

Les barrages et le risque sismique

Extrait du Bulletin du Service Technique de l'Energie et des Grands Barrages n°13
3^{ème} trimestre 1995

Accidents liés à des séismes

Les accidents de barrages liés à des séismes sont rares. Les tableaux ci-joints extraits de publications de la Commission internationale des grands barrages (CIGB) montrent que les accidents les plus importants concernent les ouvrages en remblai. On retient surtout la rupture très étudiée du barrage en remblai de San-Fernando (9 février 1971).

Lors d'un récent séisme en Californie, le barrage voûte de Pacoima a été soumis à une sollicitation sismique très élevée. Il n'est pas impossible que la rupture du barrage ait été évitée grâce à un niveau bas de la retenue.

Des accidents plus graves, avec rupture complète, se sont produits sur des remblais de stériles lors des séismes, notamment au Chili. Toutefois la technique de montée de ces remblais est une technique minière par voie humide, complètement différente de la technique de génie civil de construction des barrages en terre.

Enfin, on peut noter que certaines secousses sismiques peuvent être imputées à la présence des barrages eux-mêmes (plus exactement au poids de l'eau contenu dans le réservoir). Cet effet n'a été constaté que pour des aménagements de très grosse capacité et de grande hauteur. De plus, la retenue semble plutôt agir comme libérateur de contraintes préexistantes. En France, la relation retenue-séisme me semble acquise pour quelques barrages, par exemple pour le barrage de Monteynard où quelques très faibles secousses ont été ressenties. Par contre, la mise en eau du barrage de Grand'Maison n'a provoqué aucune secousse.

Réglementation

La France est un pays peu sismique comparé aux régions où se sont produits des incidents sur les barrages, tels la Californie, le Japon ou les Andes en Amériques du Sud.

Le règlement français ne comprend donc pas de règle de calcul explicite des barrages vis-à-vis du risque sismique.

Les projets de barrages soumis à l'avis du Comité Technique Permanent des Barrages (CTPB) doivent comprendre l'étude de la sismicité du site et ses conséquences sur le projet mais la circulaire 75-65 du 27 décembre 1975 ne précise pas les règles de calcul à adopter. Ce Comité peut donc faire appliquer les derniers développements des méthodes d'analyse encore plus rapidement et plus efficacement que ne pourrait le faire une réglementation.

Le décret 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique ne cite pas les barrages parmi les installations dites à risque spécial.

Le décret interministériel 92-997 du 15 septembre 1992 relatif aux « plans particuliers d'intervention » concernant certains aménagements hydrauliques et l'arrêté du 1^{er} décembre 1994 prévoient l'établissement par l'exploitant d'une étude de risque faisant notamment apparaître le risque sismique. Les études de risque seront soumises à l'avis du CTPB.

Documents techniques

Les méthodes de calcul (ou de vérification d'ouvrage existant) évoluent rapidement. Le Comité français des grands barrages (CFGB) a diffusé au dernier congrès de la Commission internationale à Durban en 1994, une brochure incluant les résultats des recherches françaises en la matière. On assiste à une généralisation des calculs dynamiques aux éléments finis avec prise en compte du couplage barrage-retenu.

On constate que, au moins pour le niveau de risque sismique en France, les résultats de ces nouvelles méthodes ne diffèrent pas fondamentalement de ceux trouvés avec les méthodes plus classiques (calcul pseudo-statique).

La Commission Internationale des Grands Barrages publie également des fascicules méthodologiques sur le sujet.

Un groupe de travail prépare actuellement, pour les barrages dont le ministre de l'Industrie a la responsabilité, un document méthodologique. Ce groupe réunit des représentants de l'administration du ministère de l'Industrie (BETCGB, DIGEC, STEEGB), des représentants des maîtres d'ouvrages (CNR, E.D.F., S.H.E.M.) et des experts extérieurs.

Le document comprendra essentiellement :

- Une description des études de stabilité à réaliser selon le type d'ouvrage
- Une classification des barrages en fonction
 - De la sismicité du site
 - Du risque potentiel à l'aval (représenté par la hauteur du barrage et le volume de la retenue)
 - De sa sensibilité propre (type d'ouvrage, âge, comportement, ...).
- Deux études particulières (un barrage en terre, Matemale, et un barrage en béton, Les Mesce) servant d'exemples méthodologiques.



Barrage de Notre Dame de Comniers (38)

La méthodologie mise au point par ce groupe de travail devrait être utilisée dans le cadre de la préparation des plans particuliers d'interventions (PPI).

Incidences sur l'exploitation

Sur certains barrages, on a installé, lors de la construction, des sismographes (par exemple à Grand'Maison). Ces appareils, généralement propriété de laboratoires de recherche, ne sont pas généralement maintenus sur le site pendant toute la phase d'exploitation.

A la suite d'un séisme, il convient :

- De réaliser une inspection visuelle des barrages
- De réaliser une auscultation immédiate et approfondie. Ceci est bien entendu beaucoup plus facile si le barrage est téléausculté.

