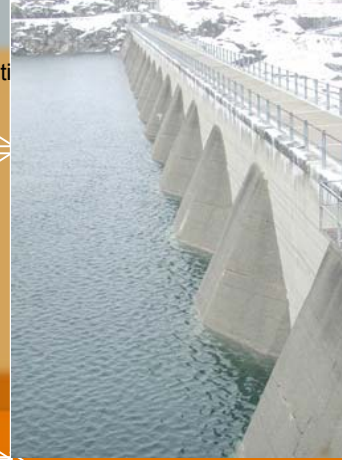
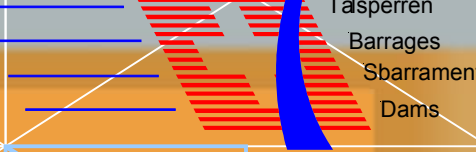


Sécurité en cas de séisme: Exigences concernant les petits ouvrages d'accumulation



Bundesamt für Wasser und Geologie **BWG**
Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**
Ufficio federale delle acque e della geologia **UFAEG**
Uffizi federal per aua e geologia **UFAEG**
Federal Office for Water and Geology **FOWG**

G.R. Darbre
OFEG

Contenu

- Bases
- Séisme de vérification
- Barrages en remblai
- Barrages en béton et en maçonnerie
- Barrages mobiles
- Chapitres de la documentation de base

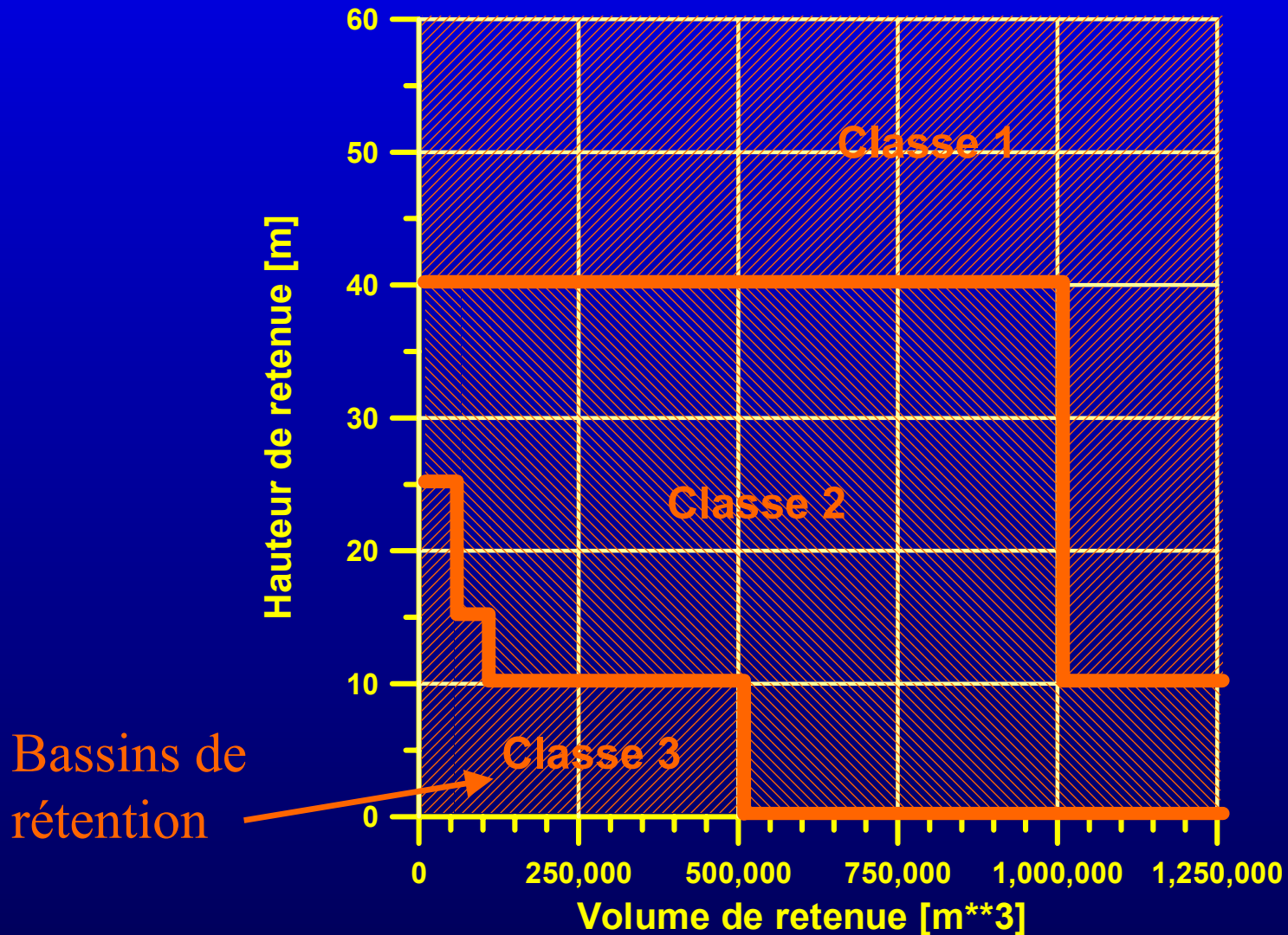
Objectifs de protection

- Protection des personnes, des biens, des conséquences économiques et de l'environnement
 - ➔ **Pas d'écoulement incontrôlé des eaux:**
 - Aucune rupture instantanée
 - Ouvrages annexes essentiels rapidement fonctionnels
- Pas de vérification de l'aptitude au service exigée!

