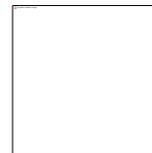


Des rivières
et des hommes



Lois physiques

Transport solide par charriage
Sandra Soares-Frazão



Dans le cadre de



RESCIF

Réseau d'excellence
des sciences de l'ingénieur
de la Francophonie

Plan du cours sur le charriage

1. Hypothèses et caractéristiques des sédiments

2. Types de transport

- Charriage
- Suspension

3. Profil de vitesses dans un écoulement

- Contrainte de cisaillement sur le fond
- Vitesse de frottement u^*

4. Seuil de transport

- Variables adimensionnelles de la sédimentologie
- Diagramme de Shields-Van Rijn
- Exemple d'utilisation du diagramme



Sandra Soares-Frazão
UCLouvain

Charriage

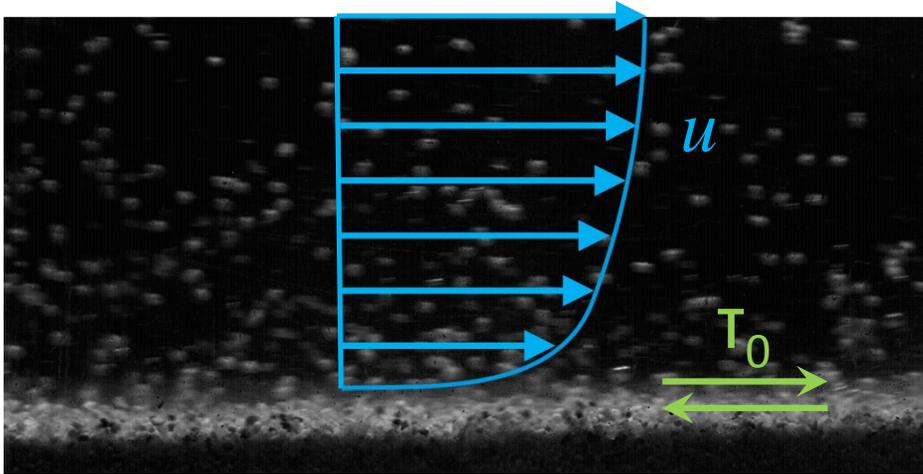
1. Sédiments

2. Types de transport

3. Profil de vitesses

4. Seuil de transport

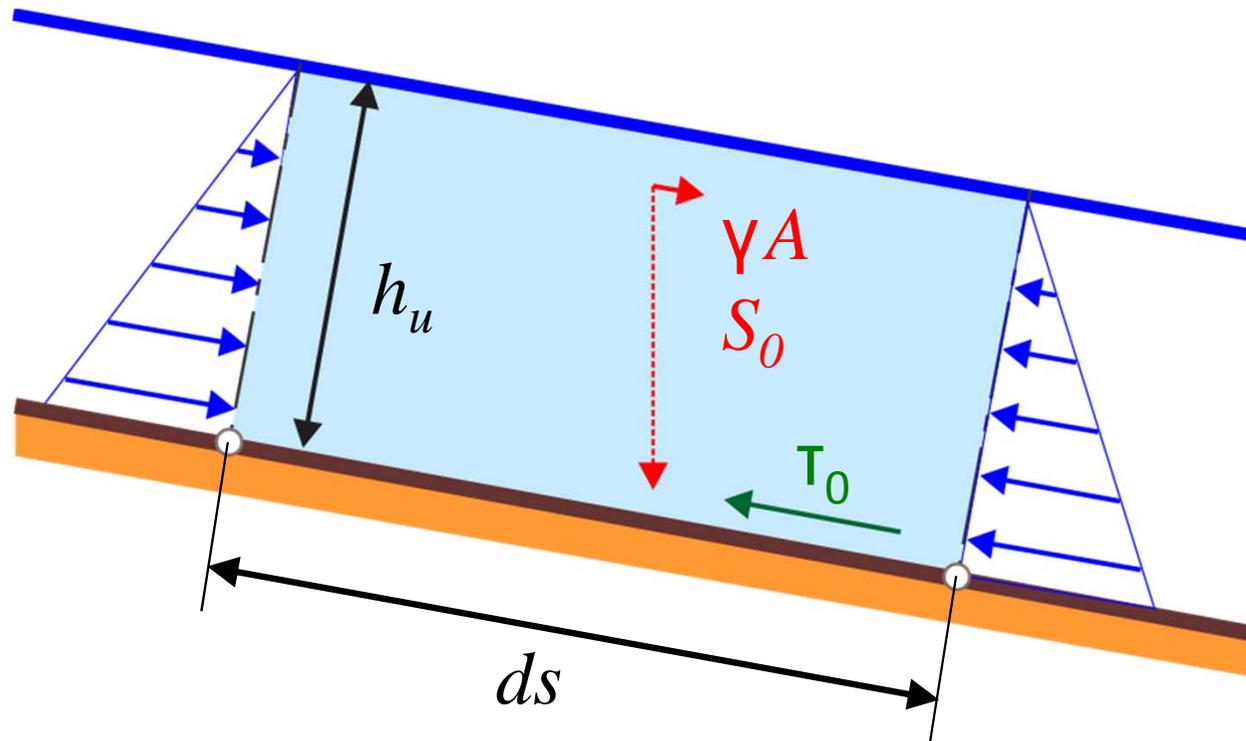
Qu'est-ce qui provoque le charriage ?



