

Réalisation d'une nouvelle prise d'eau sur le barrage d'Idriss 1^{er}, Maroc

Installation of a new water intake on the Idriss 1st Dam, Morocco

Cyril Caveriviere^{1*}, Abdelhay Elfilali², et Saad Zemmouri³

¹ Directeur d'agence et chargé du projet Idriss 1er, Hydrokarst, 38360 Sassenage

² Chef de division Aménagement Est, ONEE, Maroc

³ Maître d'œuvre, ONEE, Maroc

Abstract. The purpose of this project is to install a new water intake on the Idriss 1st Dam to supply drinking water to the cities of Fès and Meknès. This water intake has been created while keeping the production units operational; the dam has been drilled with a filled reservoir.

Résumé. L'objectif est de créer sur le barrage d'Idriss 1^{er} une prise d'eau afin d'alimenter en eau potable les villes de Fès et Meknès. Cette prise d'eau a été créée tout en maintenant les unités de productions opérationnelles ; le percement du barrage a été réalisé en eau.

La pluviométrie est en moyenne de 500 mm par an dans la région de Fès-Meknès, relativement généreuse pour le Maroc, mais insuffisante du fait de sa répartition dans le temps (80 % des précipitations ont lieu entre novembre et mars).

Le barrage d'Idriss 1^{er}, avec sa hauteur de 72 mètres et sa longueur de crête de 447 mètres offre un volume de 1,186 millions de mètres cubes d'eau. Il s'agit d'un barrage en béton à contreforts achevé en 1973.

Ses fonctions sont l'irrigation de 830 Mm³/an soit 72.300 ha de terres agricoles dans la plaine du Gharb et la production électrique de 66 GWh/an en moyenne grâce à des turbines de 40 MW.

Le tarissement des nappes du Saiss a conduit l'Office National de l'Électricité et de l'Eau (ONEE) à envisager la création d'une nouvelle prise d'eau pour l'alimentation en eau potable des villes de Fès et Meknès à partir de ce réservoir.

* Corresponding author: c.caveriviere@hydrokarst.fr



Fig. 1. Photographie du barrage Idriss 1^{er}. Source : Photo Hydrokarst.

1 Projet

L'objectif de ce projet, d'après *Abdelhay Elfilali* et *Saad Zemmouri*, respectivement chef de division aménagement Est et maître d'œuvre au sein de L'ONEE, est de relier par une adduction, la retenue du barrage d'Idriss 1^{er} aux villes de Fès et de Meknès, en prévoyant une alimentation des réservoirs de L'ONEE et des régies de distribution des régions de RADEFF et de RADEEM. L'eau potable est acheminée par 100 km de conduites avec un débit de 2000 l/s jusqu'aux villes de Fès et de Meknès.

Le projet comprend dans un premier temps, la réalisation d'une prise d'eau dédiée, permettant de prélever l'eau brute sur trois niveaux différents puis, dans un second temps, celle d'une station de traitement et enfin, dans un troisième temps, la réalisation d'une conduite reliant la retenue du barrage d'Idriss 1^{er} aux ouvrages de distribution d'eau potable des villes de Fès et de Meknès.

Durant les phases préliminaires, l'ONEE a pré-étudié les différentes variantes adaptées au contexte du projet et au type du barrage :

Création de prises d'eau de type non modulables (prises d'eau dont les ouvrages sont dimensionnés pour le débit final et réalisables en une seule tranche). Dans cette catégorie, l'ONEE a examiné quatre variantes :

- Utilisation d'un puits de vidange de fond : solution écartée vu l'impossibilité de mobiliser un puits de vidange de fond pour l'alimentation en eau potable.
- Piquage au niveau des conduites issues des prises d'eau usinières existantes : Les contraintes d'exploitation de la prise d'eau usinière rendent impossible la réalisation de cette solution.
- Réalisation d'une galerie d'amenée réalisée dans le massif de fondation du barrage : écartée vu qu'elle comporte beaucoup d'aléas pouvant être, sans doute réduits mais au prix de dépenses prohibitives. Étant donné les coûts et les risques importants, cette solution était à considérer uniquement en l'absence de toute autre alternative.
- Réalisation d'une prise d'eau par perforation d'un passage cylindrique dans le corps du barrage. C'est cette solution qui a été retenue à la suite d'études réalisées dans le cadre du projet, objet de la présente publication.

Création de prises d'eau modulables (prises d'eau dont les ouvrages sont réalisables par tranches de débit selon le phasage de développement). Dans cette catégorie, l'ONEE a étudié les solutions suivantes :

- L'installation de groupes immergés et fixés au parement amont du barrage.
- L'installation d'un bras articulé coulissant sur le parement amont.

- L'installation d'un radeau flottant équipé de groupes immergés.

