

Stage PFE-ENPC

CFMS

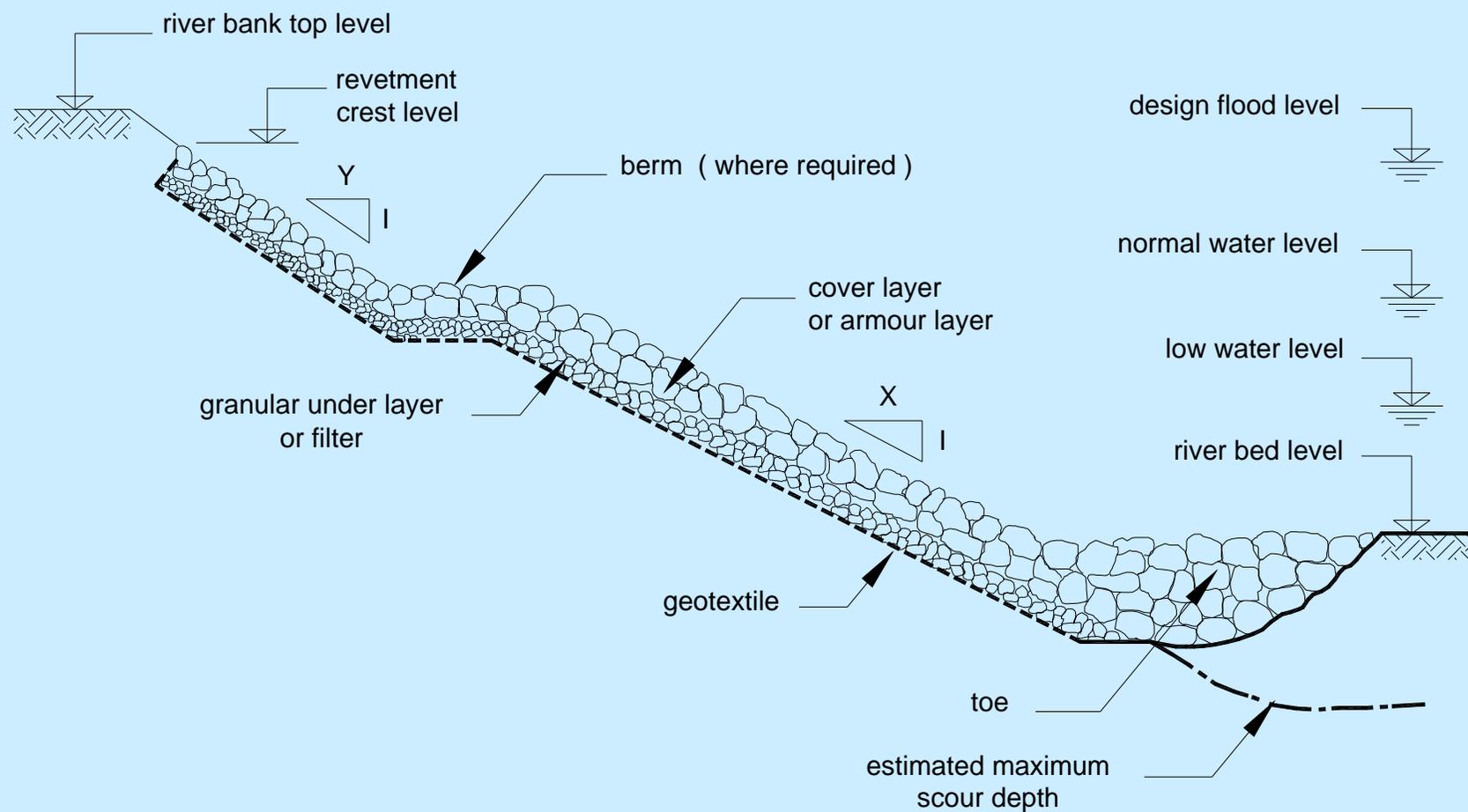
02 février 2006

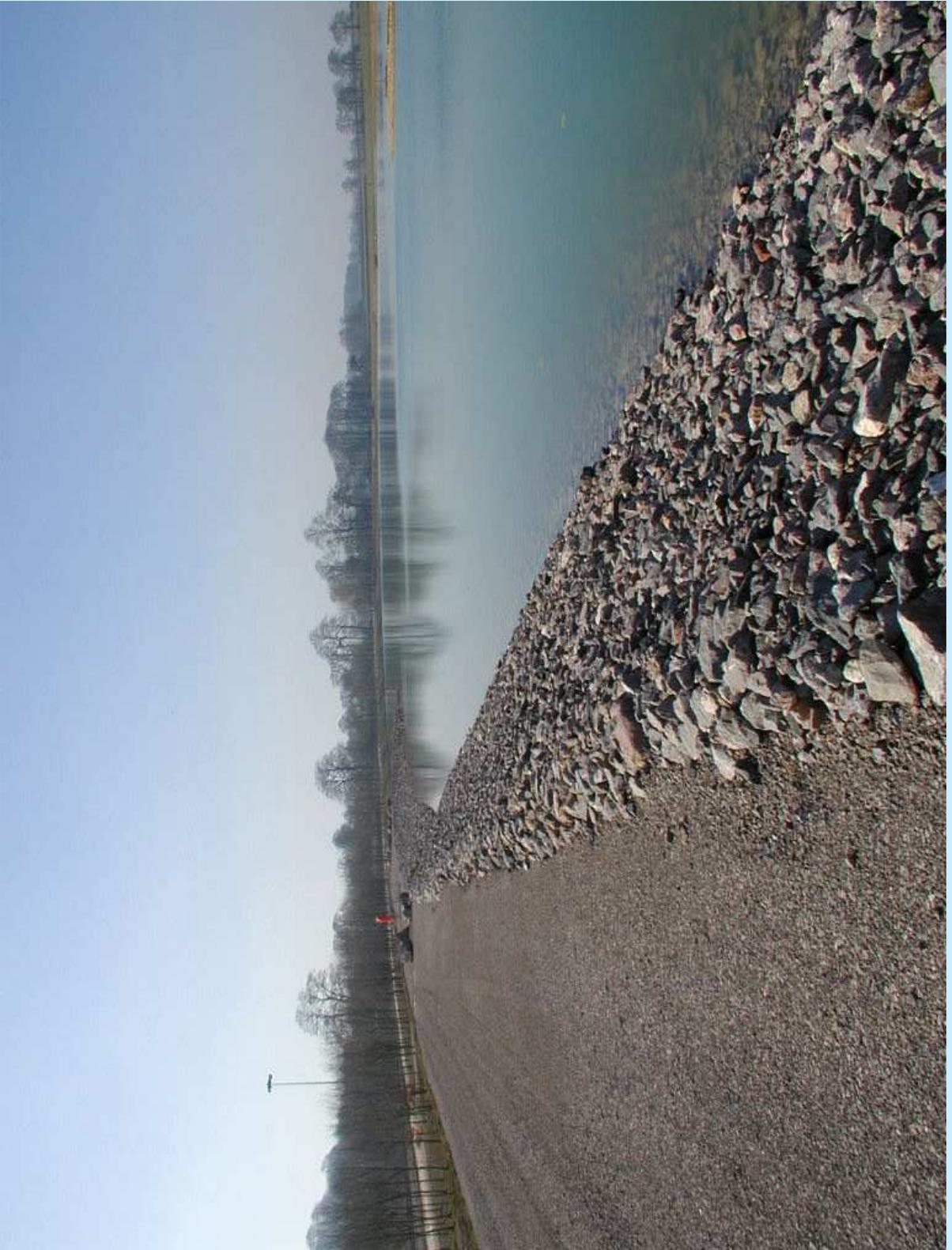
L'utilisation des enrochements en  
milieu fluvial