- Vitesse de l'écoulement
 - Distribution non-uniforme de u
- Contrainte de cisaillement τ_0

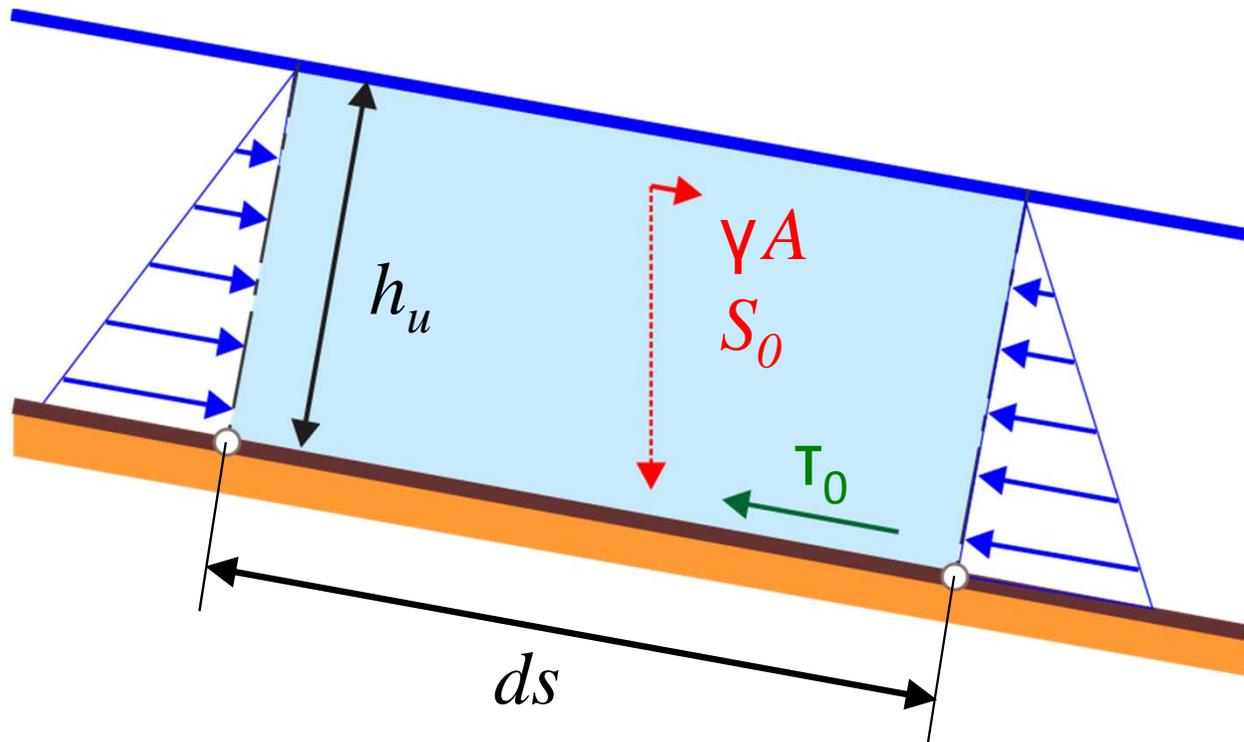
Qu'est-ce qui provoque le charriage ?

Exemple de l'écoulement uniforme



Qu'est-ce qui provoque le charriage ?

