

3.1. Introduction

Les pentes peuvent se rompre de différentes manières, en fonction de la configuration géologique et des propriétés du sol. On distingue notamment :

a) Rupture plane

Ils se produisent lorsqu'une surface plane sert de guide à la rupture, permettant un glissement le long de cette surface.

b) Rupture circulaire

Il s'agit d'une surface de rupture en forme d'arc circulaire, typique dans les sols homogènes, cohérents, comme les argiles. La rupture circulaire est généralement analysée par des méthodes simplifiées telles que celle de **Fellenius**, qui divise le sol en tranches.

c) Rupture non circulaire

Les surfaces de rupture non circulaires peuvent apparaître dans les talus hétérogènes ou dans les sols non cohérents (comme le sable ou les graviers). La rupture est souvent complexe, avec des surfaces de glissement irrégulières. Elle peut être modélisée à l'aide de méthodes de calcul numérique ou des méthodes comme celle de **Bishop modifiée** ou de **Janbu**, qui prennent en compte des surfaces de glissement plus flexibles.

d) Rupture en Coin

Typique dans les roches ou les sols très consolidés, la rupture en coin se produit le long de deux surfaces planes. Elle est surtout étudiée en géomécaniques des roches.

3.2. Facteur de Sécurité (FS) : Principe Fondamental

Le **facteur de sécurité (FS)** est la grandeur qui permet de quantifier la stabilité d'une pente. Il est défini comme le rapport entre les **forces résistantes** (celles qui s'opposent au glissement) et les **forces déstabilisantes** (celles qui favorisent le glissement) :

$$F = \frac{\text{Forces résistantes}}{\text{Forces déstabilisantes}}$$

Si FS > 1 : la pente est stable (les forces résistantes sont supérieures aux forces de glissement).

Si FS = 1 : la pente est à la limite de la rupture.

Si FS < 1 : la pente est instable et risque de glisser.

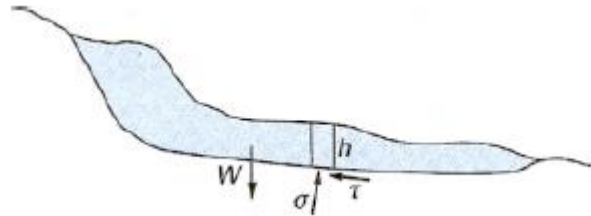
3.3. Méthode de Janbu

La méthode de Janbu, destinée aux surfaces de glissement non circulaires, permet l'évaluation de pentes complexes, notamment celles composées de couches de sols variés, grâce à une analyse en tranches intégrant des efforts horizontaux entre celles-ci pour simuler fidèlement le comportement d'un sol hétérogène. Dans sa forme initiale, cette méthode néglige les forces de cisaillement inter-tranches, mais leur influence est ensuite incluse à l'aide d'un coefficient de correction empirique f_0 , fonction du type de surface de glissement (pied, flanc ou profond), de la cohésion et de l'angle de frottement du sol. La méthode est appelée « Méthode de Janbu simplifiée » et aboutit à une expression finale du coefficient de sécurité.

$$F = f_0 \frac{1}{\sum W \tan \alpha} \sum \frac{[c b + (W - u_w b) \tan \varphi]}{m_\alpha \cos \alpha}$$

3.4. Méthode des perturbations

Une autre méthode de calcul en équilibre limite, utilisée dans le cas d'une surface de rupture de forme quelconque, est la méthode dite des perturbations. C'est une méthode globale qui exprime l'équilibre de tout le massif limité par la surface de rupture ; ce massif est soumis à son poids et à la résultante de toutes les contraintes σ et τ le long de la surface de rupture.



La répartition de la contrainte normale est cette fois encore inconnue. La méthode pose l'hypothèse suivante : la contrainte normale σ sur une facette tangente à la surface de rupture (inclinaison α) s'écrit comme une perturbation de la contrainte $\sigma_0 = \gamma h \cos^2 \alpha$ normale à une facette inclinée à α , à une profondeur h , dans un massif infini incliné à α . Deux paramètres de perturbation interviennent : λ et μ . Dans le programme de calcul PETAL-LCPC, on utilise l'expression : $\sigma = \sigma_0(\lambda + \mu \tan \alpha)$

Le problème consiste alors, après discrétisation en tranches verticales, à résoudre un système de trois équations (équilibres des efforts horizontaux, des efforts verticaux et des moments) à trois inconnues (λ , μ , F).

3.5. Approches numériques et simulations (calcul en plasticité ou à la rupture)

Pour les cas complexes ou les sols hétérogènes, les approches numériques, telles que la **méthode des éléments finis (MEF)** ou la **méthode des différences finies (MDF)**, permettent de modéliser de manière précise le comportement de la pente sous différents scénarios de charge, de conditions hydriques, et de séismes.

Ces méthodes permettent également de mieux visualiser les surfaces de rupture, de modéliser des matériaux anisotropes et d'intégrer des effets dynamiques dans le calcul de la stabilité.