Risque homogène

- Risque homogène, indépendant de l'aménagement:
 - ➔ Lorsqu'un lâchage incontrôlé aurait de plus grandes conséquences:
 - Probabilité d'apparition du séisme de vérification plus faible
 - Vérification plus détaillée
- Mise en œuvre: ➔ **Classes de barrages**

Classes de barrages: Définition



Evaluation

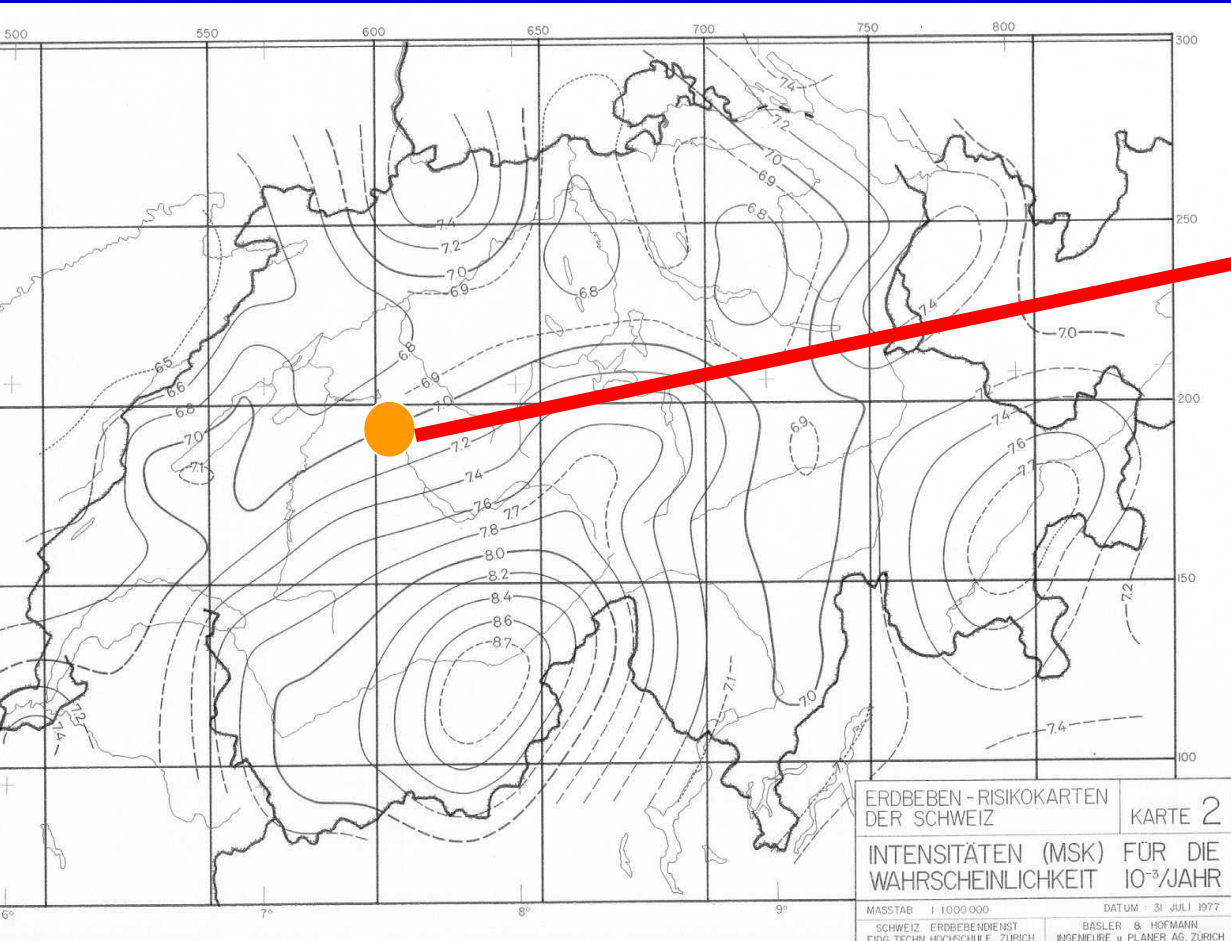
→ Vérification: Sollicitation vs. Résistance

Classe	Vérification	Sollicitation (séisme)	Résistance
III	Peu détaillée	10% de dépassement en 100 ans	Représentative
II	Moyennement détaillée	2% de dépassement en 100 ans	Représentative
I	Très détaillée	1% de dépassement en 100 ans	Représentative

Partie B - Séisme de vérification

Sollicitation

- Accélération de pointe au sol
(Classe III, $T=1'000$ ans) :



