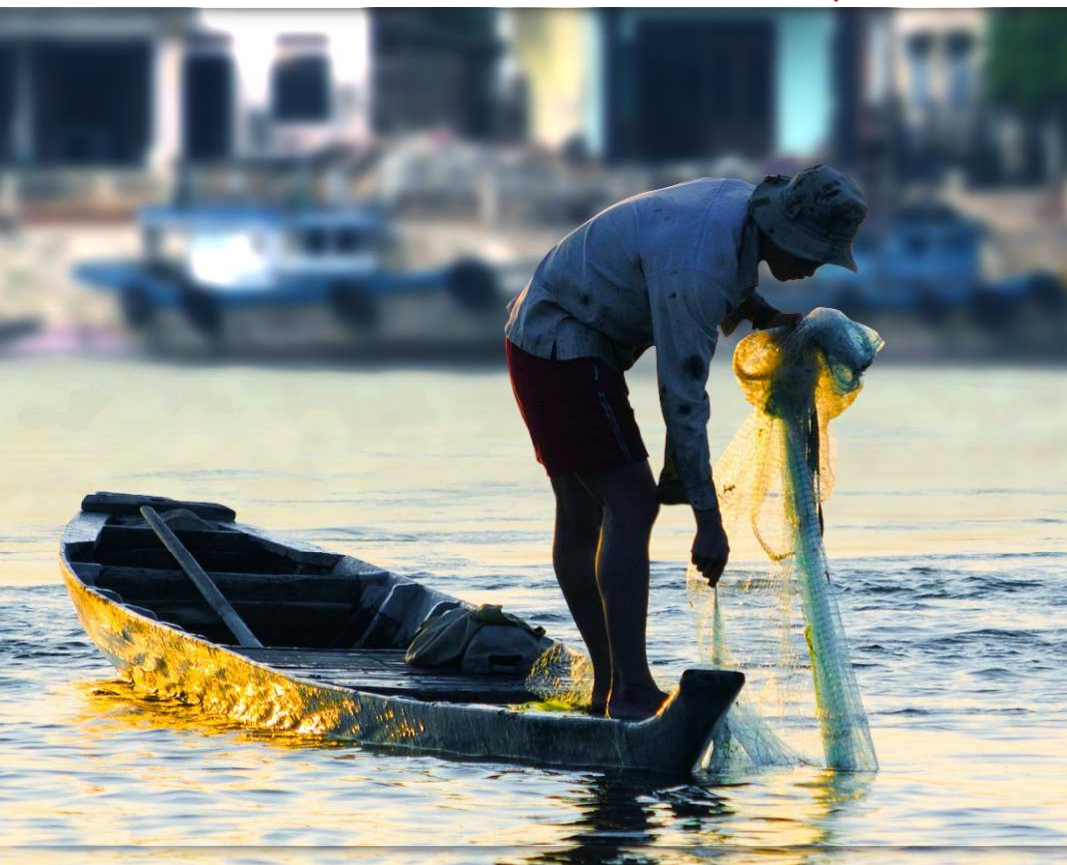


Des rivières
et des hommes



Écoulement uniforme (suite)

Yves Zech



Dans le cadre de



RESCIF

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

Plan et objectif

Objectif :

Comment représenter l'écoulement de manière simplifiée ?

1. Définitions et hypothèses
2. Équations de l'écoulement uniforme
 - Chézy
 - Manning-Strickler
3. Notion de rugosité
4. Calcul de la profondeur uniforme
5. Analyse



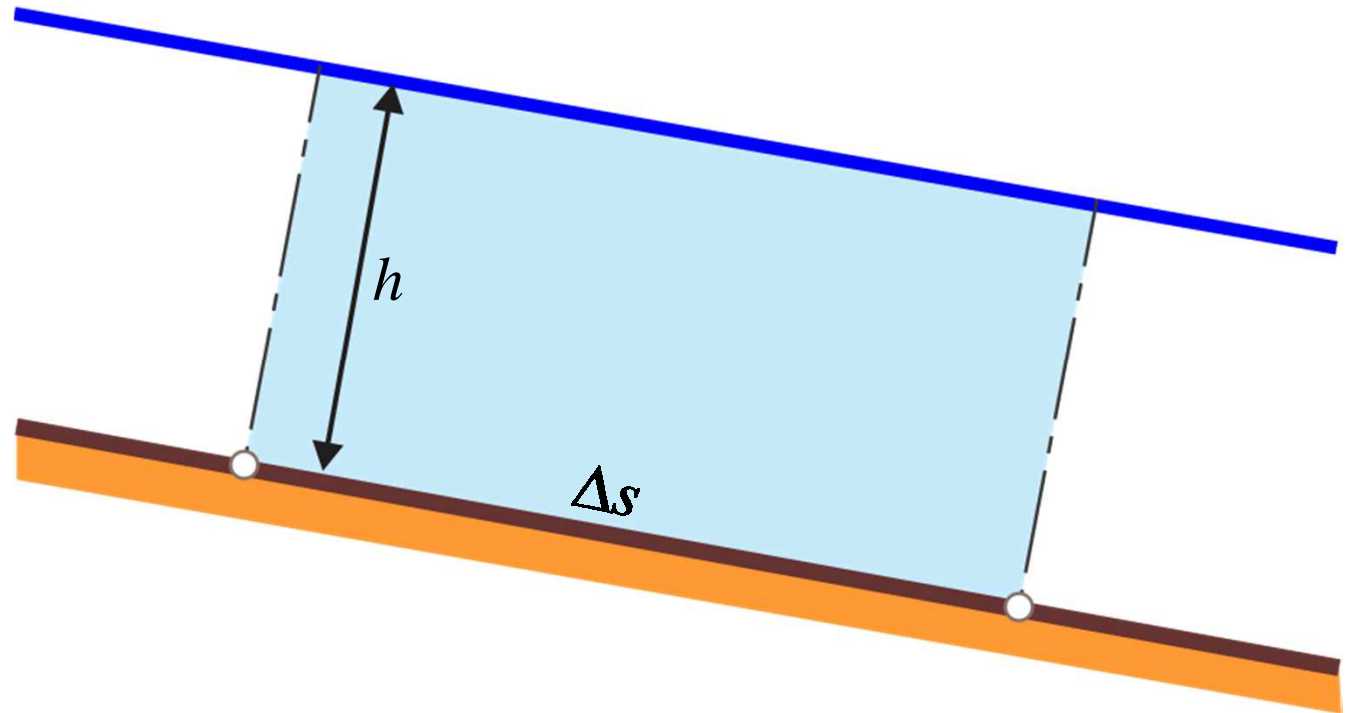
Yves Zech
Université catholique de
Louvain

Écoulement uniforme

1. Définitions et hypothèses
2. Équations
3. Rugosité
4. Calcul de la profondeur uniforme
5. Analyse

Équilibre des forces

Quelles sont les forces qui s'exercent sur ce volume de contrôle ?

