

Barrages

Contrôles et surveillance

Contrôle et surveillance



Barrages

Contrôles et surveillance

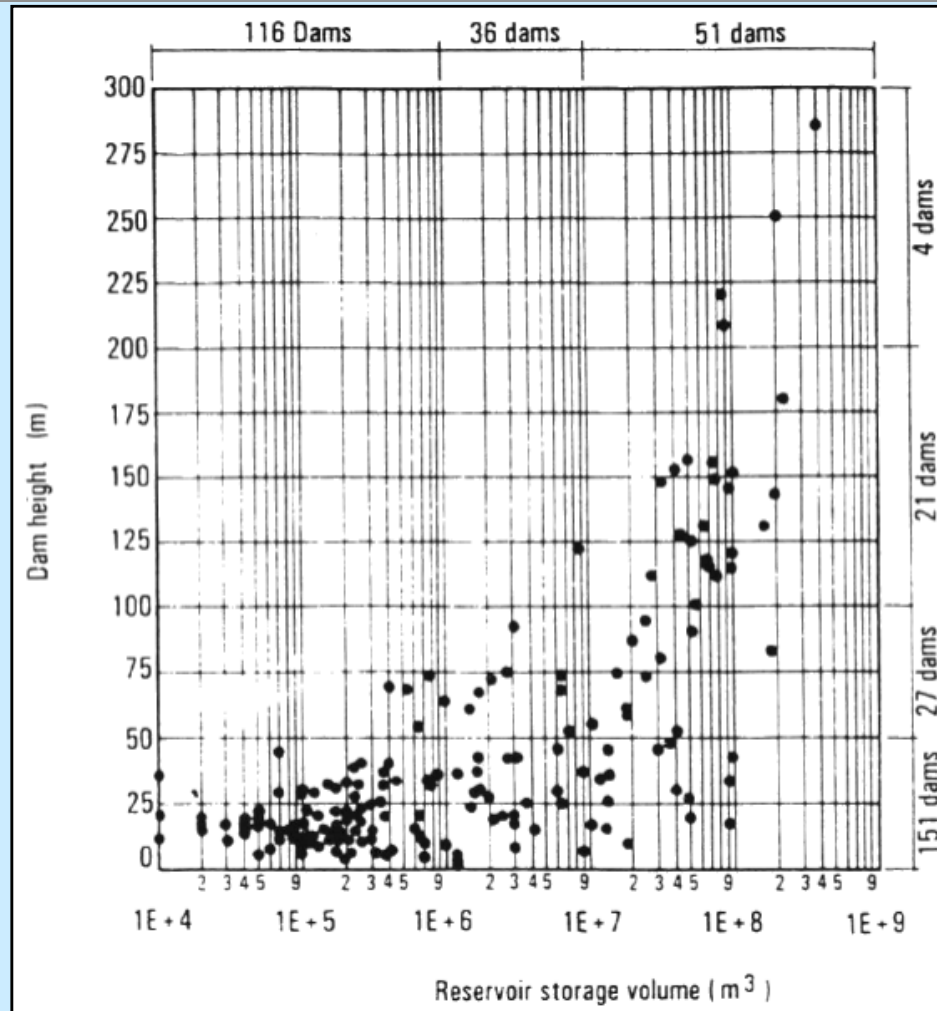
Grands barrages en Suisse



Barrages

Contrôles et surveillance

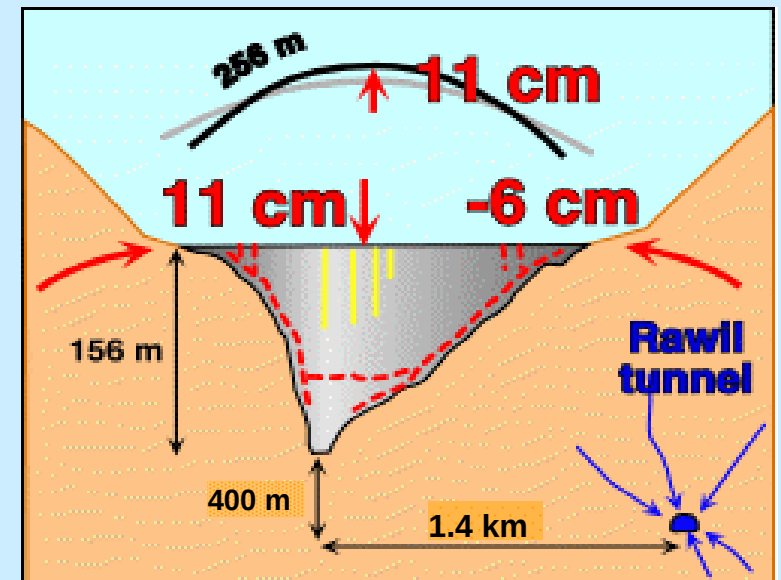
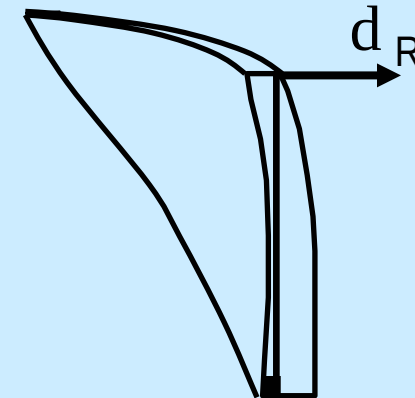
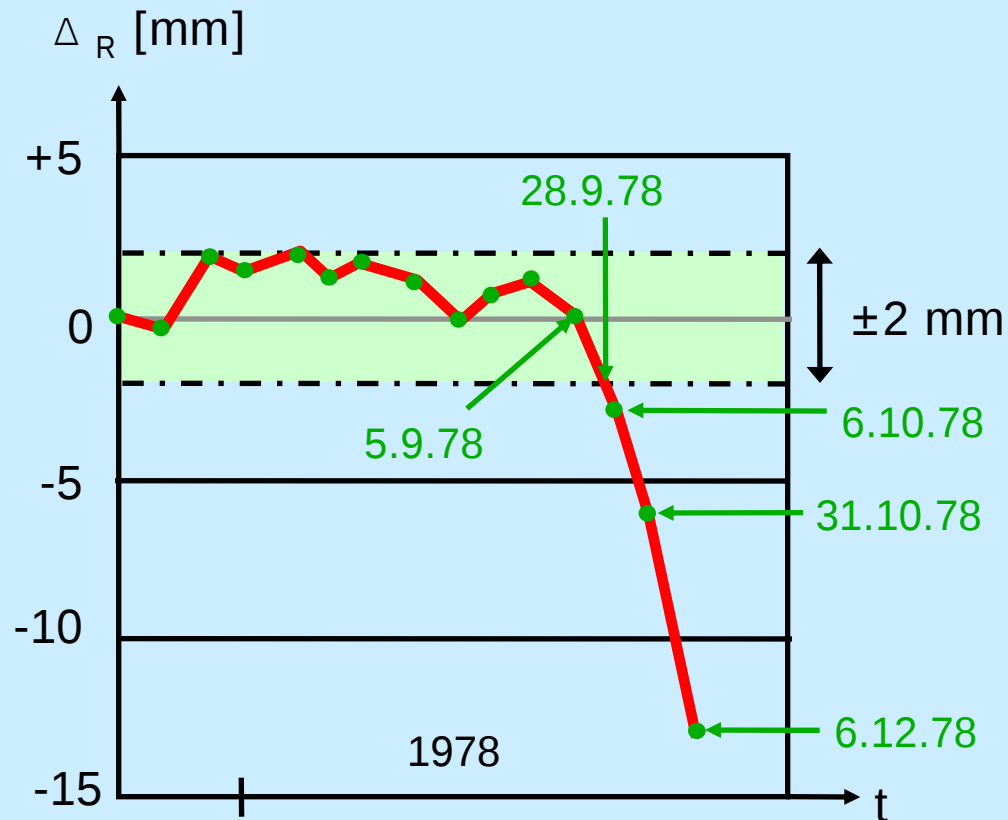
Barrages sous surveillance de la Confédération



Galerie de reconnaissance tunnel de Rawil



Déplacements du pendule



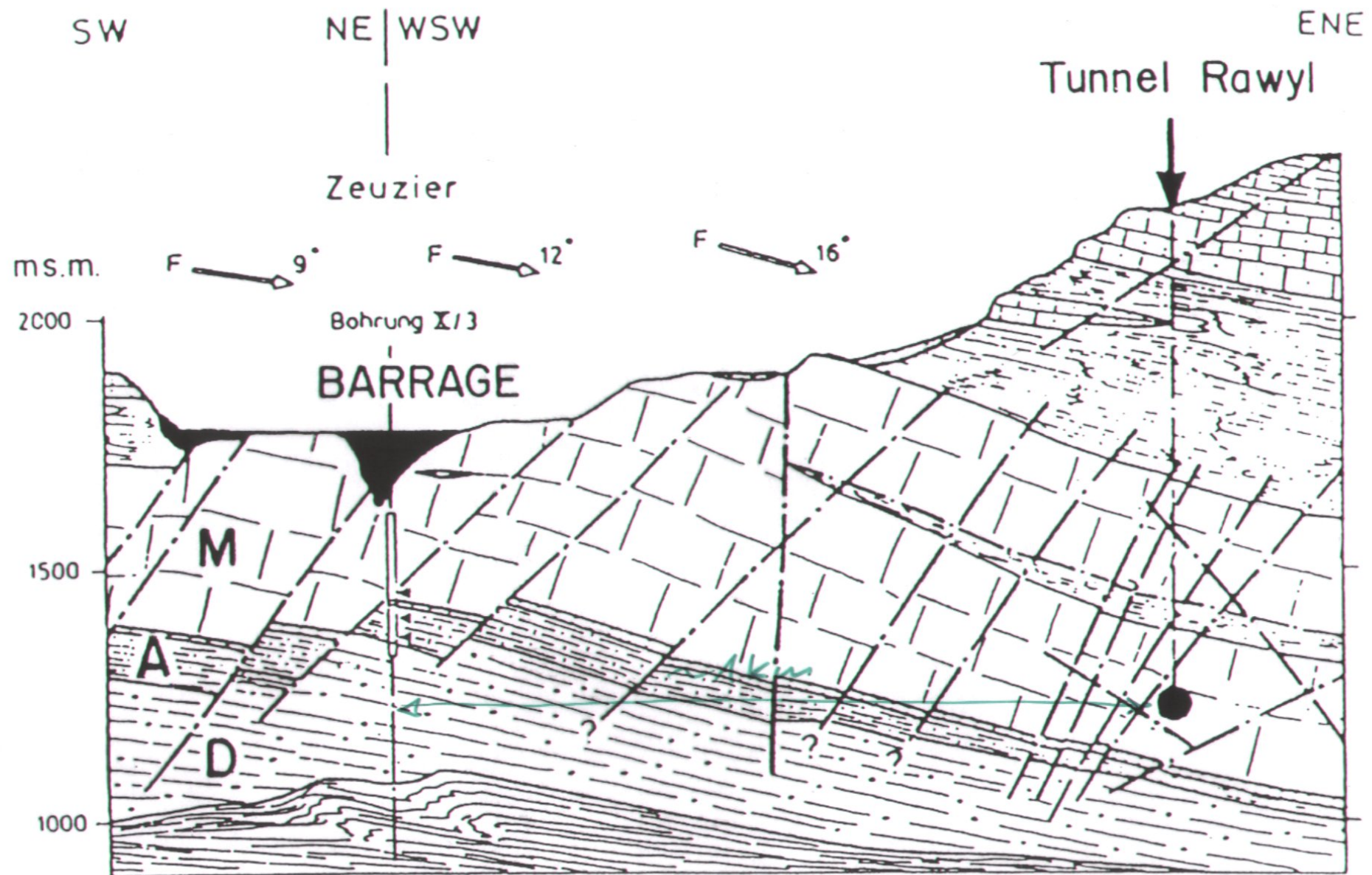
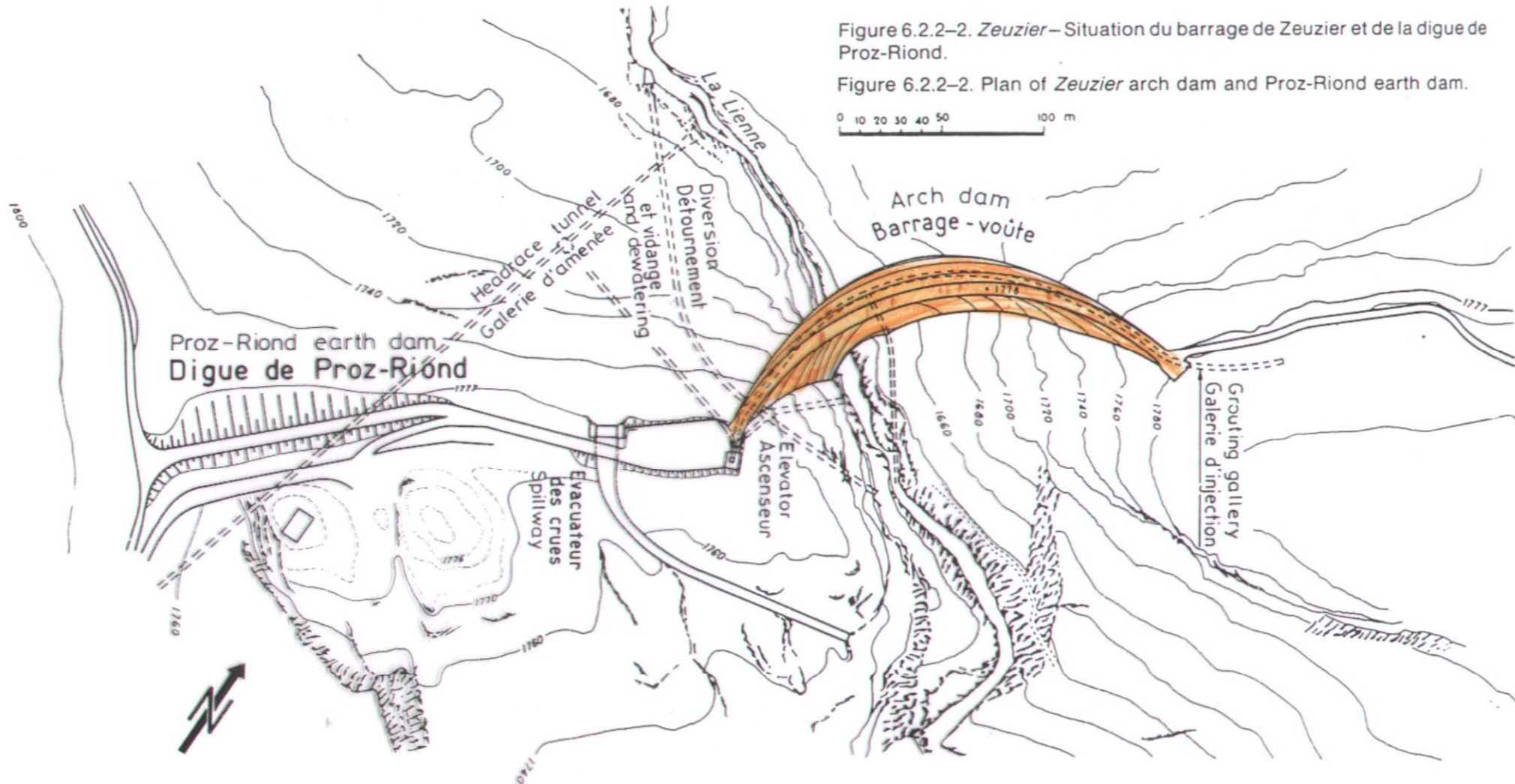


Figure 3. Profil géologique par l'axe du verrou prolongé jusqu'à la galerie de sondage du Rawil (selon Dr *T. R. Schneider*).
M Malm, A Aalénien, D Doger.

