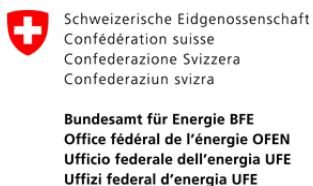


**COURS DE FORMATION**  
**Vérification de la sécurité aux crues des ouvrages**  
**d'accumulation :**  
**Application de la méthodologie CRUEX++**  
**à l'estimation des crues extrêmes**



**20 et 21 mars 2017 - Lausanne**



## OBJECTIFS

Ce cours de formation vise à développer les compétences d'estimation des crues extrêmes en conformité avec la nouvelle directive sur la sécurité des ouvrages d'accumulation de l'Office fédéral de l'énergie OFEN.

D'abord les bases de l'estimation statistique des crues et la méthode PMP-PMF (*probable maximum precipitation - probable maximum flood*) sont présentées. Ensuite la méthodologie CRUEX++, qui combine la méthode PMP-PMF avec la statistique, est introduite. La mise en œuvre de cette méthodologie est effectuée à l'aide du logiciel en accès libre de modélisation hydrologique et hydraulique RS MINERVE et du plugin gratuit CRUEX++.

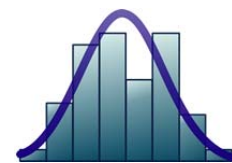
### Introduction à la directive de l'OFEN, aux estimations de crues et au projet CRUEX++

Lors de ce cours, les participants pourront améliorer leurs connaissances des exigences de sécurité vis-à-vis des crues extrêmes ainsi que des méthodes d'estimation des crues. Ils pourront également situer la nouvelle méthodologie CRUEX++ dans un contexte global de méthodes d'estimation des crues extrêmes.



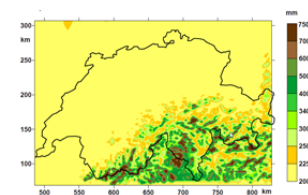
### Introduction aux estimations statistiques des crues

L'estimation par extrapolation statistique est introduite en exposant les distributions usuelles, leur utilisation et en pointant leurs limites.



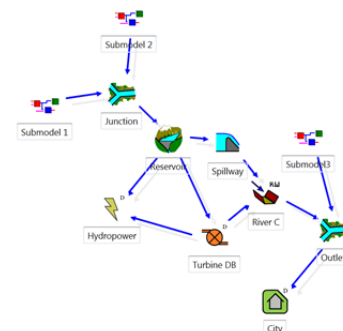
### Introduction à l'approche PMP-PMF

La méthode PMP-PMF est expliquée. Les cartes PMP suisses sont exposées et leur élaboration ainsi que leur limite d'application sont décrites en détail. La nécessité d'associer une simulation hydrologique à l'utilisation de ces cartes est expliquée.



### Introduction à la modélisation hydrologique

La modélisation hydrologique permet de simuler les processus hydrologiques qui se produisent dans un bassin versant. La maîtrise de ce type de modélisation permet non seulement de mettre en œuvre la méthode PMP-PMF mais aussi de simuler toute crue issue d'un événement météorologique synthétique.



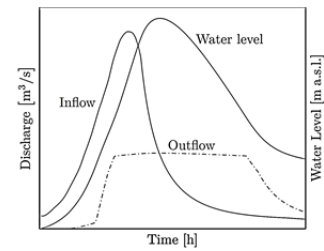
### Fondements de la méthodologie CRUEX++

La nouvelle méthodologie CRUEX++ est introduite. Les différentes étapes d'analyse sont mises en évidence. L'avantage de la méthodologie CRUEX++ par rapport aux approches conventionnelles est souligné.



## Détermination de la crue de sécurité avec RS MINERVE et le plugin CRUEX++

Une étude de cas permet aux participants d'appliquer la méthodologie CRUEX++ à l'estimation de la crue de sécurité et du niveau d'eau atteint dans la retenue lors de cette crue à l'aide du logiciel RS MINERVE et du plugin CRUEX++. En plus, la période de retour du débit de pointe sera estimée à l'aide de distributions bornées



### PUBLIC CIBLE

---

Ce cours s'adresse à tous les professionnels du domaine de la grande hydraulique et des barrages ainsi qu'aux ingénieurs intéressés à l'estimation des crues extrêmes en vue de la vérification de la sécurité des barrages.

### STRUCTURE DU COURS

---

Le cours est divisé en modules théoriques et pratiques qui sont répartis sur deux jours.

