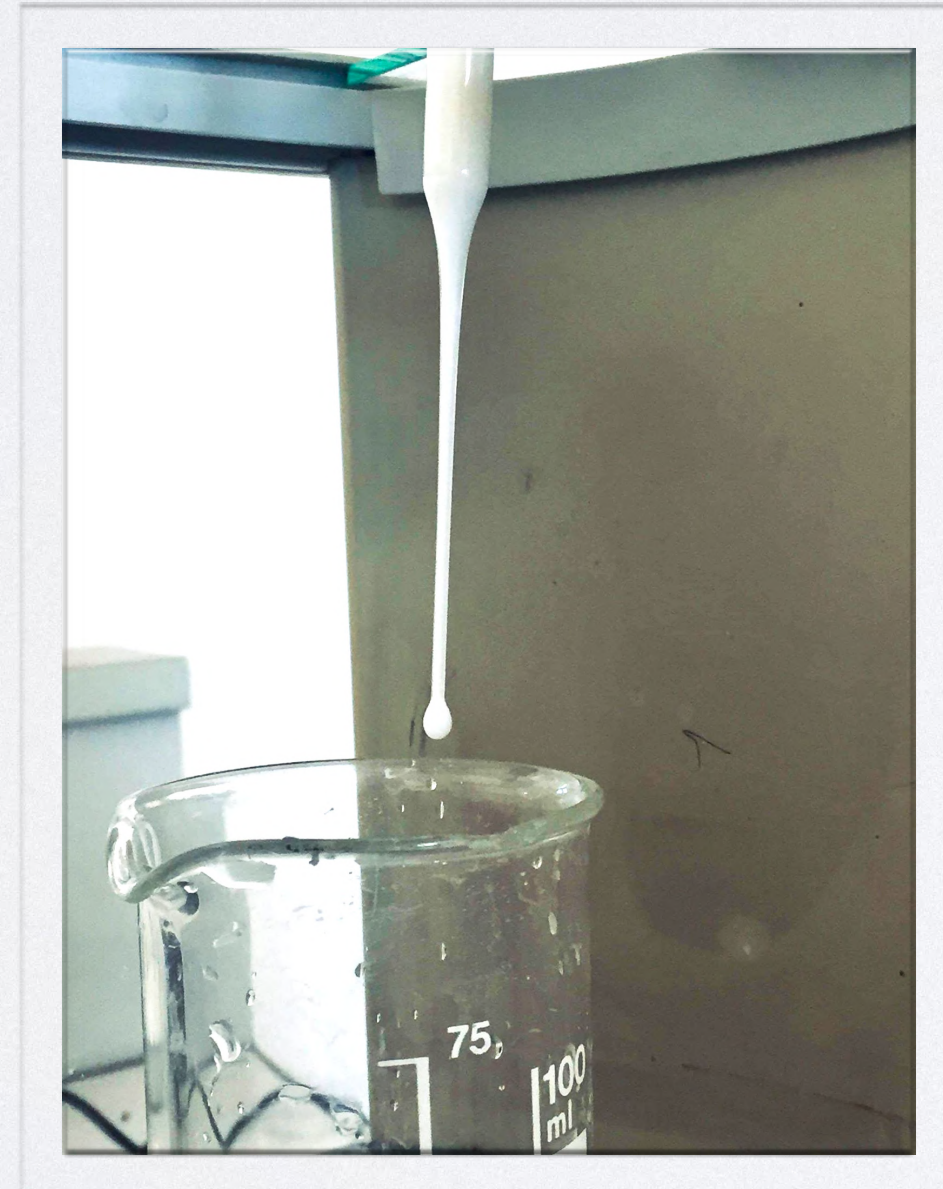


IMPACT DE L'AJOUT D'ARGILE SUR LE TRANSPORT DE GOUTTES

L'étude des diverses propriétés de ce fluide impliqué dans l'atomisation réalisée par des micro-arroseurs



INTRODUCTION



Cahier des charges

- Rhéologie
- Taille des gouttes

But : Créer des gouttes qui ne subissent ni dérive ni ruissellement et aider les constructeurs dans la confection d'un micro-arroseur d'eau argileuse ayant un impact positif sur les plantes

PROBLÉMATIQUE



Comment se caractérise le processus d'atomisation avec l'ajout d'argile kaolinite ? Aura-t-on des gouttes qui ne subissent ni dérive ni ruissellement ?