$$I_0[\text{MSK}] = 7.0$$

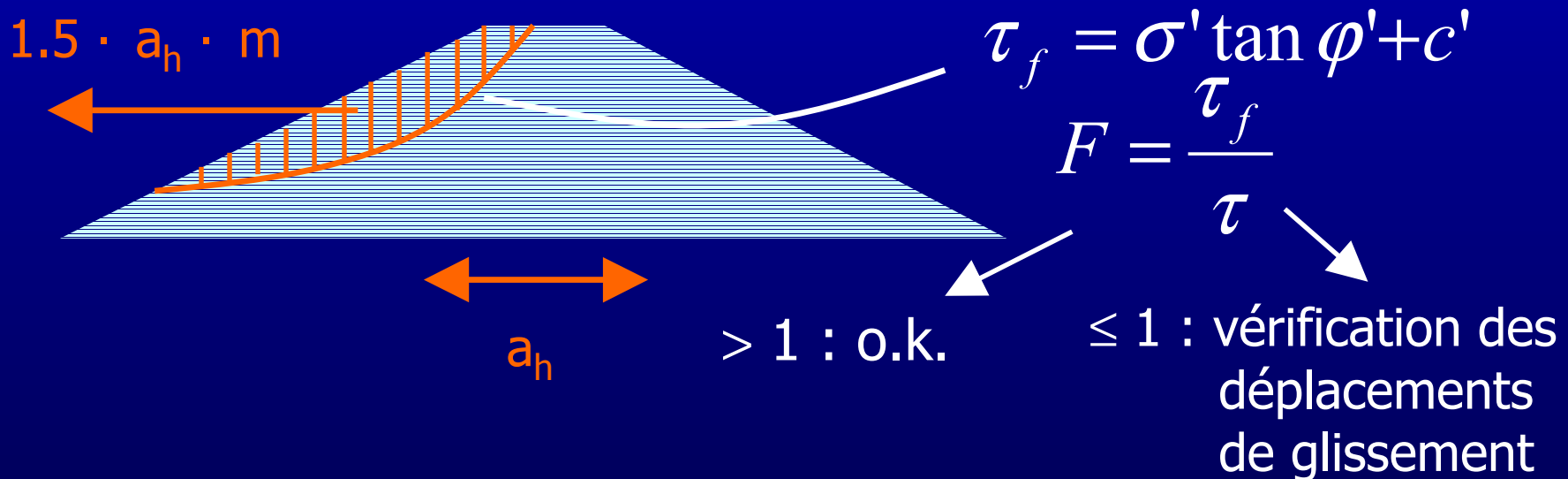
$$\text{Log} a_h = 0.26 I_0 + 0.1$$

$$a_h = 10\% g$$

$$a_v = \frac{2}{3} a_h$$
$$= 7\% g$$

Stabilité sismique (classe III)

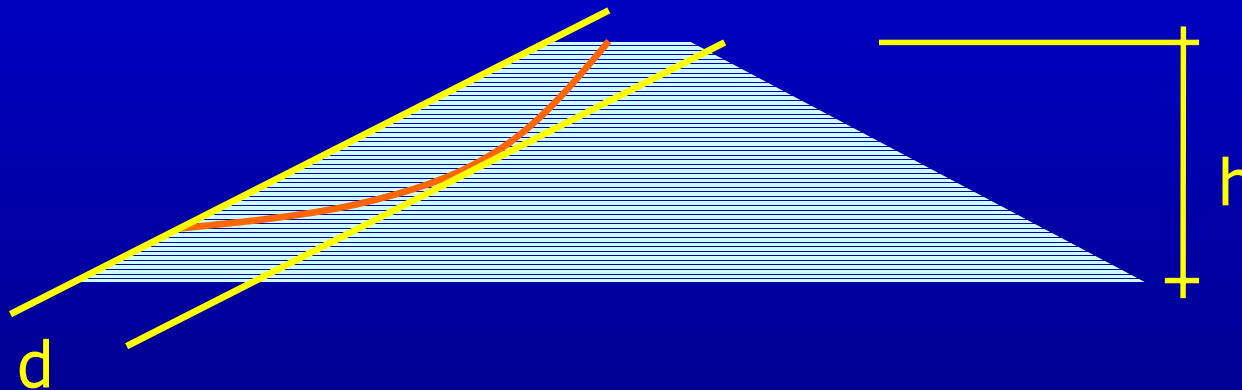
- Séisme
- Charges permanentes sous conditions d'exploitation normales
 - Poids propre
 - Niveau normal d'exploitation (Bassins de rétention: plein)
 - Pas de masse d'eau entraînée (contribution négligeable)
- Matériaux: Documentation existante ou comparaisons



Déplacements de glissement

■ Déplacements admissibles

- Blocs superficiels ($d/h < 10\%$ à 20%) : $u < 20 \text{ cm}$
- Blocs profonds ($d/h < 10\%$ à 20%) : $u < 50 \text{ cm}$



■ Si critère de déplacements pas satisfait, vérifier:

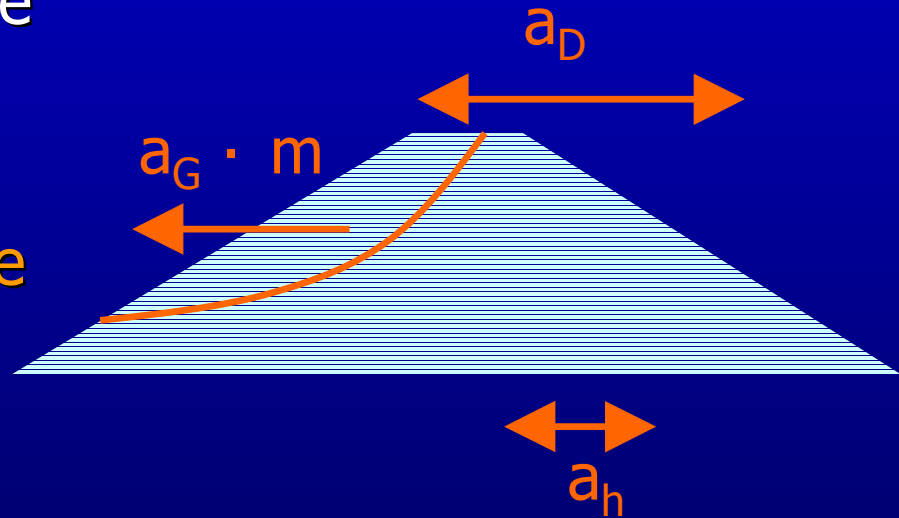
- Revanche (**pas de débordement**)
- Critères de filtre, assez de matériaux autorégénérants, épaisseurs résiduelles des couches de filtre et de drainage (**pas d'érosion interne**)
- **Stabilité en état déformé (après séisme)**

Mesures éventuelles

- Mesures constructives et / ou d'exploitation
- Vérification plus précise (moins conservatrice)

– Formules et courbes pour

- Période fondamentale
- Accél. max. au couronnement
- Accél. max. au centre de gravité du bloc