Les participants devront amener leur propre ordinateur portable (fonctionnant avec Windows 7 ou supérieur) pour pouvoir suivre la partie pratique. RS MINERVE et le plugin CRUEX++ devront être installés préalablement. Le logiciel et le plugin sont téléchargeables pour les participants après inscription sous le lien suivant : <https://cruex.crealp.ch>

Pour l'application pratique, les données nécessaires seront mises à disposition lors du cours.

### RENSEIGNEMENTS ET INSCRIPTIONS

---

Des renseignements complémentaires peuvent être obtenus auprès du Laboratoire de Constructions Hydrauliques, LCH.

**EPFL ENAC IIC LCH**  
Station 18  
1015 Lausanne

Mail : [franz.zeimetz@epfl.ch](mailto:franz.zeimetz@epfl.ch)  
Tél +41 21 693 23 66  
Fax +41 21 693 22 64

### FRAIS D'INSCRIPTION

---

**Prix : CHF 850.-**

Les frais d'inscription comprennent les cours théoriques, l'application pratique, les supports du cours, les repas de midi et les pauses café.

## CERTIFICAT

---

Les participants à la formation obtiendront un **Certificat de formation** pour le cours de  
**Vérification de la sécurité aux crues des ouvrages d'accumulation :**  
**Application de la méthodologie CRUEX++ à l'estimation des crues extrêmes**

## ORGANISATION

---

Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH)  
École polytechnique fédérale de Lausanne – EPFL  
EPFL-ENAC-IIC-LCH  
GC A3 504, Station 18  
1015 Lausanne  
<http://lch.epfl.ch>

## PARTENAIRES

---

Office fédéral de l'énergie OFEN  
Surveillance des barrages  
3003 Berne  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

CREALP, Centre de recherche sur  
l'environnement alpin  
Rue de l'Industrie 45  
1951 Sion  
[www.crealp.ch](http://www.crealp.ch)

Hydrique Ingénieurs  
Ch. Du Rionzi 54  
1052 Le Mont-sur-Lausanne  
[www.hydrique.ch](http://www.hydrique.ch)

Hertig & Lador  
1176 St-Livres (VD)  
[www.hetl.ch](http://www.hetl.ch)

## LIEU DU COURS

---

EPFL  
1015 Lausanne  
**Bâtiment Génie Civil**  
Salle GC B3 30

QR Code pour visualiser le plan d'accès:



URL : <https://goo.gl/kdP5Wm>

### Accès depuis la gare de Lausanne :

- Métro M2 direction *Croisette* jusqu'à l'arrêt *Flon*
- Changer à l'arrêt *Flon* pour prendre le M1 en direction de *Renens Gare* jusqu'à l'arrêt *EPFL*