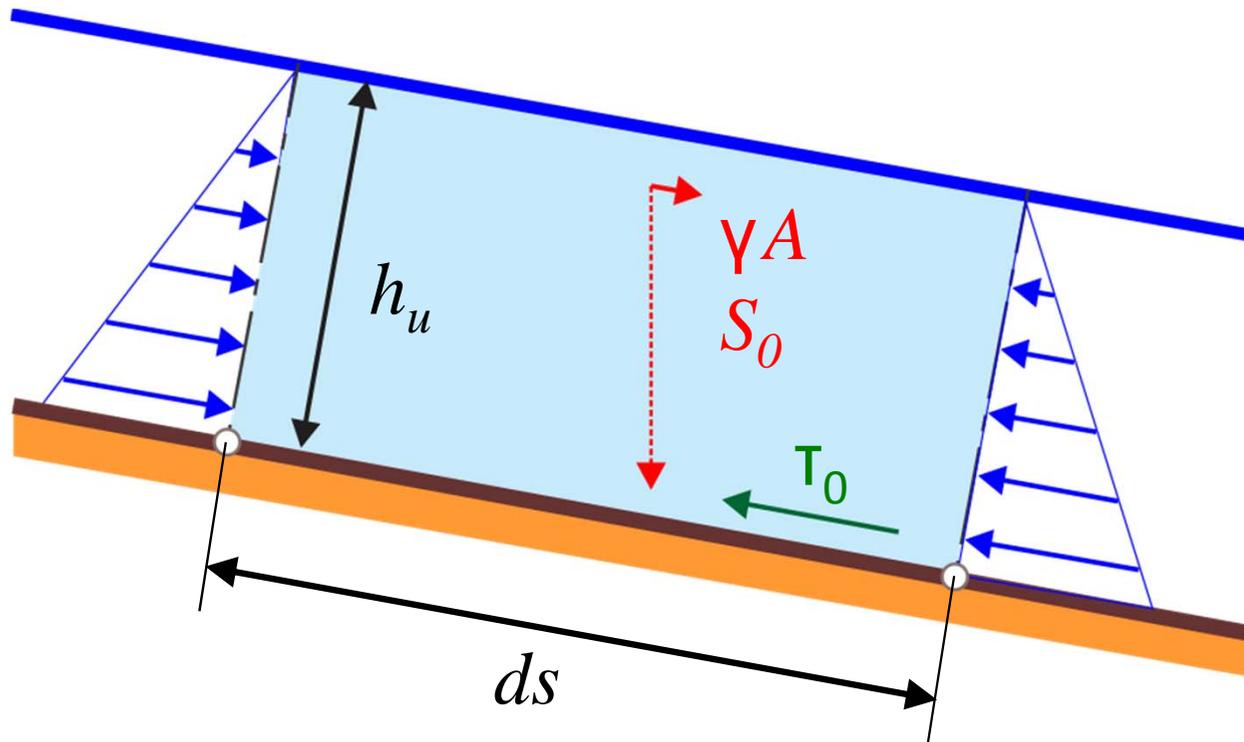
Exemple de l'écoulement uniforme



$$\tau_0 P ds = \gamma A S_0 ds$$

Qu'est-ce qui provoque le charriage ?

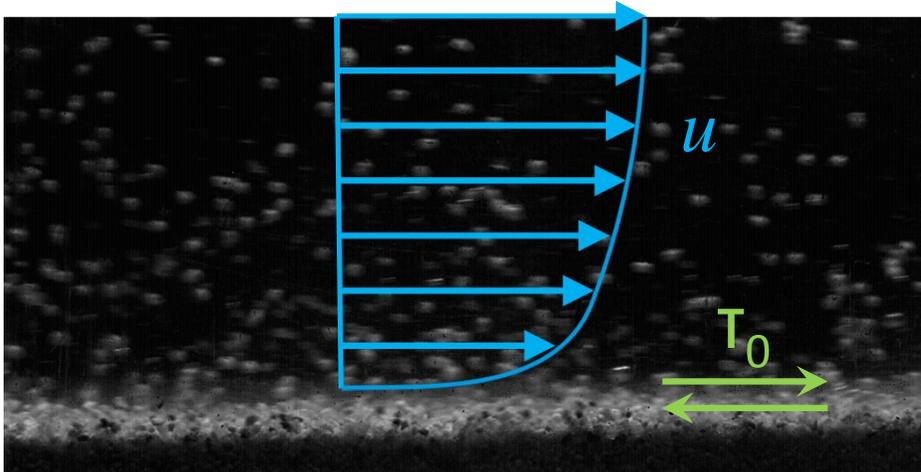
Exemple de l'écoulement uniforme



$$\tau_0 P ds = \gamma A S_0 ds$$

$$\tau_0 = \gamma \frac{A}{P} S_0 = \gamma R S_0$$

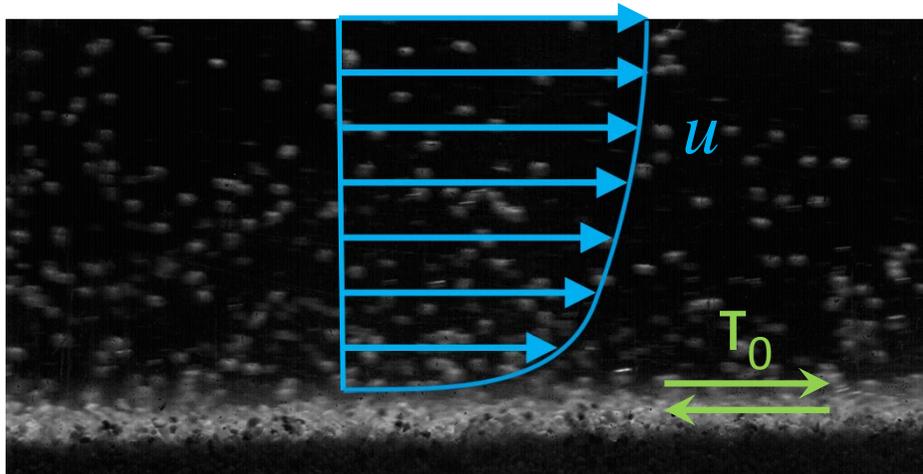
Qu'est-ce qui provoque le charriage ?