Barrages

Contrôles et surveillance



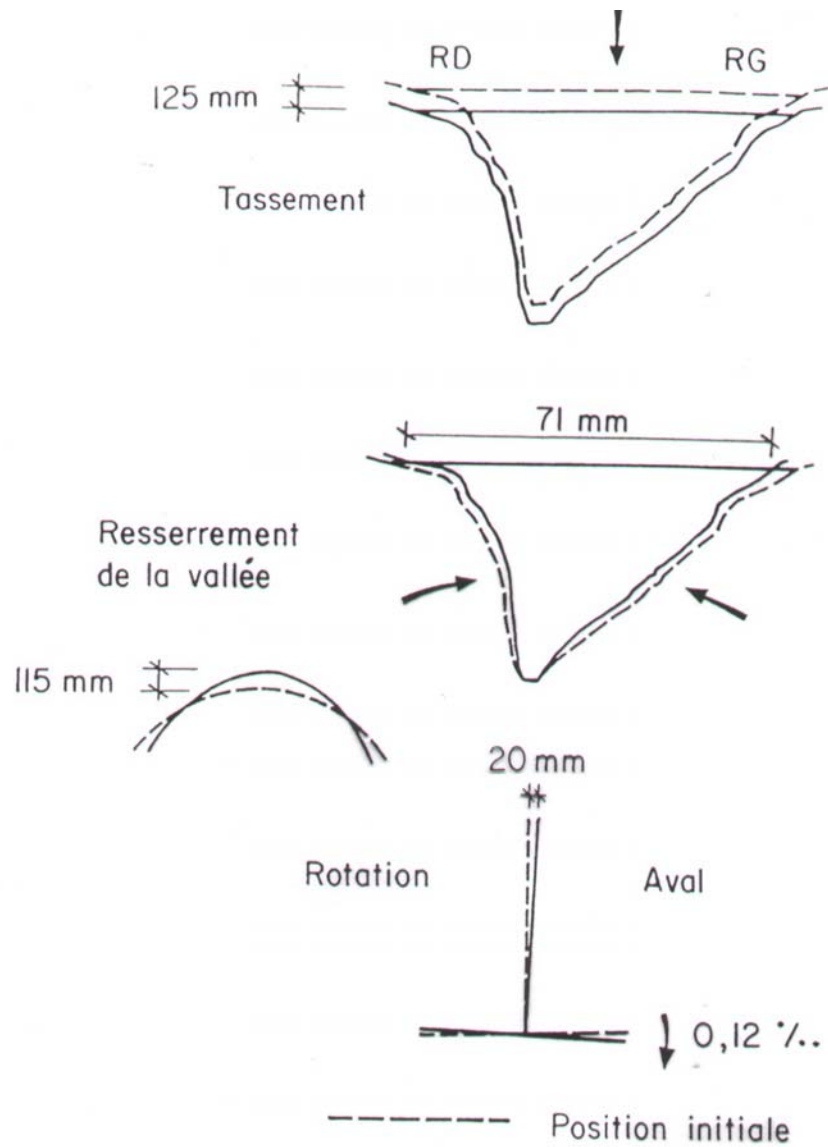
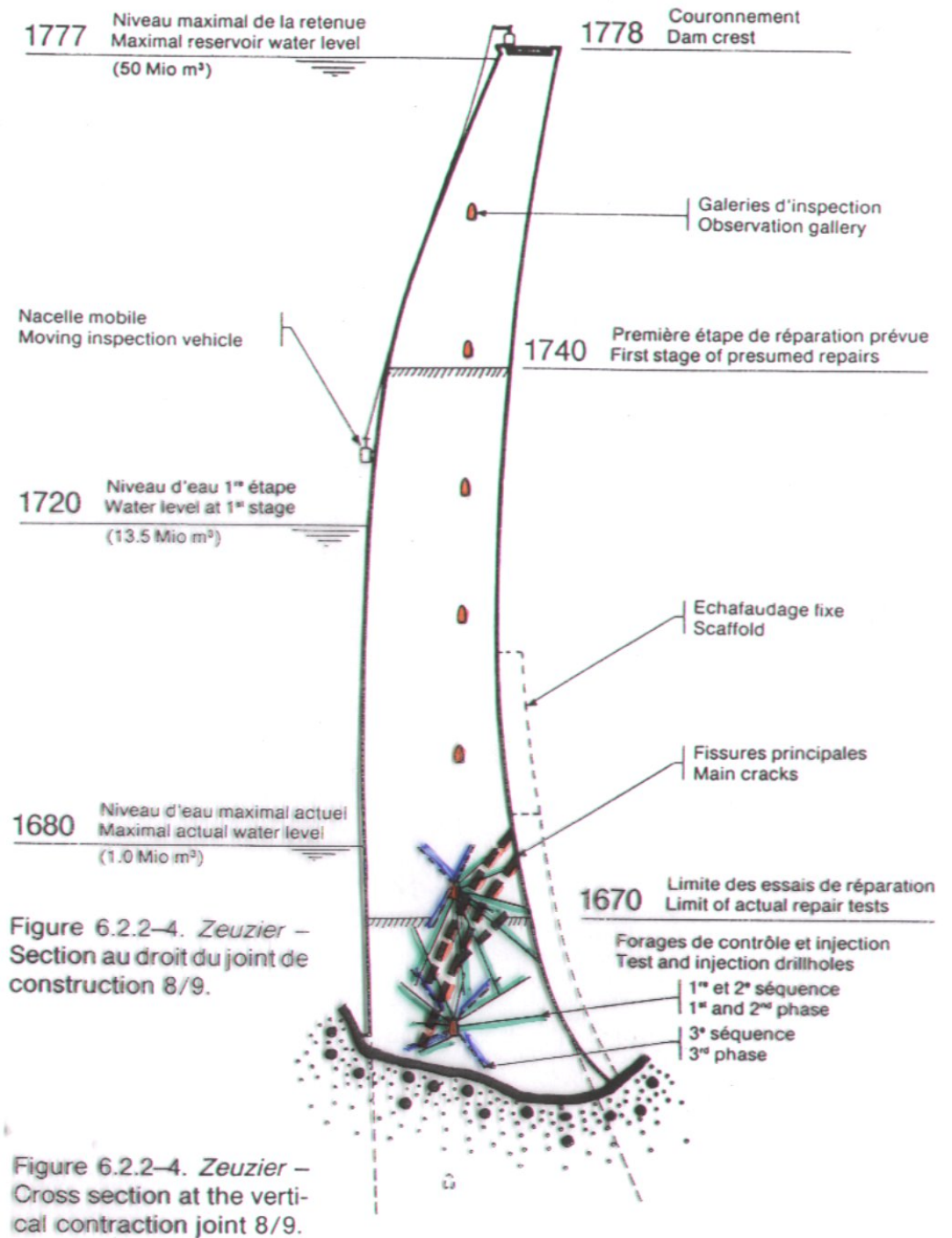


Figure 8, à gauche. Déformations totales observées sur le barrage entre 1978 et 1989.



Barrages

Contrôles et surveillance

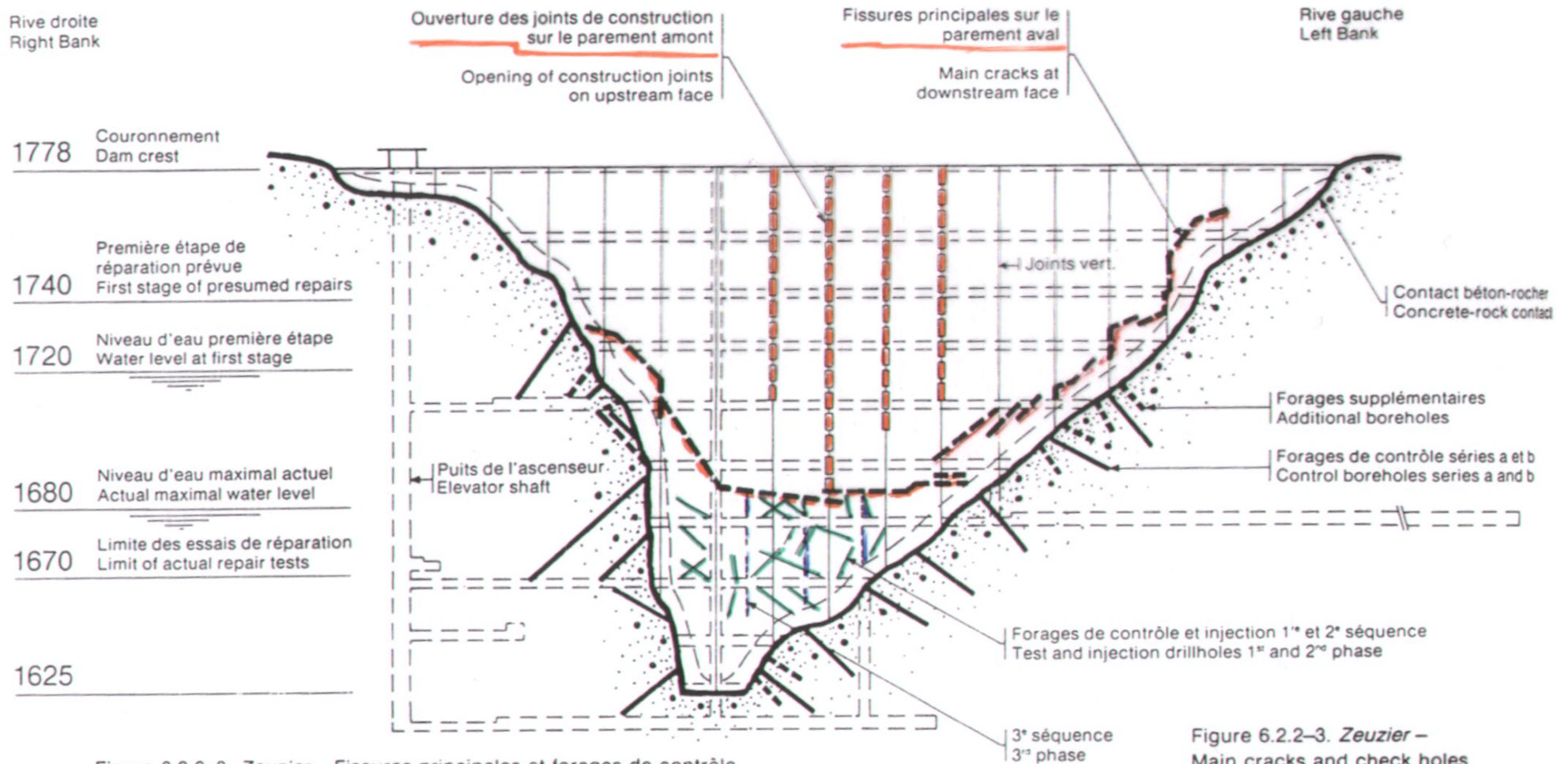


Figure 6.2.2-3. Zeuzier – Main cracks and check holes.

Barrages

Contrôles et surveillance

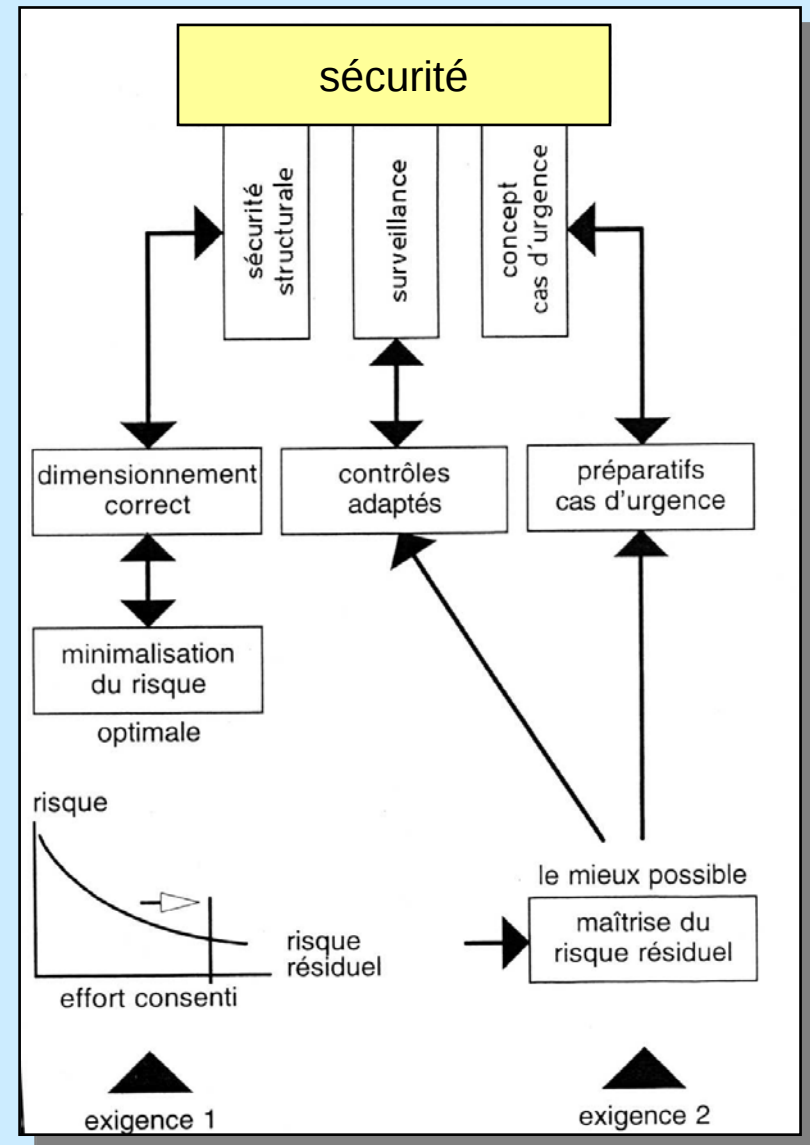
Concept de sécurité suisse actuel

Minimisation optimale du risque résiduel

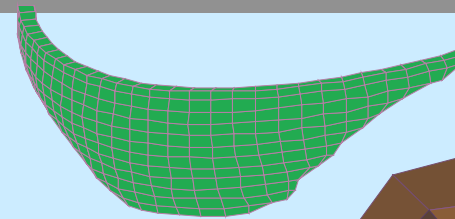
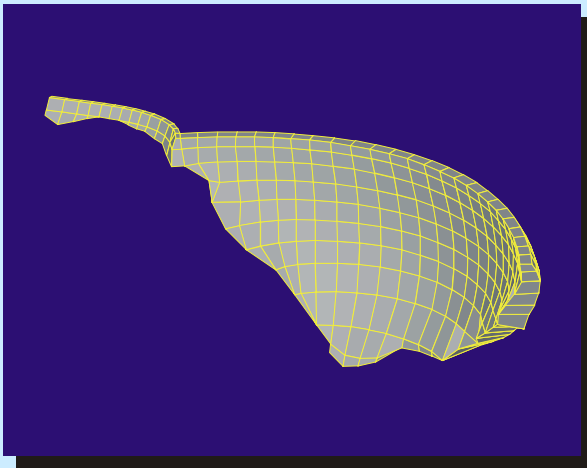
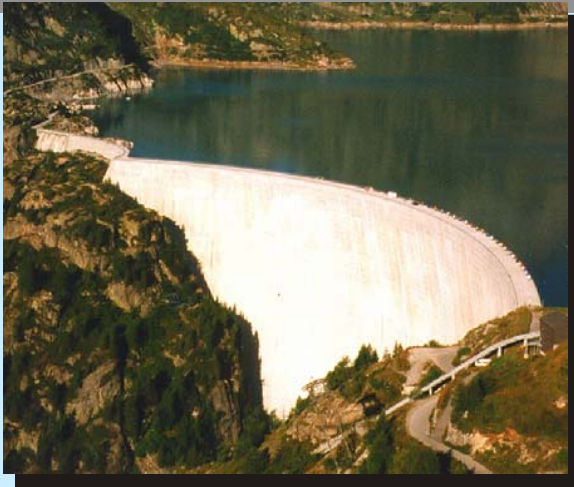


Dimensionnement correct du barrage:

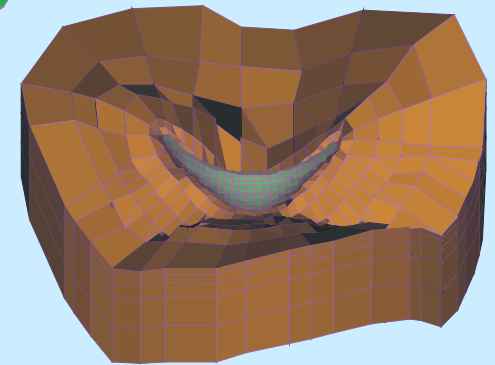
- ◆ pour tous les cas de charge et d'exploitation possibles
- ◆ en tenant compte de l'état actuel des connaissances
- ◆ en tenant compte des mesures de protection disponibles en cas d'urgence



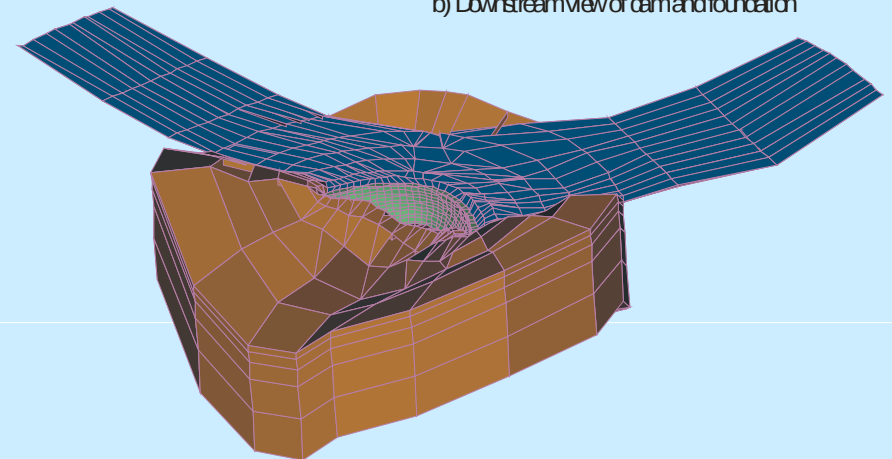
Dimensionnement correct du barrage



a) Upstream view of dam



b) Downstream view of dam and foundation



c) Downstream view of dam foundation-reservoir system

Barrages

Contrôles et surveillance

Menaces et mesures de protection disponibles au cas d'urgence

menace \ mesure de protection	comportement anormal	glissement éboulement	crue	tremblement de terre	sabotage	fait de guerre
travaux d'assainissement	●	(ev)				
abaissement partiel		●				○
abaissement total	(2)					
évacuation préventive	(3)	(2)	●			
évacuation après l'événement		(2)		●	●	●

←

→

←

→

identifiable imprévisible

Barrages

Contrôles et surveillance

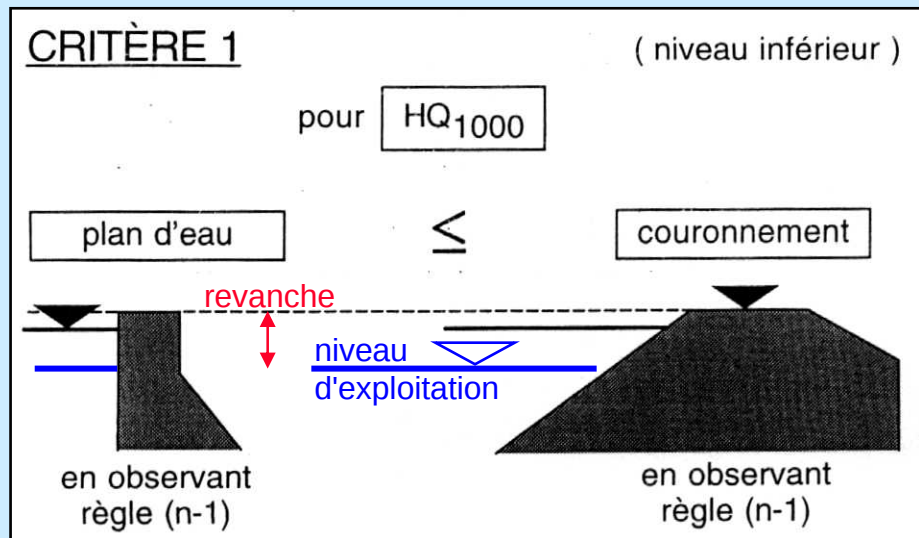
Attaque chimique (AAR Alkali - Granulats - Réaction)



