF: considération de la coupe transversale

3

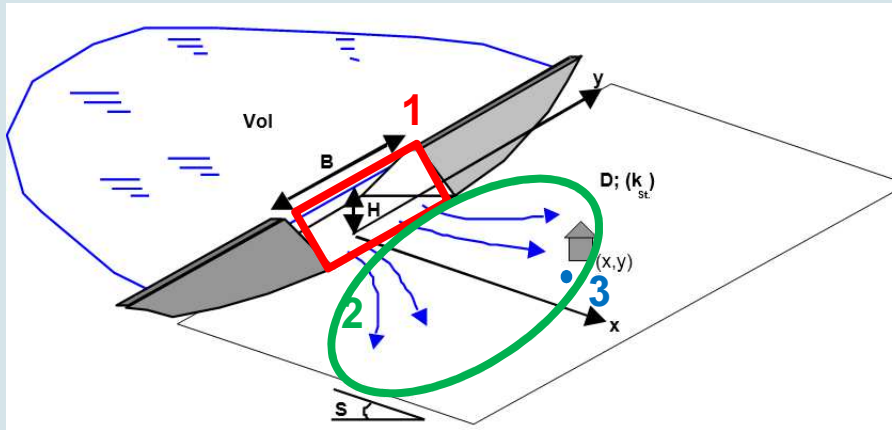


		b)		
		Fall 1: $D_{\max} \leq 10^{-3}$	Fall 2: $D_{\max} > 100$	Fall 3: $10^{-3} < D_{\max} < 100$
a)	D_{\max}	c)		
Talform		Y_{\max}	Y_{\max}	(U_{\max} aus Diagramm 2) Y_{\max}
Rechteck	$\frac{Q}{K_1 \cdot J_1^{1/2} \cdot L^{8/3}}$	$L \cdot D_{\max}^{3/5}$	$1.59 \cdot L \cdot D_{\max}$	$L \cdot U_{\max}$
Dreieck	$\frac{Q \cdot (1 + m^2)^{1/3}}{K_1 \cdot J_1^{1/2} \cdot m^{5/3}}$	$1.2 \cdot D_{\max}^{3/8}$	$1.2 \cdot D_{\max}^{3/8}$	$10 \cdot U_{\max}$
Trapez	$\frac{Q \cdot m^{5/3}}{K_1 \cdot J_1^{1/2} \cdot L^{8/3}}$	$\frac{L}{m} \cdot D_{\max}^{3/5}$	$1.3 \cdot D_{\max}^{3/8}$	$\frac{L}{m} \cdot U_{\max}$
Parabel	$\frac{Q}{K_1 \cdot J_1^{1/2} \cdot p^{16/3}}$	$1.37 \cdot p^2 \cdot D_{\max}^{0.46}$	$1.86 \cdot p^2 \cdot D_{\max}^{0.55}$	$p^2 \cdot U_{\max}$

- Hauteur d'eau maximale Y_{\max} pour la coupe transversale X
(en lien avec le paramètre D_{\max} , ou à partir de U_{\max} selon diagramme)
- Vitesse d'écoulement selon Q_{\max} et Y_{\max}



Procédé Beffa: application et hypothèses



Beffa, C., 2000: Ein Parameterverfahren zur Bestimmung der flächigen Ausbreitung von Breschenabflüssen; «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» 93. Jg., Heft 3/4, 2000

- brèche rectangulaire
- propagation superficielle
- conditions de terrain régulières (faible pente latérale et modifications mineures de la pente longitudinale)
- pente du lit moyenne à haute (à partir de 0,5% environ)
- transformation des valeurs en paramètres adimensionnels



Procédé Beffa: survol des différentes étapes

- 1 { (1) Calcul de l'échelle du débit spécifique, Q
(2) Calcul des autres valeurs caractéristiques pour l'application des diagrammes
- 2 { (3) Détermination de l'écoulement q_x sur l'axe x
(4) Détermination de la vitesse d'écoulement v_x sur l'axe x
(5) Prise en compte de la propagation latérale
- 3 { (6) Calcul de la hauteur de débit au site considéré