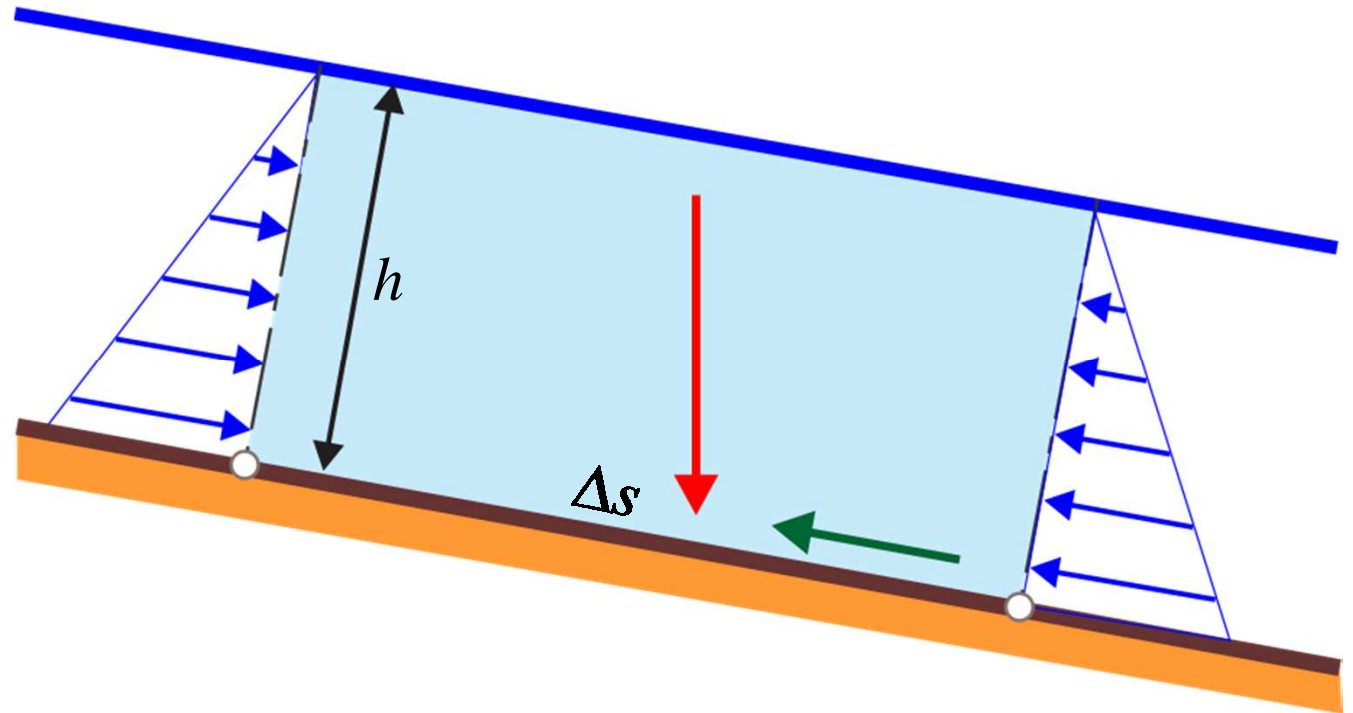


Équilibre des forces

Poids propre

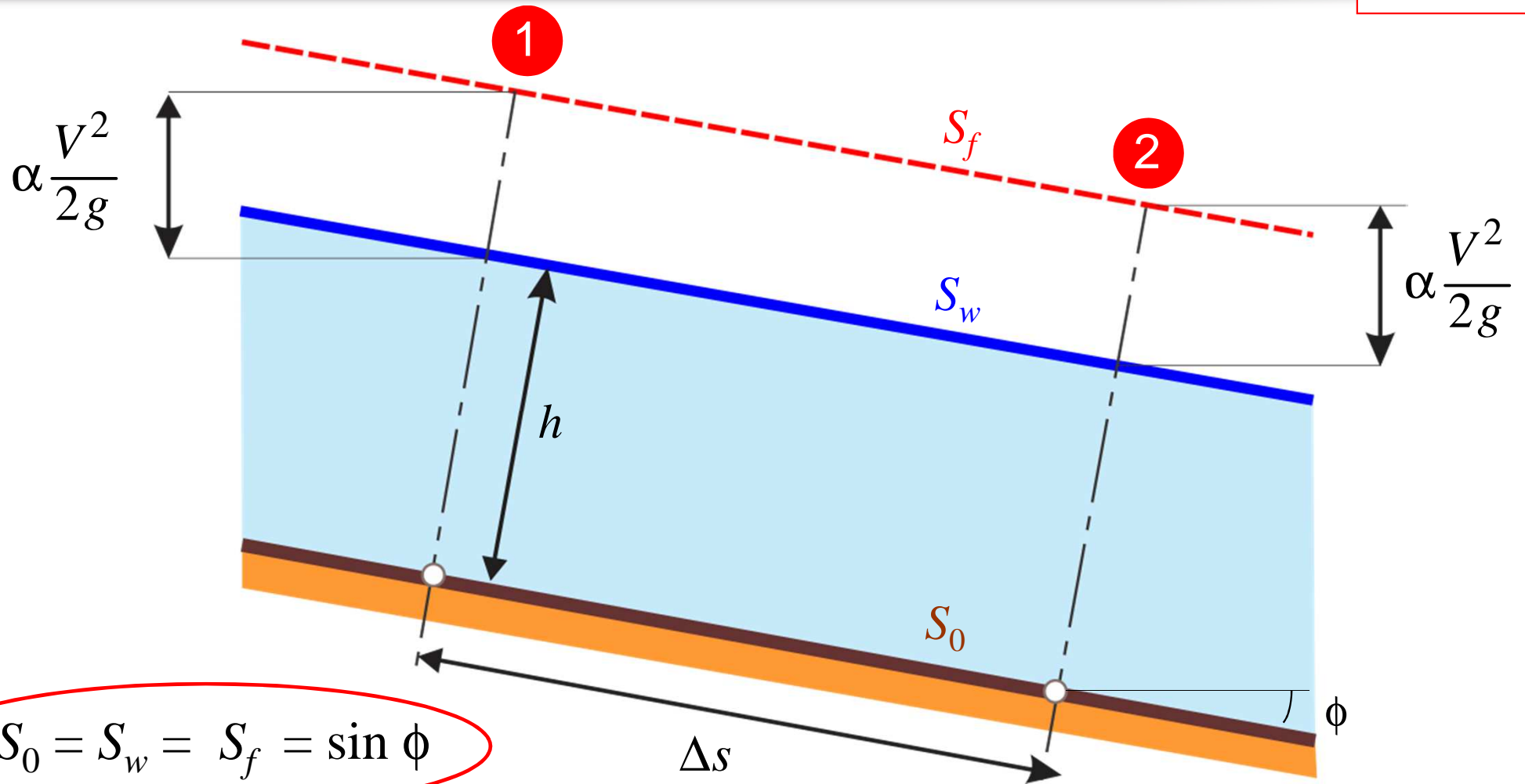
Frottements

Pression



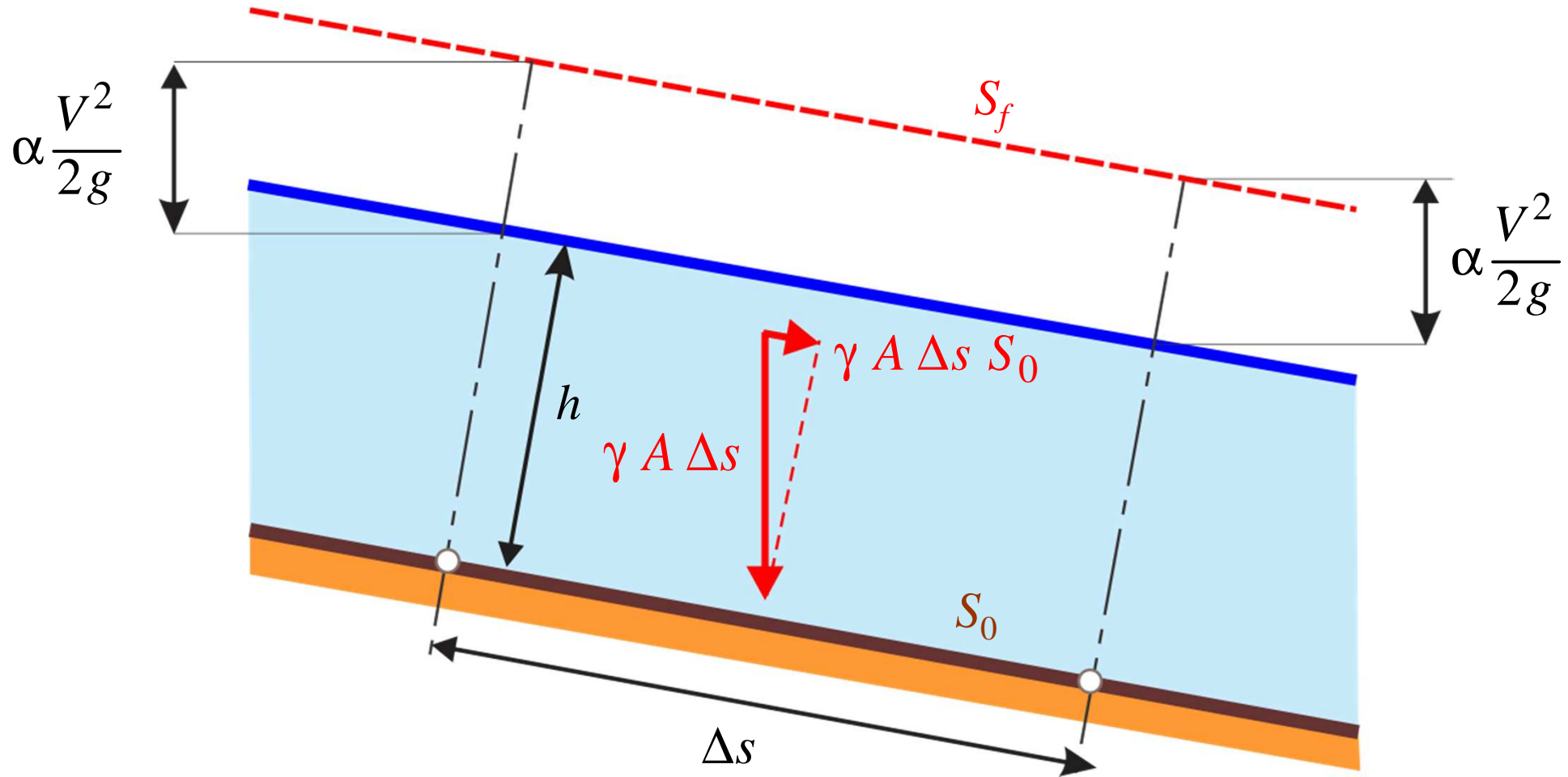