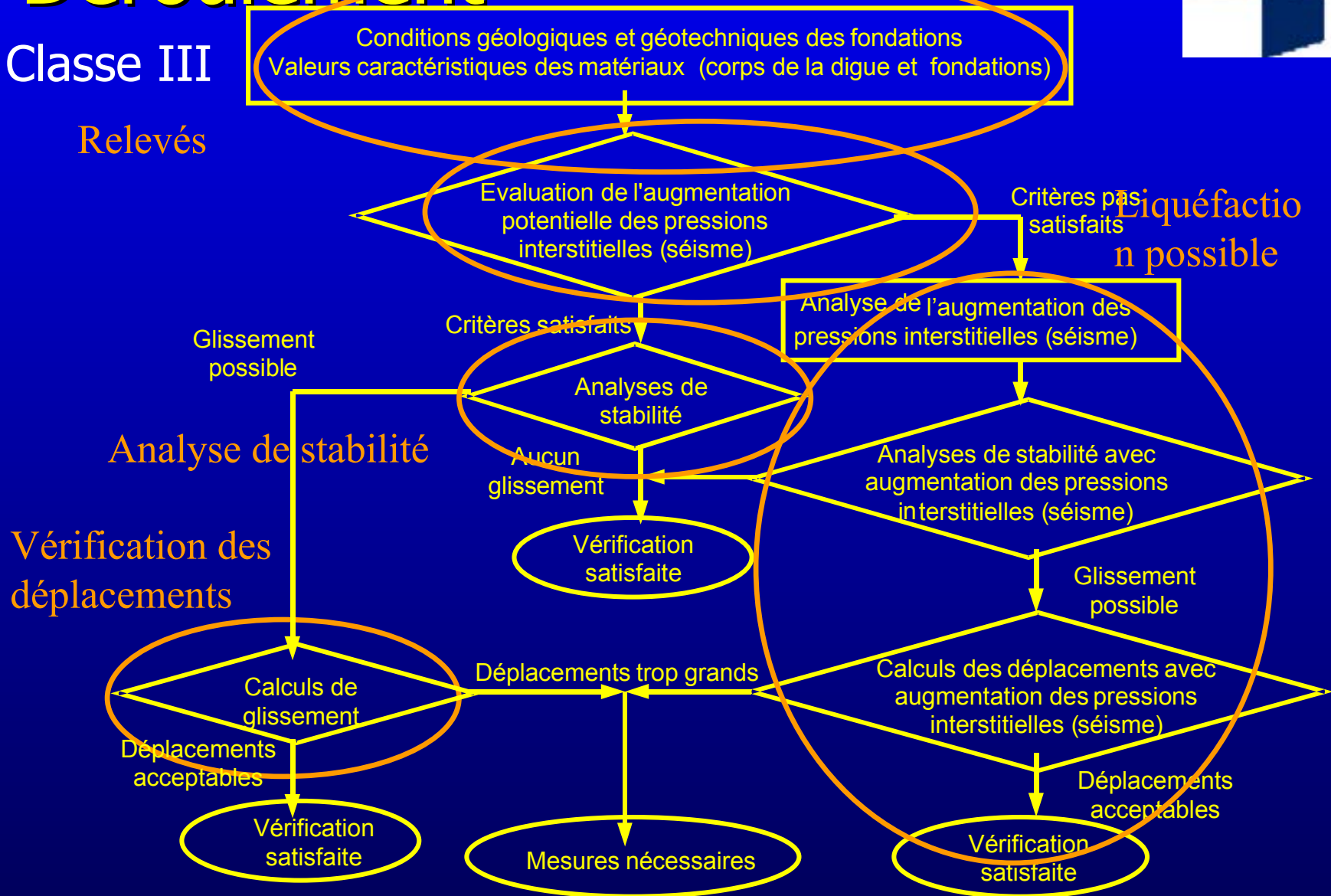


- Accélérations: éléments finis
Déplacements: calcul (bloc rigide)

Déroulement

Classe III

Relevés



Bases de modélisation

III Force horizontale de substitution
(statique, distribution empirique)
Calcul statique de stabilité
Calcul empirique des déplacements

II Forces horizontale de substitution (statique,
distribution modale empirique) et verticale statique
Calcul statique de stabilité
Calcul empirique des déplacements

I Calculs statique et dynamique par éléments finis
Analyse de stabilité dynamique simplifiée
Calcul dynamique simplifié des déplacements
(bloc rigide)

Vérifications de la sécurité

- Contraintes (absence d'instabilité locale considérant une redistribution des contraintes)
- Stabilité du barrage (glissement et basculement)
- Fondations (si mauvaises conditions)
- Rives (en présence de zones instables, pas de déferlement intolérable)
- Organes annexes de sécurité (fonctionnement maintenu ou immédiatement rétabli)

Modèles

- 
- III 2-D: Barre / Analytique, fondation rigide
3-D: Poutres croisées / F.E., fondation rigide
Matériaux: Caractéristiques d'ouvrages similaires / Littérature
1 composante horizontale de séisme
Résolution: Pseudo-statique / Spectre de réponse (1 mode)
 - II Poutres croisées / F.E., fondation par ressorts (sans masse)
Matériaux: Caractéristiques d'essais statiques
2 (2-D) resp. 3 (3-D) composantes de séisme
Résolution par spectre de réponse (plusieurs modes)
 - I Barrage: F.E., Fondation: F.E. (sans masse)
Matériaux: Caractéristiques d'essais statiques
3 séries de séisme à 2 (2-D) resp. 3 (3-D) composantes
Résolution par analyse de l'évolution temporelle

