

## Types et fonctions des grilles

### ⇒ Types

- ◆ Selon l'écartement entre les barreaux:
  - ✓ Grilles fines : 5 à 50 mm
  - ✓ Grilles grossières : 100 à 300 mm.
- ◆ Ecartements maximums
  - ✓ Turbines Pelton: 20 - 30 mm.
  - ✓ Turbines Francis: 40 - 50 mm.
  - ✓ Turbines Kaplan, à bulbe: 80 - 100 mm.

### ⇒ Fonctions, objectifs

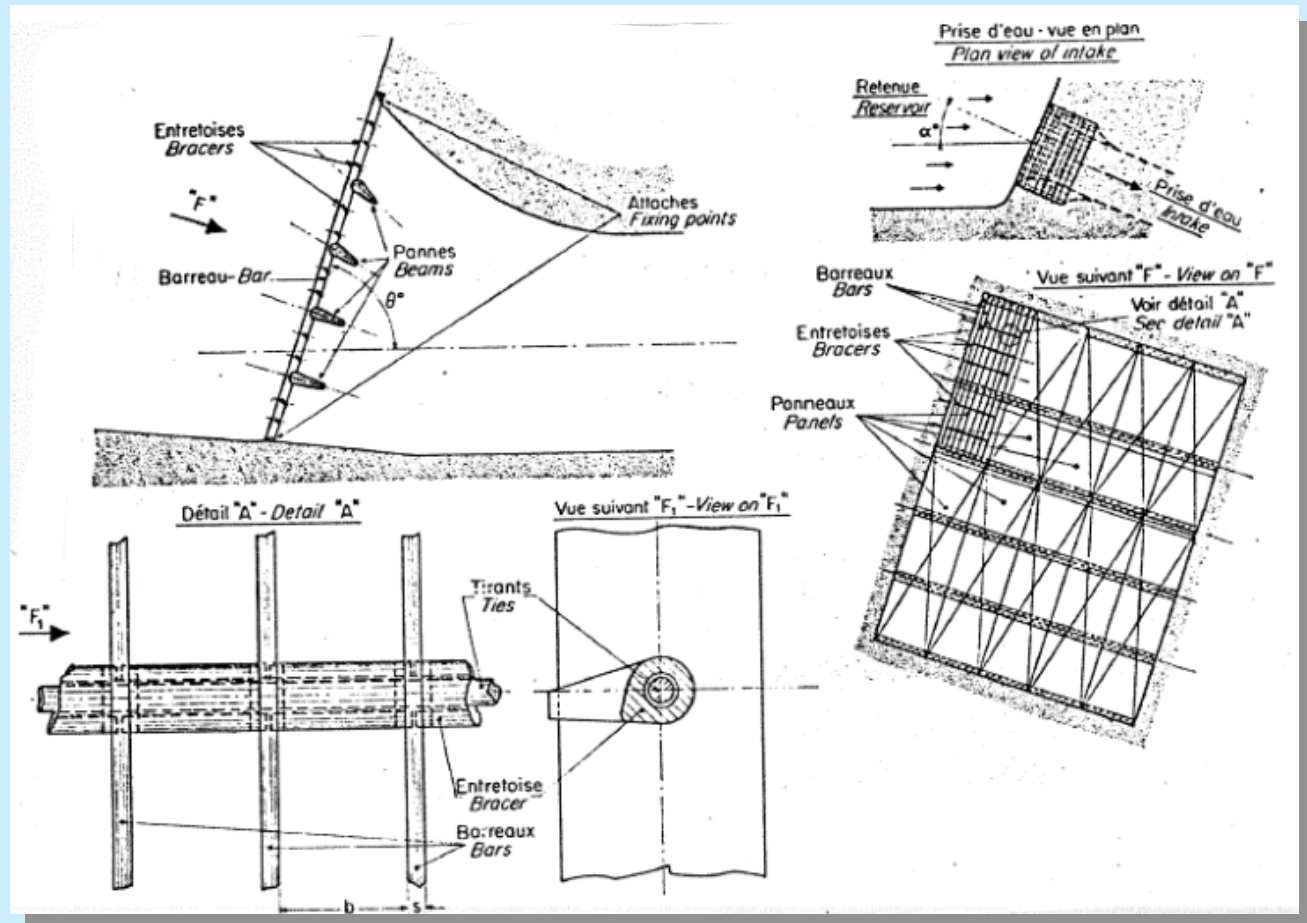
- ◆ Arrêter les corps flottants.
- ◆ Empêcher les poissons d'entrer dans la prise d'eau.
- ◆ Éviter le passage des cailloux par la prise d'eau.