Barrages

Contrôles et surveillance

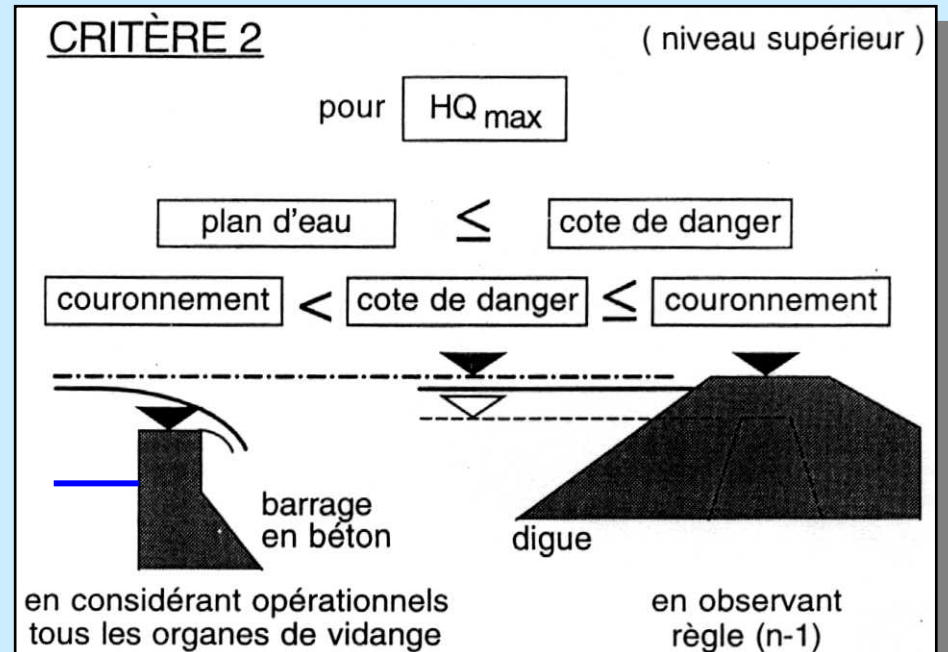
Critères de dimensionnement pour le cas "crues"



Revanches nécessaires

Barrage poids: 1 à 2 m

Digue: 2 à 4 m

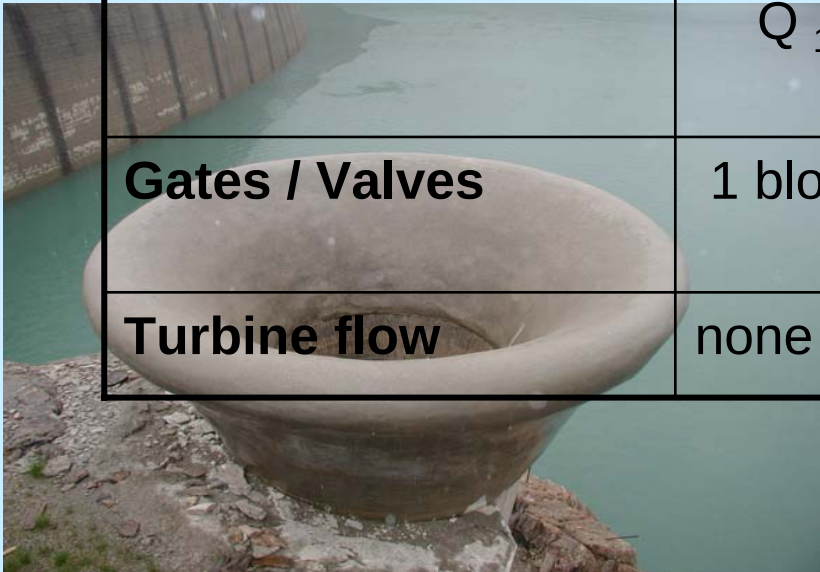


Barrages

Contrôles et surveillance

Critères de dimensionnement pour le cas "crues"

→ Avoid uncontrolled water release and overtopping	Concrete dams		Embankment Dams	
	Design flood Q_{1000}	Safety flood $1.5 * Q_{1000}$	Design flood Q_{1000}	Safety flood $1.5 * Q_{1000}$
Gates / Valves	1 blocked	all operational	1 blocked	1 blocked
Turbine flow	none	(yes)	none	none

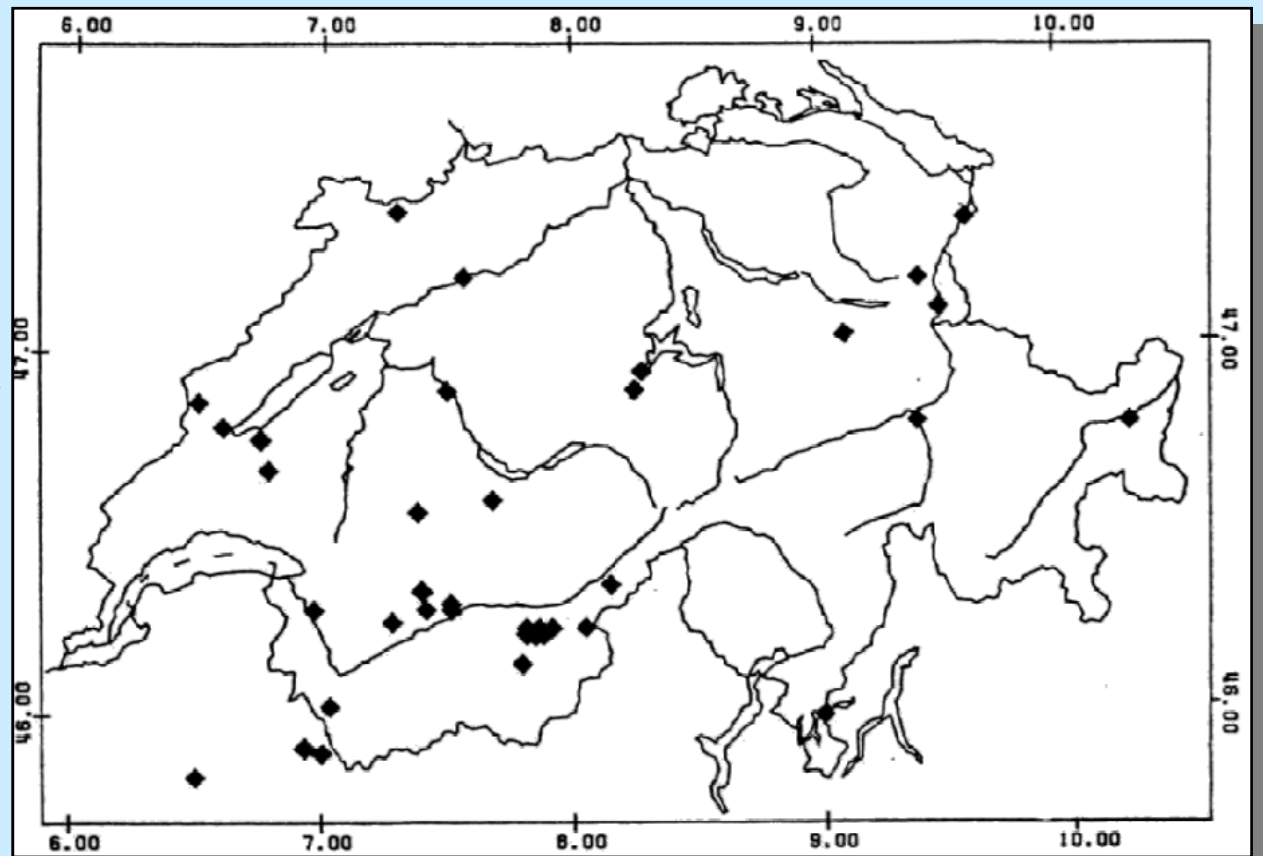


Barrages

Contrôles et surveillance

Sécurité en cas de tremblement de terre

Le barrage doit être conçu et dimensionné de manière à rester stable et à ne pas perdre trop d'eau en cas d'occurrence de plus violent tremblement de terre possible.

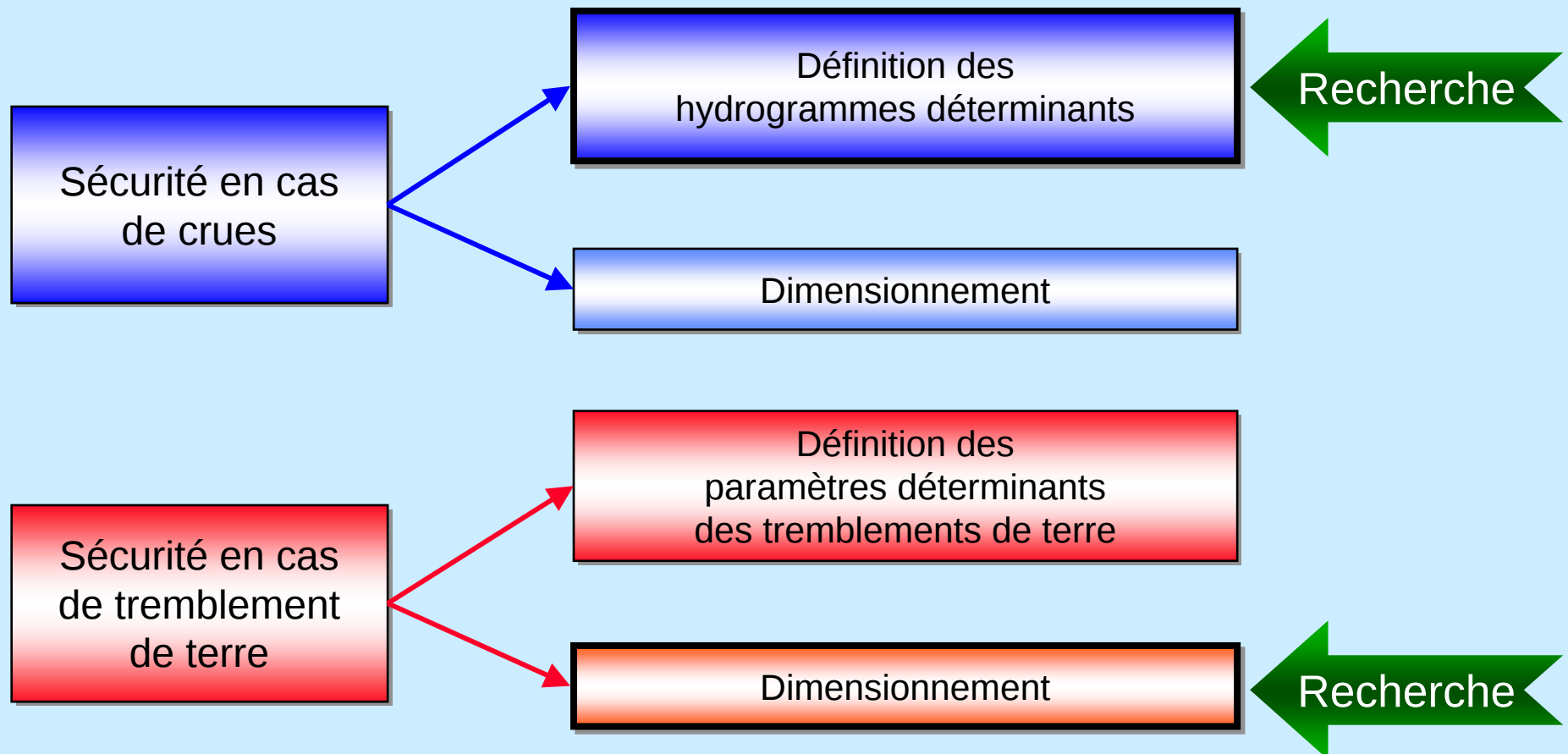


Importants tremblement de terre (1850 à 1990) d'intensité VII ou plus

Barrages

Contrôles et surveillance

Difficultés pour formuler les critères de dimensionnement pour les cas de charge *dangers naturels*



Domaines de recherche pour les barrages en Suisse

- ⇒ la sécurité des barrages en béton en cas de tremblement de terre
- ⇒ la sécurité des barrages en remblai en cas de tremblement de terre
- ⇒ l'estimation de la plus grande crue possible et de la crue millénale
- ⇒ les propriétés et le comportement à long terme des bétons de barrage
- ⇒ le comportement du sous-sol rocheux en cas de sollicitations statiques et dynamiques

Barrages

Contrôles et surveillance

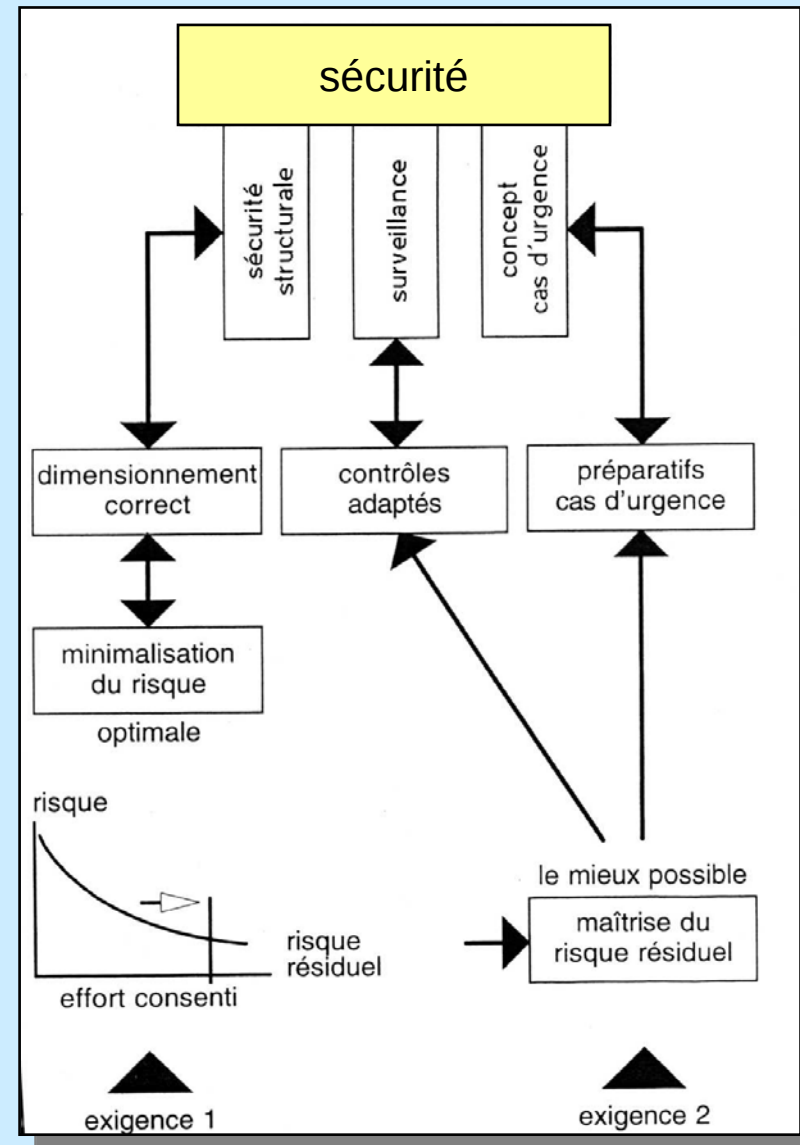
Concept de sécurité suisse actuel

Minimisation optimale du risque résiduel



Dimensionnement correct du barrage:

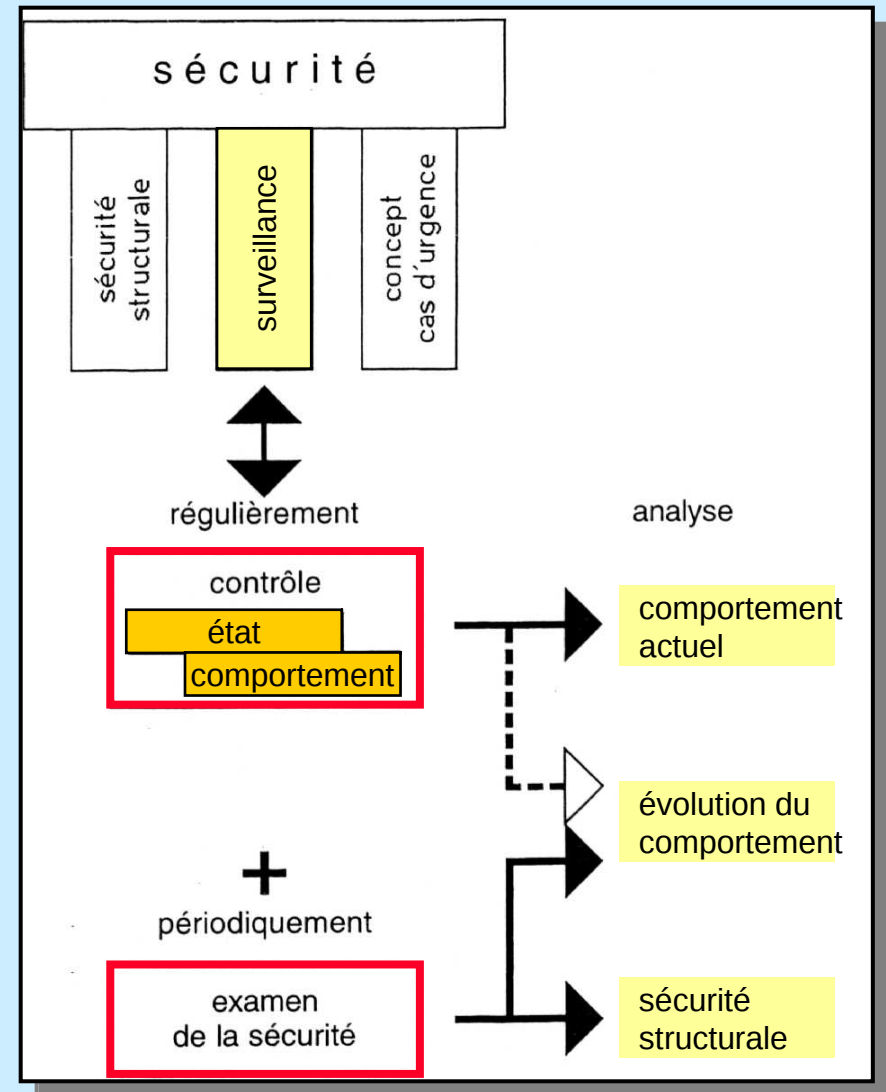
- ◆ pour tous les cas de charge et d'exploitation possibles
- ◆ en tenant compte de l'état actuel des connaissances
- ◆ en tenant compte des mesures de protection disponibles en cas d'urgence