Ces 3 variantes ont été écartées en vue du débit demandé (3.6 m³/s) et du retour d'expérience de l'ONEE dans l'exploitation et la gestion de ce type de prise d'eau.

Après une analyse technico-économique pour chacune des variantes énumérées ci-avant, les coûts d'investissement ont permis, en sus des facteurs précités, de privilégier la solution de perforer le barrage par un passage cylindrique dans le corps du barrage.

La solution retenue a fait l'objet d'une étude de faisabilité afin de démontrer que la stabilité globale du contrefort du barrage n'est aucunement affectée par la perforation et ne génère pas de fissuration/dépassement de contraintes admissibles au pourtour du percement.

Aussi, un comité de suivi des travaux a été instauré et composé d'une part des représentants de l'ONEE, d'une assistance technique externe et de la Direction des Aménagements Hydrauliques (propriétaire du barrage), et d'autre part de l'entreprise HYDROKARST, chargée du projet et des études de conception. Ce comité a assuré le pilotage, la gestion technique et la coordination pendant toute la durée de la réalisation de cette prise d'eau.

2 Études de conception et dimensionnement

2.1 Contraintes du projet :

Afin de percer un passage cylindrique dans le corps du barrage, la solution la plus simple, à priori, aurait été d'abaisser le niveau d'eau pour pouvoir travailler à sec. Compte tenu des contraintes environnementales et de la nécessité de préserver la ressource, une solution de percement en eau a été étudiée en gardant le barrage en exploitation normale. L'analyse des risques a permis de définir les méthodes, le phasage et les mesures préventives afin d'éviter toute perte de contrôle de l'étanchéité pendant le percement.

2.2 Modélisation du percement

L'étude de faisabilité avait permis de positionner le percement au droit d'un contrefort du parement. Les calculs préliminaires réalisés par la société ITASCA avaient mis en évidence une redistribution et une augmentation des contraintes de traction dans les parois latérales du percement à cause du gradient thermique entre le parement amont froid (16°C) et le parement aval (25°C) du contrefort soumis à l'ensoleillement.

En phase d'études détaillées d'exécution, la société Hydrokarst a confié au bureau d'études ISL Ingénierie, la réalisation d'une note de calcul permettant d'évaluer les risques de fissuration en phase de percement et de définir la ou les solutions de confortement, si nécessaire.

A l'aide du logiciel ANSYS, ISL Ingénierie a réalisé un modèle aux éléments finis thermomécaniques du plot béton et de son percement.

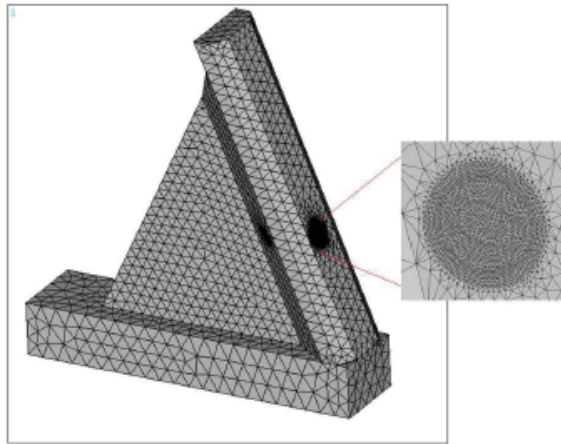


Fig. 2. Représentation du contrefort et du maillage d'éléments finis. Source : ISL Ingénierie.

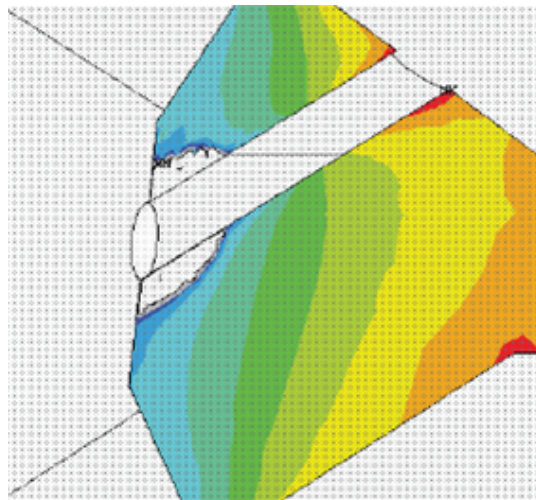


Fig. 3. Propagation de la fissuration du contrefort de part et d'autre du percement en cas de canicule et absence de confortement. Source : ISL Ingénierie.