Nous vérifierons également son impact hypothétique sur le développement des plantes

- A. *Rhéologie du mélange eau-argile menant au régime d'atomisation*
- B. *Mesure de la taille des gouttes*
- C. *Impact de l'ajout d'argile sur la photosynthèse*

Principe du viscosimètre

Affichage de la viscosité

Viscosimètre

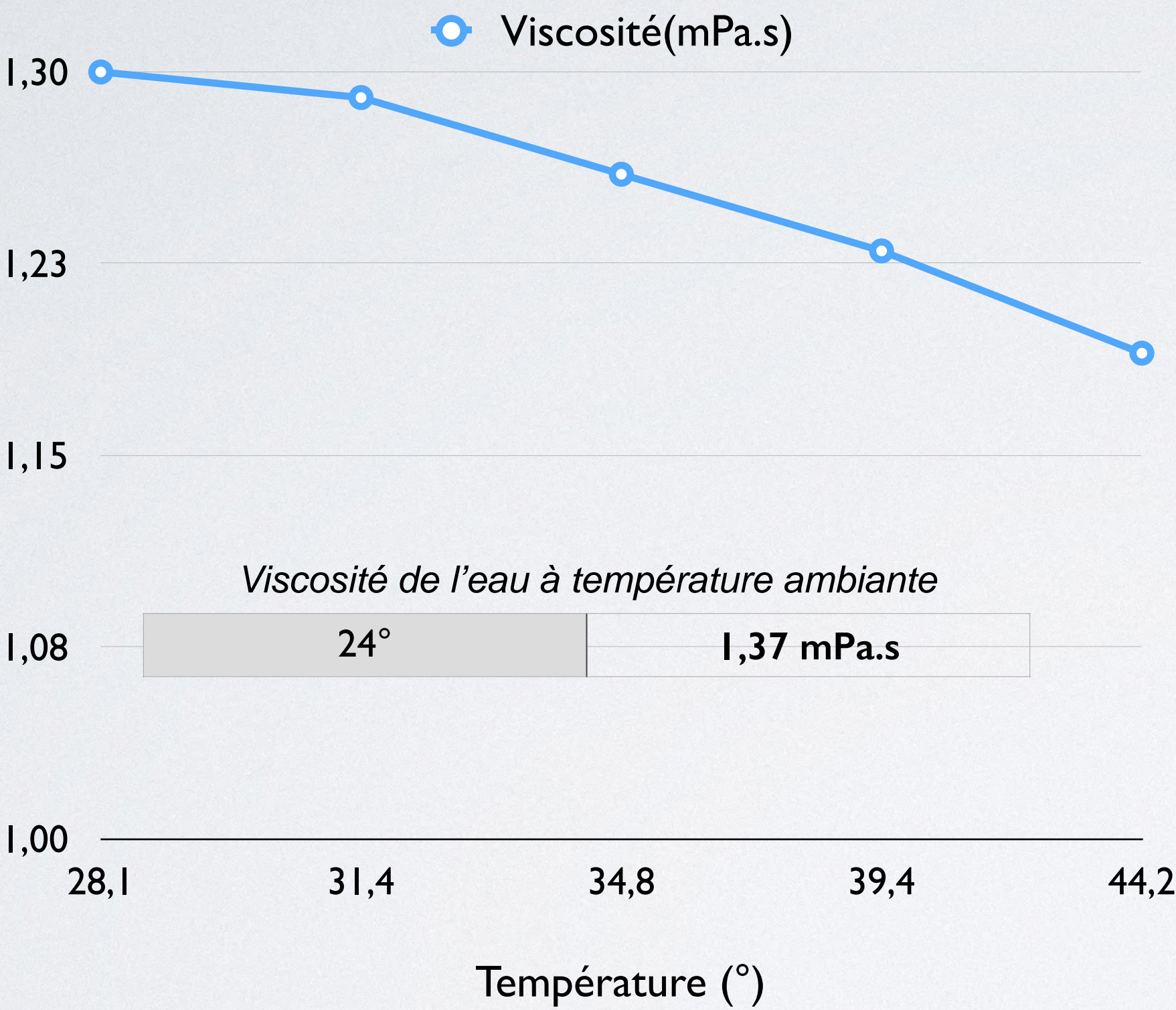
Mobile utilisé



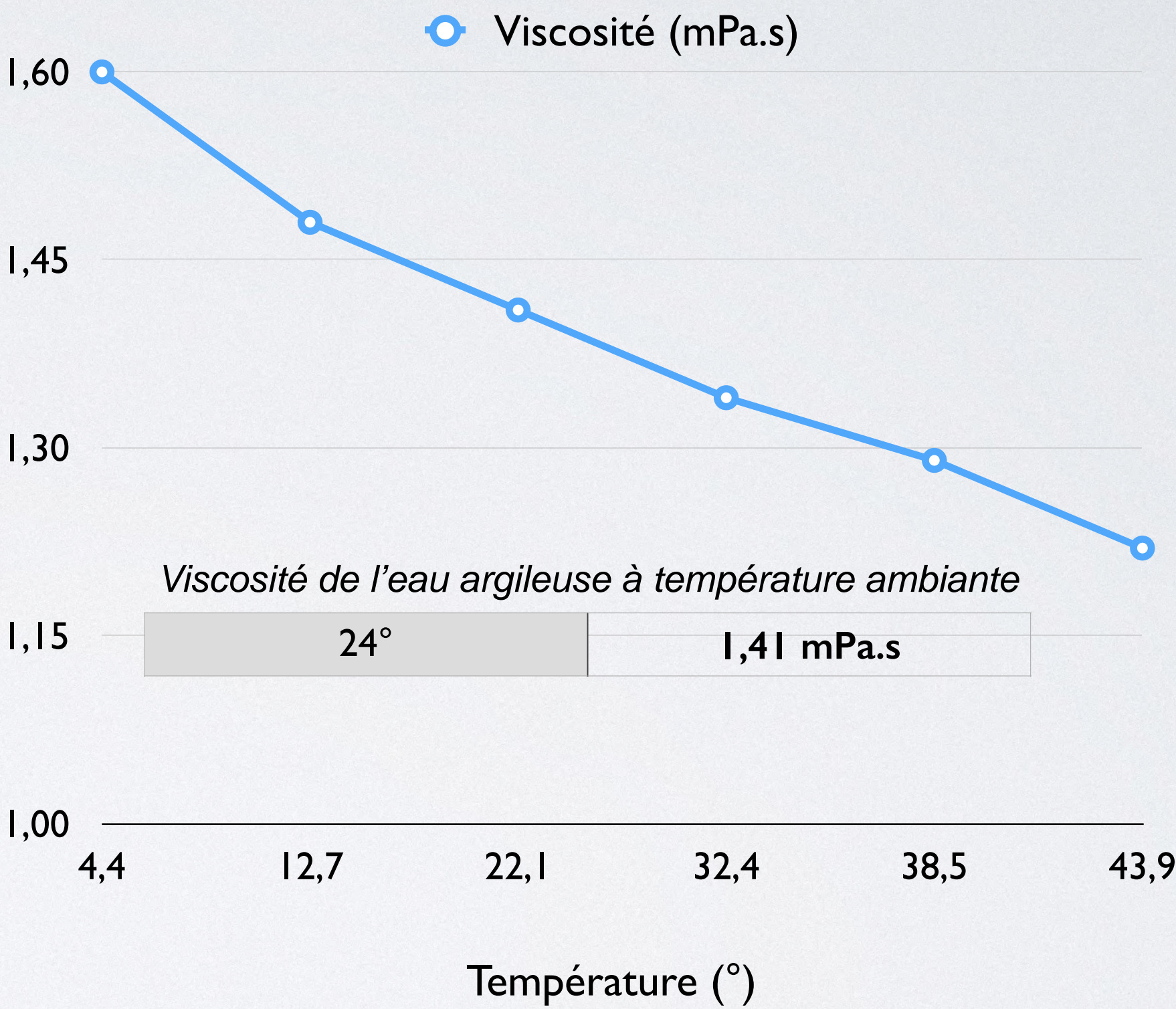
Bain thermostaté

Thermomètre

Mesure de la viscosité en fonction de la température

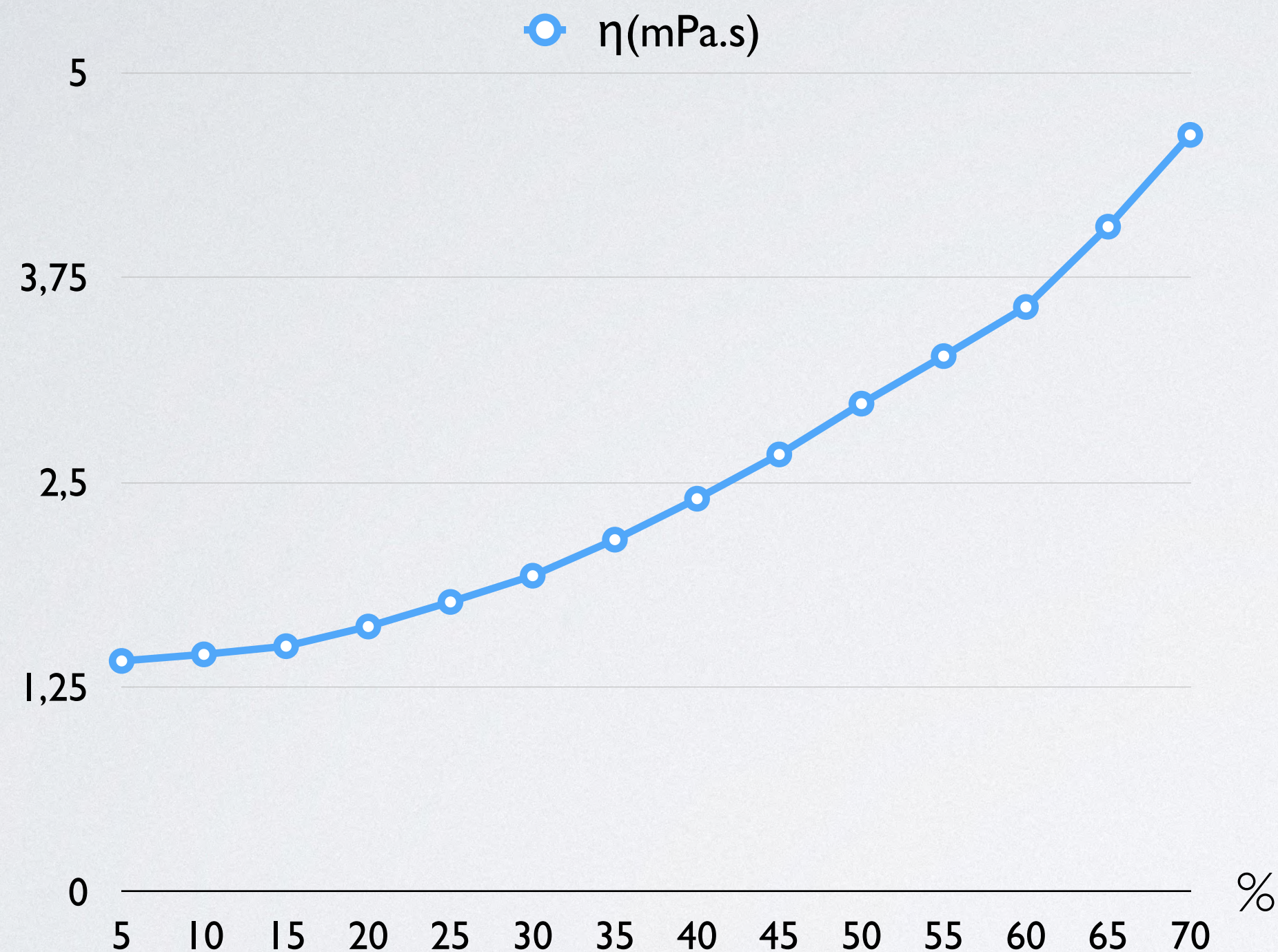