Barrages

Contrôles et surveillance

Eléments de la surveillance et objectifs



Barrages

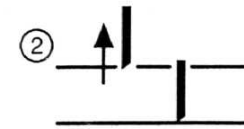
Contrôles et surveillance

Essai d'un organe d'évacuation équipé de deux vannes

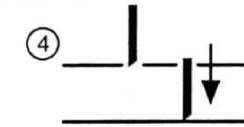
position de base (normale)



essai à sec de la vanne de garde



essai avec lâchure de la vanne de service



essai à sec de la vanne de service



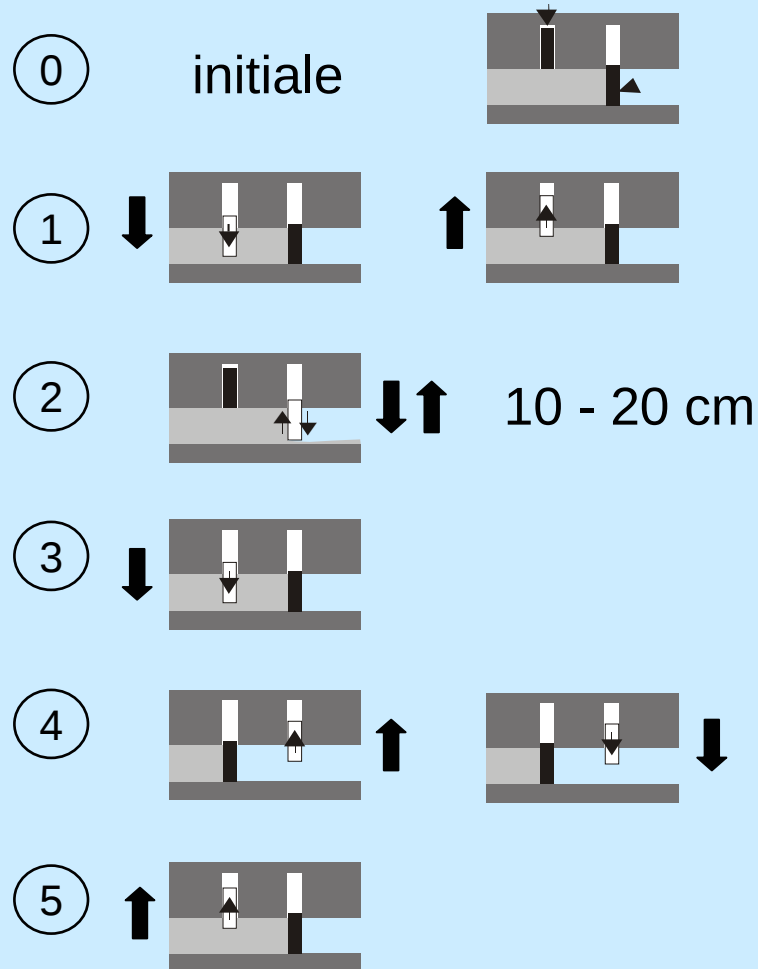
remise en position de base



Barrages

Contrôles et surveillance

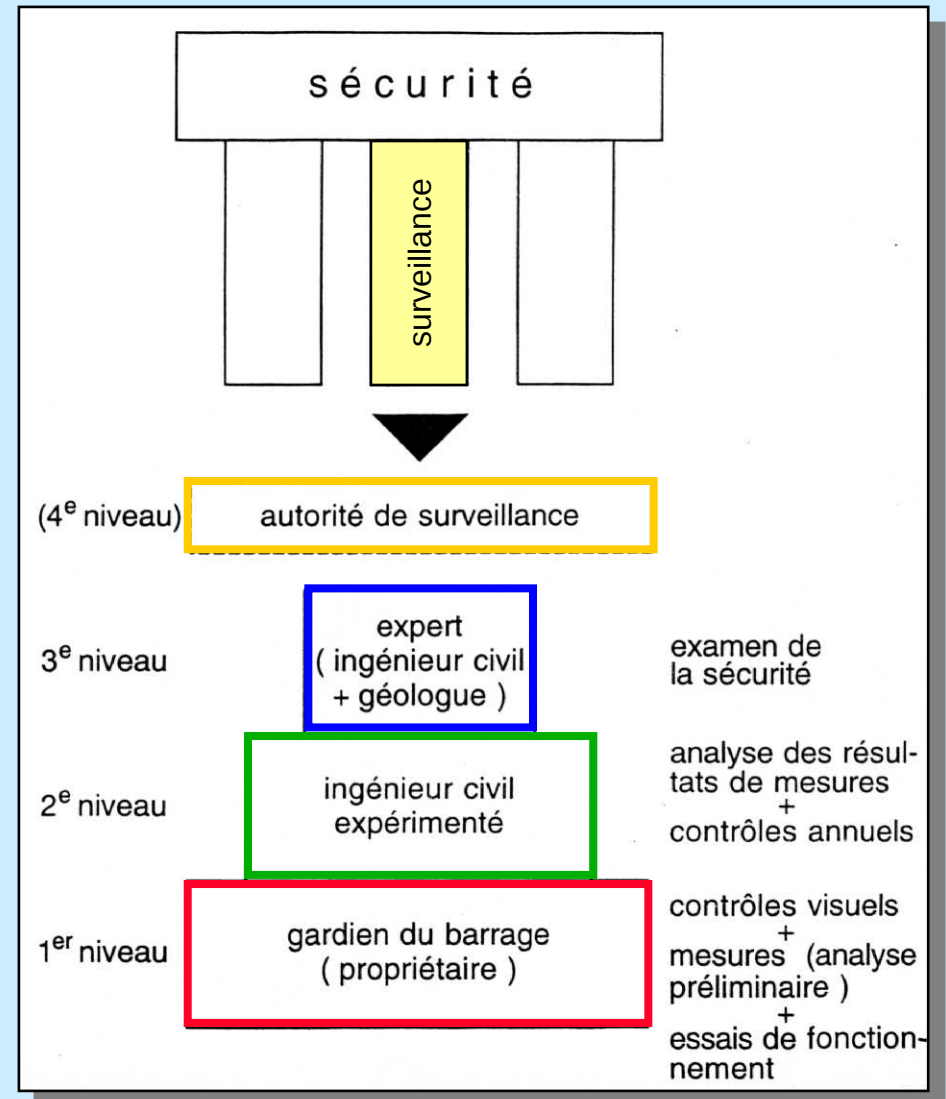
Essais de fonctionnement des vannes



Barrages

Contrôles et surveillance

Organisation de la surveillance



Barrages

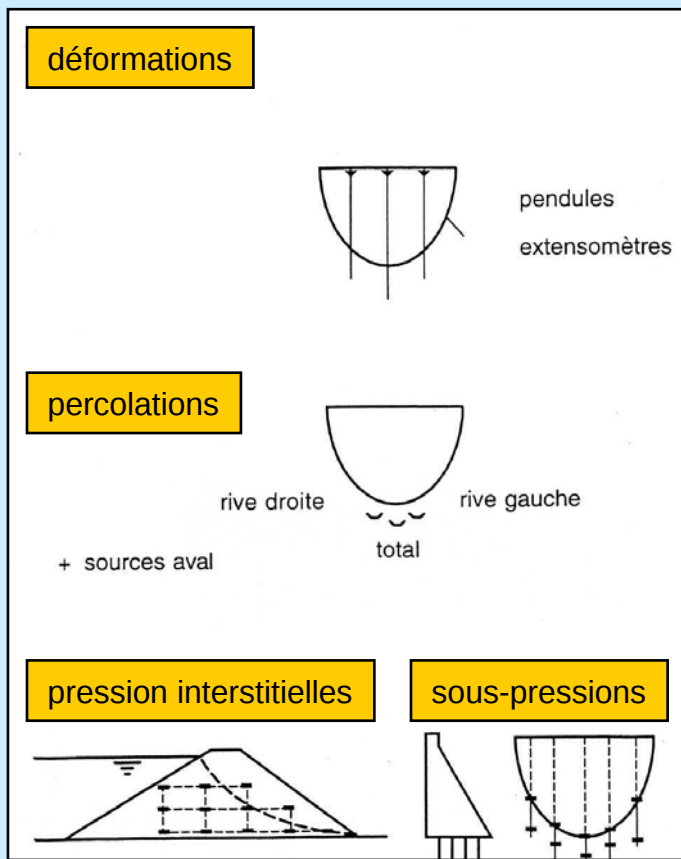
Contrôles et surveillance

Contrôles visuels

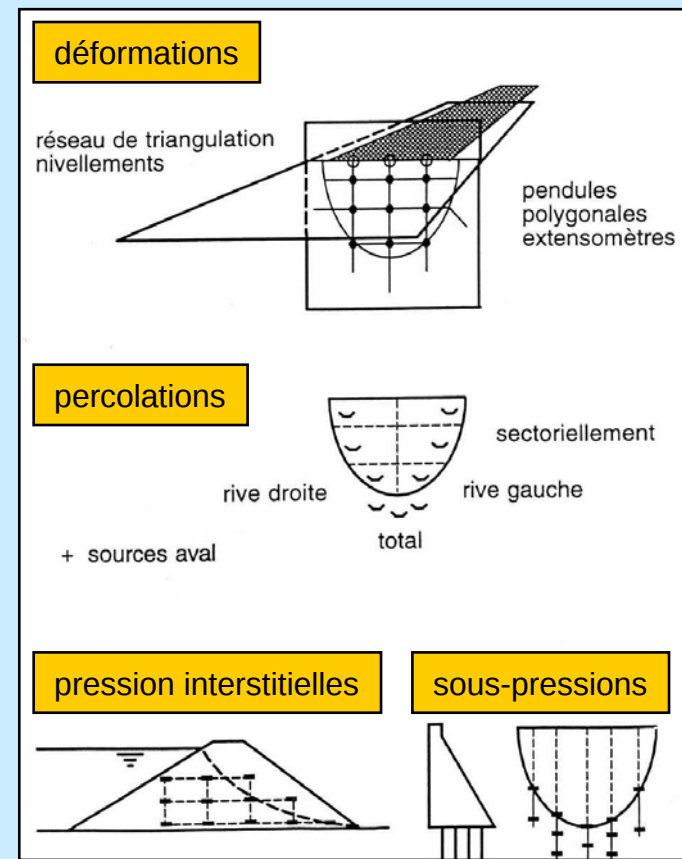


Concept de l'auscultation

Surveillance ordinaire



Surveillance renforcée



Concept de l'auscultation

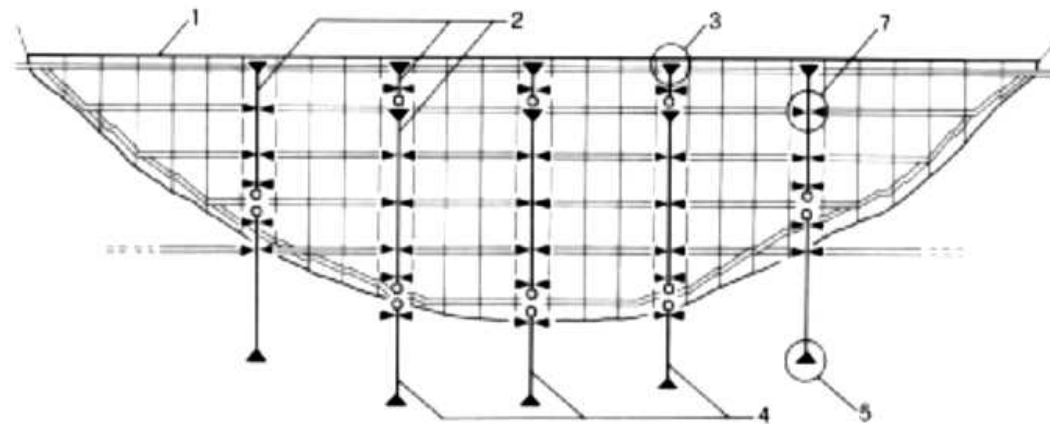
Déformations

- ⇒ le long de lignes verticales
(prolongation au sous-sol)
pendules ou pendules inversés
méthodes géodésiques (mesures d'angles et de distances)
- ⇒ le long de lignes horizontales:
(prolongation dans les appuis)
alignement par fil, nivellement, alignement optique,
mesures d'angles et de distances, polygonales
- ⇒ du rocher
variation de longueurs et déformées le long de lignes
dans les forages (extensomètre, micromètre coulissant,
clinomètre coulissant)
- ⇒ dans fissures et joints accessibles
points de repères (fleximètre, micromètre, défomètre,
dilatomètre, clinomètre)

Percolations et pressions interstitielles

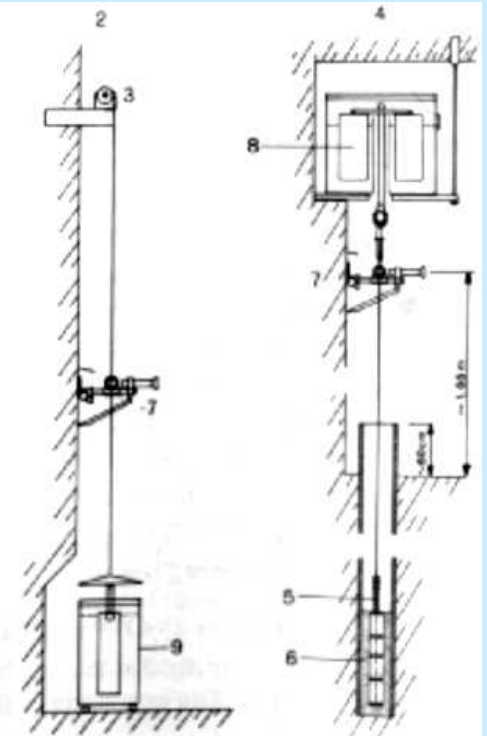
- ⇒ Débit des eaux d'infiltration et de drainage
dans les galeries
 - ◆ mesure volumétrique avec récipient et chronomètre
 - ◆ déversoir, canal de mesure
- ⇒ Pression de l'eau de percolation
 - ◆ forages ouverts (piézomètre)
 - ◆ forages fermés (manomètres)
 - ◆ cellules de pression
 - ✓ pneumatiques,
 - ✓ hydrauliques ou
 - ✓ électriques

Système d'auscultation - Pendules

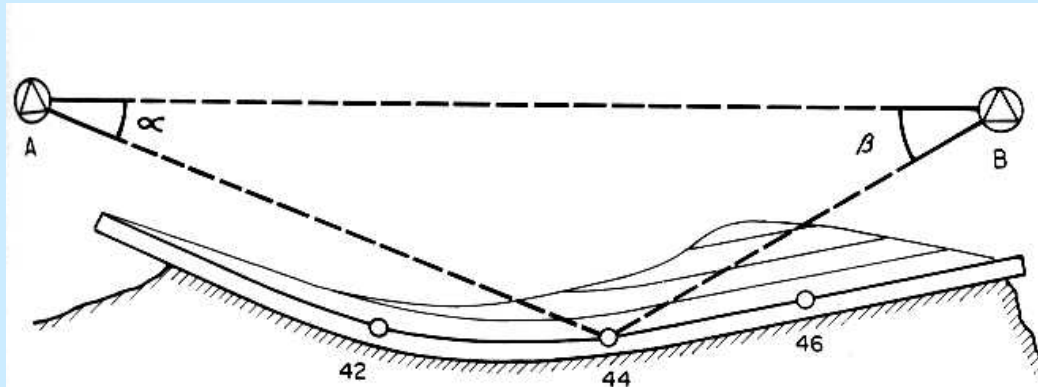


Reference number 2.1000(1), above. Typical example of a modern arrangement of plumb lines. 1 Crest of dam, 2 Plumb line, 3 Point of suspension of plumb line, 4 Inverted plumb line, 5 Anchorage of inverted plumb line.

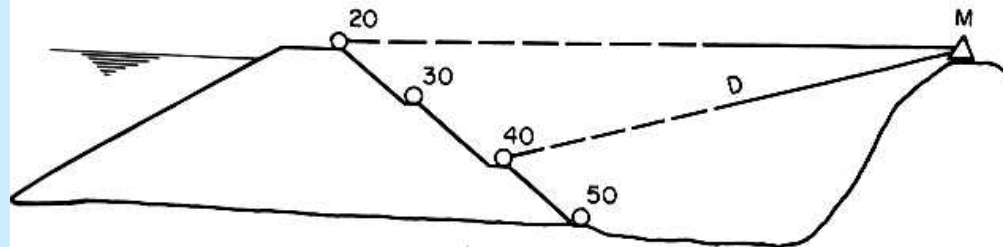
Reference number 2.100(2) at right. Schematic representation of plumb lines. 1 Crest of dam, 2 Plumb line, 3 Point of suspension of plumb line, 4 Inverted plumb line, 5 Anchorage of inverted plumb line, 6 Cement grout, 7 Measuring point, 8 Float/float tank, 9 Damping tank.



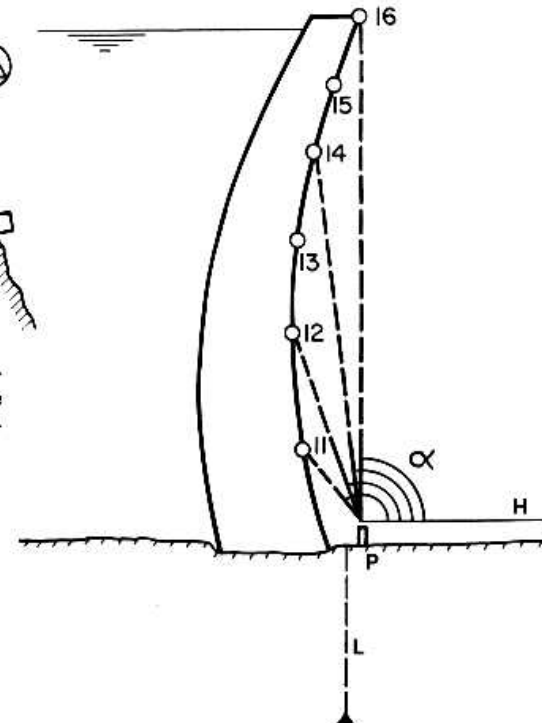
Système d'auscultation - Mesures d'angles et distances



Reference number 2.101(1). Simple measurement of angles used for determining horizontal displacements. The measurement system uses observations with a theodolite from a pillar (reference point A) to the control points on the dam (targets 42, 44, and 46) using reference point (B) as orientation. As a check analogical measurements can be made from the opposite reference point (B).



Reference number 2.101(3). Simple measurement of distances between control targets on the dam and fixed reference points downstream displacements of the dam using an electro-optical distance meter. (M) Reference point, (D) Measured distance, 20 to 50 Control targets.