Pour les barrages en terre, il paraît prudent de continuer à procéder à une auscultation très fréquente pendant une à deux semaines, certaines ruptures ou amorces de rupture se produisant avec un effet retard lié à la dissipation progressive des pressions interstitielles.

Il n'existe pour le moment pas de règle précisant, en fonction de la position de l'épicentre et de l'intensité du séisme, les barrages concernés et l'ampleur de leur surveillance particulière à réaliser. Certaines Unités Energie d'Electricité de France ont entrepris la mise au point de « Consignes Séisme » visant à formaliser les mesures qu'il convient d'adopter en cas de tremblement de terre.

Tableau 1 – Effet sur quelques barrages en terre (remblais de stérils exclus)					
Barrage	Hauteur (m)	Pays	Date	Magnitude M	Dégâts
La Marquesa et La Palma	10 10	Chili	1985	7.8	2 barrages rompus 16 barrages-dégâts importants 16 barrages-faibles dégâts
San Andreas Dam	32	USA Californie	1906	8.25	Fissure longitudinale – Fissure transversale des appuis
Upper Crystal Springs	26	USA Californie	1906	8.25	Mouvement du barrage de 2.4 m
Sheffield Dam	8	USA Californie	1925	6.3	Rupture totale
Hebgen Dam	35	USA Montana	1959	7.5 à 7.8	Tassement du barrage : 1.2 m – Effet de vague
Lower San Fernando	40	USA Californie	1971	6.6	Tassement de la crête : 8.5 m
Upper San Fernando	24	USA Californie	1971	6.6	Tassement de crête : 900 mm – Déplacement vers l'aval de 1.5 m
Paiho Main Dam	66	Chine	1976	7.8	Grand glissement : 330 barrages endommagés
Douhe Dam	22	Chine	1976	7.8	Fissure longitudinale
Masiway Dam	25	Philippines	1990	7.7	Tassement de la crête : 1.0 m – Fissure longitudinale
Ono Dam	37	Japon	1923	8.3	Tassement de la crête 250 mm- Fissure profonde adjacente au noyau
74 remblais	1.5 à 18	Japon	1939	6.6	12 barrages détruits, 40 glissements
Chatsworth	11	USA	1930	Non connue	Fissures, fuites
Earlsburn	6	Ecosse	1839	4.8	Rupture totale

Tableau 2 – Effet sur quelques barrages en enrochement					
Barrage	Hauteur (m)	Pays	Date	Magnitude M	Dégâts
Cogoti Dam	85	Chili	1943	7.9	Tassement : 600 mm
Minase Dam	67	Japon	1964	7.5	Tassement : 61 mm – Dommages mineurs au joint
La Calera Dam	30	México	1964	Non connue	Submersion par une vague de 2.5 m de hauteur – Grand glissement sur 120 m
Oroville Dam	230	USA Californie	1975	5.7	Tassement : 10 mm – Déplacement vers l'aval : 150 mm
El Infiemillo	148	México	1979	7.6	Tassement : 130 mm
La Villita	60	México	1979	7.6	Tassement : 50 mm
Austrian Dam	56	USA Californie	1989	7	Tassement : 300 mm – Fissures profondes
Miboro Dam	131	Japon	1961	7	Tassement : 30 mm – Déplacement vers l'aval : 50 mm
Malpase Dam	70	Pérou	1938	Non connue	Tassement : 76 mm Déplacement vers l'aval : 51 mm
Malpase Dam	70	Pérou	1958	Non connue	Tassement : 32 mm Déplacement vers l'aval : 58 mm

Tableau 3 – Effet sur quelques barrages en béton ou maçonnerie						
Barrage	Hauteur (m)	Type	Pays	Date	Magnitude M	Dégâts
Koyna	103	Poids-béton	Inde	1967	6.5	Fissures importante
Sefid Rud	106	Contrefort	Iran	1990	7.3 à 7.7	Fissures importantes
Pacoima	113	Voûte	USA Californie	1971	6.6	Fissuration de l'appui rive gauche
Lower Crystal Springs	47	Poids incurvé	USA Californie	1906	8.3	Pas de dégâts
Blackbrook	29	Barrage poids en béton et maçonnerie	UK	1957	5.5	Déplacement de la crête – Fissures
Hsingfengkiang	105	Contrefort	Chine	1962	6.1	Fissures importantes
Honen Ike	30	Voûtes multiples	Japon	1946	Non connue	Fissures de la voûte près des contreforts
Ambiesta	59	Voûte	Italie	1976	6.5	Pas de dégâts
Maina di Sauris	136	Voûte	Italie	1976	6.5	Pas de dégâts
Shenwao	53	Poids-béton	Chine	1975	Non connue	Fissures
Redflag	35	Poids-maçonnerie	Chine	1970	Non connue	Fissures
Rappel	110	Voûte	Chili	1985	7.8	Dégâts à l'évacuateur et à la tour de prise d'eau