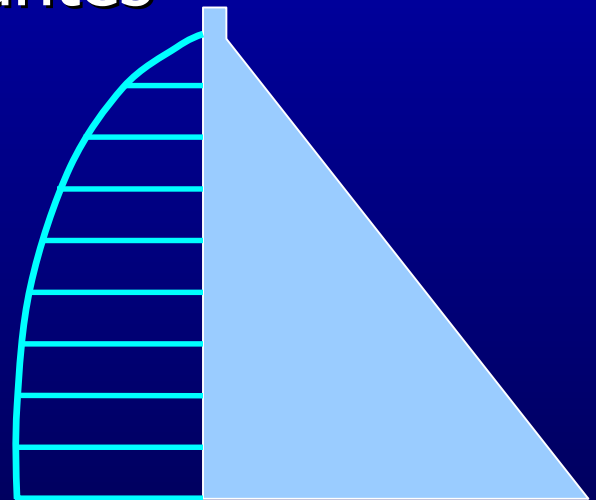
Combinaisons de charge

■ Charges permanentes sous conditions d'exploitation normales

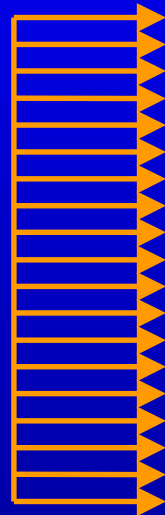
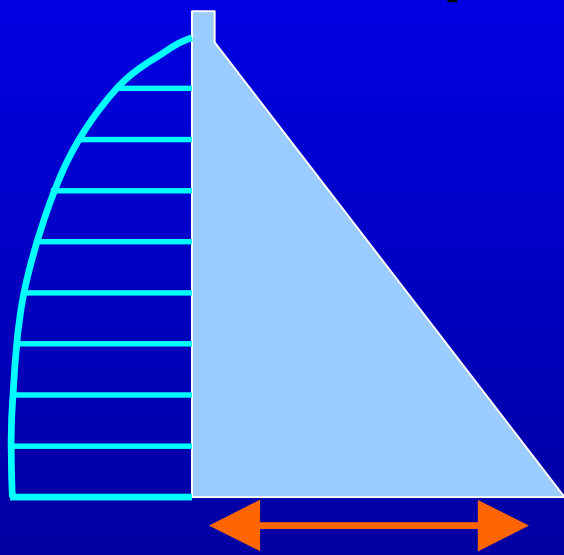
- Poids propre
- Niveau normal d'exploitation
(Plein pour bassins de rétention)
- Températures correspondantes

■ Séisme

- y compris effet d'une masse d'eau entraînée! ("Westergaard")



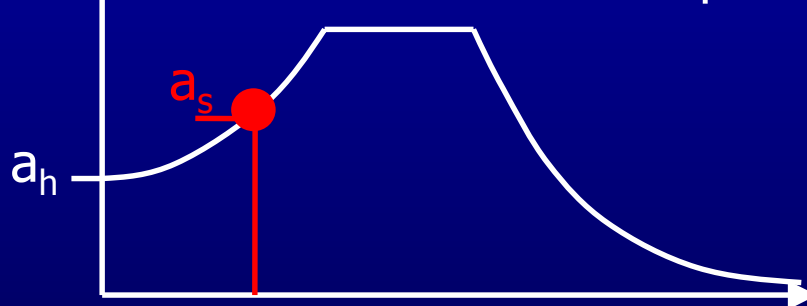
Méthode pseudo statique



Accélération
uniforme a_s

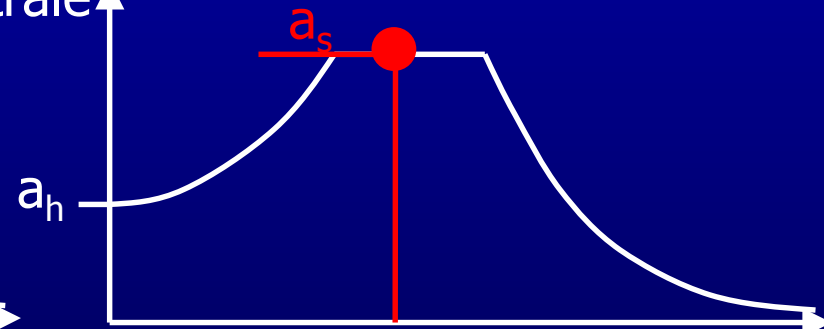
Procédure
extrêmement
conservatrice!