Reference number 2.101(2). Simple measurement of vertical angles used for determining the upstream/downstream displacements of targets located on the downstream face of the dam. (P) Reference point, usually an observation pillar, (H) Horizon, (L) Inverted plumb line, 11 to 16 Control targets.

Système d'auscultation - Géodésie





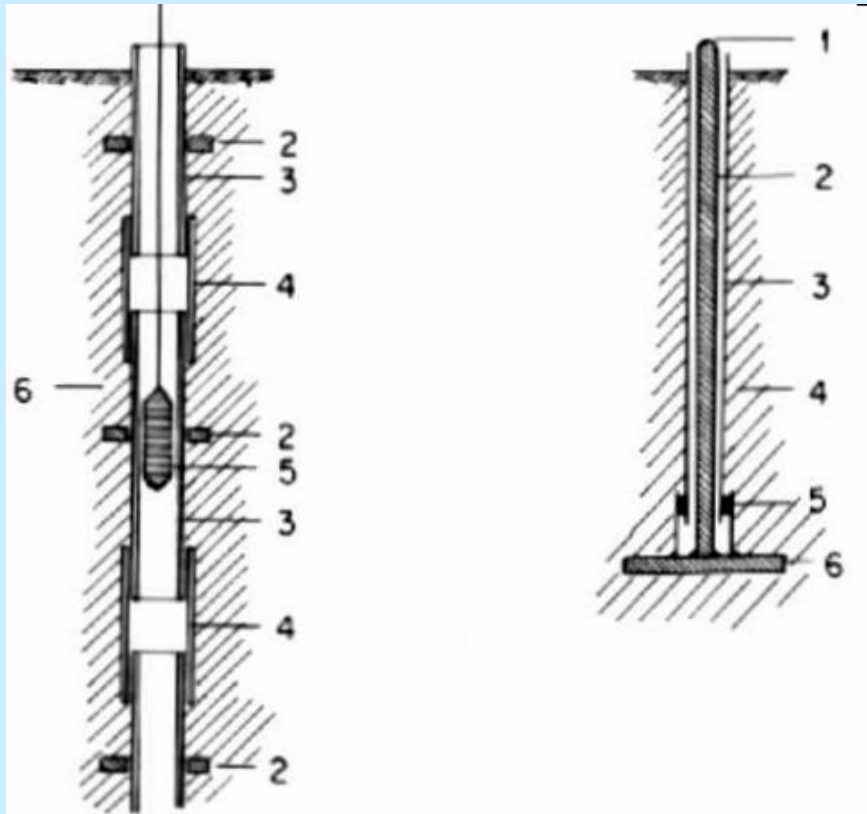




Barrages

Contrôles et surveillance

Système d'auscultation - Repère de tassement vertical

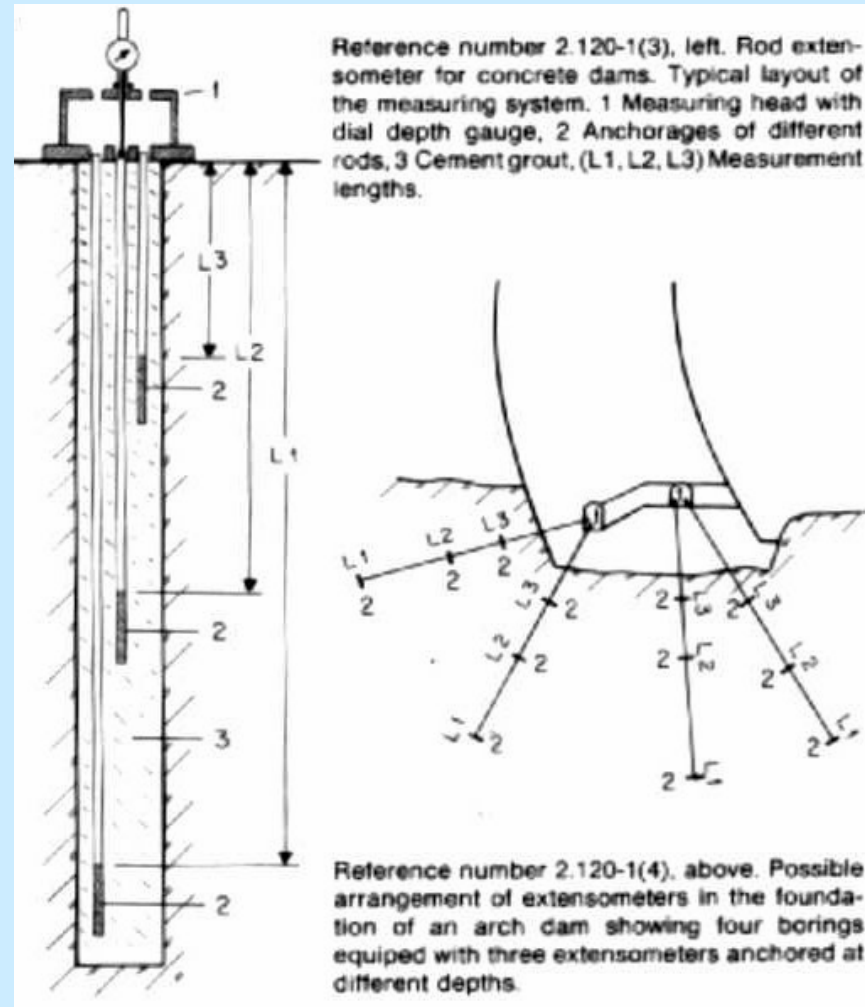


Reference number 3.101. Examples of vertical settlement gauges. (A) left: Settlement gauge (not to scale), 1 Measuring cable and recording instrument, 2 Metallic plates, 3 Guide casing, 4 Sleeve, 5 Probe, 6 Fill. (B) right: Settlement plate, 1 Measuring point for levelling, 2 Measurement rod, 3 Protection pipe, 4 Fill material, 5 Sliding sleeve, 6 Settlement plate.

Barrages

Contrôles et surveillance

Système d'auscultation - Extensomètre à tige (rocmètre)



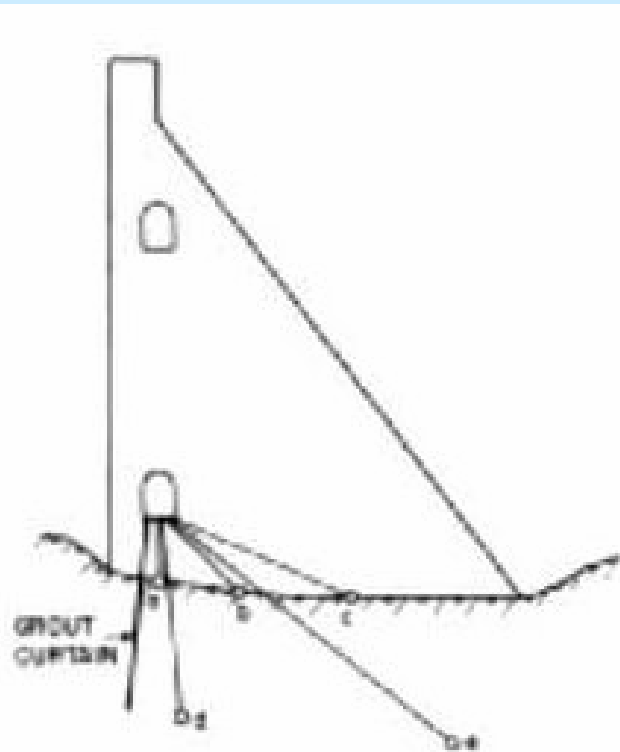
Système d'auscultation - Percolations

- Mesures volumétriques
- Déversoir calibré
- Mesure de turbidité

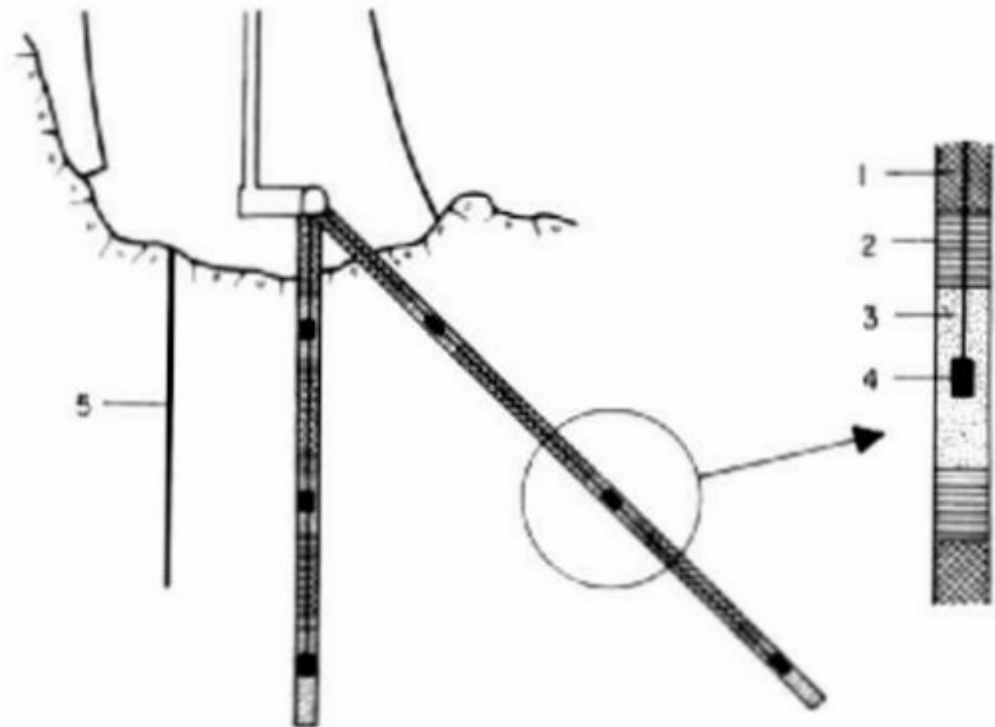


Laboratoire de constructions hydrauliques

Système d'auscultation - Sous-pressions

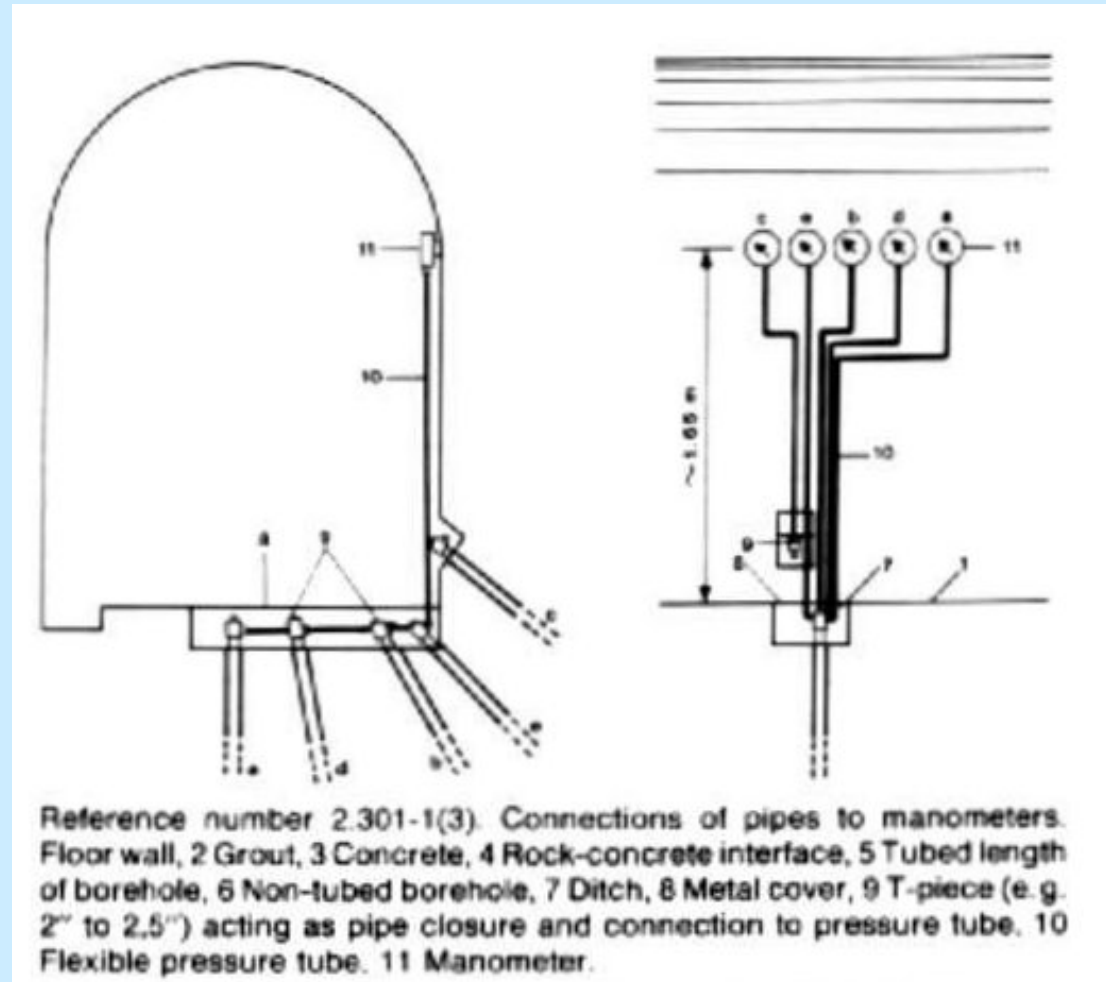


Reference number 2.301-1(2). Typical layout of uplift measurements of type (a).



Reference number 2.301-1(6). Possible layout of uplift measurements of types (c) and (d) in the foundation of a dam. 1 Grout, 2 Clay pellets, 3 Quartz sand (grain size 1,5 to 2 mm), 4 Piezometer, 5 Grout curtain.