- Vitesse de l'écoulement
 - Distribution non-uniforme de u
- Contrainte de cisaillement τ_0

$$\tau_0 = \gamma R S_0$$

Qu'est-ce qui provoque le charriage ?



- Vitesse de l'écoulement
 - Distribution non-uniforme de u
- Contrainte de cisaillement τ_0

$$\tau_0 = \gamma R S_0$$

- Vitesse de frottement u_*

$$\tau_0 = \rho u_*^2$$

Distribution verticale des vitesses

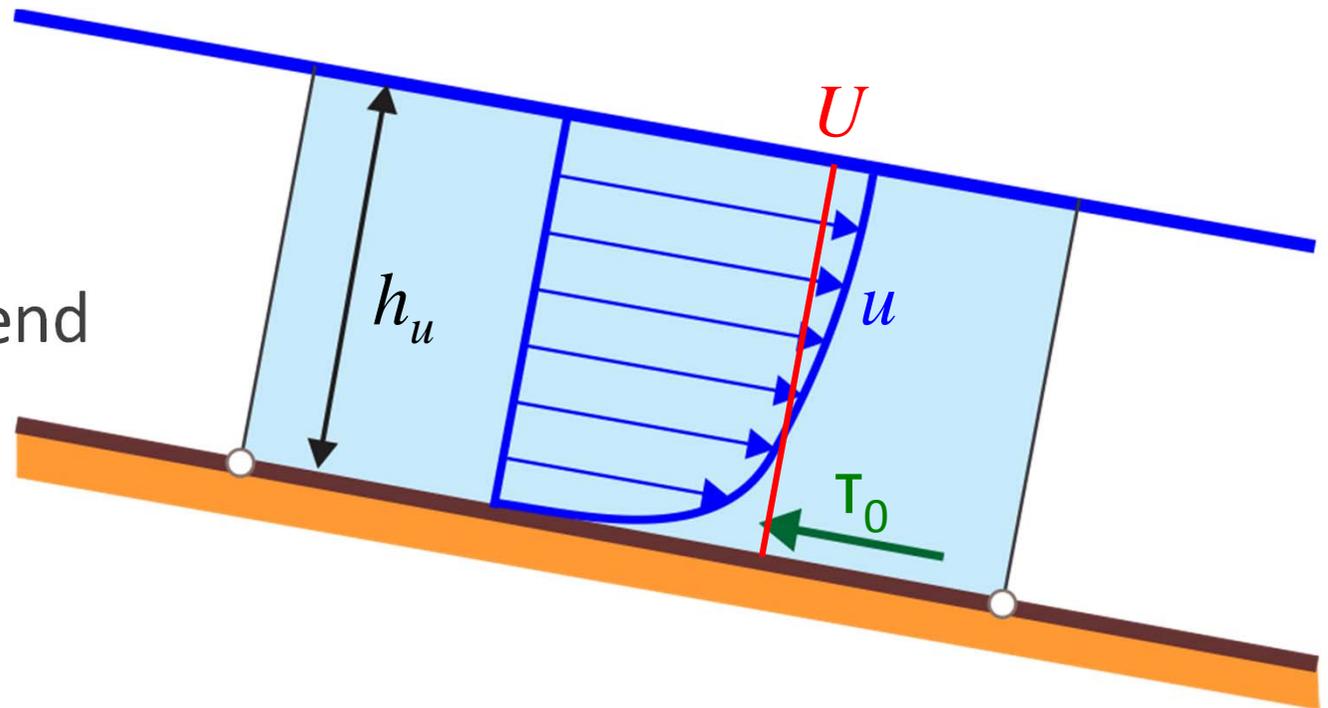
Equation générale du profil de vitesses
où

$$\frac{u}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(A \chi \frac{z}{k_s} \right)$$