Procédé Beffa: débit à la brèche et valeurs caractéristiques

1

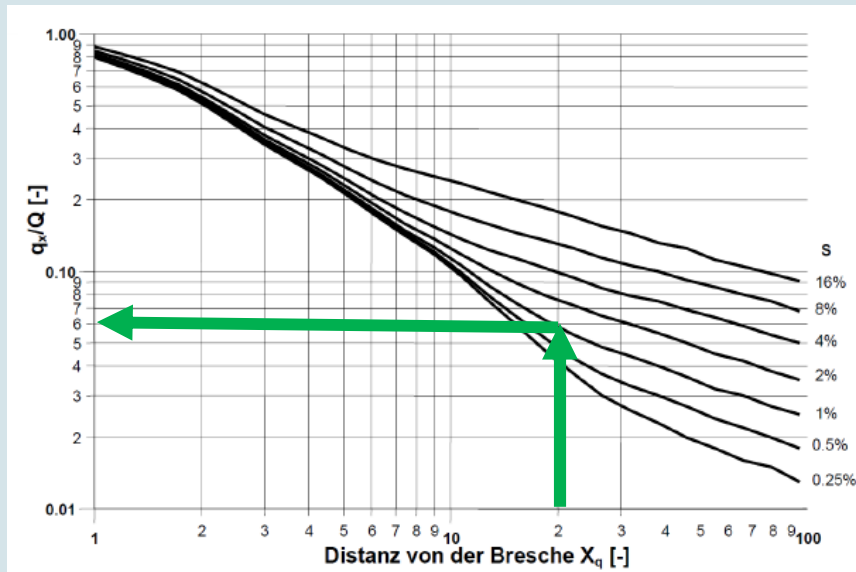
Charakteristische Grösse	Ausdruck	Einheit	Bemerkung
Dimensionsloses Speichervolumen Vol_0	$Vol_0 = \frac{Vol}{BH^2}$	-	
Längenskala L_0 bzw. L_q	$L_0 = L_q = \sqrt{BH}$	m	
Dimensionloser Breschenabstand X_0	$X_0 = x / L_0$	-	
Dimensionloser Breschenabstand X_q	$X_q = x / L_0$	-	für den spezifischen Abfluss; ist gleich X_0 für grosse Speichervolumina
Dimensionloser Breschenabstand X_v	$X_v = x / L_0$	-	für die Fliessgeschwindigkeit; ist gleich X_0 für grosse Speichervolumina
Skala des spezifischen Abflusses Q	$Q = \frac{\sqrt{gB}}{3.13} H \left(\frac{H}{30D} \right)^n$	m^2/s	$n = \begin{cases} 0 & \text{für } X_q < 6 \\ 1/10 & \text{für } X_q \geq 6 \end{cases}$ <p>Der Ausdruck $\sqrt{g} / 3.13$ nimmt für SI-Einheiten den Wert 1.0 an.</p>
Skala der Fliessgeschwindigkeit V	$V = \sqrt{gH} \left(\frac{H}{30D} \right)^n$	m/s	$n = \begin{cases} 1/10 & \text{für } X_q < 6 \\ 1/4 & \text{für } X_q \geq 6 \end{cases}$

Le cas échéant, correction pour les petits volumes adimensionnels



Procédé Beffa: propagation de l'onde de submersion sur l'axe principal

2



→ Débit spécifique q_x
sur l'axe x

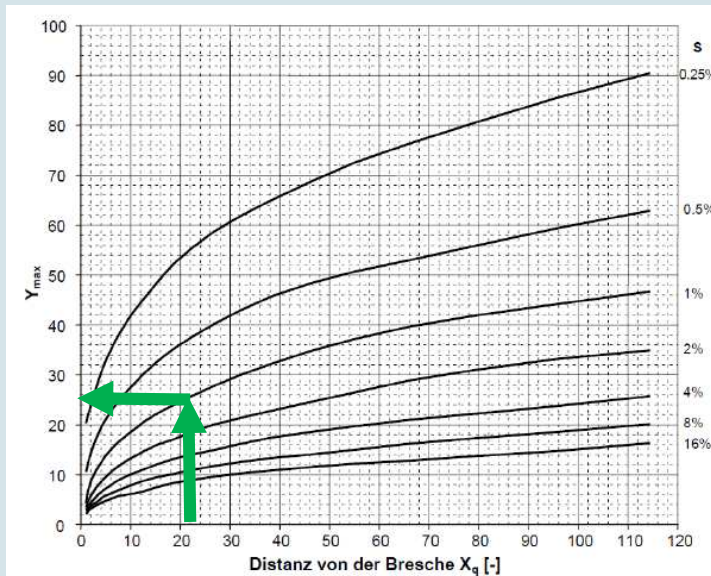


→ Vitesse d'écoulement v_x
sur l'axe x

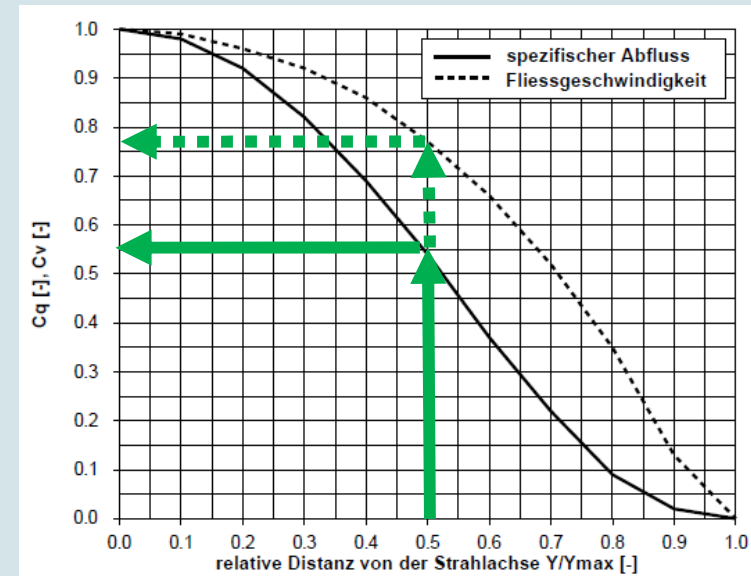


Procédé Beffa: propagation latérale, en fonction du site considéré

2



→ Propagation latérale maximale Y_{max} à une distance de X_q de la brèche



→ Valeurs de profil latéral c_q (pour le débit spécifique) et c_v (pour la vitesse d'écoulement)

3 au site considéré (x / y):
vitesse d'écoulement $v = v_x c_v$
hauteur de débit $h = (q_x c_q) / v$



Procédés CTGREF et Beffa: documents d'aide sur la page d'accueil de l'OFEN



- ➔ Descriptions des procédés (avec exemples d'application)
- ➔ Logiciel pour le procédé Beffa sur la page d'accueil de l'OFEN (simplification de la recherche de sites ou de l'analyse de sensibilité)