

Optimization of concrete lining for the geological storage of radioactive waste in clay formations (en ce compris une introduction à la méthodologie de la recherche)

Auteur : Hayart, Ethan

Promoteur(s) : Collin, Frédéric

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master en ingénieur civil des constructions, à finalité spécialisée en "civil engineering"

Année académique : 2025-2026

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/25966>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Optimization of concrete lining for the geological storage of radioactive waste in clay formations

Author: Ethan Hayart

Degree: Master of science in civil engineering

Supervisor: Frédéric Collin

Academic Year: 2025-2026

EN - The long-term geological disposal of radioactive waste requires the construction of deep underground repositories consisting of extensive networks of galleries, each supported by a concrete lining designed to ensure structural integrity over very long time scales. Given the scale of such infrastructure, optimising the lining design and, in particular, its thickness represents a significant challenge. This work investigates the mechanical behaviour of concrete linings installed in Boom clay, the host rock studied for the Belgian deep geological repository, using the finite element code *LAGAMINE* developed at the University of Liège. The modelling strategy is deliberately progressive: starting from a simple isotropic, purely mechanical configuration validated against analytical solutions derived from the convergence-confinement method, complexity is gradually introduced through stress anisotropy and hydro-mechanical coupling. The model represents the excavation of a circular gallery at a depth representative of the HADES underground research laboratory (225 m). A parametric study is then conducted to assess the influence of the main governing parameters such as the gap size between the lining and the rock, the initial stress state, the coefficient of earth pressure at rest K_0 , and the deconfinement profile on the contact pressure acting on the lining. The results show that larger gap sizes delay the onset of contact and reduce the equilibrium contact pressure, while higher initial stresses and lower values of K_0 increase the anisotropy of the loading around the lining. The introduction of hydro-mechanical coupling reveals a significant time-dependent component to the lining loads, driven by the progressive dissipation of excess pore pressures in the Boom clay over timescales of decades. These findings provide quantitative relationships between key design and geological parameters and the resulting lining loads, which can serve as practical guidelines for the optimisation of gallery linings in deep geological repositories.

FR - Le stockage géologique à long terme des déchets radioactifs nécessite la construction de centres de stockage souterrains profonds, composés de vastes réseaux de galeries, chacune soutenue par un revêtement en béton conçu pour garantir l'intégrité structurelle sur des échelles de temps très longues. Étant donné l'ampleur de ces infrastructures, l'optimisation de la conception du revêtement, et en particulier de son épaisseur, représente un défi majeur. Ce travail étudie le comportement mécanique des revêtements en béton installés dans l'argile de Boom, la roche hôte étudiée pour le stockage géologique profond belge, à l'aide du code aux éléments finis *LAGAMINE*, développé à l'Université de Liège. La stratégie de modélisation est délibérément progressive : partant d'une configuration mécanique purement isotrope et validée par rapport à des solutions analytiques dérivées de la méthode convergence-confinement, la complexité est progressivement introduite par le biais de l'anisotropie des contraintes et du couplage hydro-mécanique. Le modèle représente l'excavation d'une galerie circulaire à une profondeur représentative du laboratoire souterrain de recherche HADES (225 m). Une étude paramétrique est ensuite menée pour évaluer l'influence des principaux paramètres tels que la taille de l'espace entre le revêtement et la roche, l'état de contrainte initial, le coefficient de pression des terres au repos K_0 et le profil de déconfinement sur la pression de contact agissant sur le revêtement. Les résultats montrent que des espaces plus grands retardent le début du contact et réduisent la pression de contact à l'équilibre, tandis que des contraintes initiales plus élevées et des valeurs plus faibles de K_0 augmentent l'anisotropie de la charge autour du revêtement. L'introduction du couplage hydro-mécanique révèle une composante temporelle significative des charges sur le revêtement, pilotée par la dissipation progressive des surpressions dans l'argile de Boom sur des échelles de temps de l'ordre de plusieurs décennies. Ces résultats établissent des relations quantitatives entre les paramètres clés de conception et géologiques et les charges résultantes sur le revêtement, pouvant servir de lignes directrices pratiques pour l'optimisation des revêtements de galeries dans les centres de stockage géologiques profonds.