- A est défini par

$$\frac{1}{\kappa} \ln A = 8.50$$

- χ = paramètre qui dépend
de la rugosité du lit
 $0.4 < \chi < 1.4$



Distribution verticale des vitesses

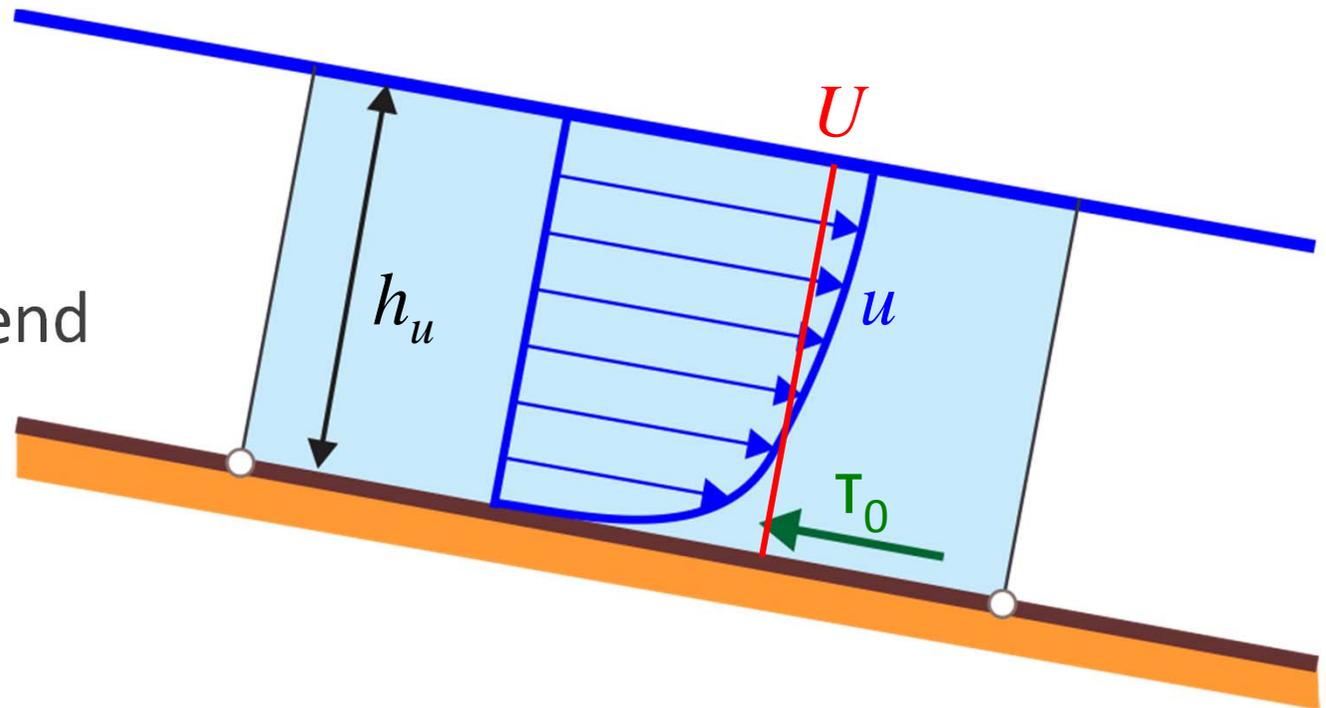
Equation générale du profil de vitesses
où

$$\frac{u}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(A \chi \frac{z}{k_s} \right)$$

- A est défini par

$$\frac{1}{\kappa} \ln A = 8.50$$

- χ = paramètre qui dépend
de la rugosité du lit
 $0.4 < \chi < 1.4$



Distribution verticale des vitesses

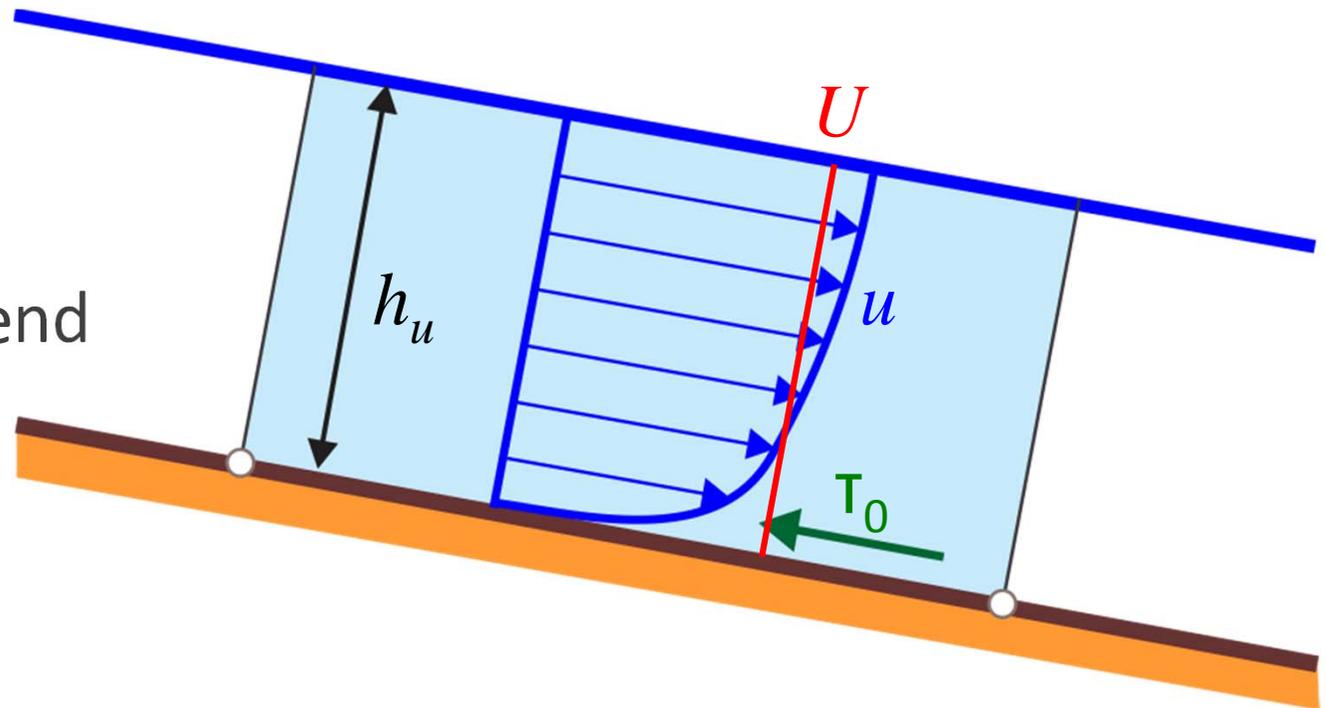
Equation générale du profil de vitesses
où