Équilibre des forces

- Poids propre
- Frottements
- Pressions

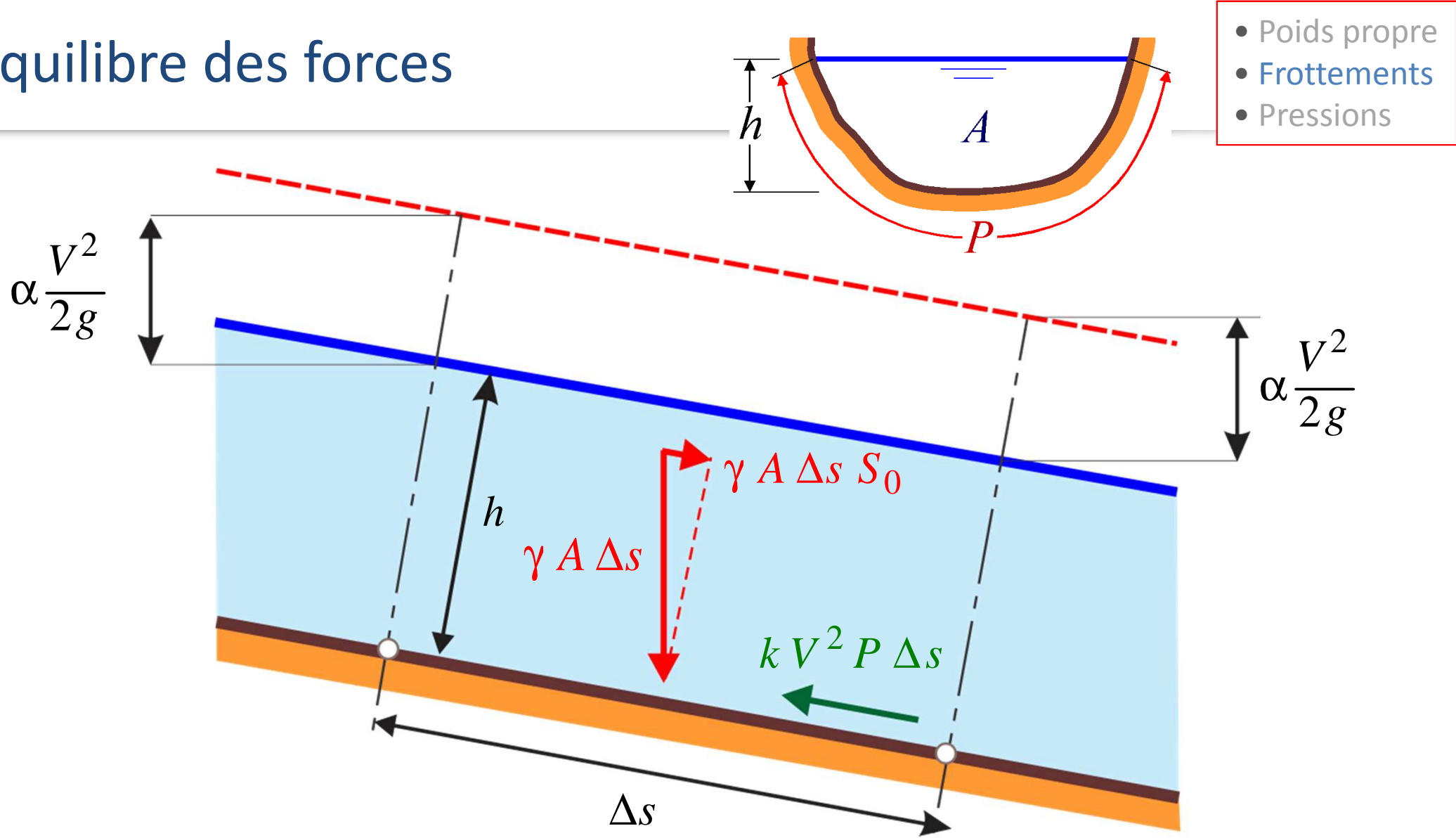


Équilibre des forces

- Poids propre
- Frottements
- Pressions