# Hydraulique des ouvrages

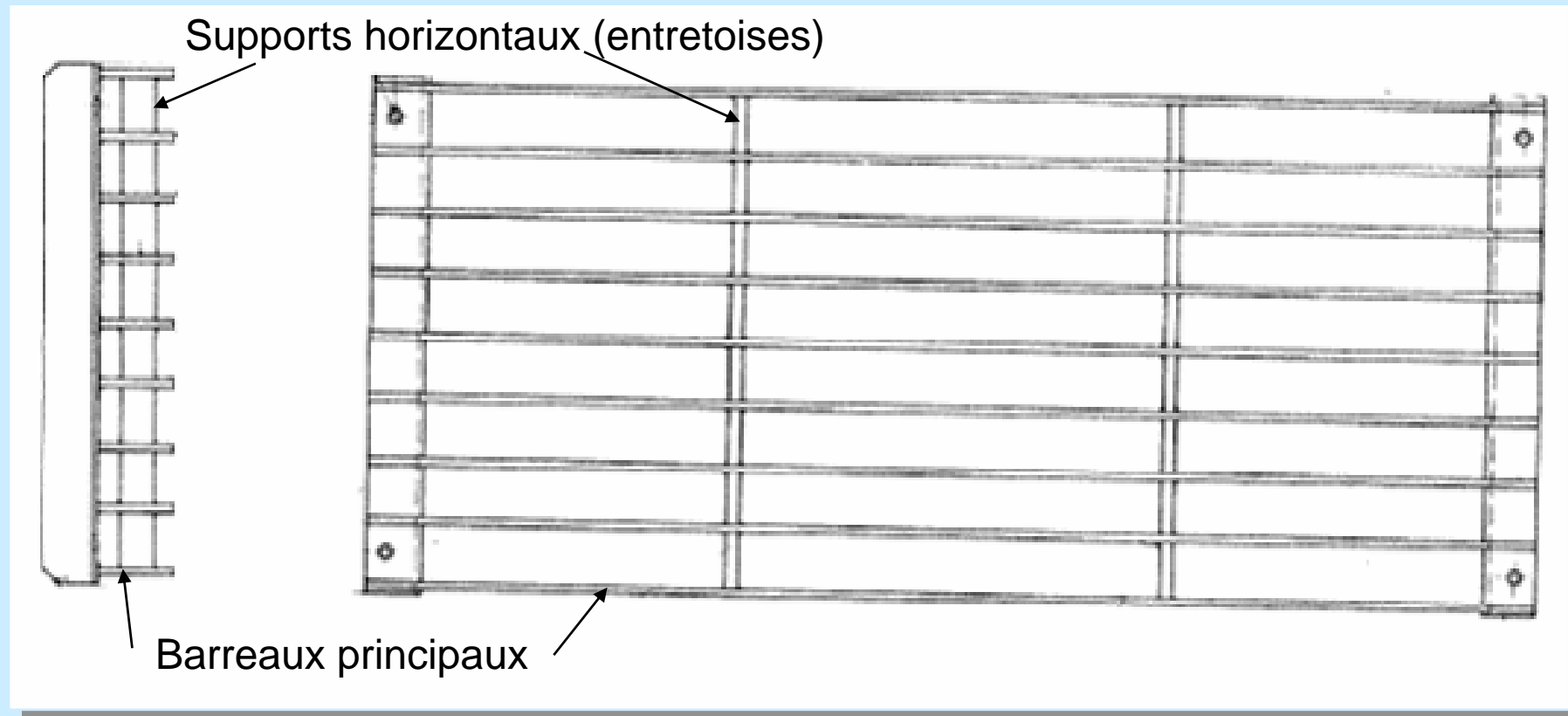
## Écoulements à travers les grilles

### Construction des grilles

- ⇒ Une grille est composée de barreaux principaux disposés verticalement et portant dans la direction de l'écoulement
- ⇒ Les barreaux principaux sont soutenus latéralement par des supports horizontaux (entretoises)



