



Projet (à rendre) n° 2

Hydraulique

Rupture d'un barrage

Une station de ski souhaite construire un lac de retenue pour l'enneigement artificiel de son domaine skiable. Vous devez étudier le risque en cas de rupture du barrage. Le barrage est construit en remblai dans une zone de dépôts quaternaires à une altitude approximative de 2015 m (voir photographie n° 1). En cas de rupture, l'eau s'entonne rapidement dans un torrent au lit bien pavé, à pente forte, et localement avec des berges végétalisées. La photographie n° 2 montre le lit juste à l'amont du village. Les premières habitations sont situées à l'altitude $z_h = 1620$ m. Vous devez étudier le risque en cas de rupture de la retenue sur le village.



Figure 1 : implantation du site.

Données :

- le volume de la retenue est $46\,000\text{ m}^3$;
- la hauteur d'eau maximale entre le fond et le niveau des plus hautes eaux est $h_0 = 10\text{ m}$;
- la cote des plus hautes eaux (PHE) est $z_{phe} = 2030\text{ m}$;
- la cote du fond du barrage est $z_{phe} = 2020\text{ m}$;
- le transport solide est négligé lors de la crue;
- quoique le lit soit assez étroit, la section en travers est supposée infiniment large de telle sorte qu'on considère comme variables d'écoulement la hauteur h et la vitesse moyenne \bar{u} (au lieu du rayon hydraulique et du débit);
- le profil du terrain en long est donné par le fichier texte à l'adresse suivante <http://lhe.epfl.ch/cours/masterGC/TD2/profil.xls> (fichier excel) ou bien <http://lhe.epfl.ch/cours/masterGC/TD2/profil.txt> (fichier texte);
- l'altitude du pied du barrage est 2015 m. L'altitude du village à l'aval est 1620 m.

Outils numériques :

Pour ceux qui veulent utiliser des outils numériques, nous avons préparé deux solutions :

- Calcul avec [iber](#) : vous pouvez télécharger la marche à suivre avec ce tutoriel [iber_TD](#). Pour les données topographiques, un lien vers un dépôt privé vous est fourni par ailleurs (données privées à ne pas communiquer en dehors de ce cours);

- Calcul avec [clawpack](#) : vous pouvez télécharger les [sources en fortran f77](#) ainsi que la topographie 1D. Attention Clawpack tourne plutôt sur un environnement linux, et il y a des différences entre les versions 4 et 5, qui peuvent générer des problèmes de compilation. Si vous tournez sur Windows ou Mac OS, vous pouvez installer une machine virtuelle comme VM VirtualBox comme l'explique succinctement cette [page de note site web](#). Je joins aussi deux scripts Mathematica pour [générer la topographie](#) depuis le fichier profil.txt et [tracer les résultats numériques](#).

Comme on vous demande de faire le travail d'analyse du risque comme si vous étiez en bureau, vous avez le choix de la méthode. L'important est d'être cohérent, pertinent, et critique dans votre analyse. Vous avez toute latitude dans l'approche et dans le choix des outils. Comme il vous faut vivre avec votre époque, il convient plutôt d'utiliser une méthode numérique. Parmi les méthodes, on peut choisir (liste non exhaustive, voir aussi les [liens du cours](#) sur le site web) :

- approximation d'onde cinématique vue dans le cours ;
- résolution numérique avec Castor ou Mascaret ;
- résolution numérique avec [iber](#) (voir *supra*) ou [Basement](#) ;
- méthode simplifiée de son choix.

Pour les calculs (approchés à la main), on pourra utilement se référer à la [la présentation français/allemand de Rudolf Müller](#) sur le site de l'OFEN (quatrième opuscule en partant du haut). On peut également se référer à l'article de Hubert Chanson (université de Queensland, Australie) intitulé [Solutions analytiques de l'onde de rupture de barrage sur plan horizontal et incliné](#) (*la Houille Blanche* 2006, **3**, 76–86).

Par exemple, on peut suivre les étapes suivantes :

1. Évaluer un ordre de grandeur du coefficient de Manning-Strickler K en donnant les bornes de l'intervalle dans lequel il doit se trouver. On s'aidera pour cela de la photographie ci-dessous et des valeurs-guides données au § 1.1.5 du cours (et les documents référencés).
2. Donner un ordre de grandeur de la largeur de la brèche ℓ qui peut se former lors de la rupture (supposée instantanée) du remblai. Pour cela on s'aidera des valeurs données dans le cours et on fournira une plage de valeurs possibles.
3. Pour commencer on suppose que la rupture se produit sur un fond horizontal. Dans le cas où il n'y a pas de frottement et où le volume d'eau est infini, calculer la vitesse du front à l'arrivée dans le village (la distance entre le barrage et le village déduit du profil de terrain est supposée rester la même). Évaluer la vitesse à l'arrivée dans le village et la hauteur d'eau en considérant un frottement de type Manning-Strickler. On tiendra compte de l'incertitude sur K et on fournira plusieurs approximations des vitesse et hauteur du front.
4. Faire maintenant le calcul complet par la méthode de son choix dans le cas où le terrain naturel est celui fourni dans le fichier « profil.txt », le coefficient de rugosité est K , la largeur de la brèche est ℓ . On fournira un graphique montrant la variation de $h(x, t)$ en fonction de x et cela pour différents temps de 0 à 60 s



Figure 2 : vue du chenal d'écoulement à l'amont du village.

(par pas de 5 s).

5. Conclure sur le risque au niveau du village : quel zonage (quelles sont affectées, avec quelle intensité?) et quelles recommandations feriez vous pour réduire le risque.