F DALY (Cetmef)

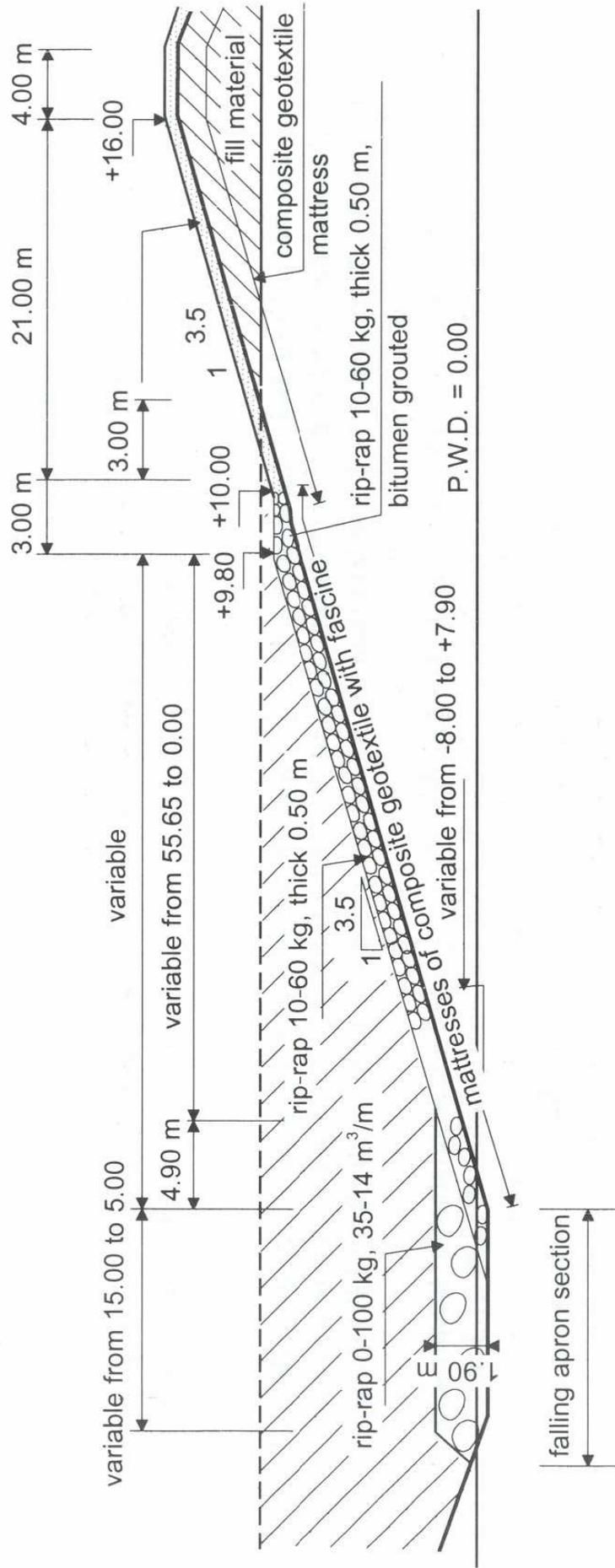
# Types d'ouvrages

- Protections de berges
- Digues
- Épis
- Barrages
- Seuils
- Autres: protections de piles de ponts,  
passes à poissons



