

Ch. 1 -Généralités sur la mécanique des roches.

1. Généralité.

Un massif rocheux tel que nous l'observons aujourd'hui résulte d'une longue histoire géologique, souvent complexe, qui comprend une phase de formation du matériau (dépôt et consolidation dans le cas d'une roche sédimentaire, cristallisation dans le cas d'une roche magmatique, etc.), une ou plusieurs phases de déformations tectoniques (avec formation de plis et de failles) et de transformations métamorphiques (foliation, recristallisation), et enfin une période d'altération météorique pour les parties proches de la surface.

Deux échelles d'étude sont adoptées : celle de la roche (échantillon de laboratoire ou affleurement ponctuel) et celle du massif rocheux qui est aussi celle de l'ouvrage.



Figure 1 – Front de taille découpé au fil : le massif rocheux, milieu hétérogène, discontinu et anisotrope.

1.1. Classifications des roches.

Une roche est un assemblage de minéraux, c'est-à-dire de cristaux (sauf quelques rares cas où existe une phase vitreuse). Le mécanicien des roches insistera sur la présence de défauts dans l'assemblage, pores ou fissures, qui influent fortement sur les propriétés du matériau.

Les géologues distinguent trois grandes catégories de roches en fonction de leur origine :

- les roches magmatiques (ou éruptives) résultent du refroidissement de magmas en

fusion ;

- les roches sédimentaires se sont déposées dans les mers ou les lacs et sont formées par accumulation de particules détritiques (résultant de la désagrégation des roches par l'érosion) ou biogènes (formées grâce à l'activité d'organismes) ;
- les roches métamorphiques sont le produit de la transformation à l'état solide d'une roche préexistante, avec modifications structurales et en général apparition de nouveaux minéraux, sous l'influence de la pression et de la température.

1.2. - Le domaine d'application de la mécanique des roches.

La mécanique des roches a pour objet la détermination des caractéristiques du matériau rocheux et l'application de celles-ci à des problèmes posée principalement à l'ingénieur des mines et l'ingénieur des constructions.

Les problèmes à résoudre par l'ingénieur sont nombreux. Citons par exemple :

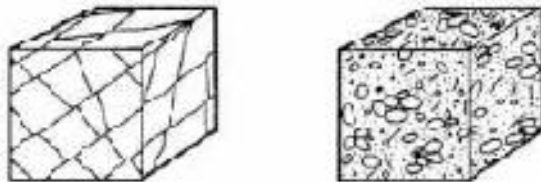
- L'exécution des barrages.
- L'exécution de tunnels.
- L'exécution d'exécution à ciel ouvert.
- L'exécution de remblais en matériaux rocheux.

1.2 - Différence entre roche et sol

Roches : Géomaterials possédant une cohésion ($C \neq 0$) et une résistance à la compression simple supérieure à quelques MPa.

La roche à l'échelle d'ingénierie est *Discontinue*, *Hétérogène*, *Anisotrope*, et *Non-linéairement Elastique*.

Sols : Géomaterials pulvérulents ou cohésifs mais ne présentant pas ou pratiquement pas de résistance à la compression simple. La cohésion disparaît par dissolution.



1.2.1 - Applications

La mécanique des roches trouve ses applications dans divers domaines de l'ingénierie et de la recherche :

Géologie : déformations tectoniques entraînant plissements, diaclases et failles ;

Physique du globe : comportement sous haute pression et température, séismes ;

Mine : stabilité des excavations, des tailles, galeries et puits ;

Pétrole : extraction des fluides en milieu poreux, stabilité des forages profonds ;

Stockages souterrains : stabilité, transport des polluants, perméabilité, couplages thermomécaniques ;

Géothermie : échange de chaleur entre fluides et massif rocheux fracturé, durée de vie d'un pompage ;

Génie Civil : fondations des grands ouvrages (barrages, centrales électriques, viaducs), terrassements routiers, stabilité des talus et versants, travaux souterrains, concassage et travaux de carrière, utilisation comme matériau (enrochements, pierre de construction, granulats).

La mécanique des roches est une discipline qui utilise les principes de la mécanique pour décrire le comportement des roches.

L'échelle est de l'ordre de quelques mètres à quelques milliers de mètres. Par conséquent, la roche considérée en mécanique des roches est en fait le massif rocheux qui comprend la matrice rocheuse et les discontinuités.

La règle plus générale veut que l'on désigne par roches les terrains profonds et par sols les terrains de surface². Certaines roches, telles les marnes à faible % de CaCO₃ ou les granites très fracturés et altérés, sont inclassables. Leur comportement, au coeur de la recherche, n'est ni celui d'un sol ni celui d'une roche classique. Tout est affaire de compromis !