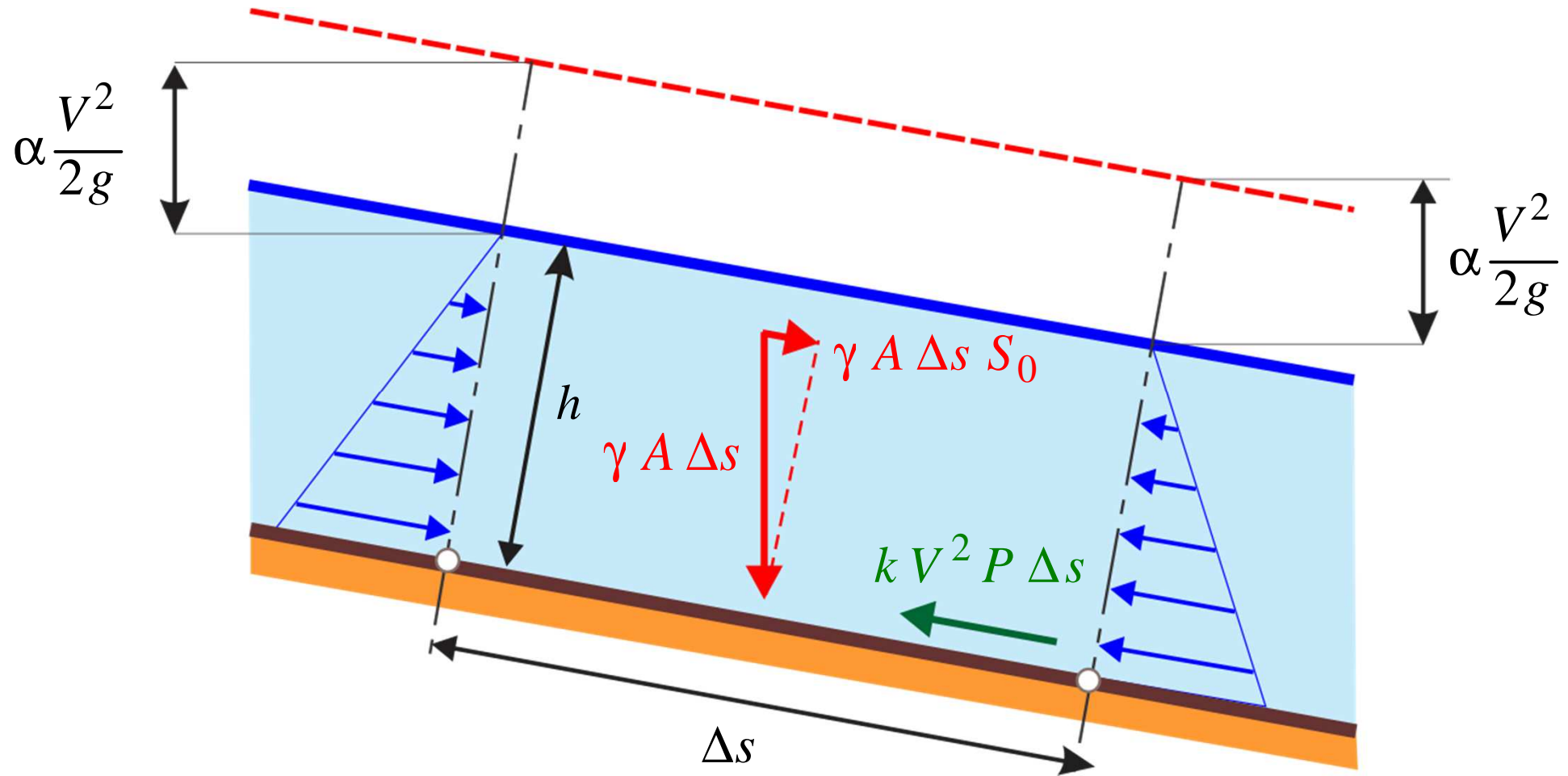


Équilibre des forces



Équilibre des forces

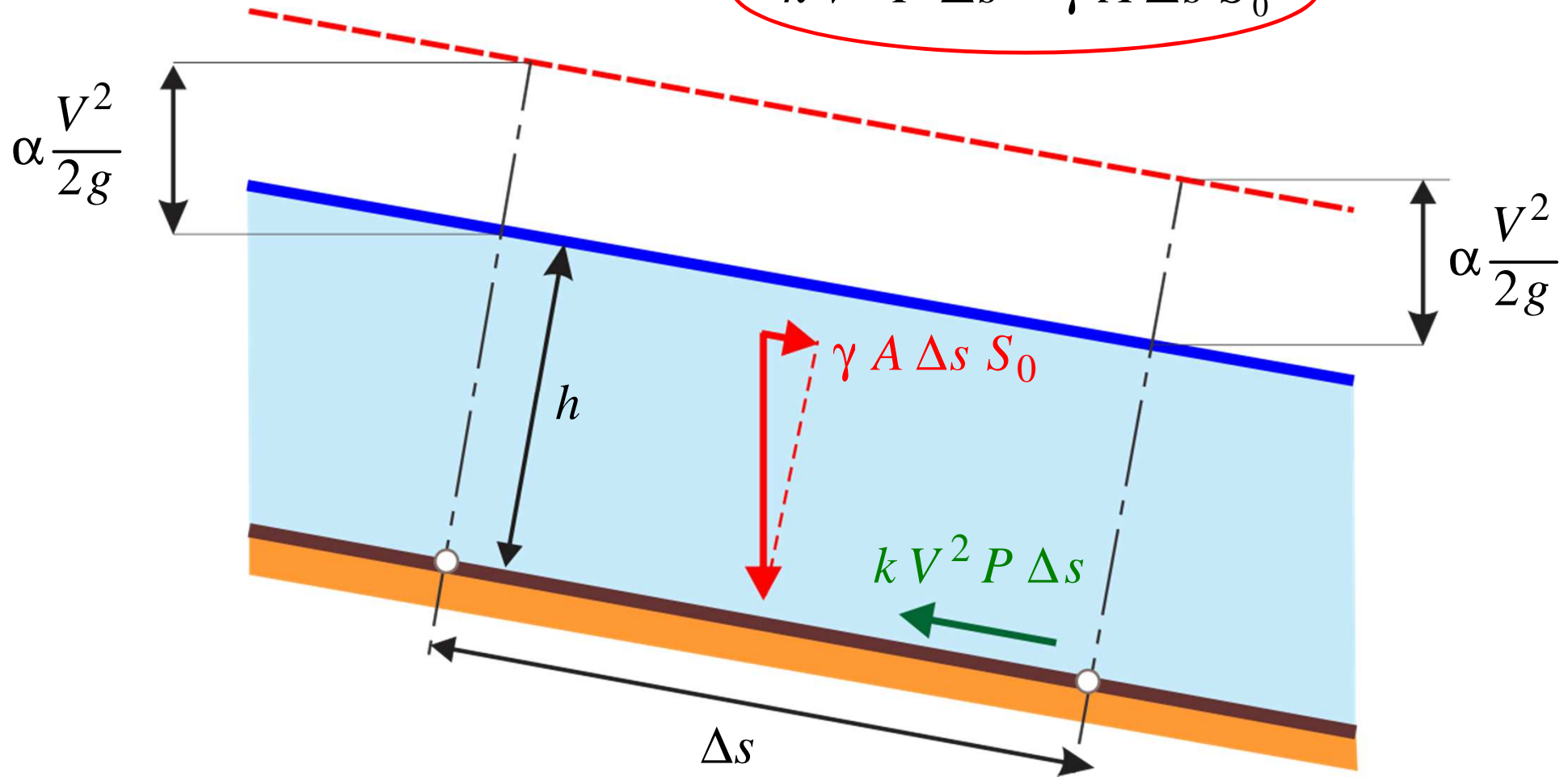
- Poids propre
- Frottements
- Pressions