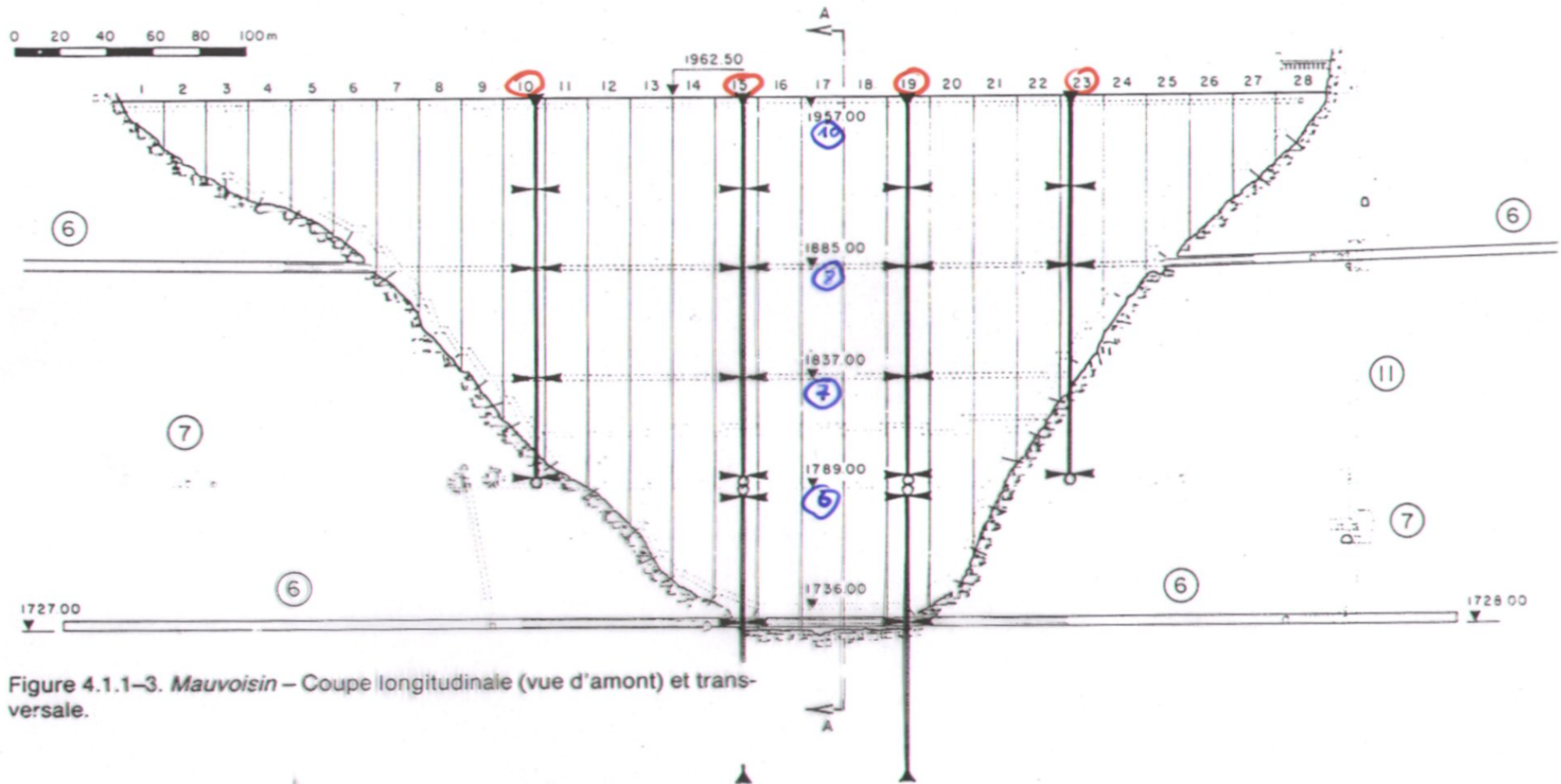
Système d'auscultation - Sous-pressions



Barrages

Contrôles et surveillance

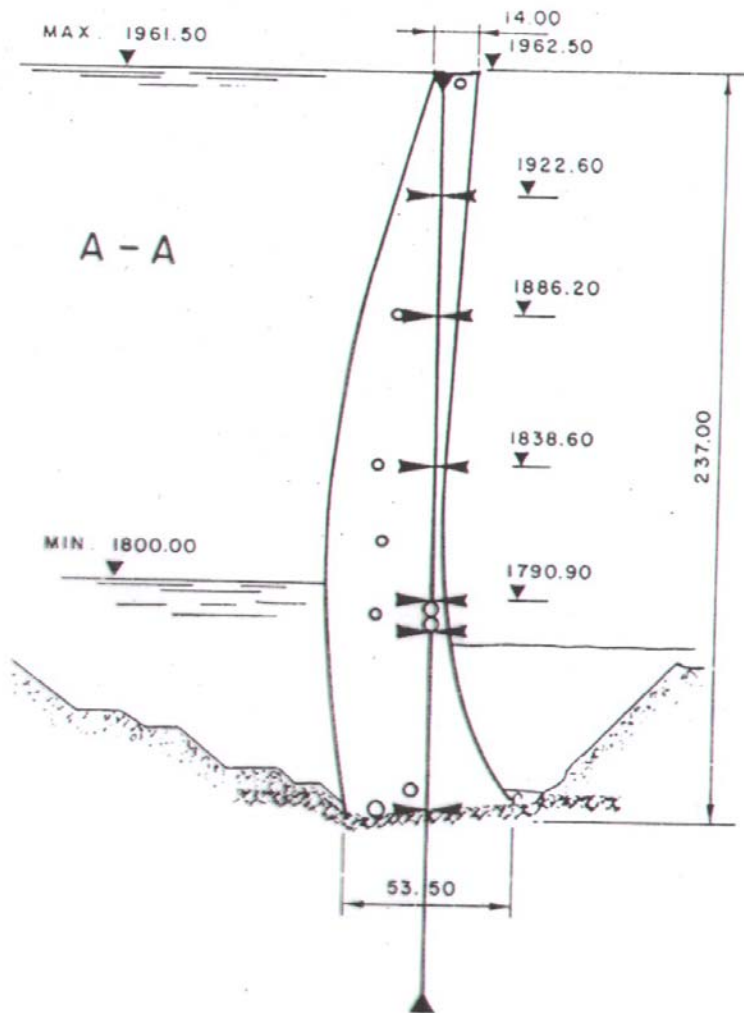
Exemple: Barrage de Mauvoisin



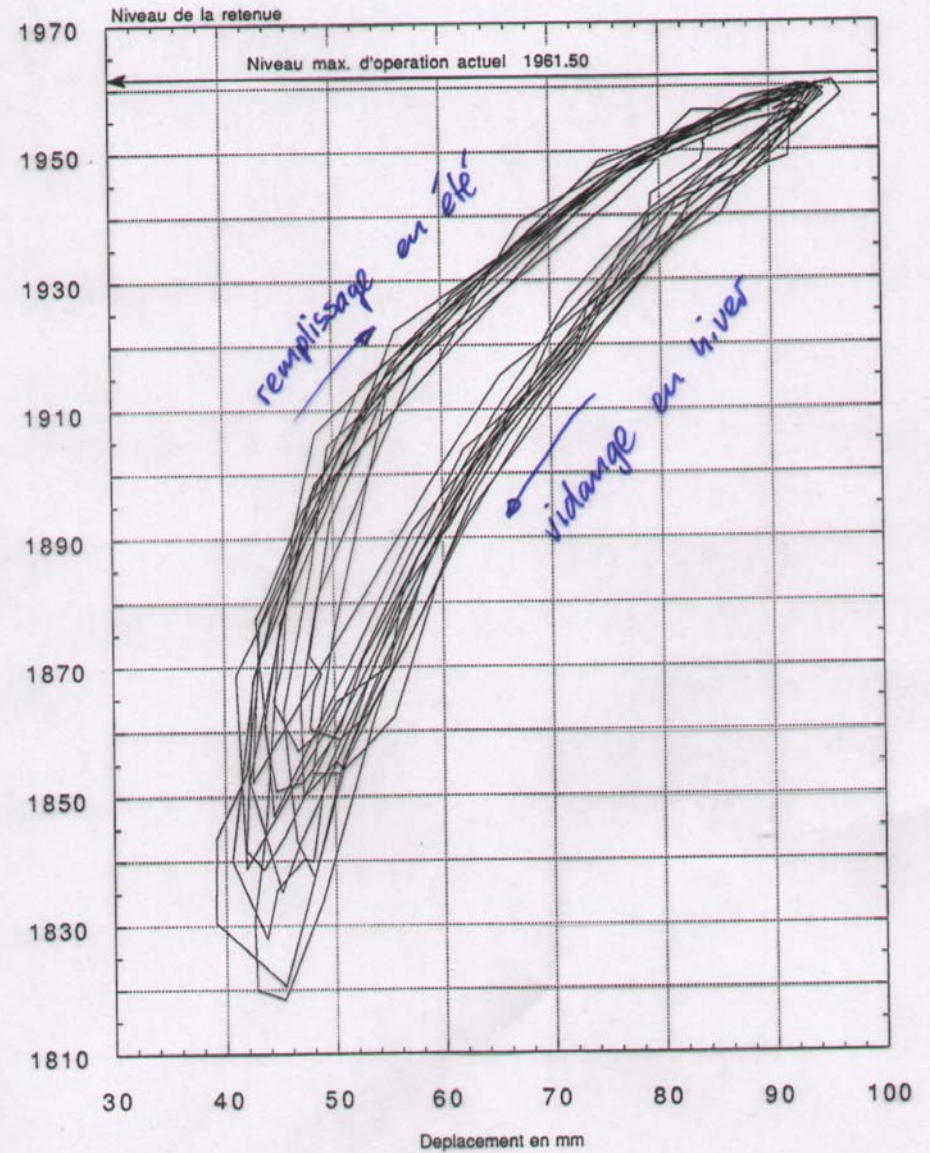
Barrages

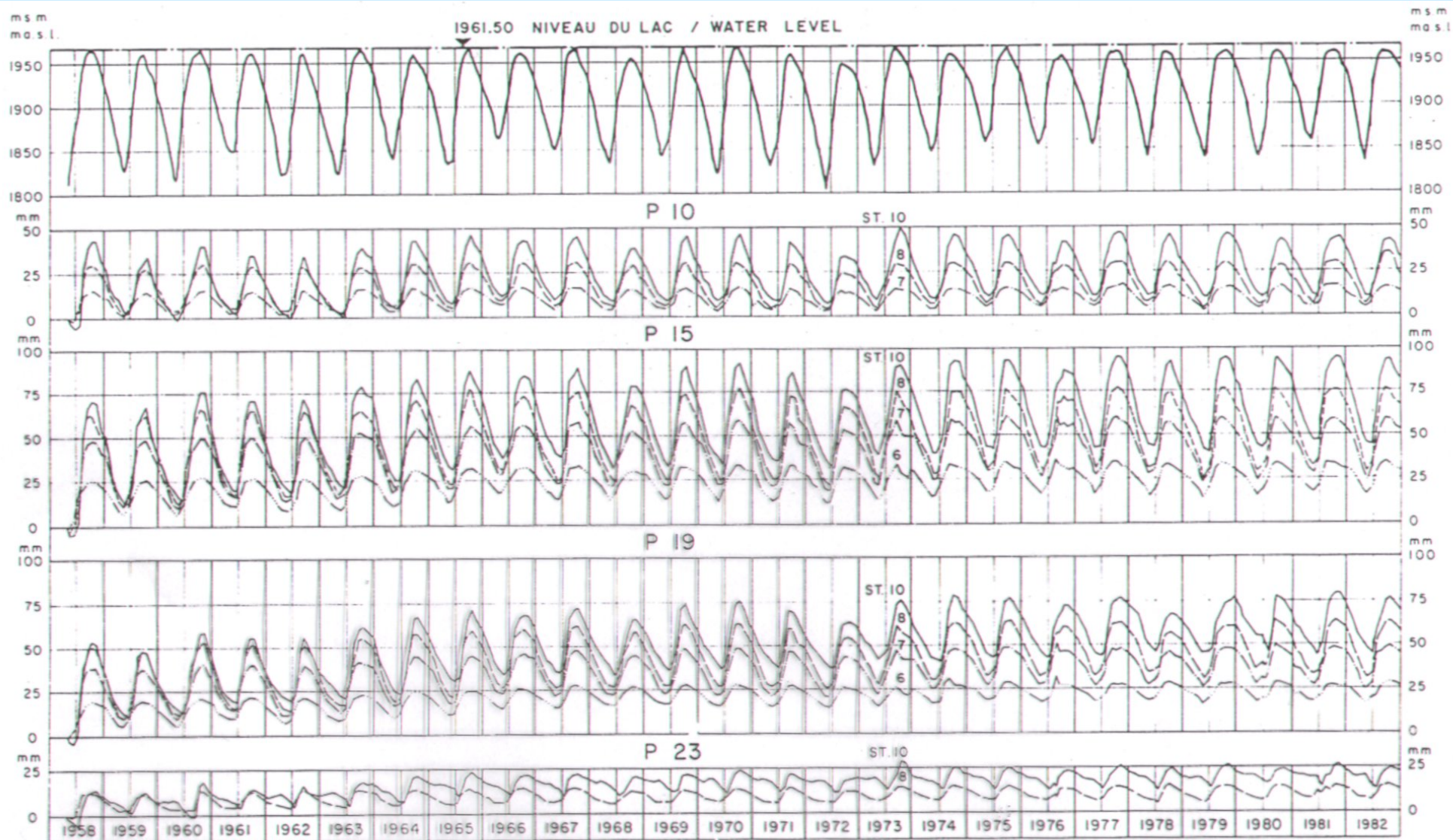
Contrôles et surveillance

Exemple: Mauvoisin



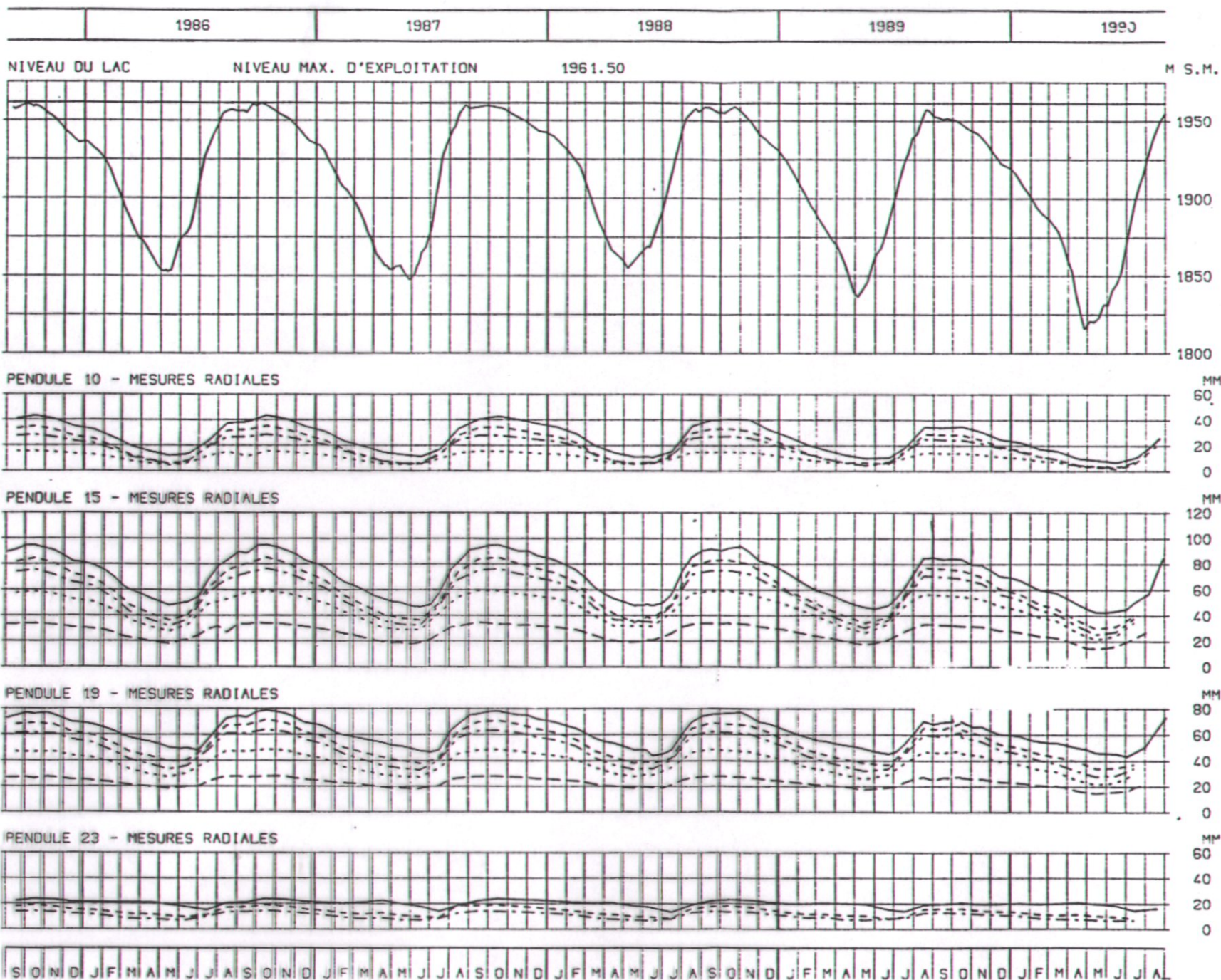
BARRAGE DE MAUVOISIN
PENDULE 15, STATION S
Déplacement radial en fonction du niveau d'eau
Années 1977 - 1990





Station	Niveau
No	Station level m s.m./m a.s.l.
10	1957
8	1885
7	1837
6	1789

Figure 4.1.1-4. *Mauvoisin* – Déformation radiale mesurée à l'aide de pendules.

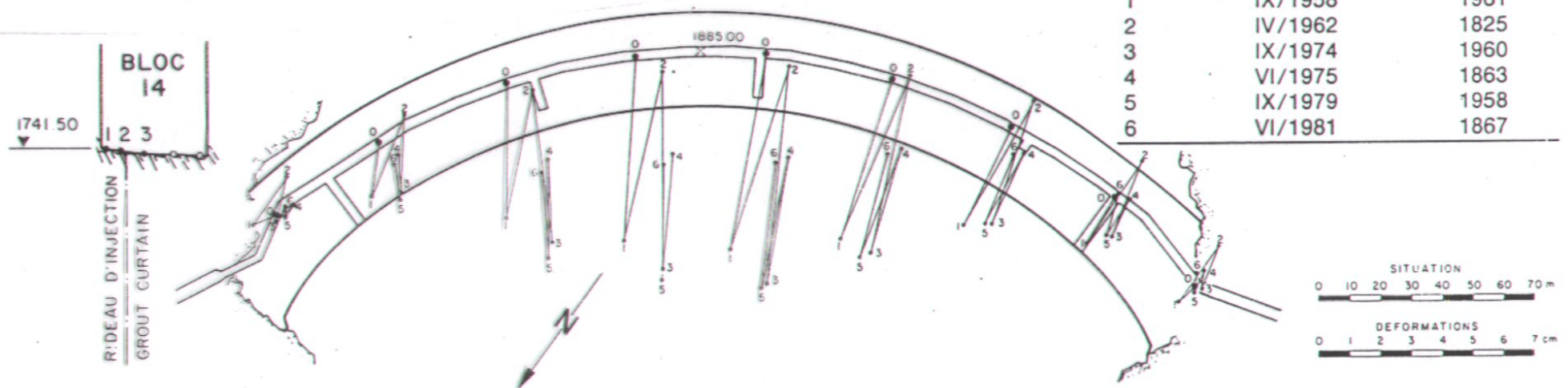


Barrages

Contrôles et surveillance

Exemple: Barrage de Mauvoisin

Figure 4.1.1–5. *Mauvoisin* – Déformation horizontale au niveau 1885 (mesures géodésiques).



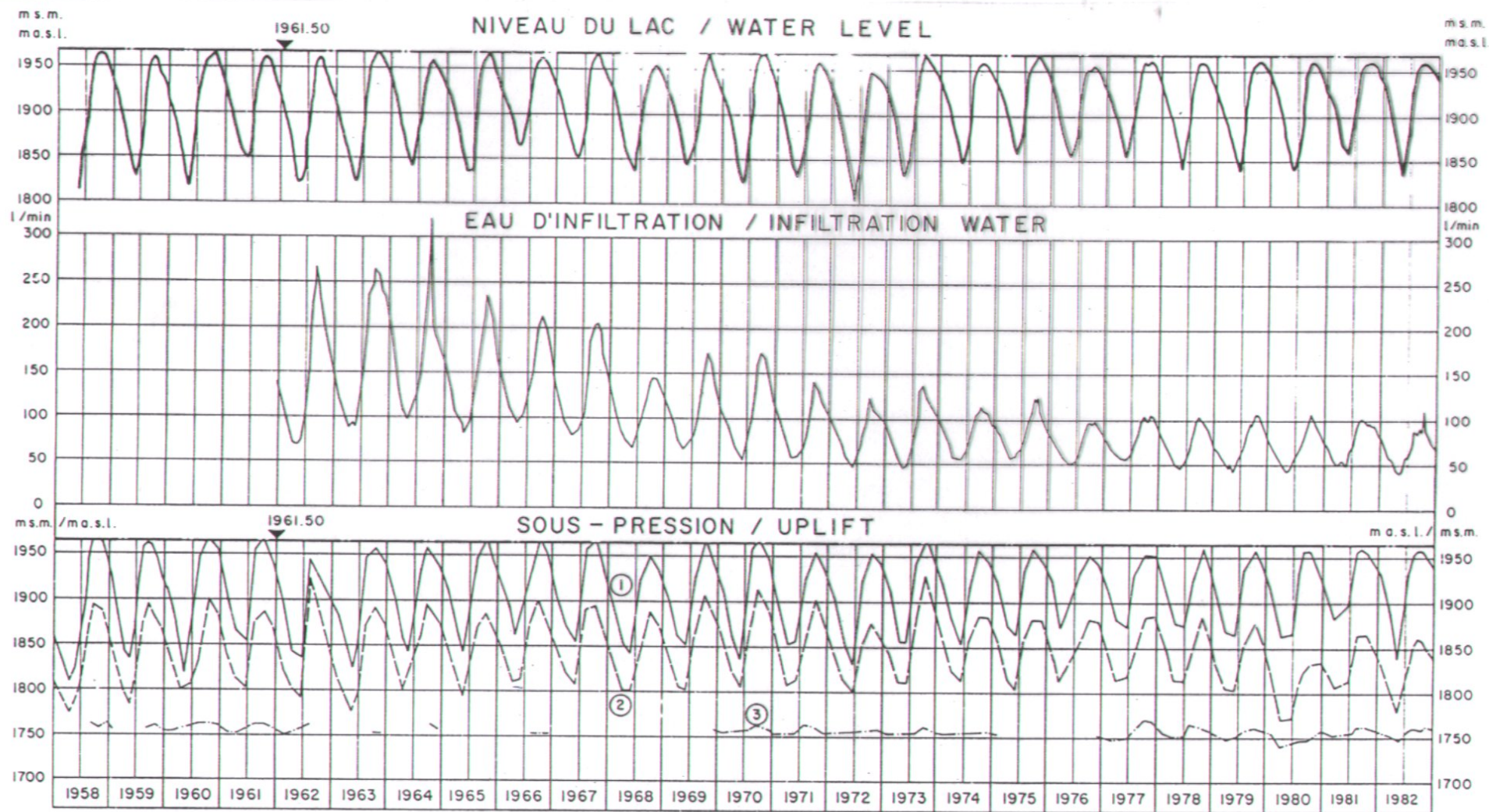


Figure 4.1.1-6. Mauvoisin-Eau d'infiltration et sous-pression.