## Construction des grilles



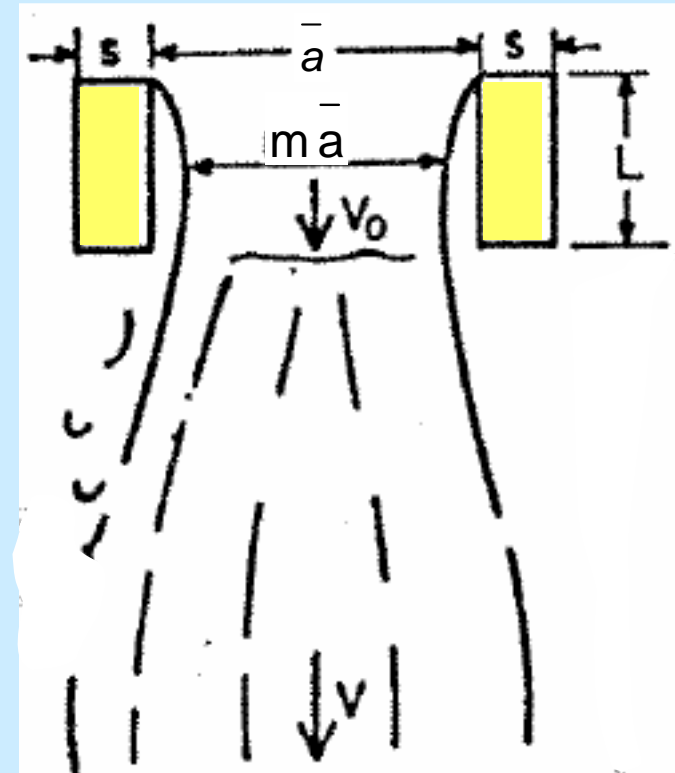
### Mécanisme de l'écoulement entre barreaux de grille

#### ⇒ Barreaux courts

- ◆ La veine détachée à partir de de l'arête vive ne recolle pas aux barreaux
- ◆ La perte de charge est de type Borda-Carnot

$$\Delta H = \frac{(V_o - V)^2}{2g}$$

- ◆ L: largeur des barreaux
- ◆  $\underline{s}$ : épaisseur des barreaux
- ◆  $\bar{a}$ : écartement des barreaux
- ◆ m: coefficient de contraction =  $f(\underline{s} / \bar{a})$



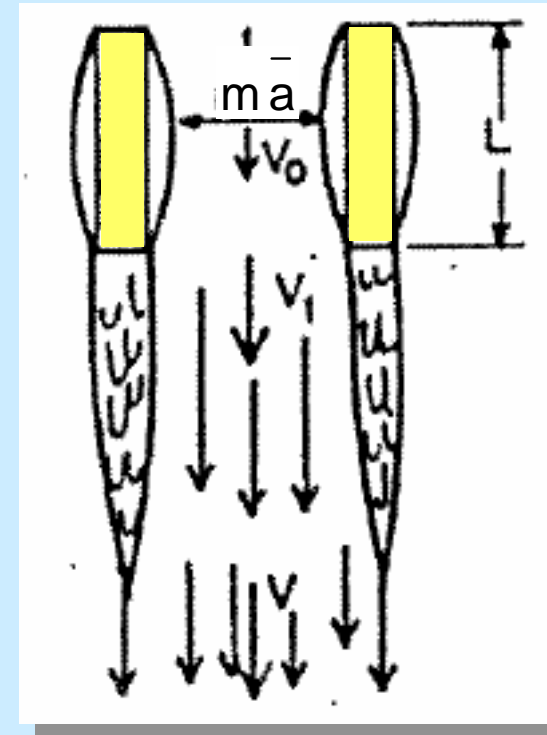
### Mécanisme de l'écoulement entre barreaux de grille

#### ⇒ Barreaux de longueur optimale

- ◆ La veine détachée à partir de de l'arête vive recolle aux barreaux à l'aval
- ◆ La perte de charge est de type Borda-Carnot

$$\Delta H = K_1 \frac{(V_o - V_1)^2}{2g} + K_2 \frac{(V_1 - V)^2}{2g}$$

- ◆ L: largeur des barreaux
- ◆  $\underline{s}$ : épaisseur des barreaux
- ◆  $\underline{a}$ : écartement des barreaux
- ◆ m: coefficient de contraction =  $f(\underline{s}/\underline{a})$