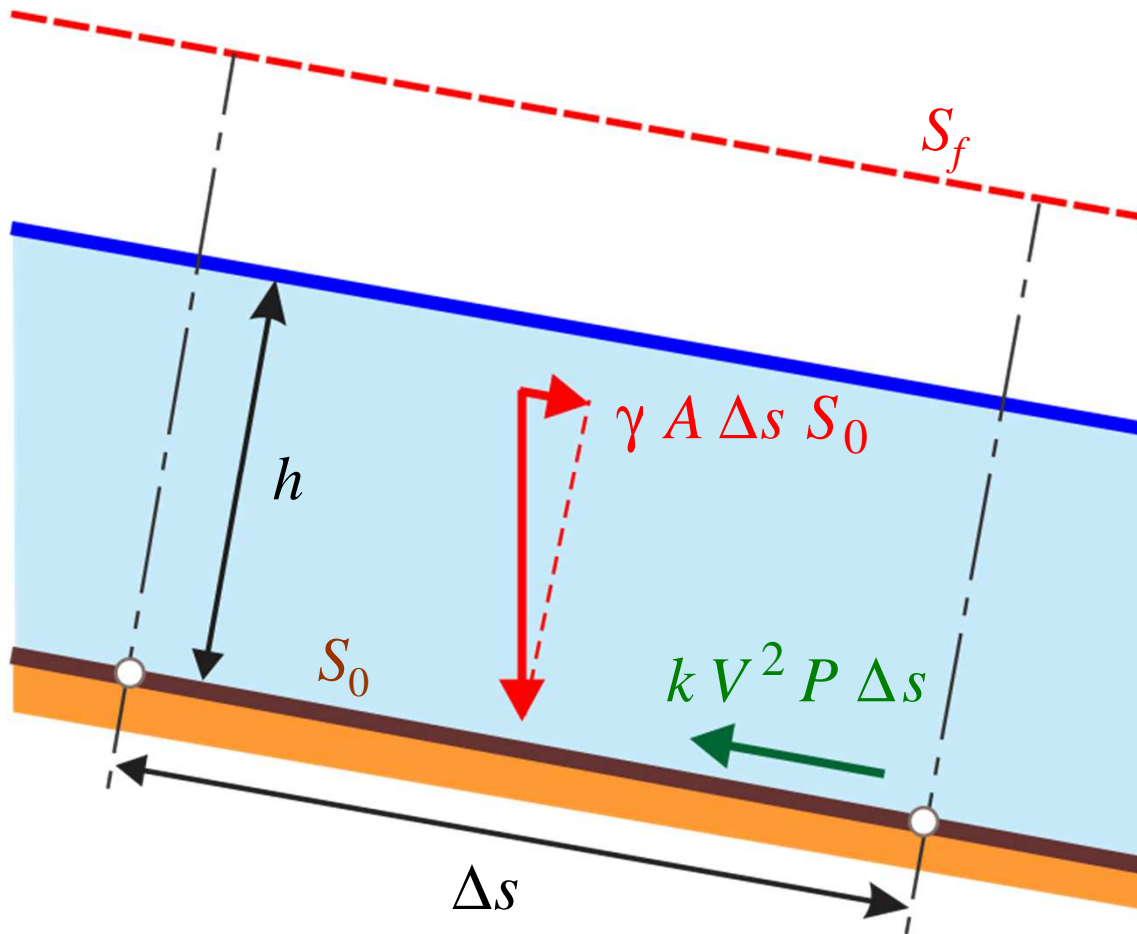
Équilibre des forces

- Poids propre
- Frottements
- Pressions

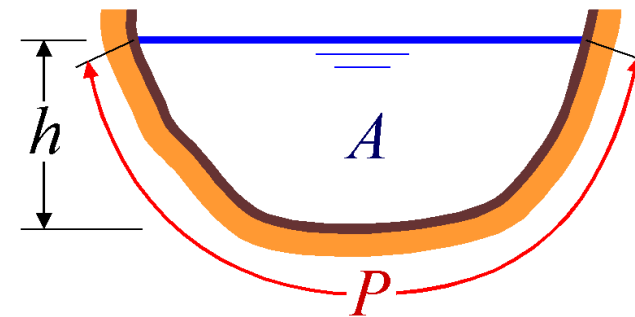
$$k V^2 P \Delta s = \gamma A \Delta s S_0$$



Équilibre des forces



$$k V^2 P \Delta s = \gamma A \Delta s S_0$$



$$R = \frac{A}{P}$$

$$V = \sqrt{\frac{\gamma}{k}} \sqrt{\frac{A}{P} S_0} = \sqrt{\frac{\gamma}{k}} \sqrt{R S_0}$$

$$V = C \sqrt{R S_0} = C \sqrt{R S_f}$$

Équations de l'écoulement uniforme

Chézy $V = C \sqrt{R S_0} = C \sqrt{R S_f}$

Manning - Strickler

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} = K R^{1/6}$$

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

n en $\text{m}^{-1/3} \text{s}$

K en $\text{m}^{1/3} \text{s}^{-1}$

Plan et objectif

Objectif :

Comment représenter l'écoulement de manière simplifiée ?