① ② en amont de la voile d'étanchéité
 ③ en aval

Barrages

Contrôles et surveillance

Exemple Barrage de Sambuco

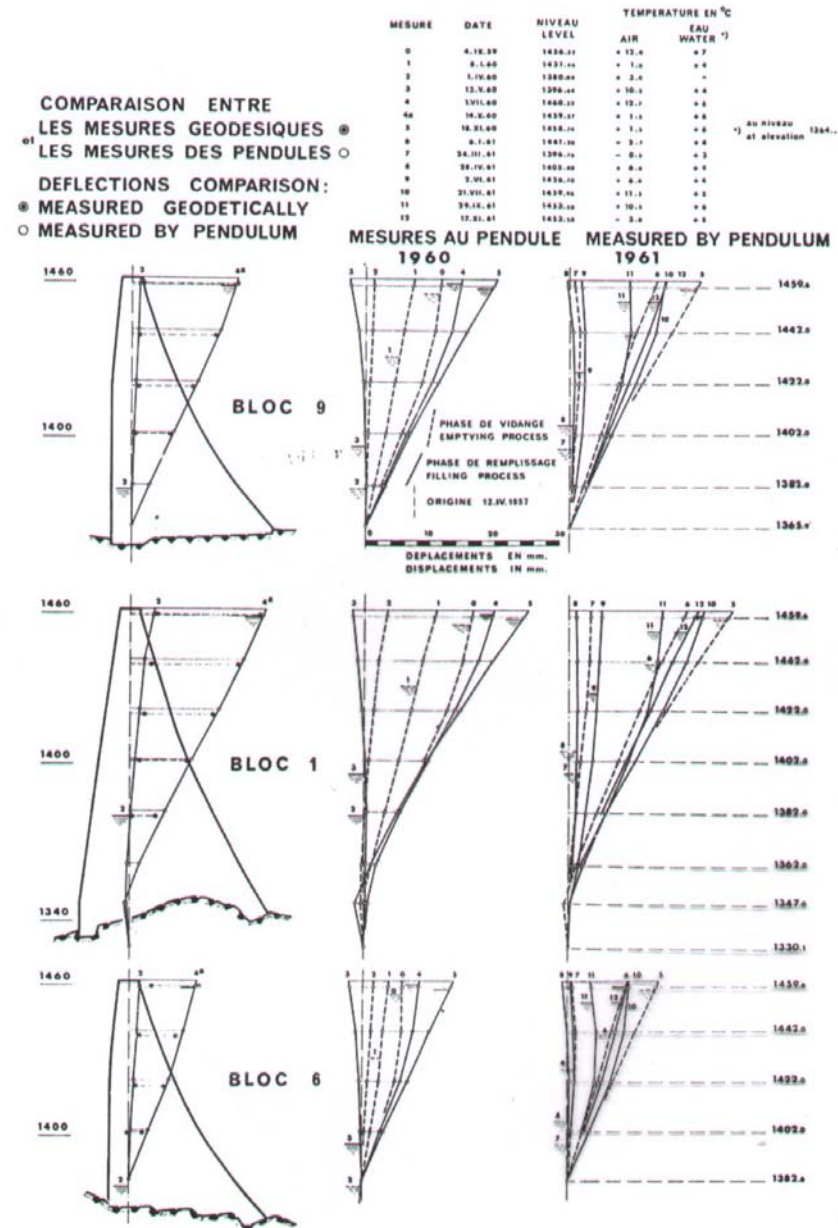


Fig. 4 Sambuco

Lignes élastiques verticales déterminées à l'aide des pendules et de la géodésie. Epoque caractéristique des années 1960 et 1961.

Fig. 4 Sambuco

Vertical deflection lines, measured by pendulum and geodetically. Characteristic periods of the years 1960 and 1961.

Barrages

Contrôles et surveillance

Exemple Barrage de Sambuco

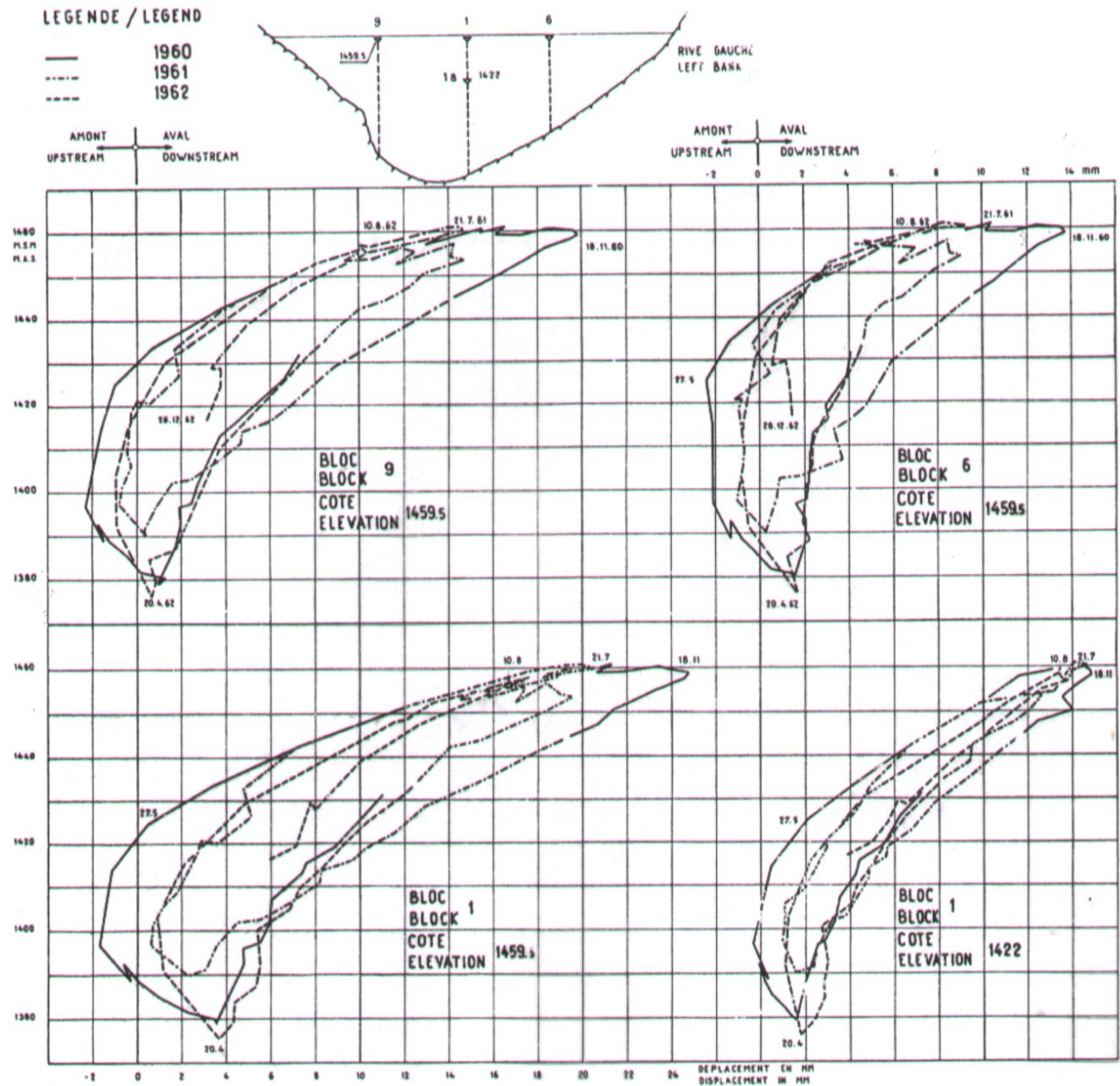


Fig. 5 Sambuco

Mouvements radiaux des pendules en fonction du niveau du lac durant les années 1960-1962.

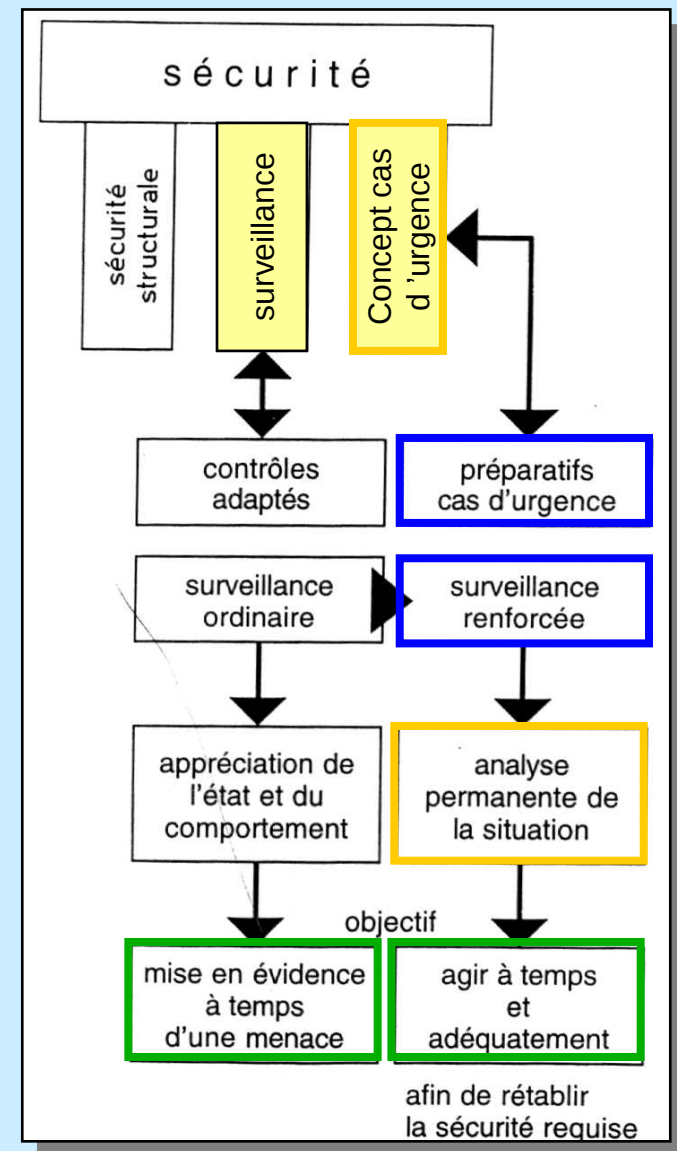
Fig. 5 Sambuco

Radial pendulum movements in function of water level during the years 1960-1962.

Barrages

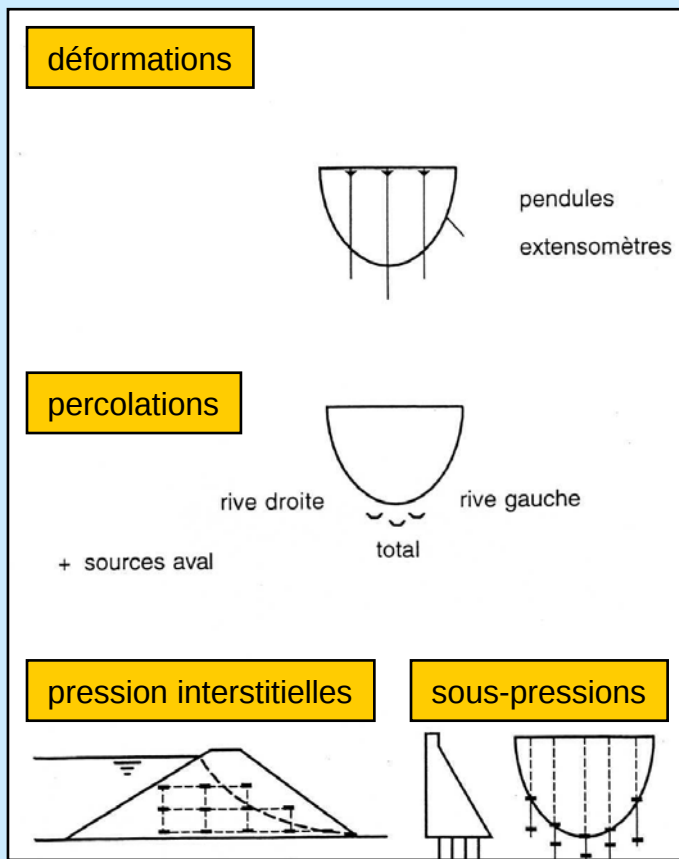
Contrôles et surveillance

Correspondance entre la surveillance ordinaire et la surveillance renforcée

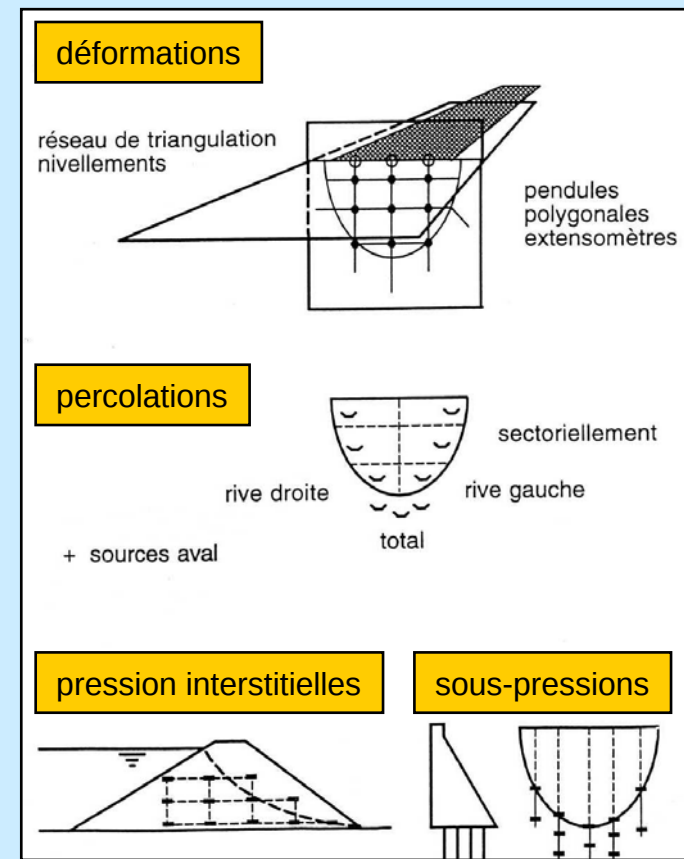


Concept de l'auscultation

Surveillance ordinaire



Surveillance renforcée

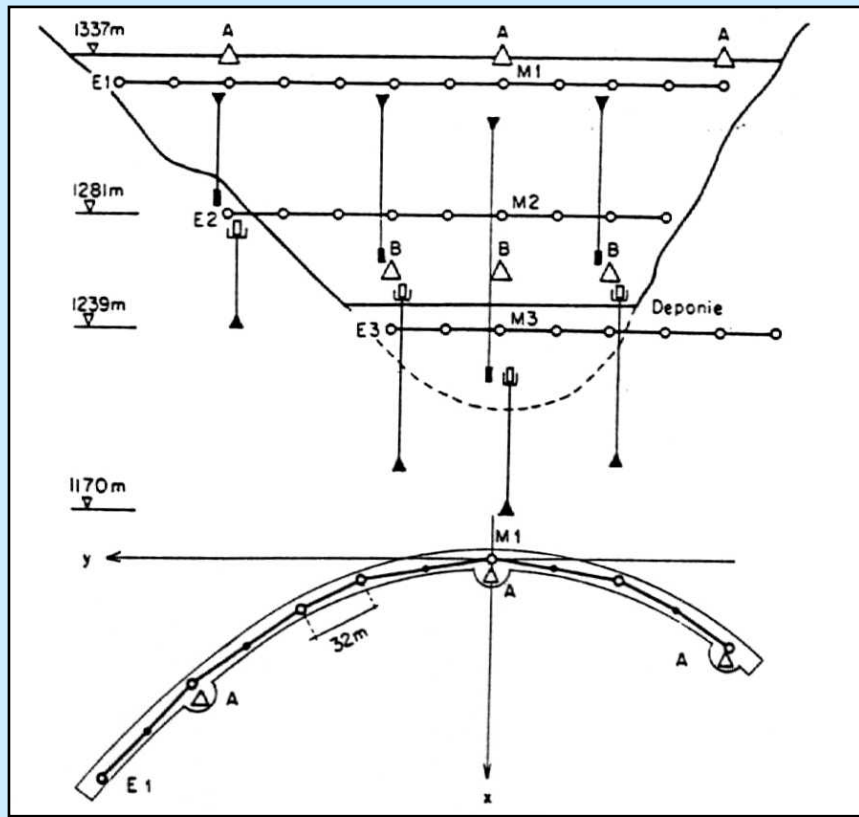


Barrages

Contrôles et surveillance

Système de mesure des déformations au barrage-voûte de Gigerwald

Réseau intérieur



Système de mesure des déformations du barrage-voûte de Gigerwald (147 m de hauteur). Le réseau intérieur, composé de 4 pendules et de 4 pendules inversés ainsi que de 3 polygonales, est relié au réseau extérieur par les piliers A et B.