Accélération
spectrale



Période T

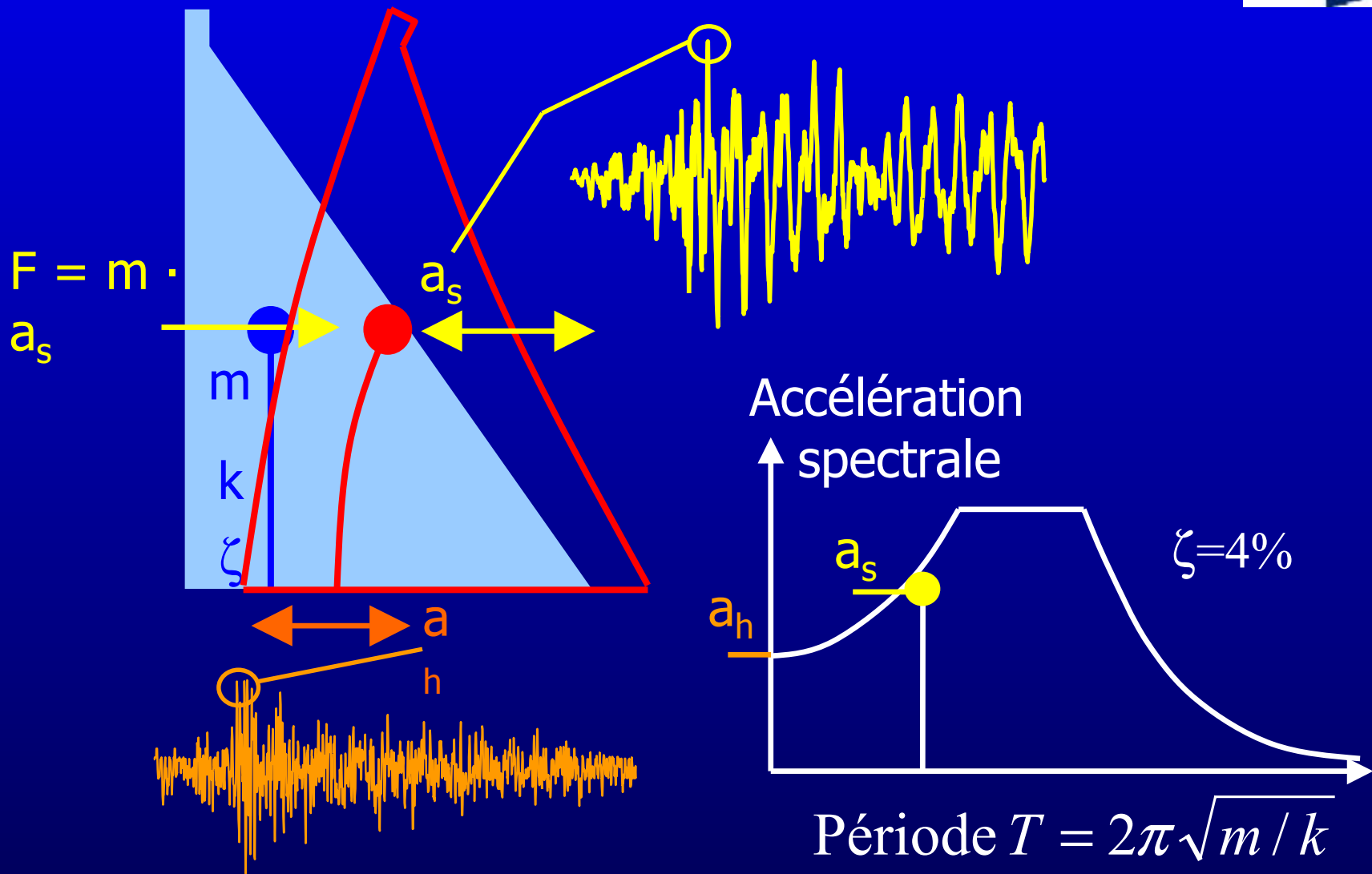
Accélération
spectrale



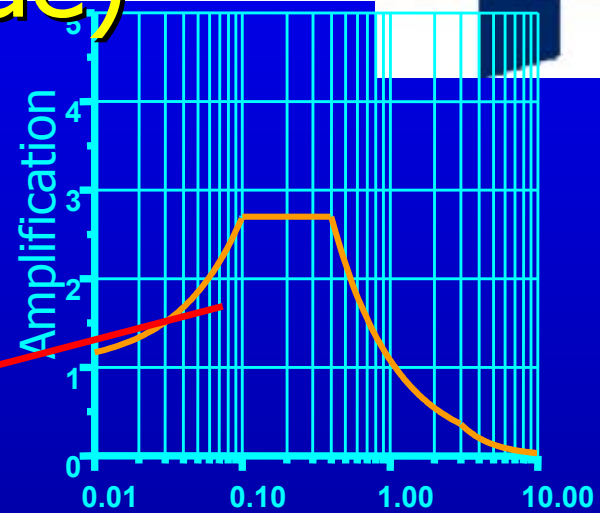
Période T

Partie B - Séisme de vérification

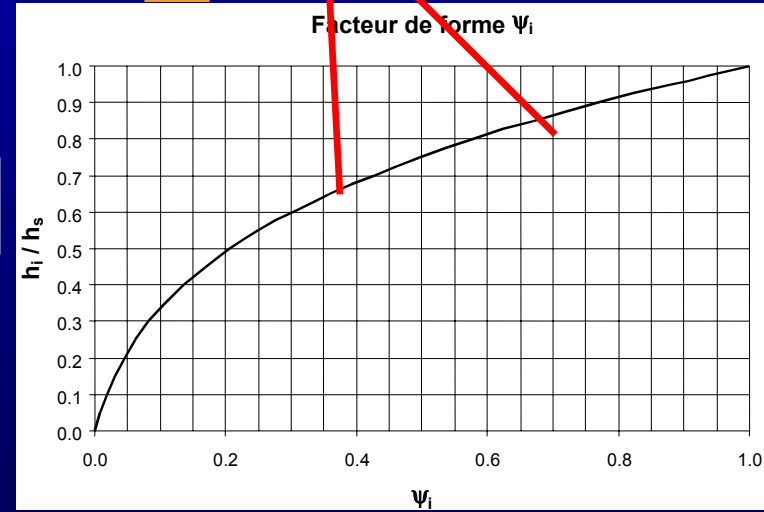
Spectre de réponse



Analyse spectrale (1 mode)