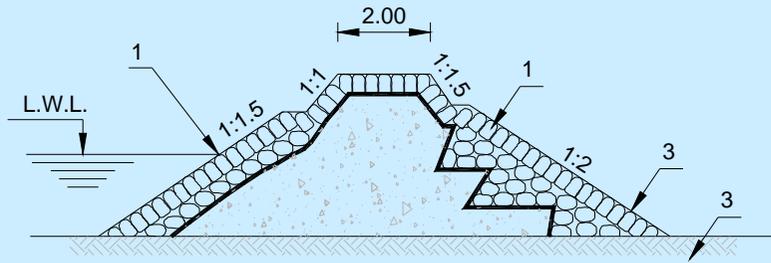




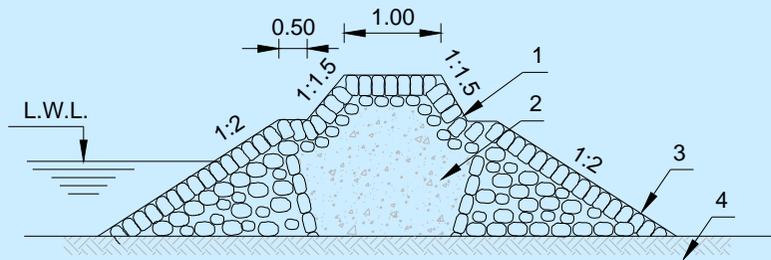




# Digues

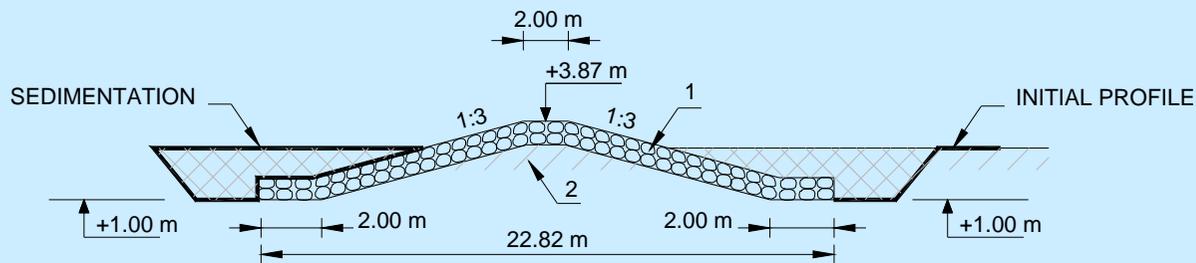


(a) HIGH SPUR OR LONGITUDINAL DIKE



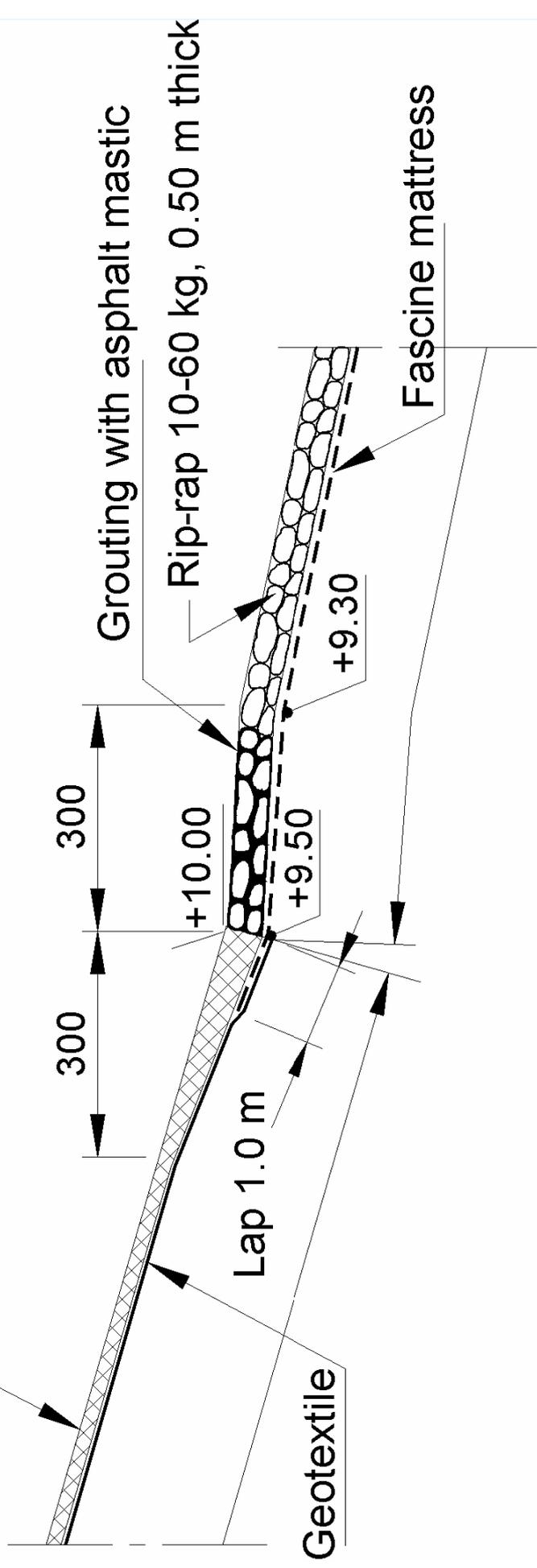
(b) HIGH SPUR OR LONGITUDINAL DIKE

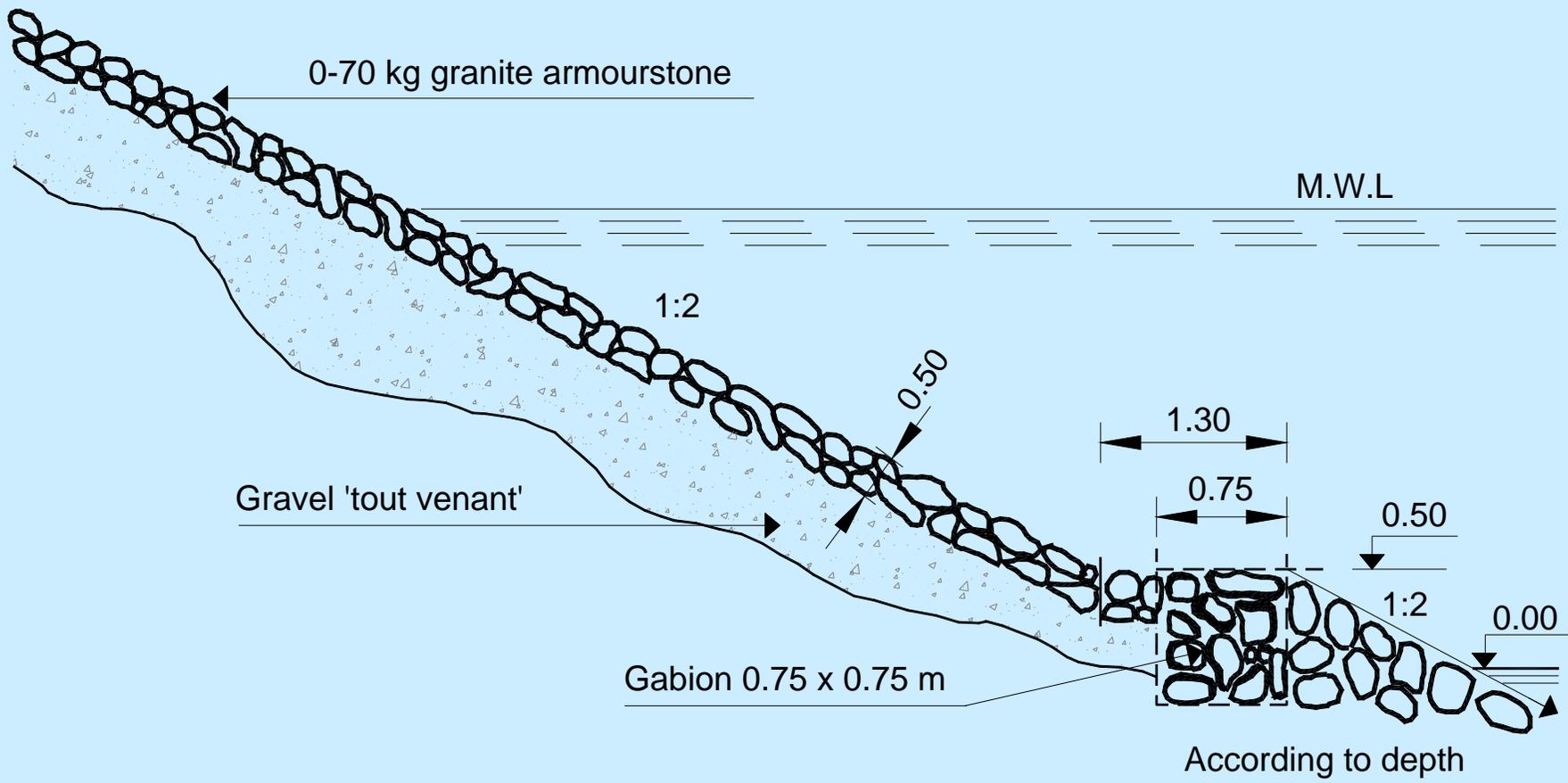
- 1— COVER LAYER (LOOSE, PITCHED OR GROUTED STONES)
- 2— GRAVEL
- 3— RIP-RAP
- 4— SUB-SOIL OR COARSE-BROKEN STONE