$$\frac{u}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(A \chi \frac{z}{k_s} \right)$$

- A est défini par

$$\frac{1}{\kappa} \ln A = 8.50$$

- χ = paramètre qui dépend
de la rugosité du lit
 $0.4 < \chi < 1.4$



Lien avec la vitesse moyenne

Profil de vitesses $\frac{u}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(A \chi \frac{z}{k_s} \right)$

u_* = vitesse de frottement

Lien avec la vitesse moyenne

Profil de vitesses $\frac{u}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(A \chi \frac{z}{k_s} \right)$

Vitesse moyenne

Par intégration du profil de vitesses

$$\frac{U}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(A e^{-1} \chi \frac{h}{k_s} \right)$$

u_* = vitesse de frottement

Lien avec la vitesse moyenne

Profil de vitesses $\frac{u}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(A \chi \frac{z}{k_s} \right)$

Vitesse moyenne

Par intégration du profil de vitesses

$$\frac{U}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(A e^{-1} \chi \frac{h}{k_s} \right)$$

Par la formule de Manning-Strickler

$$U = \frac{1}{n} R^{2/3} S_0^{1/2}$$

u_* = vitesse de frottement

Lien avec la vitesse moyenne

Profil de vitesses $\frac{u}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(A \chi \frac{z}{k_s} \right)$

Vitesse moyenne

Par intégration du profil de vitesses

$$\frac{U}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(A e^{-1} \chi \frac{h}{k_s} \right)$$

Par la formule de Manning-Strickler

$$U = \frac{1}{n} R^{2/3} S_0^{1/2}$$

Vitesse de frottement $u_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} = \sqrt{g R S_0}$

Un exemple...

Soit un écoulement uniforme caractérisé par

$$Q = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$$

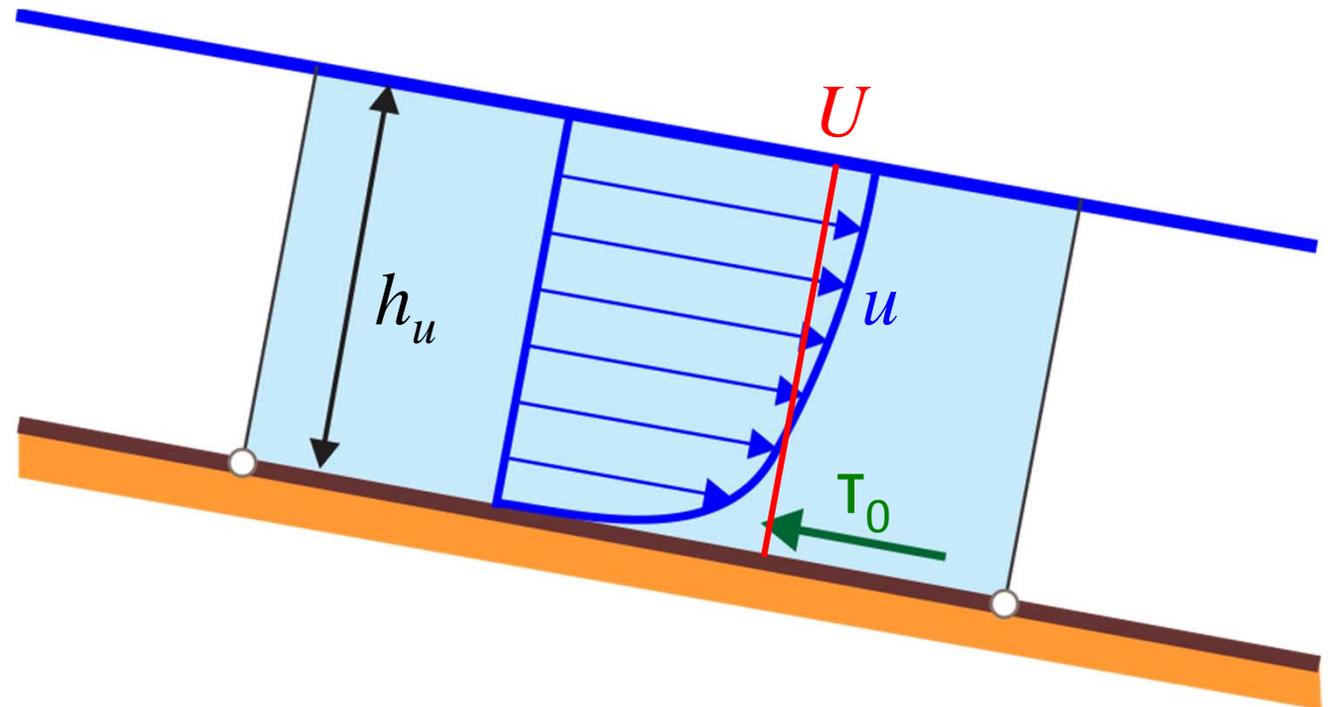
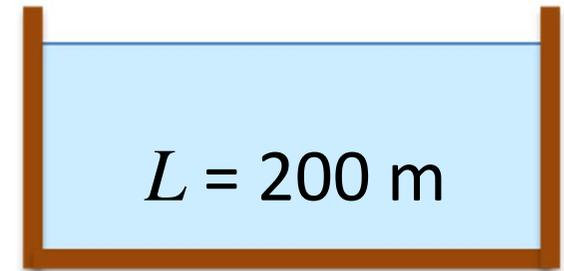
$$S_0 = 0.001$$