1. Définitions et hypothèses
2. Équations de l'écoulement uniforme
3. Notion de rugosité
 - Nature des parois
 - Type de rivière
4. Calcul de la profondeur uniforme
5. Analyse



Yves Zech
Université catholique de
Louvain

Écoulement uniforme

1. Définitions et hypothèses
2. Équations
3. Rugosité
4. Calcul de la profondeur uniforme
5. Analyse

Coefficient de rugosité de Manning n

Manning

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

n en $m^{-1/3} s$

Nature des parois	Etat des parois			
	Parfait	Bon	Assez bon	Mauvais
Ciment lissé	0.010	0.011	0.012	0.013
Mortier de ciment	0.011	0.012	0.013	0.015
Canaux revêtus de béton	0.012	0.014	0.016	0.018
Moellons bruts	0.017	0.020	0.025	0.030
Canaux en terre droits et uniformes	0.017	0.020	0.023	0.025
Canaux en terre dragués	0.025	0.028	0.030	0.033
Canaux en terre, côtés avec pierres	0.028	0.030	0.033	0.035

Coefficient de rugosité de Manning n

Manning

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

n en $m^{-1/3} s$

Cours d'eau naturels	Etat des parois			
	Parfait	Bon	Assez bon	Mauvais
Propres, rives en ligne droite, niveau eau haut	0.025	0.028	0.030	0.033
+ avec quelques herbes et pierres	0.030	0.033	0.035	0.040
Méandres, quelques endroits peu profonds, propres	0.035	0.040	0.045	0.050
+ eau à l'étiage, pente et sections plus faibles	0.040	0.045	0.050	0.055
+ avec quelques herbes et pierres	0.033	0.035	0.040	0.045
+ avec pierres	0.045	0.050	0.055	0.060
Zones à eau lente, herbes ou fosses très profondes	0.050	0.060	0.070	0.080
Zones avec beaucoup de mauvaises herbes	0.075	0.100	0.125	0.150

Plan et objectif

Objectif :

Comment représenter l'écoulement de manière simplifiée ?

1. Définitions et hypothèses
2. Équations de l'écoulement uniforme
3. Notion de rugosité
4. Calcul de la profondeur uniforme
 - Section quelconque
 - Section trapézoïdale
5. Analyse



Y Zech
UC Louvain

Écoulement uniforme

1. Définitions et hypothèses
2. Équations
3. Rugosité
4. Calcul de la profondeur uniforme
5. Analyse

Calcul de la profondeur uniforme en section quelconque

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

Débit $Q = AV$

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

$$Q = \frac{1}{n} A \left(\frac{A}{P} \right)^{2/3} S_0^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{n} \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} S_0^{1/2}$$

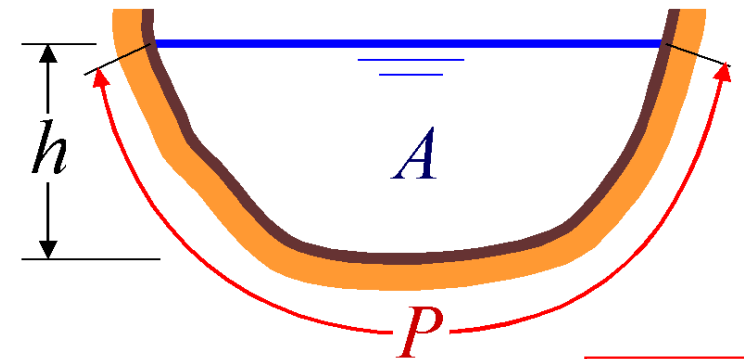


$$Q = \frac{1}{n} S_0^{1/2} f(h)$$



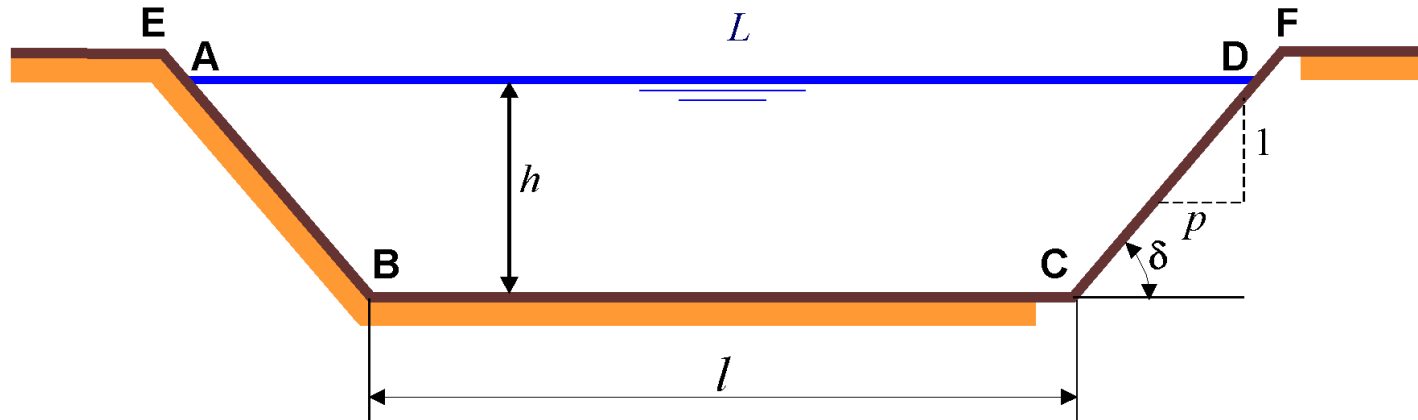
$$h_u$$

n en $m^{-1/3} s$



$$R = \frac{A}{P}$$

Calcul de la profondeur uniforme en section trapézoïdale



$$Q = \frac{1}{n} \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} S_0^{1/2}$$

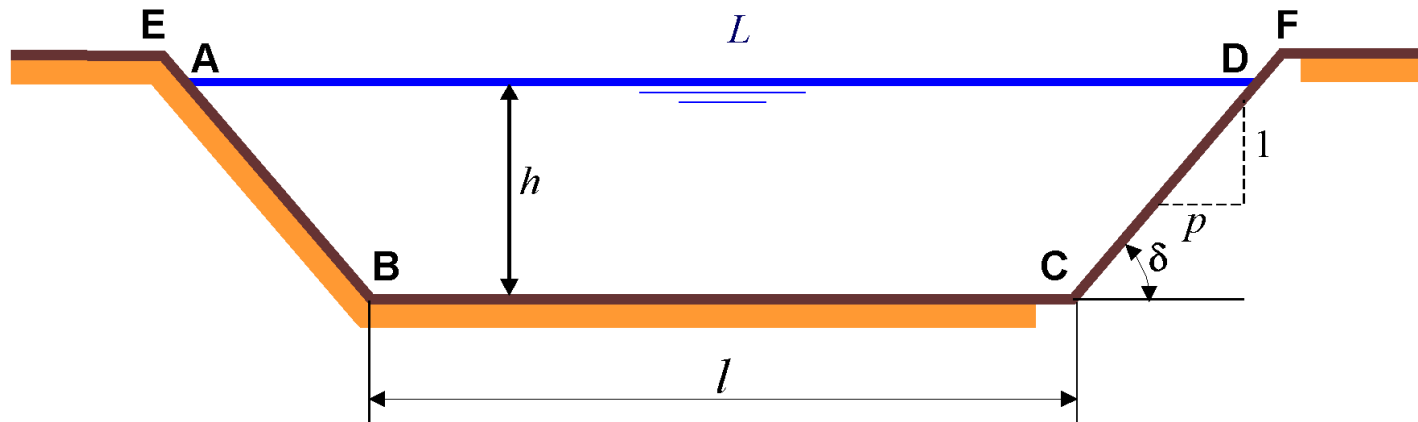
$$Q = \frac{1}{n} \frac{h^{5/3} (l + ph)^{5/3}}{\left(l + 2h \sqrt{1 + p^2} \right)^{2/3}} S_0^{1/2}$$

$$A = h(l + ph)$$

$$P = l + 2h \sqrt{1 + p^2}$$

$$h^{5/3} = \frac{Q n \left(l + 2h \sqrt{1 + p^2} \right)^{2/3}}{S_0^{1/2} (l + ph)^{5/3}}$$