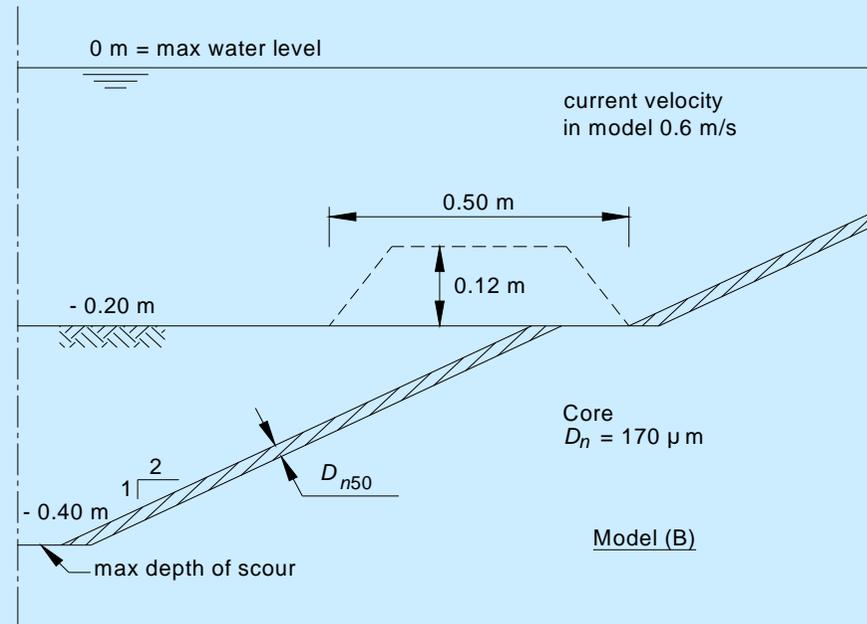
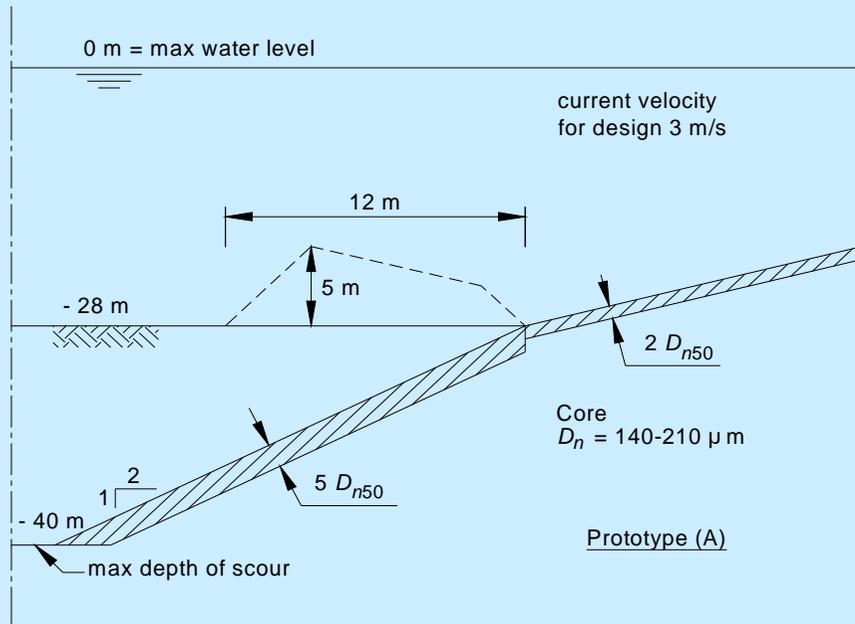
(c) LOW SPUR-DIKE