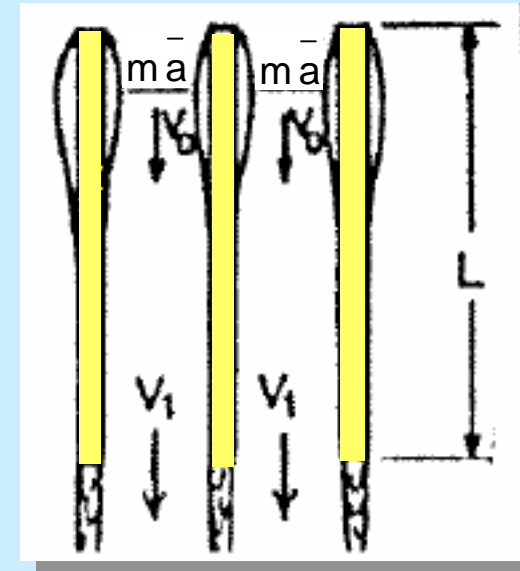
### Mécanisme de l'écoulement entre barreaux de grille

#### ⇒ Barreaux longs

- ◆ La veine détachée à partir de de l'arête vive recolle aux barreaux à l'aval
- ◆ La perte de charge est de type Borda-Carnot en tenant compte du frottement entre les barreaux

$$\Delta H = K'_1 \frac{(V_o - V_1)^2}{2g} + K_3 \frac{LgV_1^2}{bg} + K'_2 \frac{(V_1 - V)^2}{2g}$$

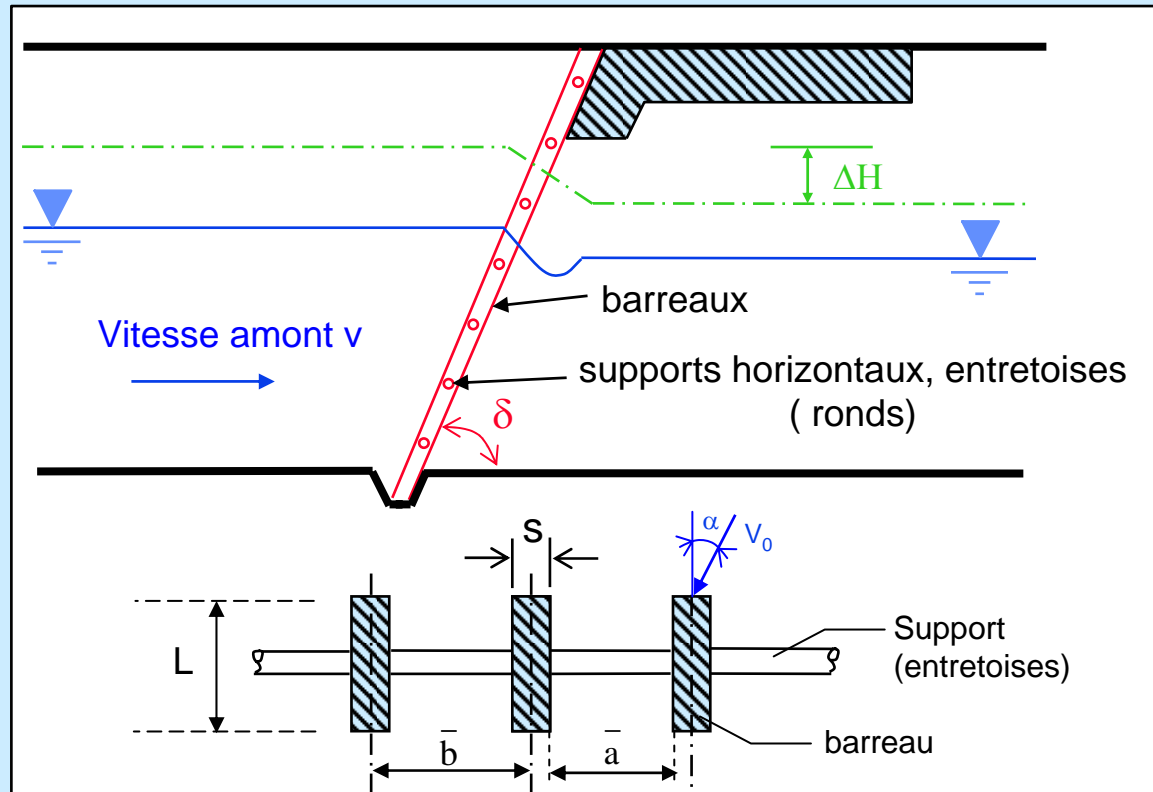
- ◆ L: largeur des barreaux
- ◆  $\underline{s}$ : épaisseur des barreaux
- ◆ a: écartement des barreaux
- ◆ m: coefficient de contraction =  $f(\underline{s}/\bar{a})$