Calcul de la profondeur uniforme en section trapézoïdale



$$Q = \frac{1}{n} \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} S_0^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{n} \frac{h^{5/3} (l + ph)^{5/3}}{\left(l + 2h \sqrt{1 + p^2} \right)^{2/3}} S_0^{1/2}$$

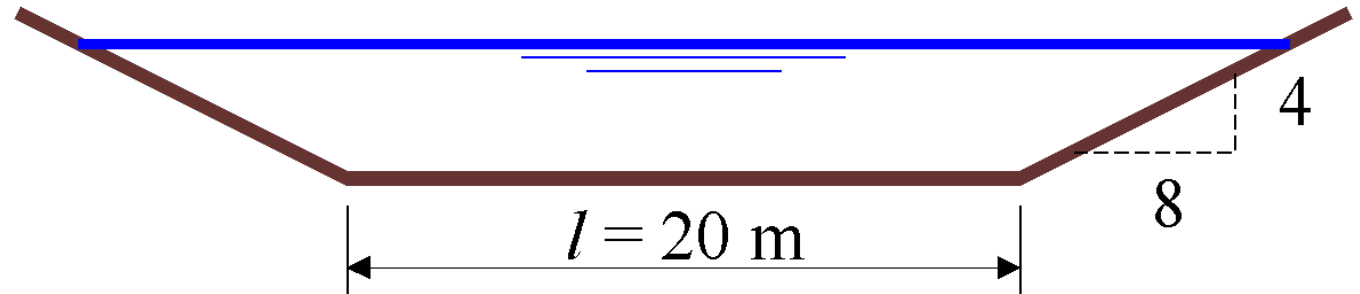
$$A = h(l + ph)$$

$$P = l + 2h \sqrt{1 + p^2}$$

$$h^{5/3} = \frac{Q n \left(l + 2h \sqrt{1 + p^2} \right)^{2/3}}{S_0^{1/2} (l + ph)^{5/3}}$$

Calcul de la profondeur uniforme en section trapézoïdale

$$\begin{aligned}
 Q &= 400 \text{ m}^3/\text{s} \\
 n &= 0.025 \\
 S_0 &= 0.0016 \\
 l &= 20 \text{ m} \\
 p &= 8/4 = 2
 \end{aligned}$$



$$Q = \frac{1}{n} \frac{h^{5/3} (l + ph)^{5/3}}{\left(l + 2h \sqrt{1 + p^2} \right)^{2/3}} S_0^{1/2}$$

$$h^{5/3} = \frac{Q n \left(l + 2h \sqrt{1 + p^2} \right)^{2/3}}{S_0^{1/2} (l + ph)^{5/3}}$$

Itération	h_u (m) introduit	h_u (m) calculé
1	2.000	4.397
2	4.397	4.157
3	4.157	4.182
4	4.182	4.179
5	4.179	4.179

Plan et objectif

Objectif :

Comment représenter l'écoulement de manière simplifiée ?

1. Définitions et hypothèses
2. Équations de l'écoulement uniforme
3. Notion de rugosité
4. Calcul de la profondeur uniforme
5. Analyse
 - Influence du débit
 - Influence de la pente de fond



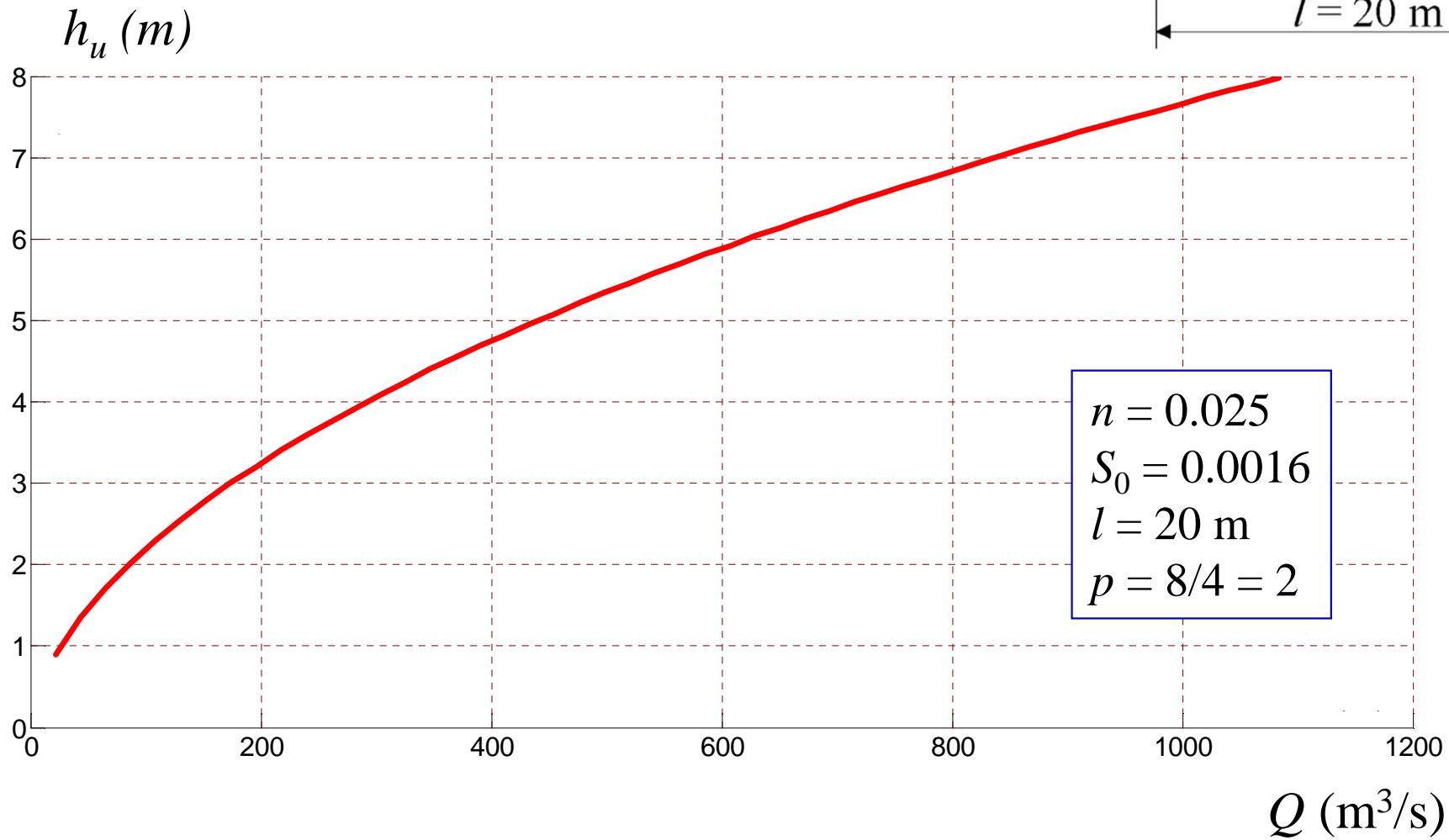
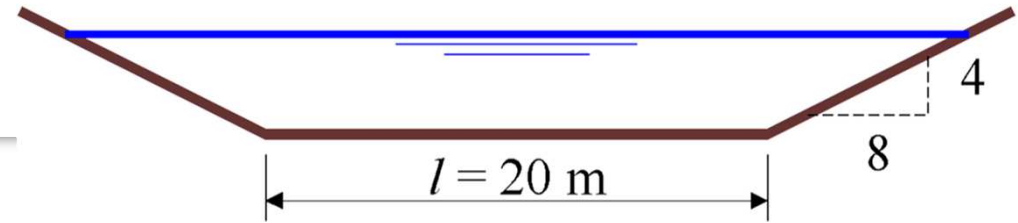
Yves Zech
Université catholique de
Louvain