Open stone asphalt thick 0.15 m



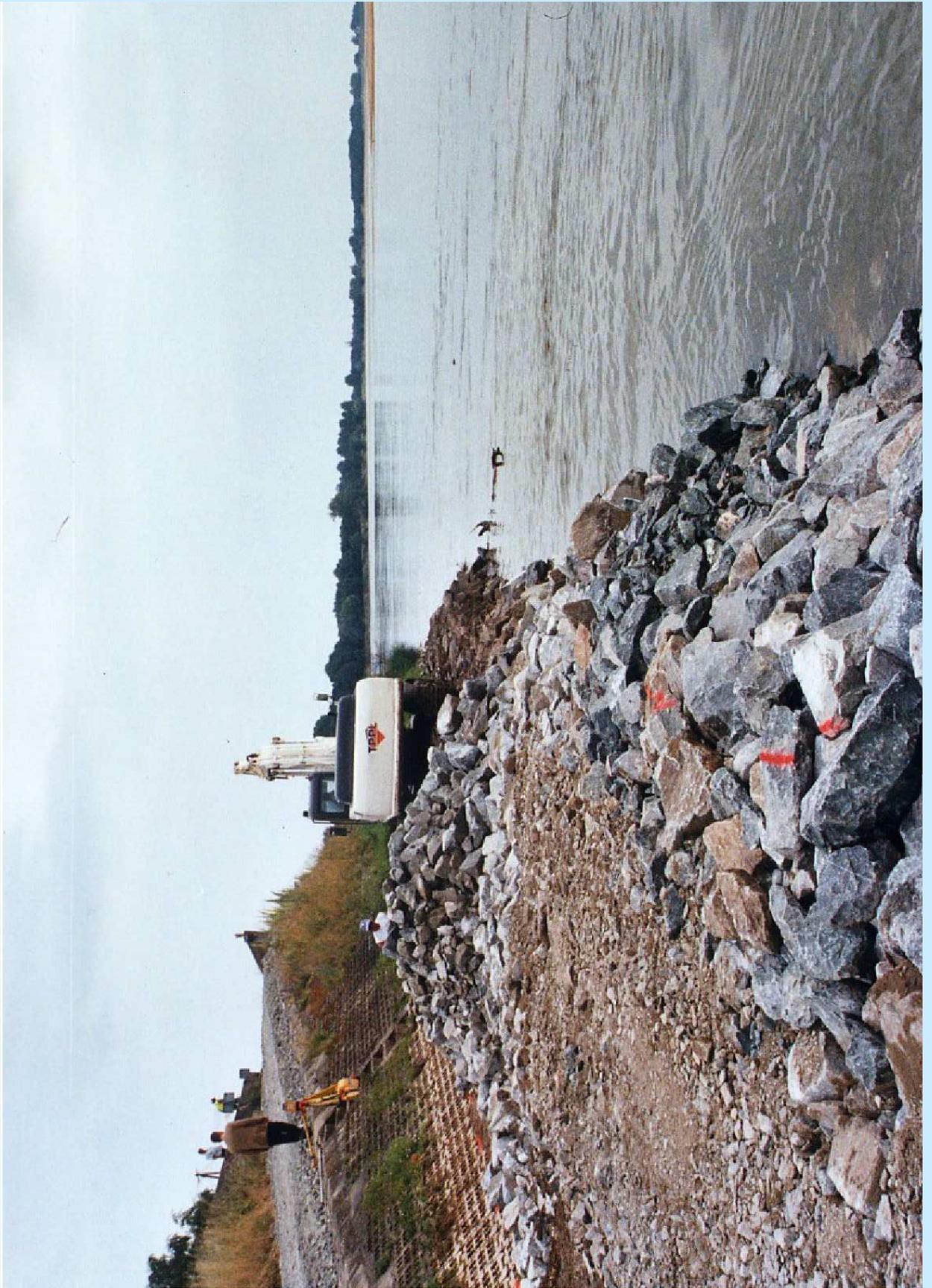


# Protection de pied



# La mise en oeuvre

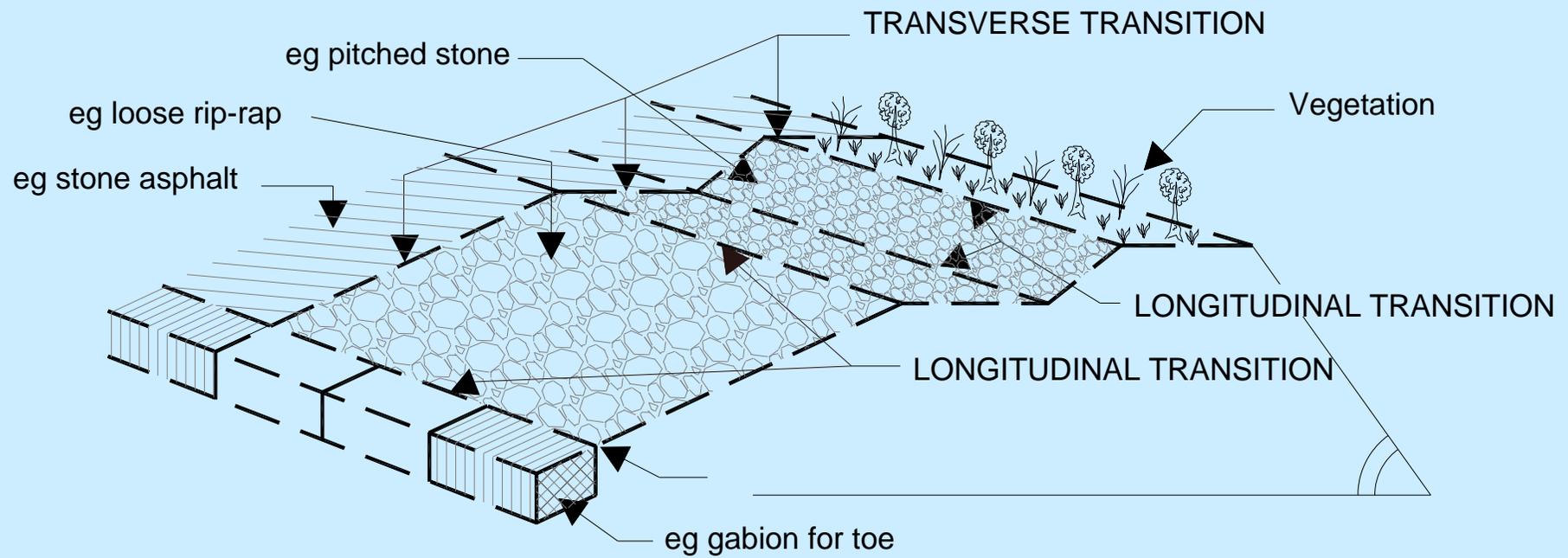
- Les points importants:
  - Qualité du sol support
  - Habilité du pelleteur
  - Bêche en pied de talus
- Mise en œuvre par terre ou rivière
- Contrôle en carrière et sur site  
granulométrie, fines
- Contrôle des quantités: pesée, volumes,  
position (piges, plongeurs)