# Hydraulique des ouvrages

## Écoulements à travers les grilles

### Pertes de charge à la grille



- $s$  : épaisseur des barreaux
- $\bar{a}$  : ouverture, cartement
- $\bar{b}$  : espacement
- $\delta$  : inclinaison de la grille
- $\alpha$  : angle de l'écoulement d'approche

# Hydraulique des ouvrages

## Écoulements à travers les grilles

### Pertes de charge à la grille

$$\Delta H = \zeta_g \cdot \frac{v_0^2}{2g}$$

avec

$$\zeta_g = \beta_g \cdot \xi \cdot c \cdot (\sin \delta) \cdot \kappa$$

- $\xi$ : facteur de perte de charge

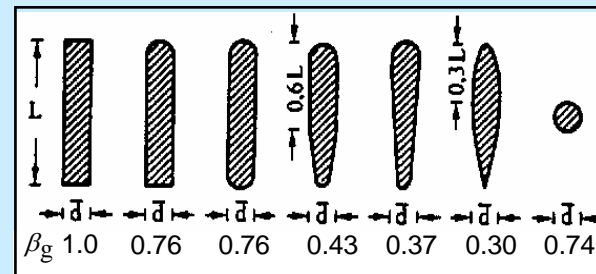
$$\xi = \text{fct} \left( \frac{L}{s}, \frac{A_g}{A_0} \right)$$

- Pour  $\frac{L}{s} \approx 5$  et  $\frac{\bar{a}}{\bar{b}} > 0.5$

$$\xi = \frac{7}{3} \cdot \left( \frac{\bar{b}}{\bar{a}} - 1 \right)^{4/3}$$

$s$  : épaisseur des barreaux     $\bar{b}$  : espacement  
 $L$  : longueur en coupe des barreaux     $\bar{a}$  : ouverture, écartement « jour » entre barreaux

- $\beta_g$ : facteur de forme du barreau



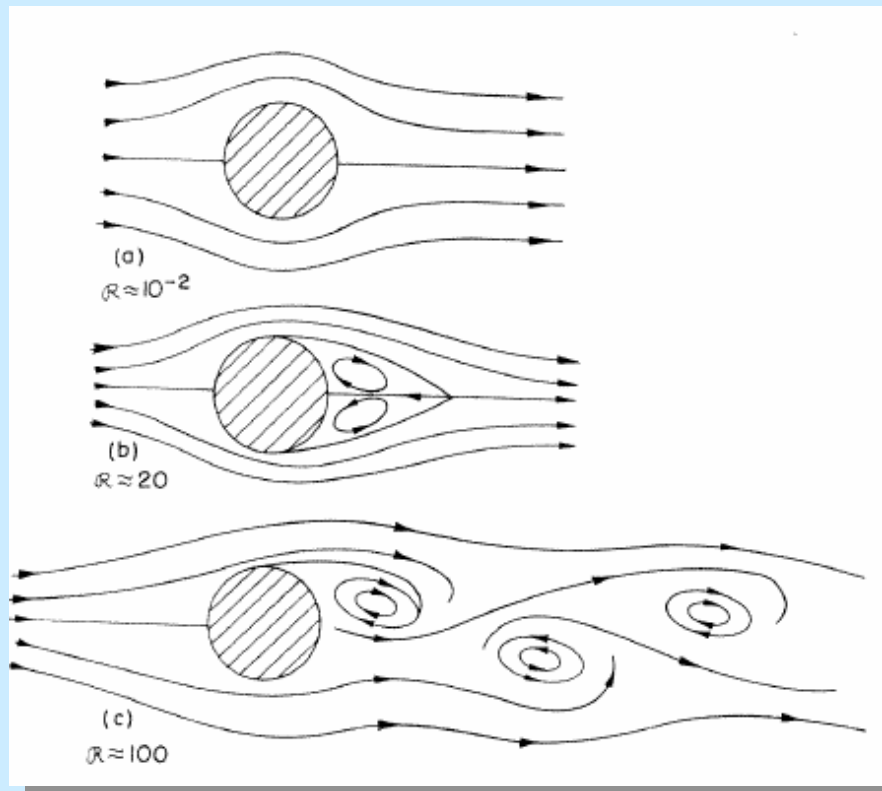
- $c$ : coefficient de la grille
  - ◆  $c = 1$  grille non obstruée
  - ◆  $1.1 < c < 1.3$  grille à nettoyage mécanique
  - ◆  $1.5 < c < 2$  grille à nettoyage manuel
- $\kappa$ : facteur de la direction de l'écoulement