Les données d'entrée prises en compte pour les calculs ont été :

- les propriétés du béton – résistance à la traction et compression
- le comportement élastique du béton
- le comportement élastoplastique
- le ferrailage de peau du parement amont
- les reprises de bétonnage et les drains
- les températures extrêmes
- la poussée hydrostatique
- les données sismiques

Les différents calculs thermiques et mécaniques réalisés à différentes phases du percement et la combinaison d'un séisme ont démontré un risque réel de fissuration en bord du trou en phase transitoire du percement et à l'état définitif.

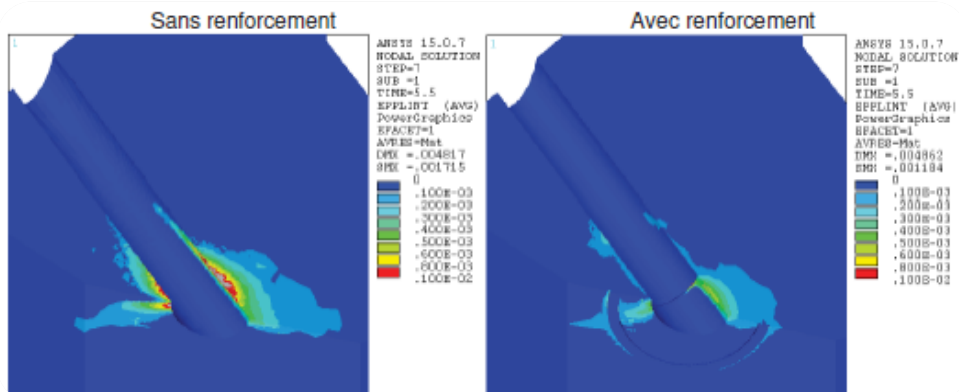


Fig. 4 : Déformation plastique du contrefort, sans et avec renforcement définitif. Source : ISL Ingénierie.

Des solutions de renforcement ont été proposées et justifiées pour éviter tous risques de propagation de fissures vers l’aval :

- pose d’une cerce métallique en applique sur le parement amont
- réalisation de cerces en béton armé à l’intérieur du percement

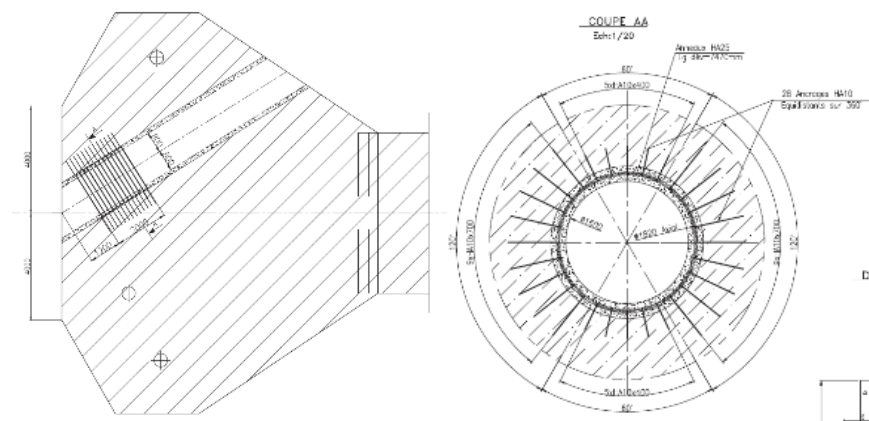


Fig. 5 et 6. Implantation des renforcements du contrefort. Source : photo Hydrokarst.

En supplément, il a été décidé de contrôler le gradient thermique amont /aval par un arrosage en continu du parement aval pendant toute la durée du percement et de contrôler les vibrations.

Ces mesures sécuritaires ont été validées avant percement par l’expert barragiste Mr Michel Lino.

3 Travaux

3.1 Batardeage préalable amont

Initialement les travaux devaient se faire à l’abri d’un batardeau de grandes dimensions (L8xP6xH35m) remontant jusqu’à la surface. Les contraintes du site n’ont pas permis

l'installation d'un tel ouvrage et le percement a finalement été réalisé à l'abri d'un obturateur sphérique fixé comme un bouclier sous eau et en applique du parement amont.

L'objectif était de mettre à sec le percement jusqu'à l'installation d'une virole métallique et d'une vanne aval.



Fig. 7. Photographie Batardeage Amont. Source : photo Hydrokarst.

La première étape du projet, a été l'installation d'un batardeau de type fond bombé de 5 mètres de diamètre centré sur le futur percement traversant le parement.

Le phasage a été :

- percement d'un trou pilote
- installation d'un cercle annulaire sur le parement amont.
- installation de l'obturateur
- chasse de l'eau et mise à la pression atmosphérique de l'intérieur pour exploiter le différentiel de pression et obtenir un écrasement du joint satisfaisant.