$$QH = QH_{tot} \frac{m_i \psi_i}{\sum (m_i \psi_i)}$$



Tableau

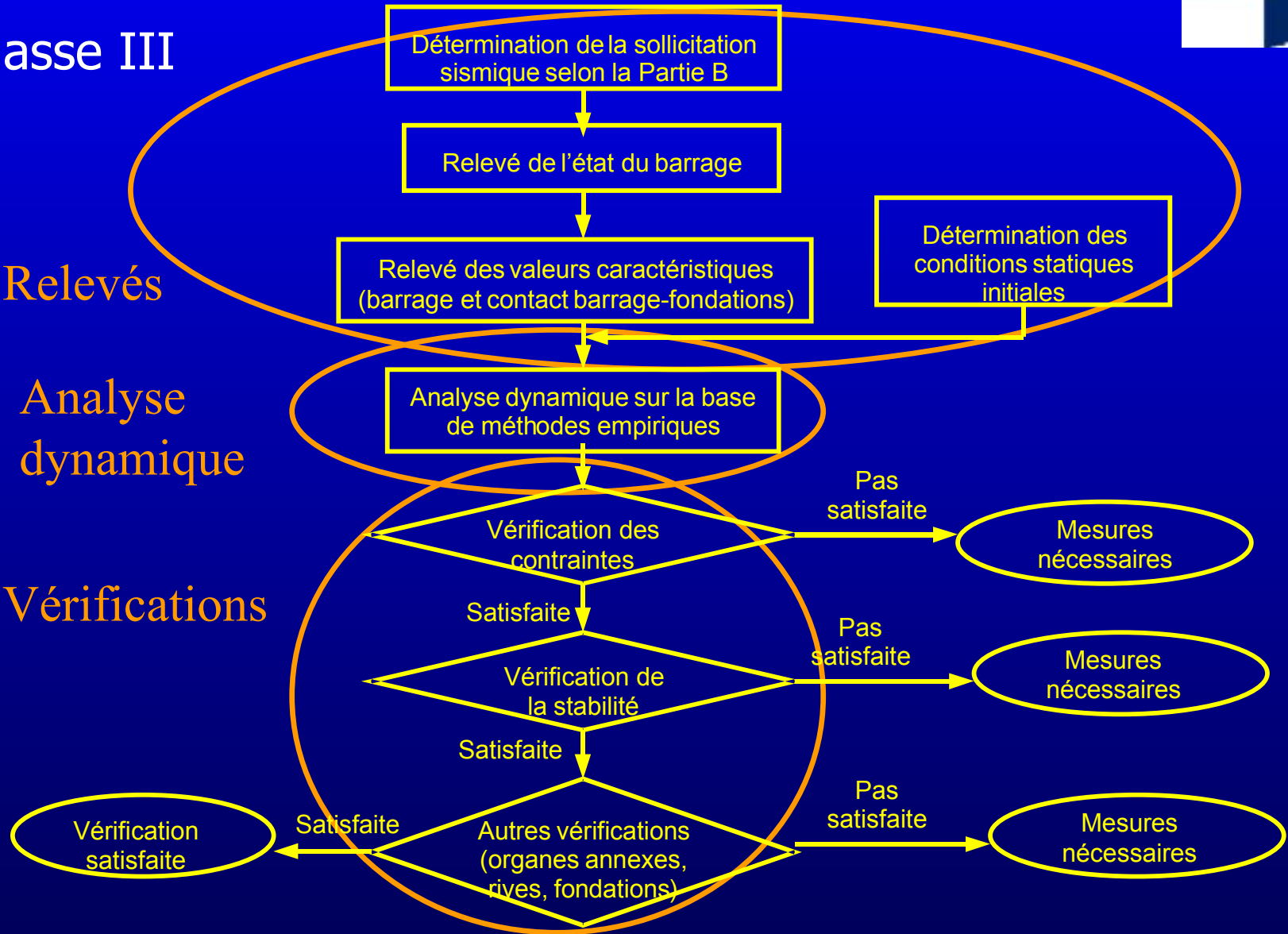
Déroulement

Classe III

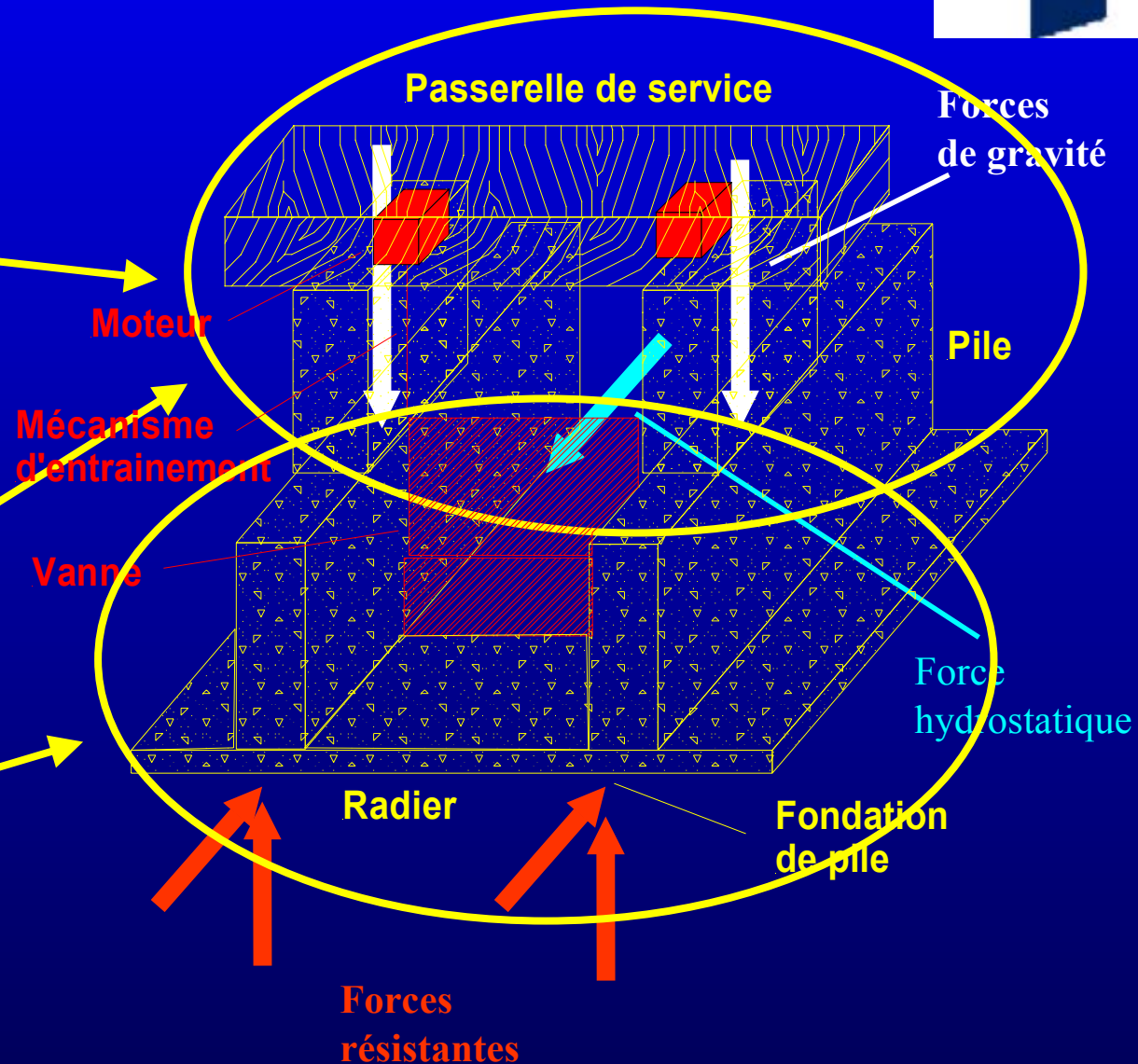
Relevés

Analyse
dynamique

Vérifications



Conditions structurales



- Partie supérieure similaire à un pont
- Partie inférieure: barrage
- Différents matériaux