$$\kappa = \text{fct} \left( \frac{s}{a}, \alpha \right)$$

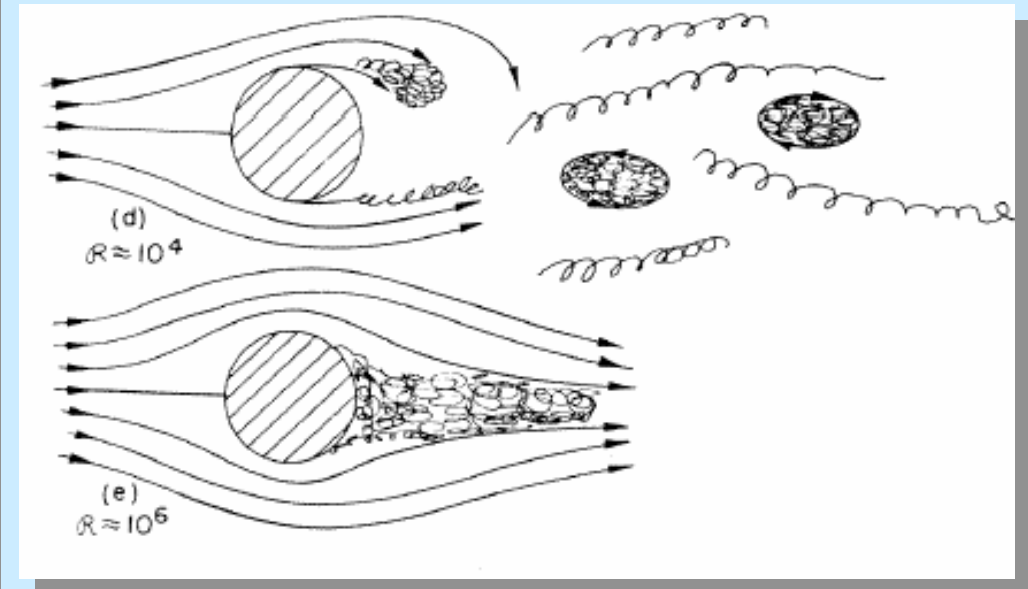
		$\frac{s}{a}$				
		1.00	0.80	0.60	0.40	0.20
$\alpha$	0°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20°	1.14	1.18	1.24	1.31	2.24
	40°	1.43	1.55	1.75	2.10	5.70
	60°	2.25	2.62	3.26	4.40	



### Sollicitations des grilles par le détachement des tourbillons



Tourbillons de von Karman



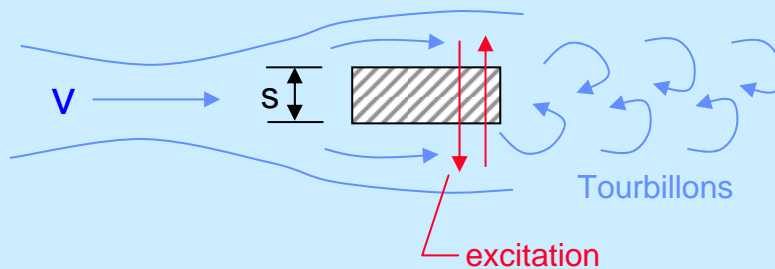
Nombre de Reynolds  $R = \frac{V \cdot S}{\nu_e}$