### Accès depuis la gare de Renens :

- Métro M1 direction *Flon* jusqu'à l'arrêt *EPFL*

**INTERVENANTS**

---

**Georges DARBRE**, Chargé de la sécurité des barrages, OFEN

**Jean-Michel FALLOT**, Maître d'enseignement et de recherche, UNIL

**Alain FOEHN**, Ingénieur au CREALP et doctorant au Laboratoire de Constructions Hydrauliques LCH – EPFL

**Javier GARCIA HERNANDEZ**, Directeur au CREALP

**Frédéric JORDAN**, Directeur d'Hydrique Ingénieurs

**Anton SCHLEISS**, Directeur du Laboratoire de Constructions Hydrauliques LCH – EPFL

**Markus SCHWAGER**, Spécialiste surveillance des barrages, OFEN

**Fränz ZEIMETZ**, Ingénieur et collaborateur scientifique au Laboratoire de Constructions Hydrauliques LCH – EPFL

## PROGRAMME DU COURS DE FORMATION

Lundi, 20 mars 2017 : Bases et Mise en œuvre de la méthodologie CRUEX++			
	Horaire	Thème	Intervenant
Théorie	09h00 - 09h10	Enregistrement des participants	-
	09h10 - 09h20	Bienvenue aux participants et présentation du projet CRUEX++ pour la détermination des crues extrêmes	Anton SCHLEISS
	09h20 - 09h35	Sécurité en cas de crue : Buts et exigences cadres selon la directive OFEN 2017	Georges DARBRE
	9h35 - 10h05	Éléments de la vérification de la sécurité en cas de crues selon la directive OFEN 2017 (méthodes applicables, situations et scénarios de vérification)	Markus SCHWAGER
	10h05 - 10h30	Aperçu des méthodes d'estimation de crues (statistique, PMP-PMF)	Fränz ZEIMETZ
	10h30 - 10h45	Pause-café	
	10h45 - 11h00	Détermination des crues extrêmes par simulation pluie-débit et estimation de la période de retour : la méthodologie CRUEX++	Fränz ZEIMETZ
	11h00 - 11h20	Cartes PMP suisses : hypothèses et validation	Jean-Michel FALLOT
	11h20 - 12h00	Les outils de simulation pluie-débit : logiciel de simulation (RS MINERVE), base de données de pluies extrêmes (cartes PMP), module CRUEX++.	Javier GARCIA Frédéric JORDAN Fränz ZEIMETZ
	12h00 - 13h30	Repas de midi (LE PARMENTIER – EPFL)	
	13h30 - 14h15	Modélisation hydrologique et hydraulique par simulation pluie-débit semi-distribuée conceptuelle (météorologie, bassin versant, retenue avec effet de laminage).	Javier GARCIA Frédéric JORDAN
Pratique	14h15 - 15h30	Travail pratique : Etude de cas de modélisation hydrologique et hydraulique avec RS MINERVE.	-
	15h30 - 15h45	Pause-café	-
	15h45 - 17h15	Travail pratique : détermination de la crue de sécurité selon la méthodologie CRUEX++. (étude de cas simplifié)	-
	17h30	Remarques finales et apéro (ROLEX Learning Center)	

**Mardi, 21 mars 2017 : Approfondissement théorique de la méthodologie**

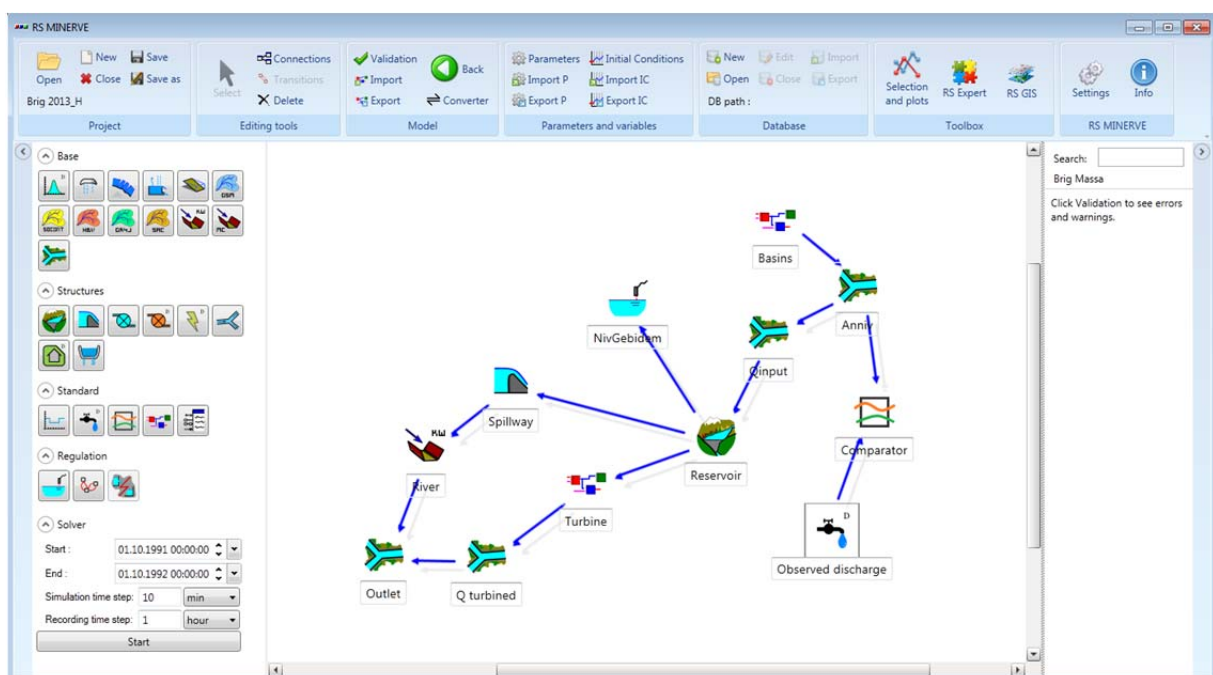
	Horaire	Thème	Intervenant
Théorie	8h30-8h45	Éléments individuels de la méthodologie CRUEX++ et de sa mise en œuvre.	Fränz ZEIMETZ
	08h45 - 09h05	Distribution temporelle de la pluie : bases et utilisation de la <i>rainfall mass curve</i> (courbe de précipitation cumulée)	
	9h05-9h25	Rôle de la température (altitude de l'isotherme 0°C) et hypothèses pour les simulations PMP-PMF	Fränz ZEIMETZ
	09h25- 09h45	Détermination des conditions initiales pour les simulations PMP-PMF	
	09h45 - 10h15	Lois de distributions statistiques bornées	
	10h15 - 10h30	Pause-café	
	10h30 - 11h00	Calage d'un modèle hydrologique et indicateurs de performance	Frédéric JORDAN / Javier GARCIA
Pratique	11h00 - 12h30	Travail pratique : Mise en pratique du calage à l'aide du modèle hydrologique semi-distribué GSM-SOCONT.	-
	12h30 - 14h00	Repas de midi (LE PARMENTIER – EPFL)	
	14h00 - 15h30	Travail pratique : Déduction des conditions initiales par analyse statistique des variables d'état du modèle hydrologique.	-
	15h30 - 15h45	Pause-café	
	15h45 - 17h15	Travail pratique : Détermination de l'hydrogramme de la crue de sécurité avec le module CRUEX++	-
	17h15 – 17h30	Discussion finale et conclusion du cours	-