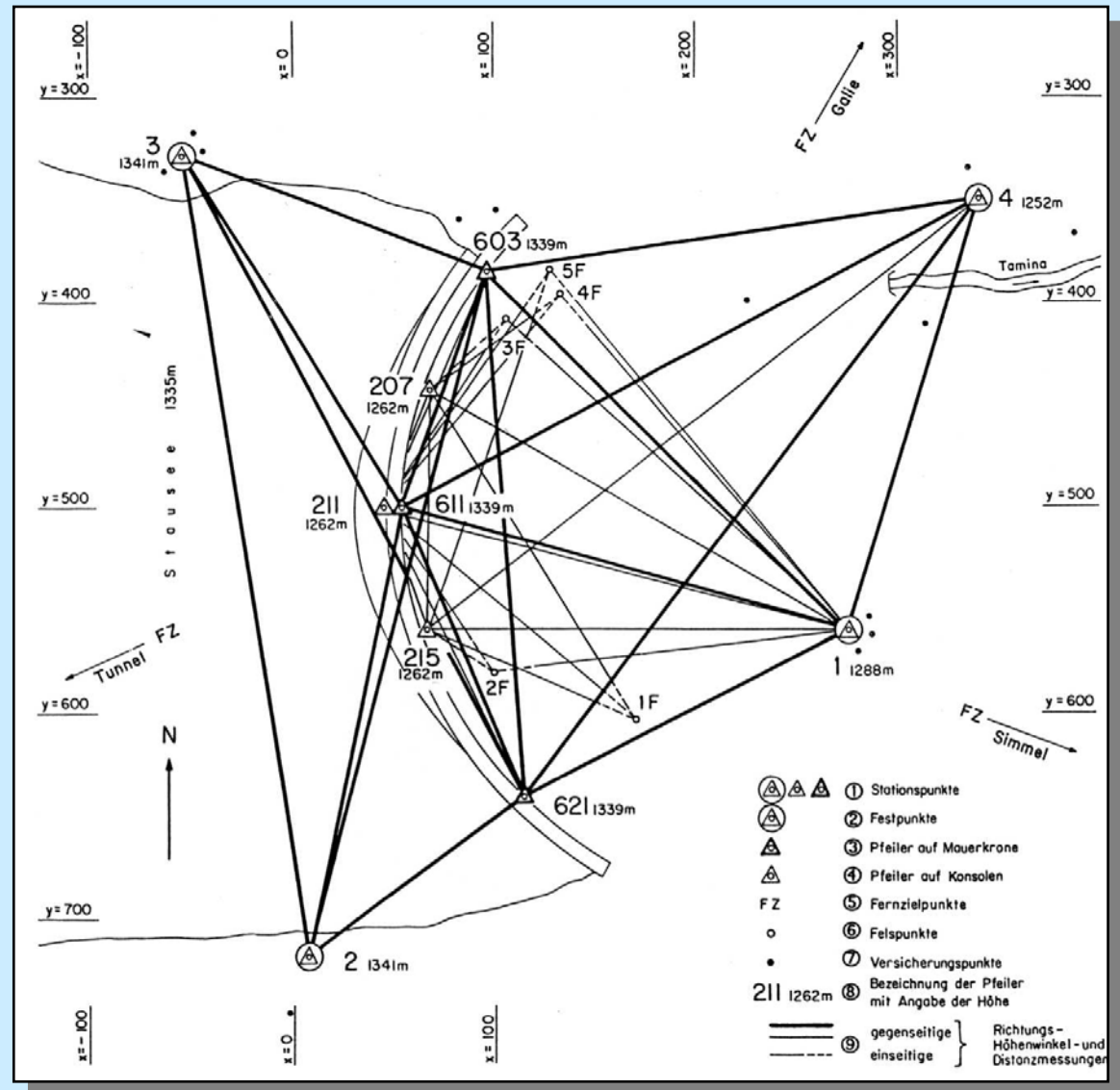
Barrages

Contrôles et surveillance

Barrage-voûte de Gigerwald

Réseau extérieur

1. Stations d'observation
2. Points de référence
3. Piliers sur le couronnement
4. Console
5. Points d'orientation
6. Repère au rocher
7. Point de référence proche
8. Désignation des piliers avec indication de l'altitude
9. Visées de direction, d'angles verticaux et de distances, simples et réciproques

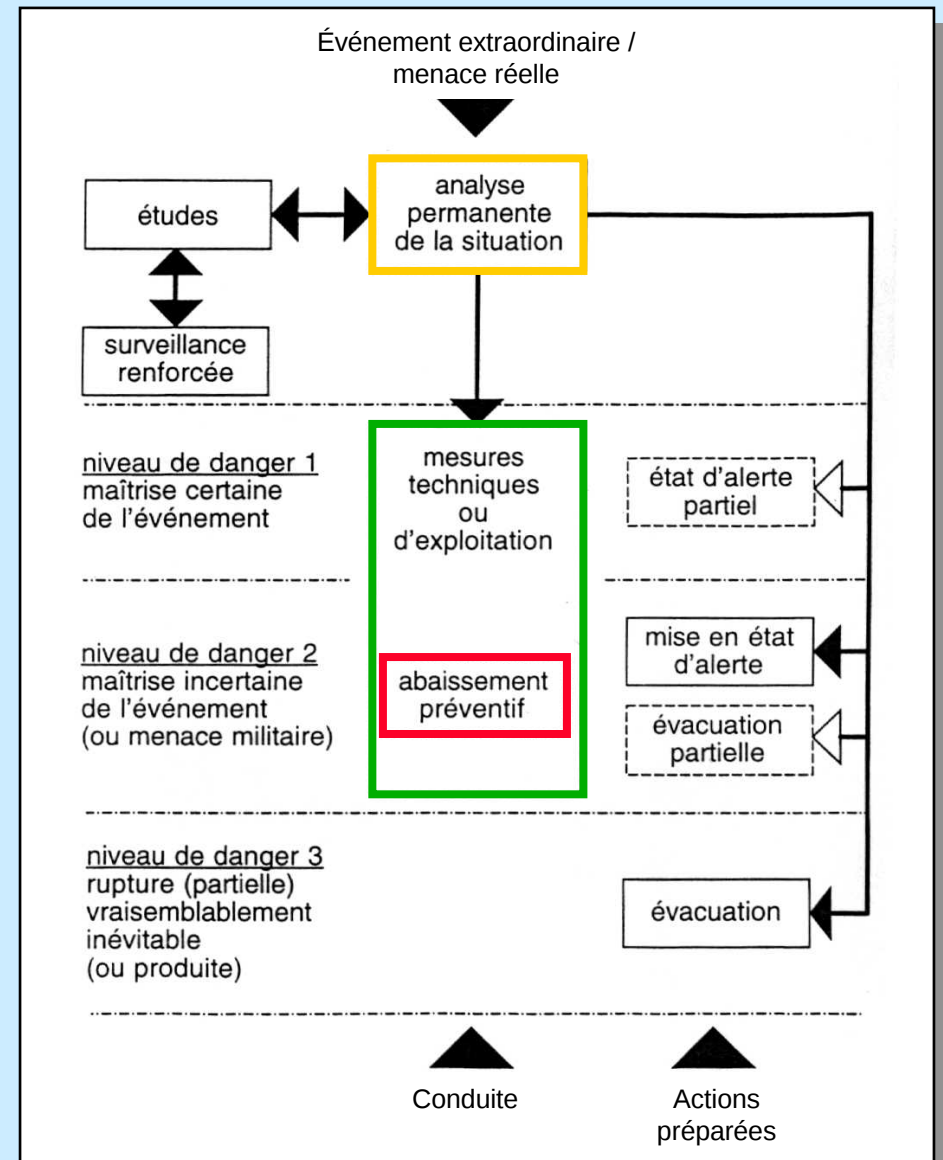




Barrages

Contrôles et surveillance

Stratégie en cas
d'urgence pour les
ouvrages d'accumulation



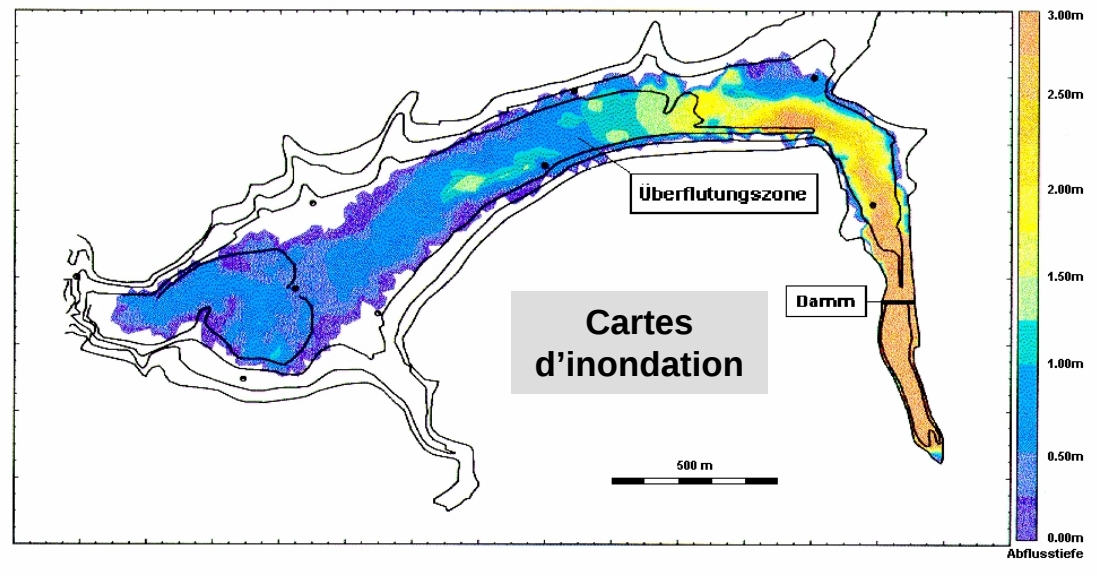
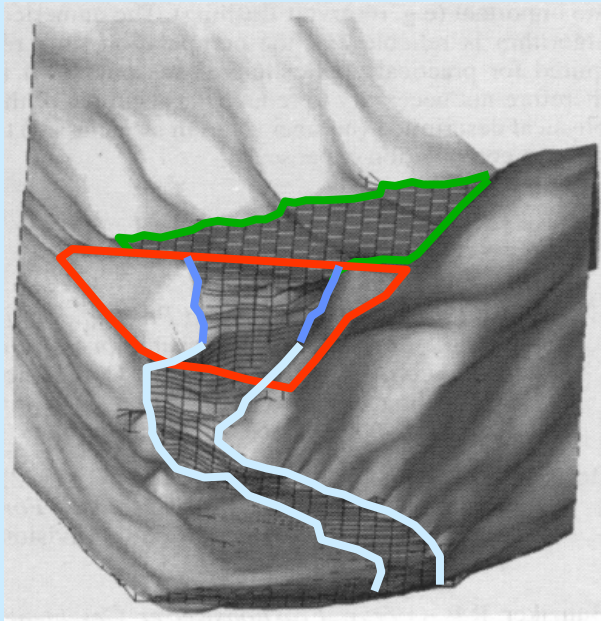
Cartes d'inondation - rupture instantané



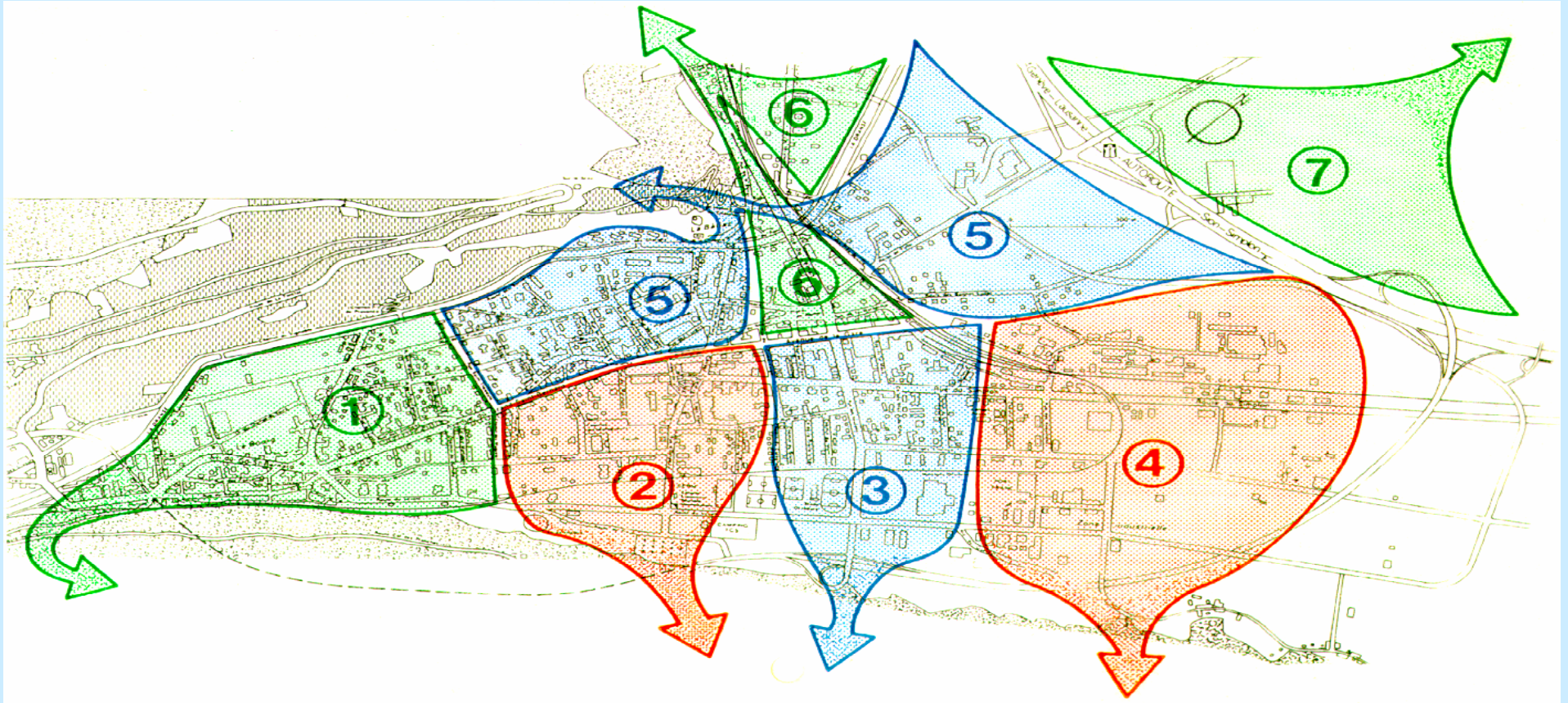
Cartes d'inondation - analyse de l'onde de rupture

Informations:

- ◆ Profondeurs d'eau
- ◆ Temps d'arrivée



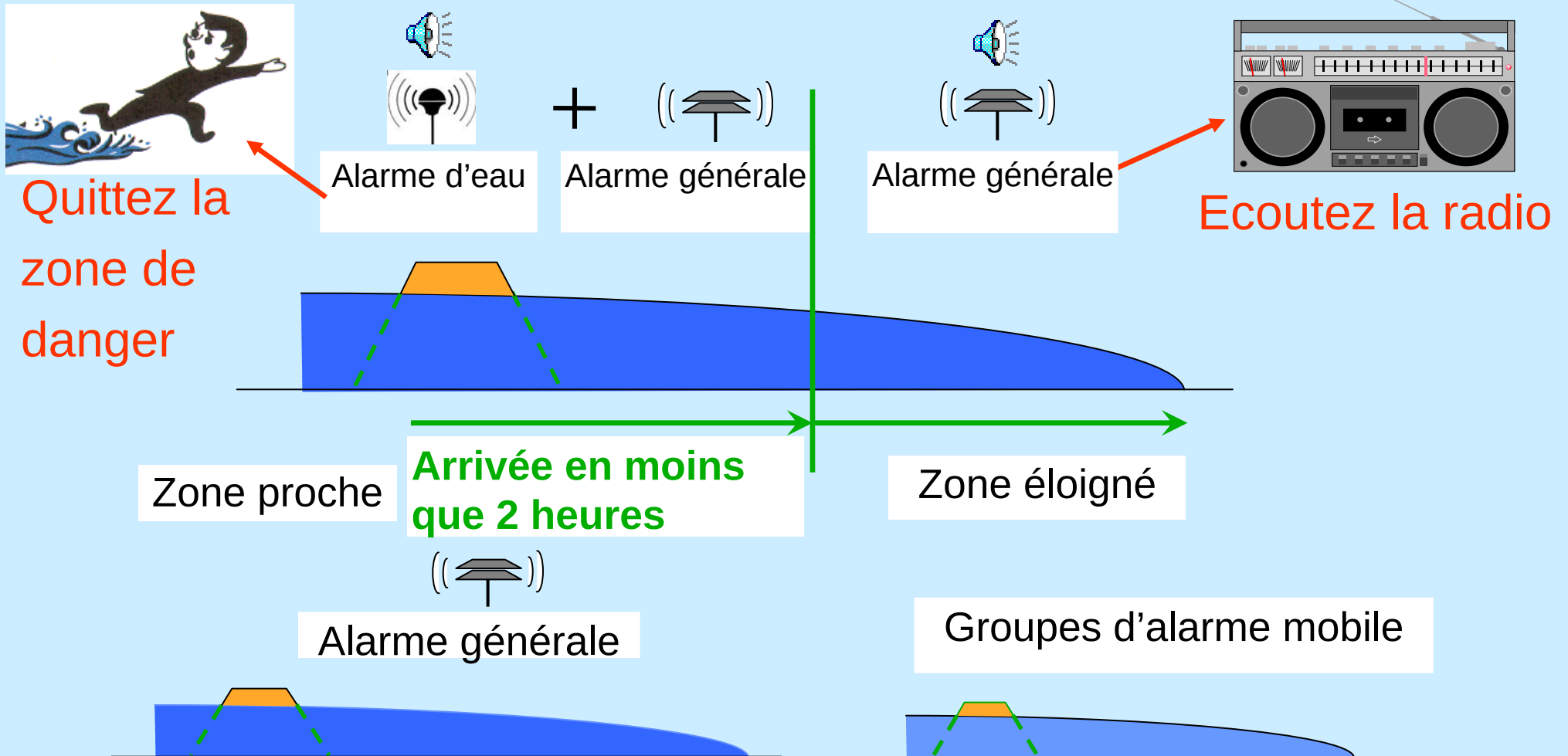
Plans d'évacuation



Barrages

Contrôles et surveillance

Equipements d'alarme



Barrages

Contrôles et surveillance

Organisation de l'alarme