# Hydraulique des ouvrages

## Écoulements à travers les grilles

### Sollicitations des grilles par le détachement des tourbillons

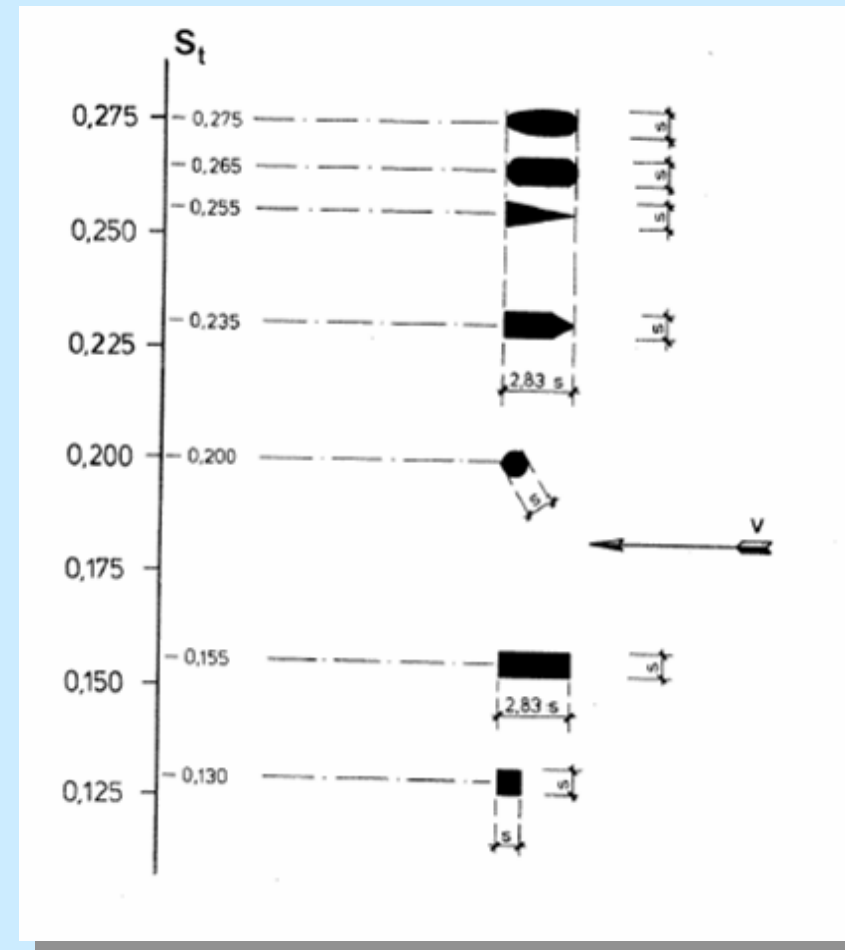
#### Excitation par l'écoulement



→ Fréquence de détachement des tourbillons  $\propto$  excitation des barreaux

$$f = S_t \cdot \frac{V}{s}$$

$S_t$  = nombre de Strouhal



### Sollicitations des grilles par le détachement des tourbillons

#### Fréquence propre des barreaux

$$f_E = \frac{M}{h^2} \sqrt{\frac{E_a \cdot I}{A(\rho_a + \rho(a_{\text{eff}}/s))}}$$

$f_E$  = fréquence propre des barreaux (premier mode)

$h$  = longueur des barreaux

$M$  = coefficient d'appui  
 rotation libre  $M = 1.57$   
 encastré  $M = 3.57$