## LE LOGICIEL RS MINERVE

RS MINERVE est un logiciel gratuit destiné à la simulation des flux dans des systèmes à surface libre. Il permet la modélisation de réseaux hydrologiques et hydrauliques complexes selon une approche semi-distribuée. Le logiciel est capable de représenter non seulement les principaux processus hydrologiques tels que la fonte de neige et la fonte glaciaire ainsi que les écoulements de surface et de sub-surface, mais également les ouvrages régulés tels que les retenues, vannes, évacuateurs contrôlés, prises d'eau, turbines ou pompes, galeries et autres ouvrages hydrauliques.

L'analyse globale d'un réseau hydrologique-hydraulique est indispensable dans de nombreux cas, tels que l'estimation des crues extrêmes en tenant compte de l'effet de laminage d'une retenue, la planification ou la gestion des ressources en eau, l'optimisation des opérations d'usines hydroélectriques, la conception et la régulation de déversoirs ou le développement de concepts de protection contre les crues. RS MINERVE rend ce type d'analyses accessible à un large public, grâce à son interface utilisateur conviviale et ses nombreuses fonctionnalités.

RS MINERVE intègre différents modèles hydrologiques de pluie-débit tels que GSM, SOCONT, SAC-SMA, GR4J et HBV. Parmi d'autres modules, le module de calage automatique à l'aide de différents algorithmes, tel que SCE-UA (*shuffled complex evolution method* développé à l'Université d'Arizona), permet de déterminer le meilleur jeu de paramètres hydrologiques sur la base de critères définis par l'utilisateur.