Écoulement uniforme

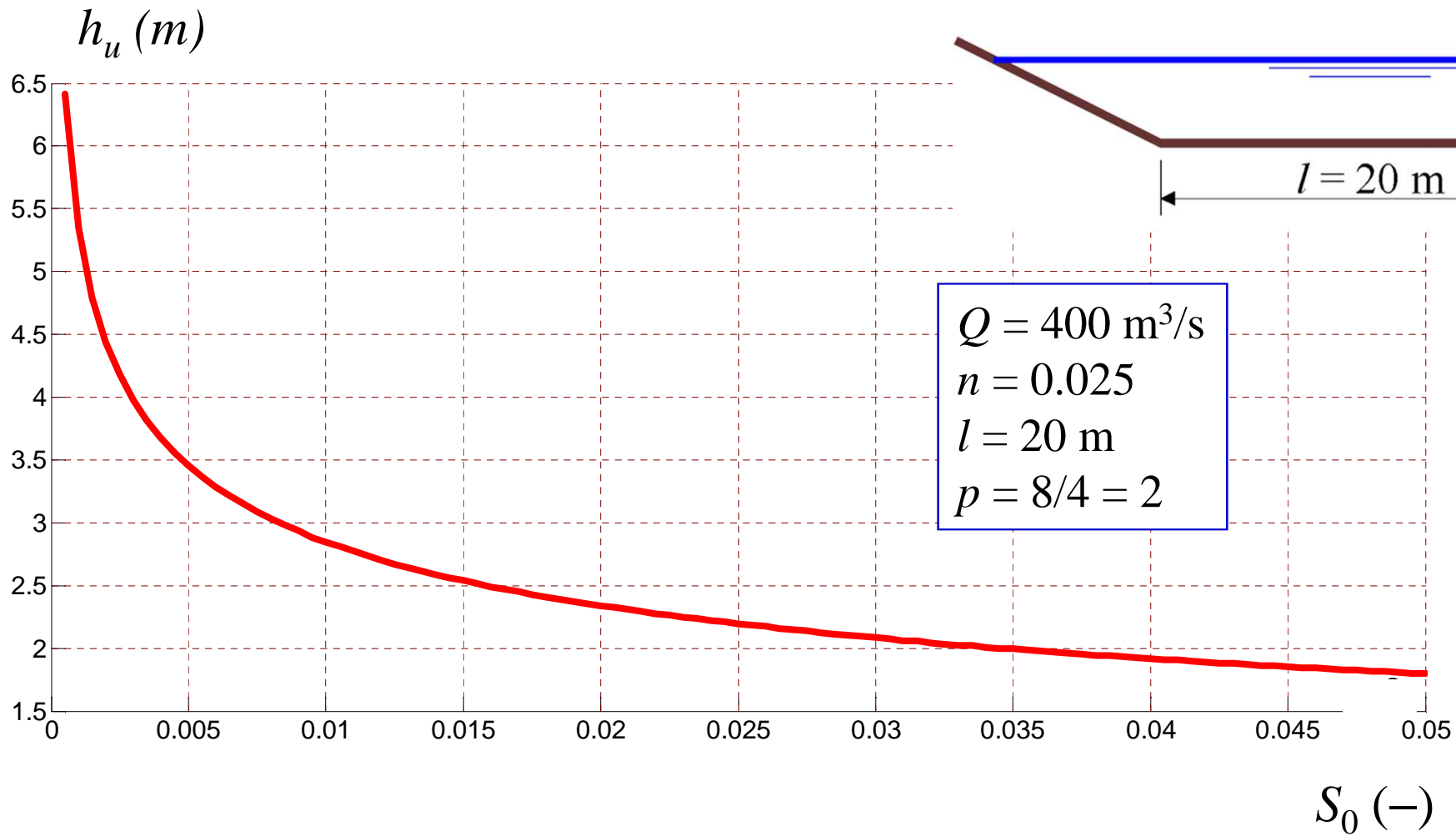
1. Définitions et hypothèses
2. Équations
3. Rugosité
4. Calcul de la profondeur uniforme

5. Analyse

Influence du débit $h_u = f(Q)$



Influence de la pente $h_u = f(S_0)$



Plan et objectif

Objectif :

Comment représenter l'écoulement de manière simplifiée ?

Merci de votre attention

Bon courage pour la suite

A bientôt



Yves Zech
Université catholique de
Louvain

Écoulement uniforme

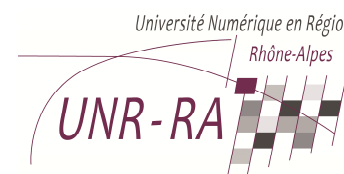
1. Définitions et hypothèses
2. Équations
3. Rugosité
4. Calcul de la profondeur uniforme
5. Analyse

Des rivières et des hommes

Réalisation



Avec le soutien de



Crédits photo

Le Rhin au 19^{ème} siècle : source : http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Fichier:Le_rhin_sauvage_lors_des_inondations.jpg#filelinks,

Chutes d'Iguaçu, Tonle Sap, Rio Ichilo : **Yves Zech**

Wushe reservoir : **Sandra Soares-Frazão**

Baells de Llobregat : courtoisie de la direction technique du barrage

Canal Bruxelles-Charleroi, canal d'irrigation au Niger : **Yves Zech**

Réalisation multimédia



Institute of Mechanics, Materials and Civil Engineering (IMMC)

UCL

**Université
catholique
de Louvain**

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