$$n = 0.016$$

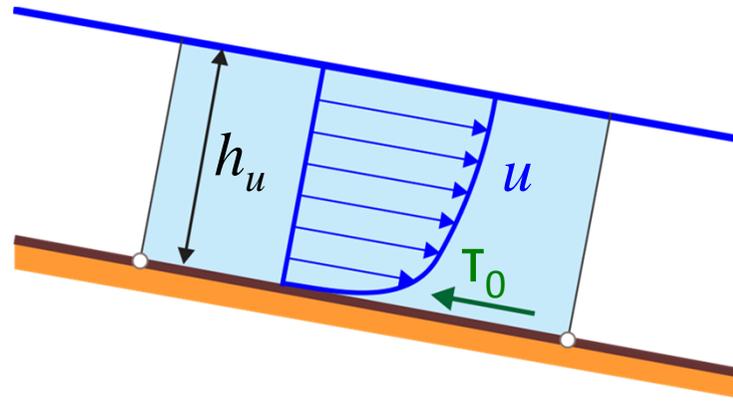
On peut calculer

$$h_u = 3.53 \text{ m}$$

$$U = Q/Lh_u = 1.42 \text{ m/s}$$



Un exemple...

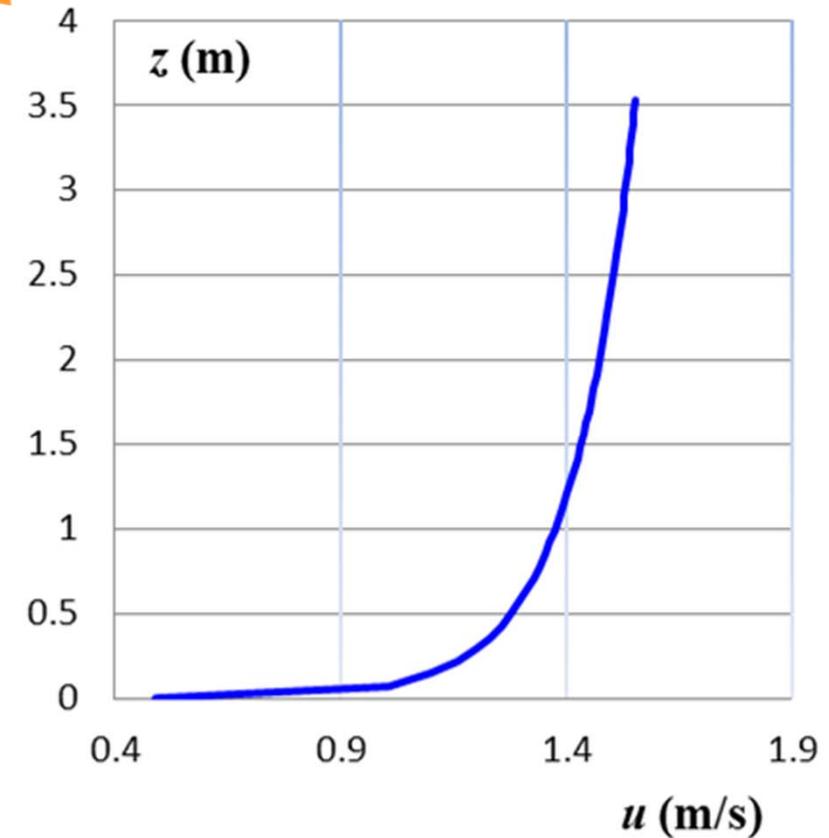


$$U = Q / L h_u = 1.42 \text{ m/s}$$

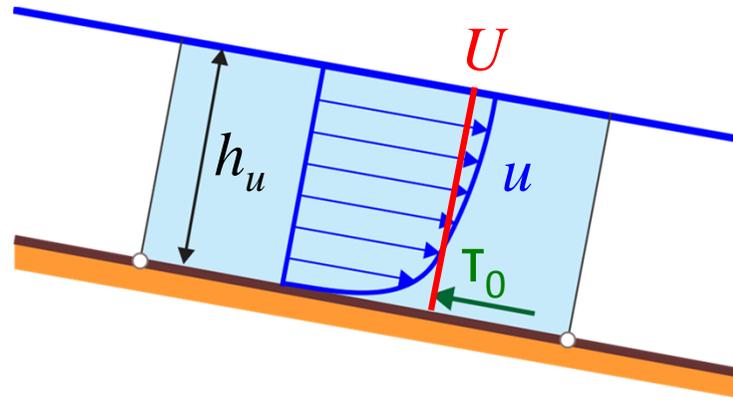
On peut calculer

$$u_* = 0.058 \sqrt{g R S_0} =$$

$$\chi = 1$$
$$k_s = 1.9 \text{ mm}$$



Un exemple...



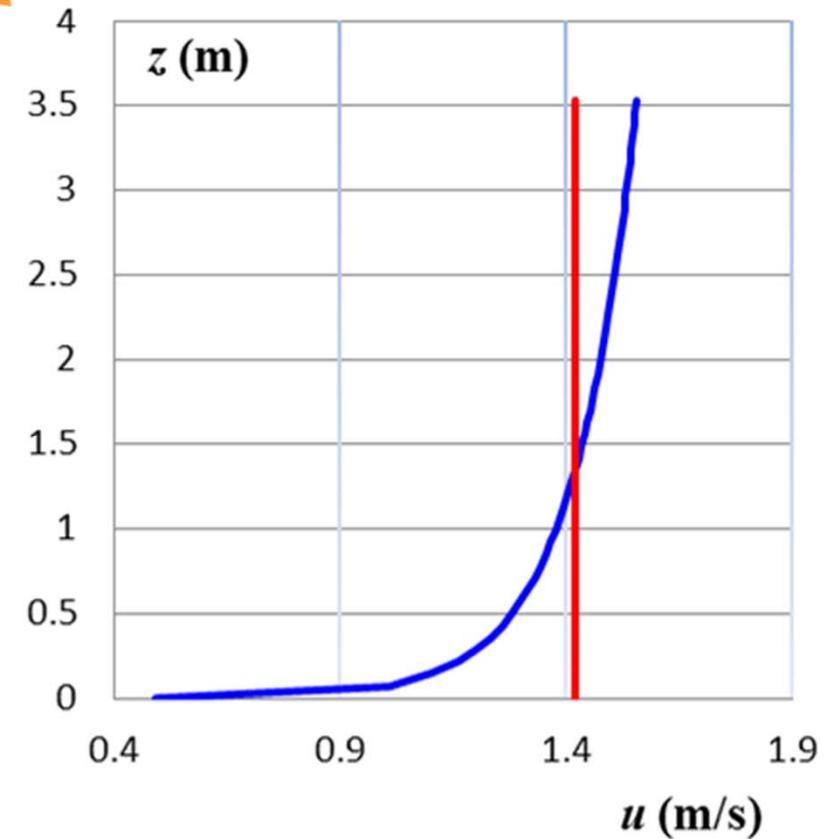
$$U = Q / L h_u = 1.42 \text{ m/s}$$

On peut calculer

$$u_* = 0.058 \sqrt{g R S_0} =$$

Vitesse moyenne

$$\chi = 1$$
$$k_s = 1.9 \text{ mm}$$



Une petite pause...

Sandra Soares-Frazão
UCLouvain
Charriage



Des rivières et des hommes



Réalisation



Avec le soutien de



Crédits photo

Meuse, Belgique: **Yves Zech**

Rivière Cavaillon, Haïti: **Sandra Soares-Frazão**

Wushe reservoir, Taiwan: **Sandra Soares-Frazão**

Tonle Sap River, Vietnam: **Yves Zech**

Ecoulement en laboratoire: **Rui Aleixo**

Réalisation multimédia



Institute of Mechanics, Materials and Civil Engineering (IMMC)

UCL

**Université
catholique
de Louvain**

Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique