

## Challenge de dimensionnement géotechnique

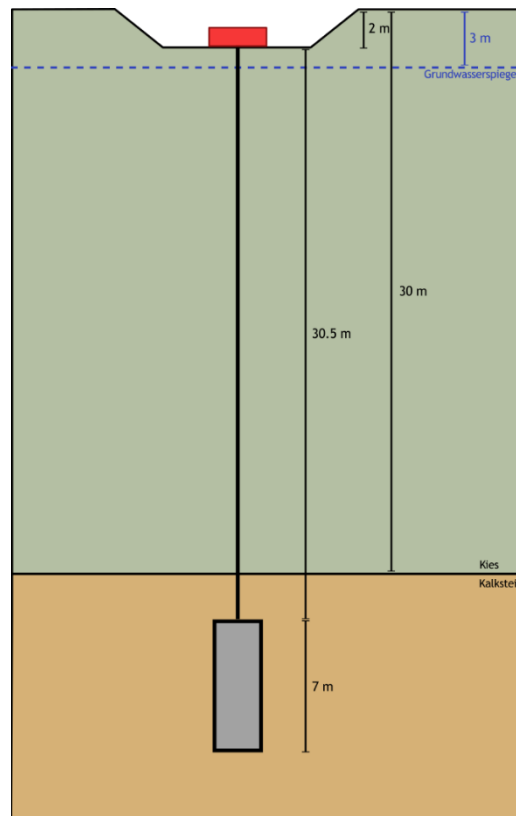
Notre objectif est d'évaluer les pratiques courantes et de favoriser les échanges. Nous souhaitons en particulier encourager les jeunes ingénieur·e·s à développer et affiner leur « jugement d'ingénierie ».

L'exercice suivant est basé sur un essai d'ancrage. Dans le cadre de la construction d'une centrale hydroélectrique, un soutènement de fouille constitué d'un mur de pieux forés ancrés est prévu. Les scellements d'injection des ancrages sont disposés dans une couche calcaire.

Afin de déterminer la résistance externe des ancrages, une campagne d'essais préalable a été menée sur trois ancrages d'essai disposés verticalement. Conformément à la recommandation de la norme SIA 267, la résistance caractéristique a été définie à partir de la plus faible valeur obtenue parmi les trois essais.

L'objectif de l'exercice est de déterminer la résistance externe caractéristique des ancrages,  $R_{a,k}$ . Les données relatives aux propriétés du sol et de la roche, aux dimensions des ancrages ainsi qu'aux conditions d'exécution peuvent être utilisées pour ce calcul. Les réponses des participants seront comparées aux résultats des essais. Les réponses les plus proches des valeurs mesurées seront récompensées.

Les informations relatives à la mise en œuvre des ancrages et aux conditions hydrogéologiques figurent à la page suivante.



*Les trois participant·e·s ayant fourni les meilleures réponses recevront une adhésion gratuite de trois ans à notre société GS.*

*De plus, un iPad sera tiré au sort parmi l'ensemble des participant·e·s.*

*La date limite de remise des réponses pour le Design Challenge est fixée au **20 février 2026**.*

*Nous recommandons aux participant·e·s d'indiquer leurs coordonnées dans le formulaire afin que nous puissions contacter les gagnant·e·s.*

**Question 1 : Estimez la résistance externe caractéristique de l'ancrage,  $R_{a,k}$ .**

**Question 2 (question annexe) : Estimez le déplacement de la tête de l'ancrage pour 50 % de la charge de rupture définie à la question 1.**

Les réponses à la question 2 ne seront pas prises en compte pour déterminer les gagnant·e·s.

## **Données :**

### **Géologie**

La stratigraphie rencontrée est la suivante :

- Première couche : gravier sableux, faiblement limoneux, avec des pierres, ainsi que localement de l'argile limoneuse/silteuse riche en sable graveleux, d'une épaisseur de 30 m. La compacité de cette couche de gravier peut être considérée comme élevée à très élevée, avec des résultats au Standard Penetration Test (SPT) de  $N_{30} > 70$ .
- Seconde couche : il s'agit d'un calcaire présentant un degré de fracturation variable : dans les premiers mètres supérieurs (environ 1 à 2 m), les structures rocheuses peuvent être fortement fissurées, avec des cavités partiellement remplies d'argiles limoneuses ou silteuses. On observe parfois des blocs calcaires arrondis, des galets ou des fragments partiellement altérés, parfois mélangés à des dépôts argileux. Avec la profondeur, la qualité de la roche s'améliore nettement : les essais de Lugeon et Lefranc indiquent une perméabilité dans l'ordre de  $k = 10^{-7} - 10^{-9}$  m/s, ce qui traduit une faible à quasi-absence de fracturation. Le coefficient RQD est d'environ 75-90 %, ce qui correspond à une roche de haute résistance et de grande portance.
- La nappe phréatique se situe à 3 m de profondeur.

Les propriétés mécaniques et hydrauliques sont les suivantes :

- Masse volumique saturée du gravier sableux :  $\gamma_{\text{sat}} = 20,0 - 21,5$  kN/m<sup>3</sup>
- Masse volumique du calcaire :  $\gamma = 25,9 - 26,7$  kN/m<sup>3</sup>
- Résistance à la compression uniaxiale (UCS) du calcaire (7 essais) :  
 $UCS_{\text{moy.}} = 28,2$  MN/m<sup>2</sup> (min / max : 6,2 / 59,2 MN/m<sup>2</sup>)
- Module d'élasticité du calcaire (7 essais) :  
 $E_{\text{moy.}} = 8\,527$  MN/m<sup>2</sup> (min / max : 2\,454 / 22\,777 MN/m<sup>2</sup>)

## Ancrage d'essai

L'ancrage étudié est un ancrage vertical précontraint d'une longueur totale de 37,5 m, composé d'une longueur libre de 30,5 m, non sollicitée pour la transmission de charge, et d'une longueur de scellement de 7 m, entièrement ancrée dans le calcaire. Le diamètre du forage est de 178 mm. L'ancrage est chargé exclusivement dans la direction verticale.

Le système d'ancrage est constitué de 18 torons, chacun ayant une section de 150 mm<sup>2</sup>, avec des résistances  $f_y = 1600 \text{ N/mm}^2$  -  $f_{tk} = 1860 \text{ N/mm}^2$  et un module d'élasticité  $E_p = 195 \text{ kN/mm}^2$ .

Après le forage tubé, l'insertion des torons et le remplissage avec une suspension de ciment, un mortier de ciment avec un rapport eau/ciment de 0,5 a été injecté après une demi-journée (volume injecté : 725 kg à une pression de 15 bar).

La précontrainte de l'ancrage d'essai a été appliquée en 8 paliers de charge consécutifs, avec un temps d'attente de 15 minutes pour les deux premières étapes et de 30 minutes pour les six suivantes. La procédure d'essai suit les recommandations des normes SIA 267 et SIA 267/1.