Partie E - Barrages mobiles

Système statique

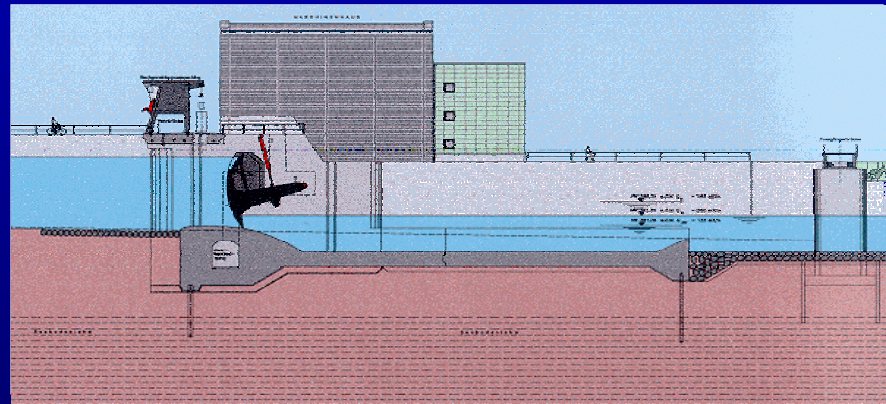
Elancé



Moins - à pas - élancée



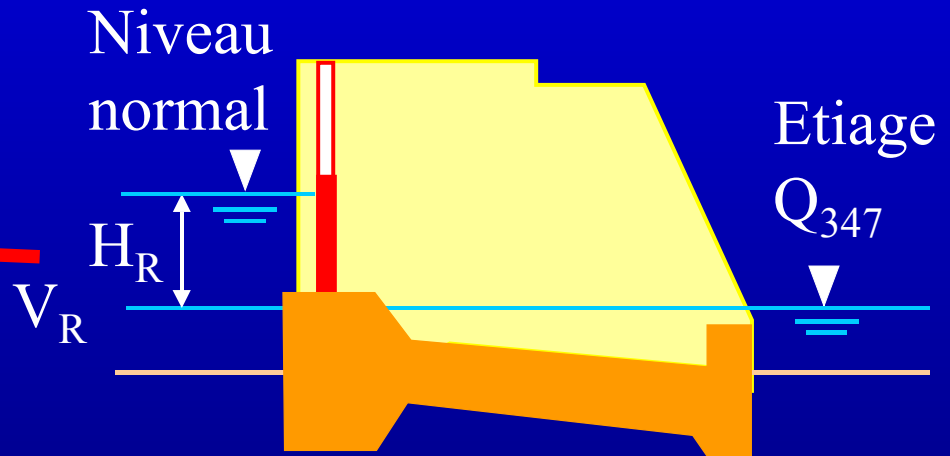
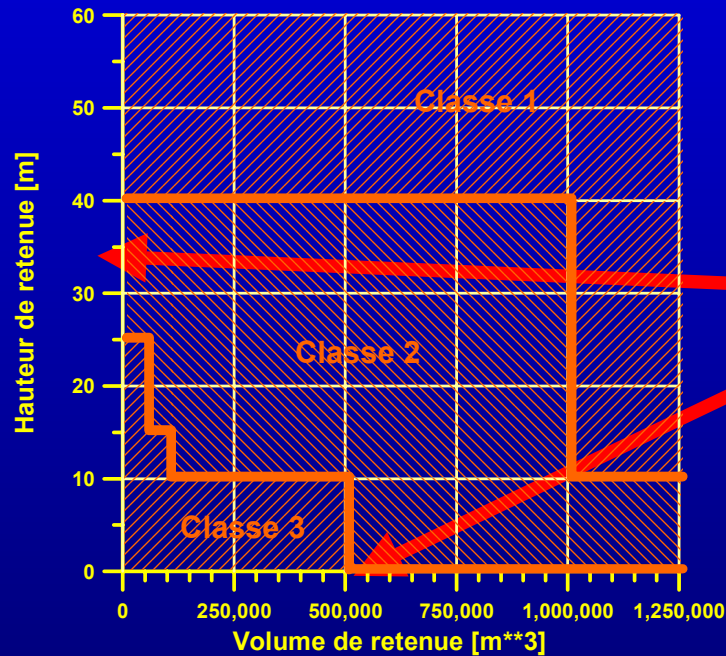
Constatation: Pluralité d'éléments structuraux



⇒ L'utilisation de directives tierces est permise et recommandée!
Sous réserve du respect de principes fondamentaux

Classes d'ouvrages

Assignation à une classe



⇒ Période de retour correspondante

⇒ Degré de détail de modélisation correspondant,
selon les indications pour barrages en béton

Comportement

- Aucun lâchage d'eau incontrôlé
 - ⇒ Des dégâts importants de la partie au dessus du niveau d'eau sont acceptables
 - A la condition que les organes de sécurité puissent être activés par d'autres moyens
- Évaluations exigées:
 - Résistance de la structure porteuse
 - Résistance des organes de retenue (vannes)
 - Stabilité du barrage
 - Fonctionnement des organes de sécurité

Table des matières

A - Bases

Dr. Darbre (OFEg)

B - Séisme de vérification

Dr. Darbre (OFEg)

C - Barrages en remblai

Dr. Studer (Studer Eng.)

D - Barrages en béton et en maçonnerie

Fr. Tiniç (NOK)

E - Barrages mobiles

Dr. Otto (NOK)

F - Instrumentation par accélérographes

Dr. Otto (NOK)

G - Contrôles suite à un séisme

Dr. Bossoney (Stucky SA)

M. Amberg (Lombardi SA)

Dr. Hammer (OFEg)

Dr. Wieland (EWE)

Prof. Giardini (SED)