# transitions





# Possibilités de dégradation de la berge

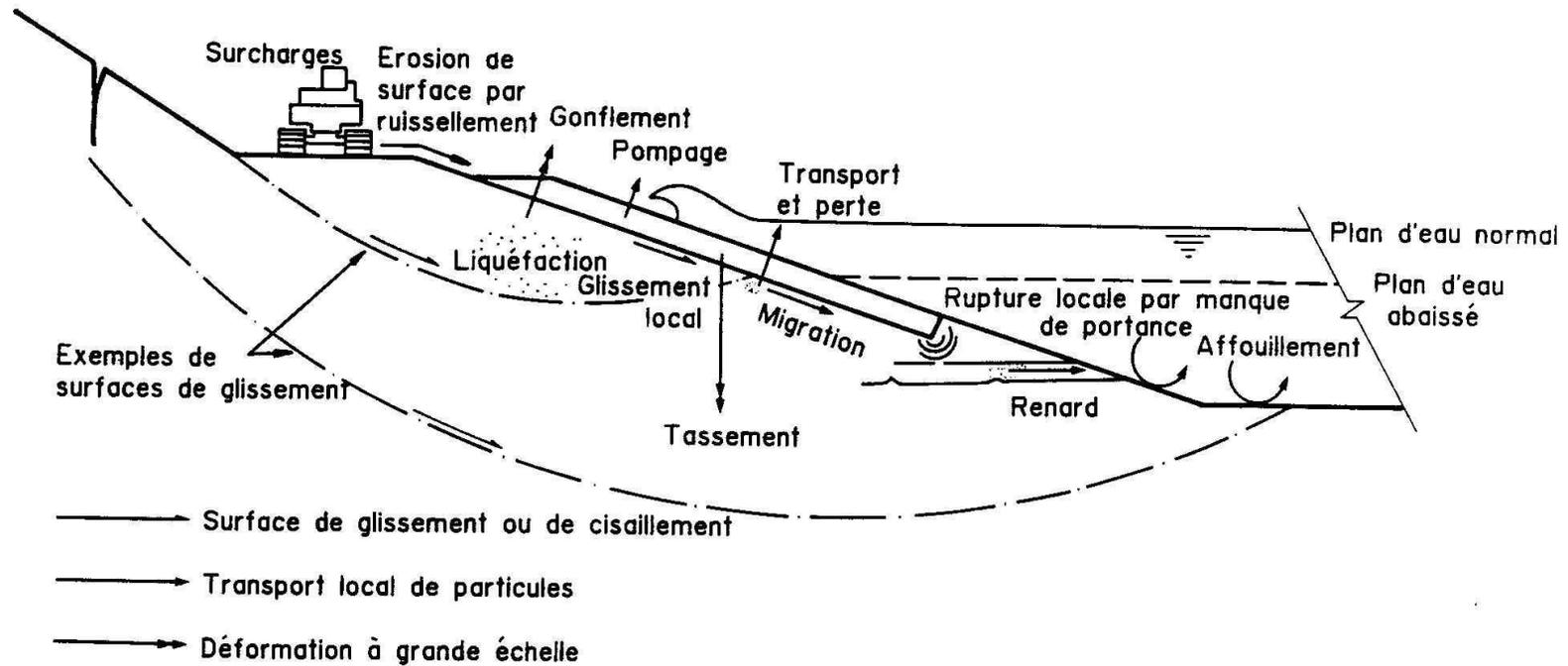


FIG. 3.13 : Mécanismes de rupture du sous-sol



# Différentes étapes

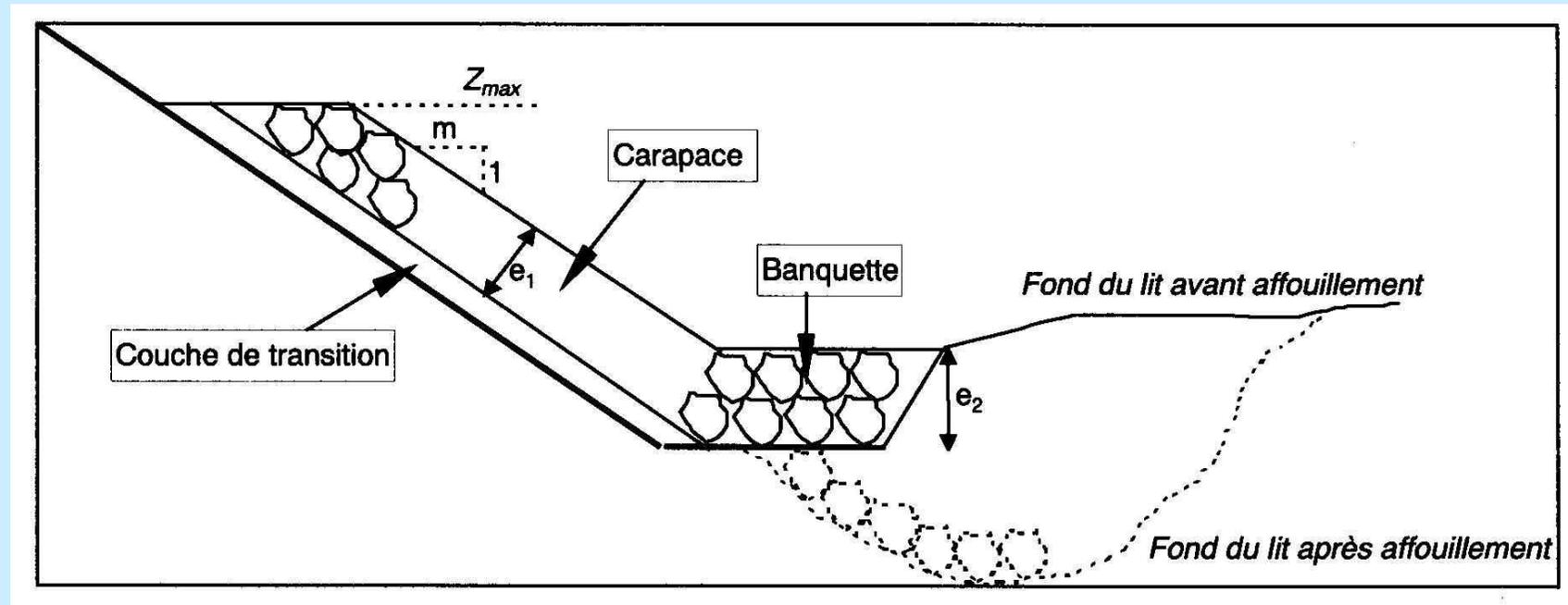
1. Rassembler les données hydrauliques et géotechniques
2. Définir le secteur à protéger
3. conception géométrique (étendue, pente, niveau de la crête)
4. conception du pied en fonction de l'érosion
5. détermination de la stabilité de l'ouvrage
6. sélection d'un revêtement
7. dimensionnement des différentes couches et filtres
8. conception des transitions

# données nécessaires

1. données hydrauliques (niveau d'eau, courants, vagues)
2. données morphologiques
3. données géotechniques
4. contraintes de sites (accès..)
5. données sur la navigation (types de bateaux, vitesses...)

## Pré dimensionnement des paramètres géométriques

- Pente:  $m \quad 5/3 < m < 2$
- Épaisseur de la couche :  $e_1 = 2D$
- Épaisseur de la banquette de pied :  $e_2 = 3D$



## CONDITIONS DE FILTRE

- **Filtres granulaires: règles de Terzaghi**

(F: filtre / M: matériaux à protéger)

Non entraînement des particules:

$$D_{15F} < 5.D_{85M} \quad \text{et} \quad D_{50F} < 25.D_{50M}$$

Perméabilité:  $D_{15F} > 4 D_{15M}$

Ségrégation :  $2 < D_{60}/D_{10} < 8$

- **Filtres géotextiles**

Permittivité et ouverture de filtration

## Dimensionnement / courants

→ D<sub>50</sub> de l'enrochement

- $D_{50} > D_{min} \cdot G/R$

D<sub>min</sub>: dépend de la vitesse moyenne du courant

G: dépend de la courbure de la rivière

R: dépend de la pente du talus

- Détermination du fuseau granulométrique standard

## Diamètre minimum

- Dmin: Utilisation de la formule d'Isbach

$$V = n \sqrt{(2.g.\Delta .Dmin)} \quad : \text{condition d'état limite}$$

$$\Delta = (\gamma_s - \gamma_w) / \gamma_w \quad : \text{densité déjaugée}$$

$n = 0,7$  à  $1,38$  selon la position de l'enrochement  
(tenir compte de la turbulence et de la profondeur)

-----

$n = 1,2$ : enrochements encastrés en lignes d'eau parallèles

- $Dmin = 0,7 . V^2 / (2.g.\Delta)$  ; ( $n = 1.38$  : coef de 0,5)

## Coefficient de pente : R

$$R = \cos \varphi \sqrt{\frac{1 - \tan^2 \varphi}{\tan^2 \theta}}$$

$\varphi$  : angle du talus      /       $\theta$ : angle au repos (environ 40 °)

Coefficient de courbure: G varie de 1 à 4

Lit rectiligne: 1 à 1,25    / Lit à sinuosité modérée: 1,5

Coude à 60 °: 2 à 2,5    / coude à angle droit: :4

+ calcul de la surélévation

## Autres approches plus complexes

- Méthodes basées sur une hauteur critique ou une vitesse ou débit critique
- Prise en compte de plusieurs facteurs
  - Turbulence
  - Profondeur
  - Profil vertical de vitesse
  - Épaisseur de la protection

## Dimensionnement / Impact des bateaux

- Ondes primaires :  
vague de poupe, abaissement du plan d'eau et courant de retour  
→ sections réduites, navigations lourdes
- Ondes secondaires : batillage → navigation rapide
- Effet des hélices → zones de manœuvre
- Formules d'Hudson ou de Van der Meer pour les vagues

.