Nous verrons dans la suite que la rhéologie d'une roche est fortement liée à son degré de fracturation, ce qui n'est pas le cas d'un sol.

1.2.2 -Les matériaux rocheux.

Les roches sont constituées principalement d'un assemblage de minéraux. Un minéral est une substance solide ayant une formule chimique définie dans laquelle n'intervient pas d'association C-H (Carbone-Hydrogène). En général, les minéraux sont cristallisés, c'est-à-dire que leurs atomes sont disposés selon un arrangement particulier, mais la taille des cristaux est souvent invisible à l'œil nu. Dans certaines roches volcaniques, en cas de refroidissement très rapide, les minéraux ne sont pas cristallisés ; on parle alors de « verres ».

Les propriétés géométriques, physiques et mécaniques des roches dépendent donc des propriétés de leurs matériaux constitutifs, et de leur assemblage, mais sont différentes de celles de ces matériaux. En effet, ces propriétés résultent de la proportion de chaque minéral, de la taille des cristaux, de la structure et de la texture de l'assemblage minéral et des défauts

et hétérogénéités présents.

Ainsi les roches sont des matériaux :

- **hétérogènes**, c'est-à-dire qu'elles sont constituées de grains qui, dans la majorité des cas, appartiennent à des espèces minérales différentes et sont de tailles et de formes variées. De plus, les éléments d'une même espèce minérale peuvent présenter dans la roche des formes de cristallisation différentes (systèmes cristallins différents) ou des degrés d'altération divers ;
- **discontinus** : l'assemblage des grains constituant la roche n'est jamais parfait : d'une part, et comme dans tout assemblage de grains, on identifie très souvent des vides, appelés pores et, d'autre part, il existe en général de nombreux défauts inter cristallins, que l'on désigne sous le terme général de « fissures ». Ces vides peuvent être remplis d'air ou d'eau. Dans les conditions naturelles, les roches sont en général saturées ou proches de la saturation. Il est donc important de prendre en compte correctement la pression et les propriétés de l'eau interstitielle ;
- **anisotropes** : les cristaux ont, par essence, une anisotropie liée au système cristallin auquel ils appartiennent. Une roche aura donc a priori des caractéristiques physiques anisotropes. Une isotropie apparente sera liée à une distribution aléatoire des orientations des différents cristaux. Du point de vue mécanique, l'anisotropie est essentiellement liée aux réseaux de fissures.

Les roches tirent leur nom de leur composition chimique et minéralogique, de leur texture et de leur mode de formation. On distingue classiquement trois grandes familles de roches : les roches sédimentaires, les roches magmatiques et les roches métamorphiques.

Les roches sédimentaires se forment à la surface de la terre, sur le sol ou au fond de l'eau, par dépôt en couches initialement subhorizontales. On en distingue deux grands types :

- les roches détritiques, qui résultent de la désagrégation et/ou de l'accumulation de roches préexistantes après érosion et transport des éléments ; on y retrouve en particulier les argiles et les grès ;
- les roches physico-chimiques ou biogènes, qui résultent de la précipitation d'ions en solution et/ou de l'activité d'être vivants ; les roches carbonatées et les roches salines (ou évaporites) sont les plus fréquentes

1.3 – Principe et méthode de description géotechnique des roches.

Dans les travaux au rocher, l'ingénieur doit répondre à différentes questions :

- stabilité : par exemple, évaluer le risque de chute de blocs à partir d'un talus ou d'une falaise, ou le facteur de sécurité vis-à-vis de la rupture d'une fondation en bordure de plateau ;
- déformation : estimer le tassement sous une fondation, ou la convergence d'un tunnel ;
- extraction (abattage) : définir les conditions d'une utilisation optimale de l'explosif, vis-à-vis du massif resté en place, qu'il faut endommager le moins possible, ou des vibrations causées sur les constructions voisines ;
- concassage : choisir la technique permettant d'obtenir la granularité souhaitée, pour un coût minimal ;
- utilisation comme matériau : s'assurer que la roche extraite possède certaines qualités, de résistance et de durabilité par exemple.

Les principaux ouvrages et travaux de génie civil au rocher sont les fondations (de barrages, de grands viaducs, de centrales nucléaires), la stabilisation des talus et des falaises naturelles, les terrassements de surface (tranchées routières, carrières et mines à ciel ouvert), les travaux souterrains (tunnels, stockages d'hydrocarbures, carrières), la production d'enrochements pour la protection des ouvrages à la mer.