$E_a$  = module d'élasticité de l'acier

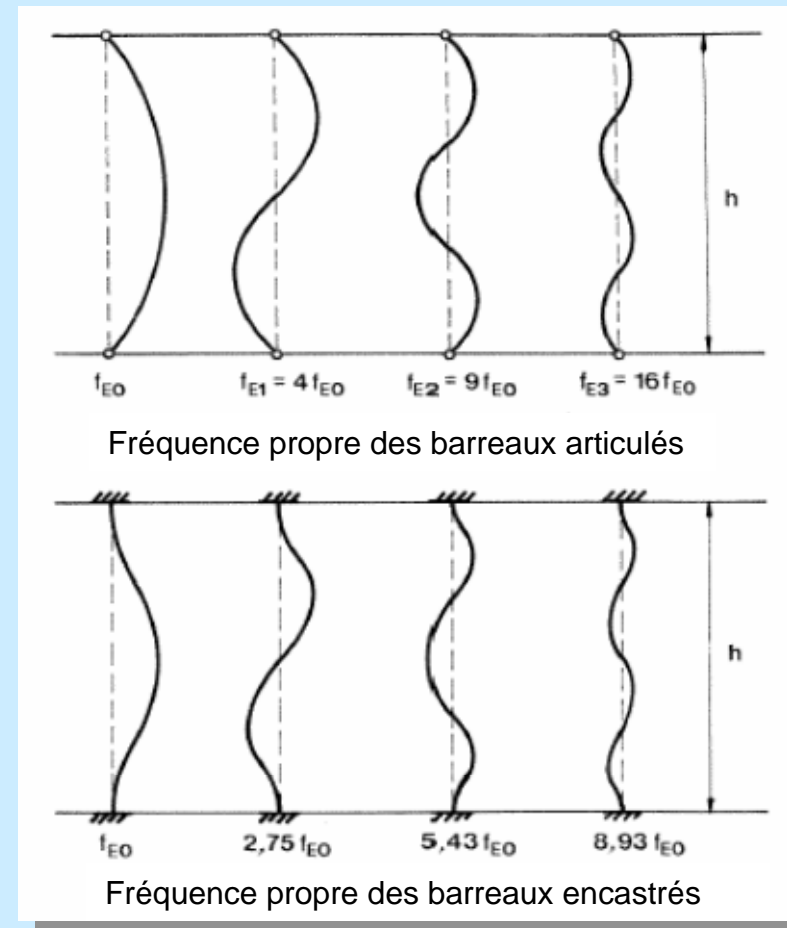
$I$  = moment d'inertie du barreau  
 dans la direction latérale

$s$  = épaisseur du barreau

$a_{\text{eff}}$  = espacement effectif  $a_{\text{eff}} < 0.7 L < a$

$\rho_a, \rho$  = densité de l'acier resp. de l'eau

$A$  = surface du barreau =  $sL$



# Hydraulique des ouvrages

## Écoulements à travers les grilles

### Sollicitations des grilles par le détachement des tourbillons

- Fréquence de détachement des tourbillons  $\propto$  excitation des barreaux
- Vibrations fortes
- Rupture des barreaux par fatigue

Critère pour éviter des vibrations dommageables:

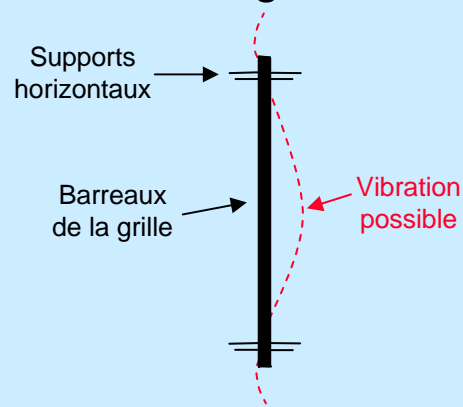
$$f < 0.6 - 0.65 f_E$$

$$f = f_E \rightarrow \text{résonance !!}$$



### Sollicitations des grilles -vibrations

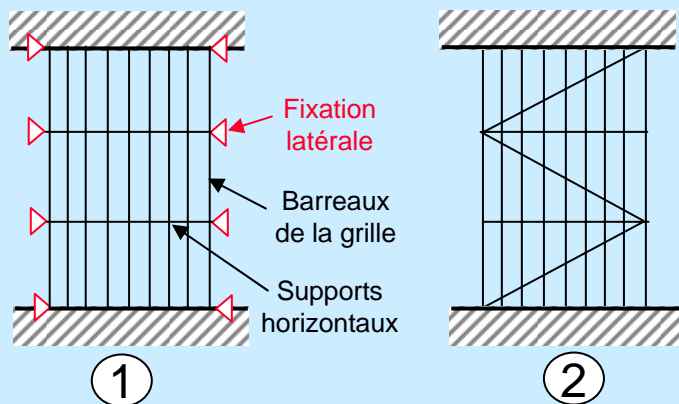
→ Barreaux singuliers:



Mesures pour éviter des vibrations dommageables

- agrandir l'épaisseur des barreaux. (pas économique)
- diminuer la distance entre les supports horizontaux.

→ Elements de barreaux:



- ① fixation latérale des supports horizontaux au parois/ piliers.
- ② renforcement latéral des éléments de grilles par des barreaux de travers.