Cette méthodologie de batardeage a considérablement réduit la quantité de travaux subaquatiques à réaliser préalablement au percement du barrage, mais a cependant nécessité un suivi topographique minutieux car l'alignement entre le trou pilote et le batardeau est primordial.

Durant tout le percement, nous avons contrôlé l'étanchéité du fond bombé à l'aide de capteurs. L'intérieur du fond bombé étant inaccessible jusqu'à l'achèvement des travaux de percement, l'intérieur a été instrumenté depuis la surface permettant de détecter et de quantifier les éventuelles venues d'eau.

3.2 Carottages sécants

L'objectif était de réaliser un percement de 2 mètres de diamètre traversant le contrefort. Pour mener à bien cette étape, nous avons réalisé un prédécoupage du périmètre avec une série de carottages sécants.

Le prédécoupage a été réalisé par 71 carottages sécants, traversant le contrefort sur une longueur de 10m. L'utilisation de carotteuses a permis de limiter les vibrations transmises à l'ouvrage et de découper les aciers de peau présents dans le parement amont.



Fig. 8. Photographie Carottage Séquent. Source : photo Hydrokarst.

Les vibrations ont été contrôlées par l'installation de capteurs reliés à une centrale munie de dispositifs d'alerte en cas de dépassement de seuils.

Les températures du contrefort ont également été contrôlées par un suivi quotidien, et un arrosage permanent de ce contrefort a été mis en place lors de fortes chaleurs.

Enfin, la déviation des carottages a été vérifiée tout au long du projet, avec une précision finale d'exécution centimétrique.

3.3 Démolition de la carotte

Une fois les carottages sécants terminés, nous avons fragmenté la carotte principale à l'aide d'éclateur hydraulique.

En effet, l'extraction complète de la carotte d'un seul tenant avec découpage à la scie à câble (découpage en tranche) n'a pu être réalisé pour des raisons d'accessibilité à l'aval.



Fig. 9. Photographie Démolition de la Carotte. Source : photo Hydrokarst.

3.4 Préparation des surfaces et ferrillages

Les renforcements internes ont été réalisés par des anneaux en acier cintrés, régulièrement espacés et fixés aux parois.

Les surfaces lisses après carottage ont été bouchardées et décapées à l'UHP (Ultra Haute Pression)



Fig. 10 et 11. Photographie Préparation des Surfaces. Source : photo Hydrokarst.

3.5 Tubage du percement

Une virole métallique a été installée et scellée par injection de mortier de l'espace annulaire dans un premier temps puis par des injections complémentaires de serrage (résine).

L'étanchéité est complétée par l'installation de joints hydro-gonflants aux interfaces à proximité du parement amont.



Fig. 12. Photographie insertion de la virole. Source : photo Hydrokarst.

3.6 Mise en place de la prise d'eau amont

Une prise d'eau à trois niveaux a été installée par les plongeurs sous 30 mètres d'eau le long du parement amont avec au préalable l'installation de la vanne d'isolement aval et l'enlèvement du batardeau amont.

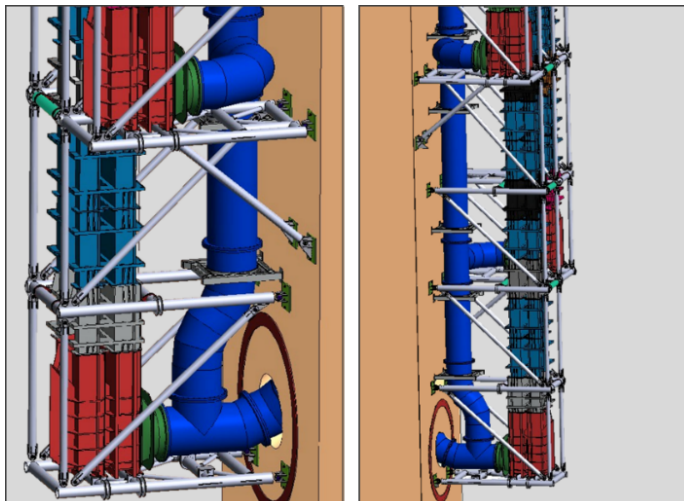


Fig. 13. Mise en place de la prise d'eau. Source : 3D hydrokart.

4 Points critiques

La maîtrise du projet a été possible grâce à une analyse rigoureuse de tous les risques liés à une telle opération ; les points critiques sont :

- la qualité des études d'exécution et des calculs pour maîtriser les risques de fissuration des bétons et la perte de contrôle des fuites.
- la qualité de la topographie hors et sous eau
- la maîtrise du batardage amont
- la maîtrise du percement
- les contrôles de température, de vibrations et d'étanchéité
- une responsabilisation complète de l'entreprise en mettant à sa charge la conception, les études, les méthodes et la réalisation des 18 mois de travaux.