## Position du bateau dans la section

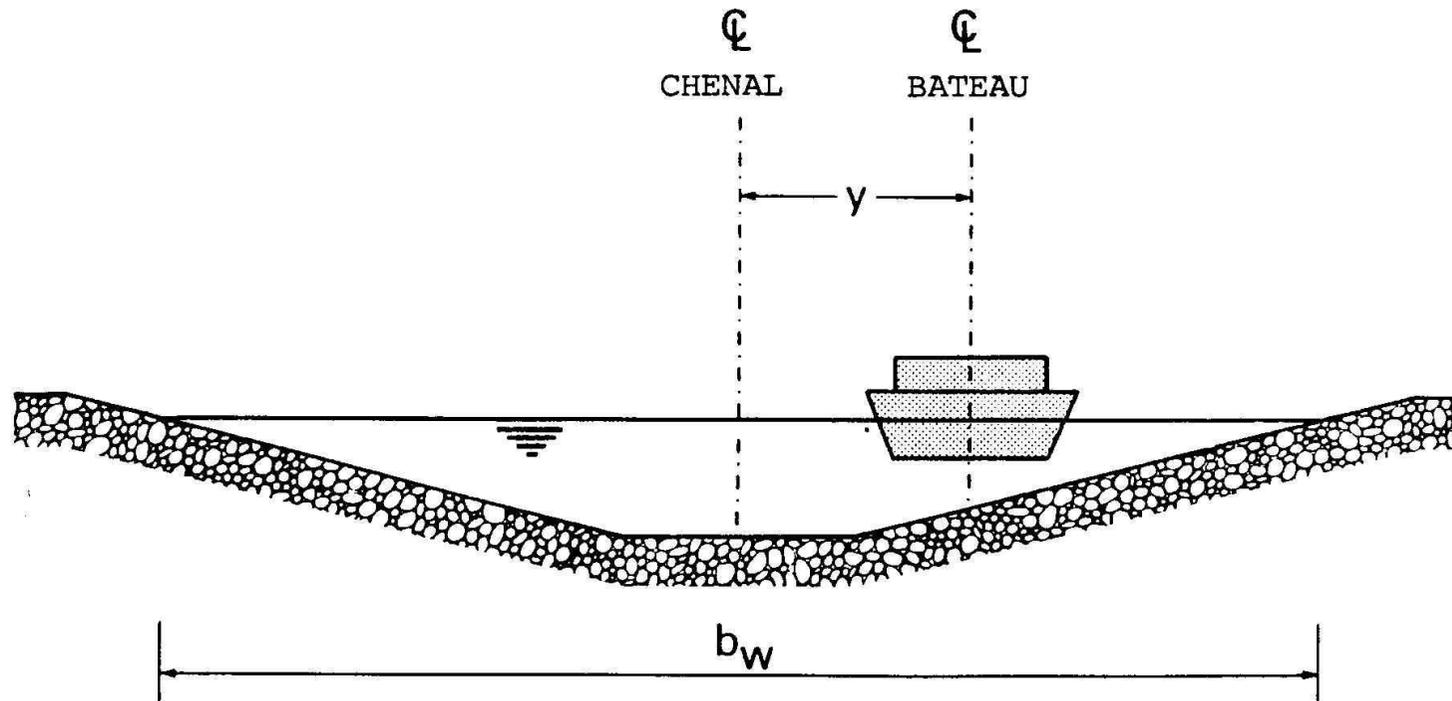


FIG. 3.8 : Axe de navigation d'un bateau selon une excentricité  $y$

# Impact des bateaux

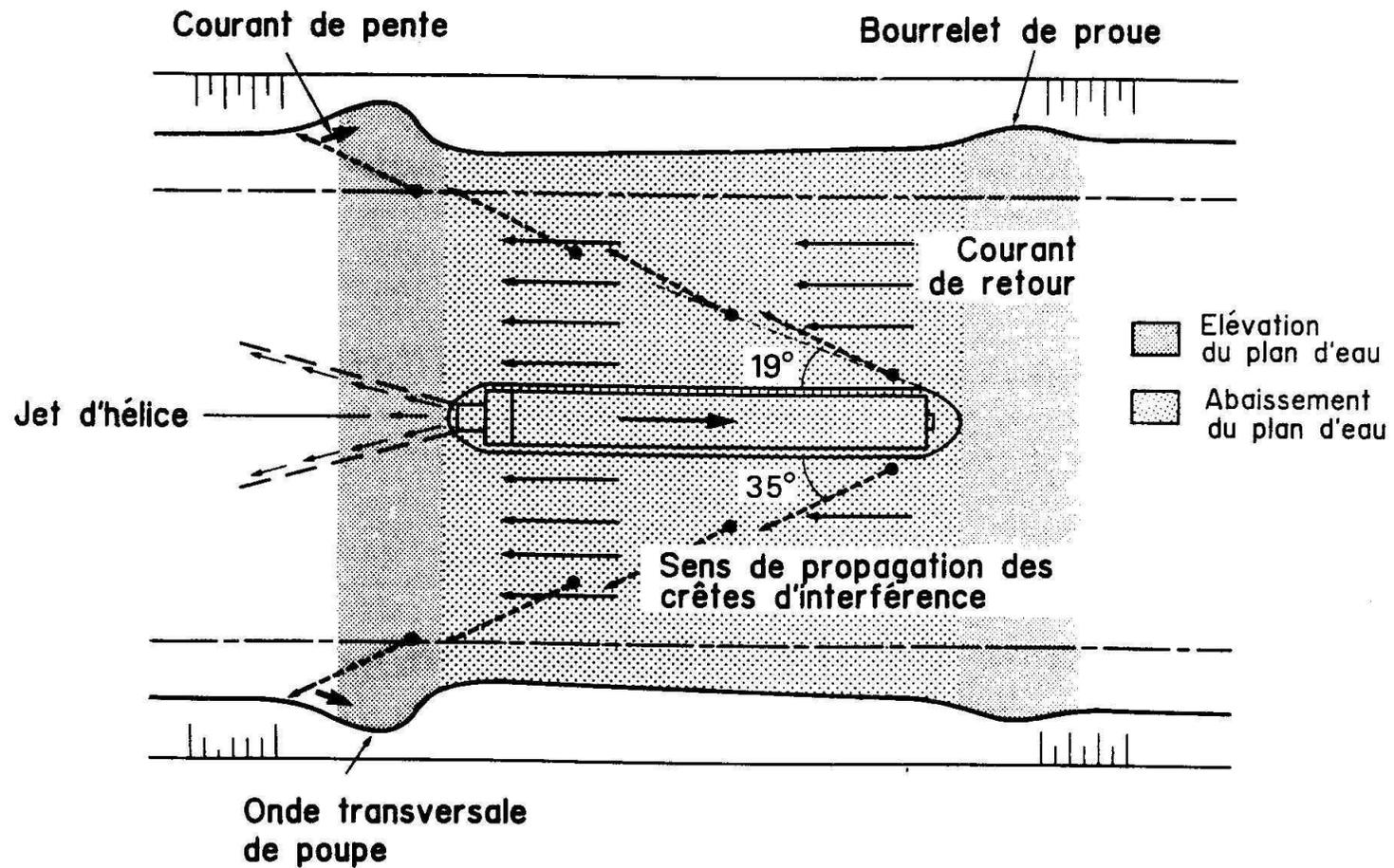
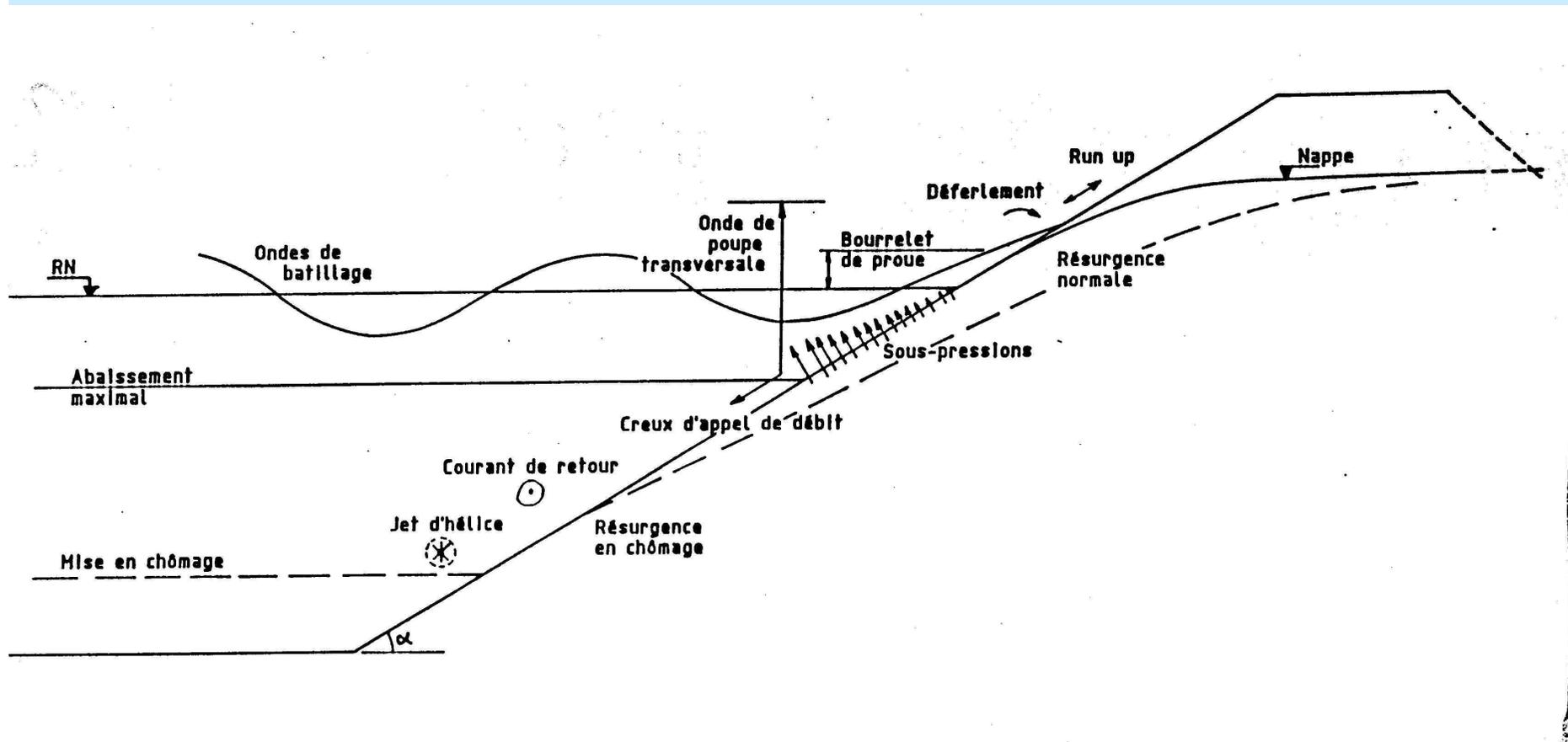
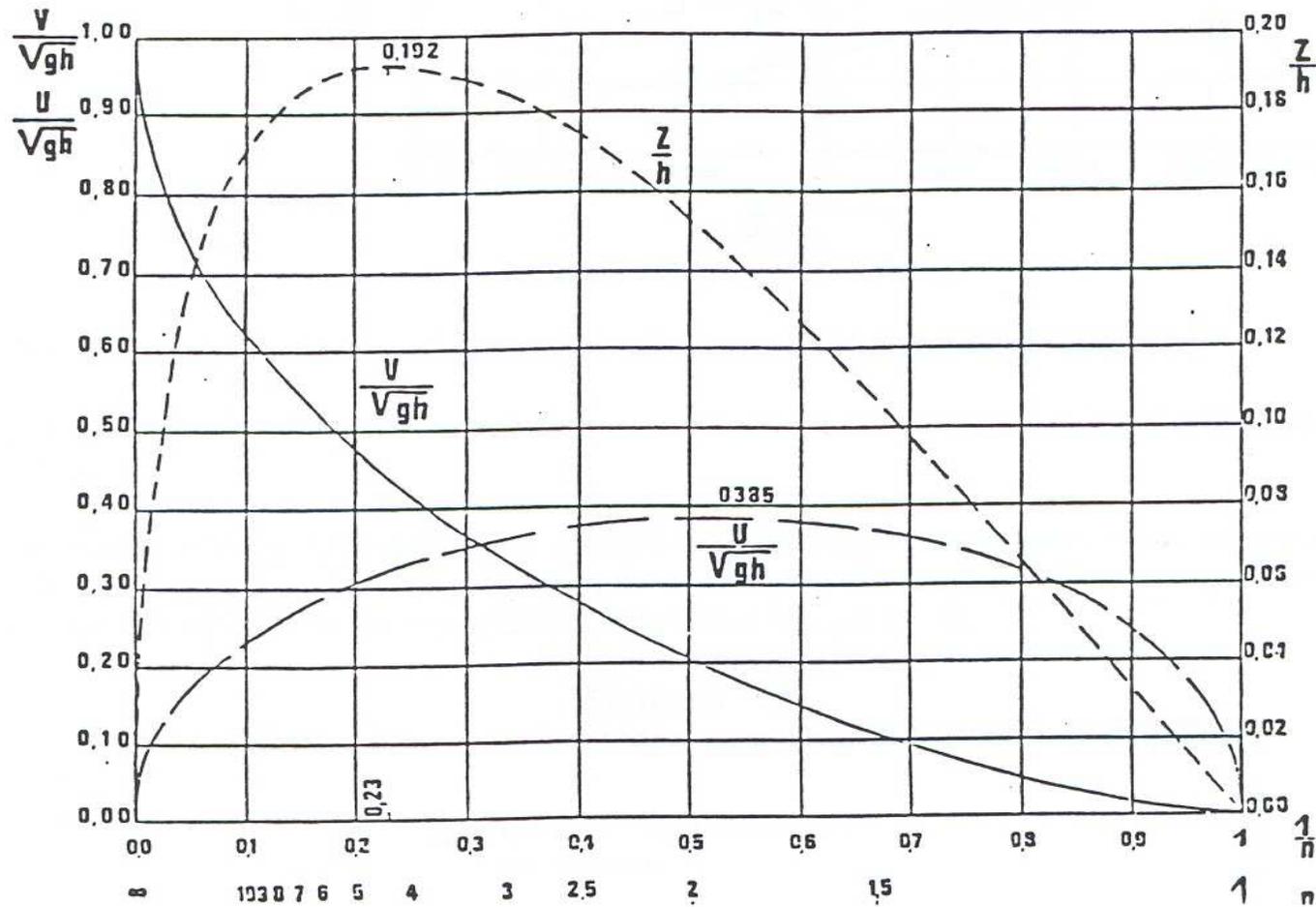


FIG. 3.9 : Composantes de l'agitation de l'eau induite par la navigation

# Différentes zones de la berge



# Abaque de Schijf



# Documents de référence

- Rosa 2000 : pentes et talus
- Défenses de berges en enrochements: Notice STC VN 96.2
- Les affouillements et la protection des berges dans les coudes des rivières à fond mobile : Notice STC.ER-VN 90.1 novembre 1990 (Sogreah)
- Rock Manual : CUR (1995) ou CIRIA (2006)
- AIPCN: Recommandations pour le dimensionnement et la construction de revêtements souples incorporant des géotextiles pour les voies navigables
- Bulletin n°88 du BAW: Principles for the design of bank and bottom protection for Inland waterways (2005) sur [www.baw.de](http://www.baw.de)