*Interface de RS MINERVE*



## LE PLUGIN CRUEX ++

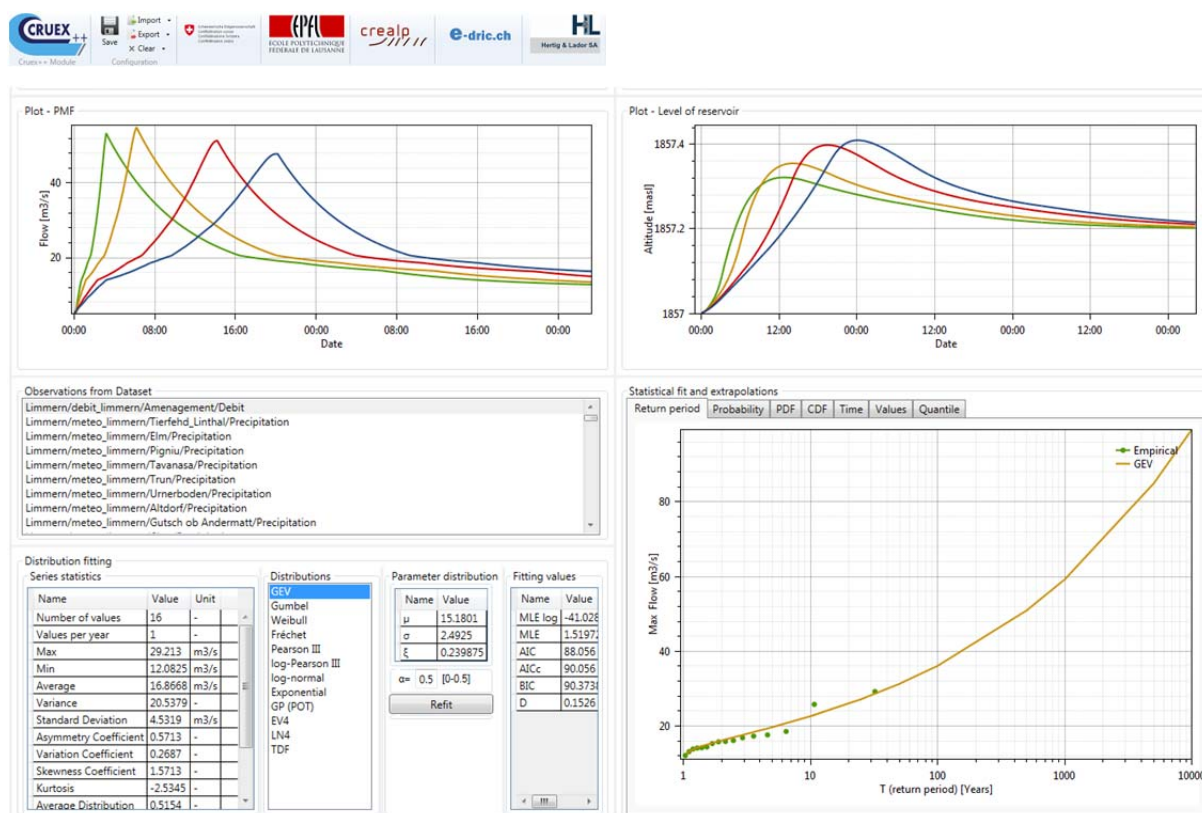
Le plugin gratuit CRUEX++ a été développé pour le logiciel RS MINERVE (libre accès). Ce plugin réunit les outils nécessaires à l'application de la méthodologie CRUEX++ dans une interface complète et conviviale.

La simulation hydrologique et hydraulique utilisant le plugin CRUEX++ permet le croisement automatique de différents événements de pluies extrêmes (PMP de différentes durées) avec différentes conditions initiales de terrains (saturation du sol, neige,...). Ensuite, l'interface permet de visualiser les résultats des simulations tels que l'hydrogramme de crue et le niveau d'eau dans la retenue pour chacune des crues simulées.

En plus, le plugin CRUEX++ permet la combinaison de ces résultats de simulation avec l'approche statistique. Il est donc possible

- d'estimer la plus grande crue possible à prendre en compte pour l'ajustement des lois bornées ;
- d'ajuster des lois statistiques bornées (expliquées lors du cours) à la série de débits maximaux annuels observés ;
- de déterminer la période de retour du débit de pointe de la PMF considérée comme crue de sécurité basé sur une loi statistique bornée ajustée.

L'outil n'exclut cependant pas les lois statistiques usuelles, comme par exemple la loi d'extrémum généralisée, la loi généralisée de Pareto, Pearson III, ...etc. Ceci permet de comparer les résultats de la méthodologie CRUEX++ à ceux d'extrapolations classiques.



Interface du PLUGIN CRUEX++

**BULLETIN D'INSCRIPTION**

COURS DE FORMATION " Vérification de la sécurité aux crues des ouvrages d'accumulation :  
Application de la méthodologie CRUEX++ à l'estimation des crues extrêmes"

**Dates:** lundi 20 mars et mardi 21 mars 2017

Nombre d'heures : 16 heures

**Nom et prénom :**

**Société :**

**Adresse :**

**E-mail :**

**Téléphone :**

Bulletin d'inscription à renvoyer jusqu'au 8 mars 2017 à :

**EPFL ENAC IIC LCH**

**Station 18**

**1015 Lausanne**

ou par fax : +41 21 693 22 64

ou par email : [franz.zeimetz@epfl.ch](mailto:franz.zeimetz@epfl.ch)

Une facture avec un bulletin de versement vous sera envoyée par la suite, payable dans les 10 jours.

Dès réception du paiement, l'inscription vous sera confirmée par le LCH.

Seules les 25 premières inscriptions pourront être retenues, à cause des places limitées pour les travaux pratiques.

La langue du cours est le français.