Variation de la viscosité de l'eau en fonction de la température



Variation de la viscosité de l'eau argileuse à 5% en fonction de la température

Mesure de la viscosité en fonction de la concentration



Variation de la viscosité de l'eau argileuse en fonction de la concentration en argile

Calcul du nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{\rho UL}{\eta} = \frac{\rho \left(\frac{Dv}{S} \right) d_{buse}}{\eta}$$

$$\begin{aligned} \rho &= 1041,9 \text{ kg.m}^{-3} \\ D_v &= 9,72.10^{-6} \text{ m}^3.\text{s}^{-1} \\ r_{buse} &= 7,5.10^{-4} \text{ m} \\ S &= \pi r_{buse}^2 \\ \eta &= 1,41 \text{ mPa.s} \end{aligned}$$

Pour l'eau argileuse à 5% à température ambiante :

$$Re = 6,1.10^3$$

Un fluide newtonien ?

La viscosité dynamique η est liée à la contrainte de cisaillement τ et au gradient de vitesse $\dot{\gamma}$ par :

$$\eta = \tau / \dot{\gamma}$$

Modèle rhéologique de Herschel-Bulkey :

$$\tau = \tau_0 + K \cdot \dot{\gamma}^n$$

Si $\tau_0 = 0$ et $n \neq 0$: Modèle d'Ostwald

Si $\tau_0 \neq 0$ et $n = 1$: Modèle de Bingham

Modèle d'Ostwald :

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n$$

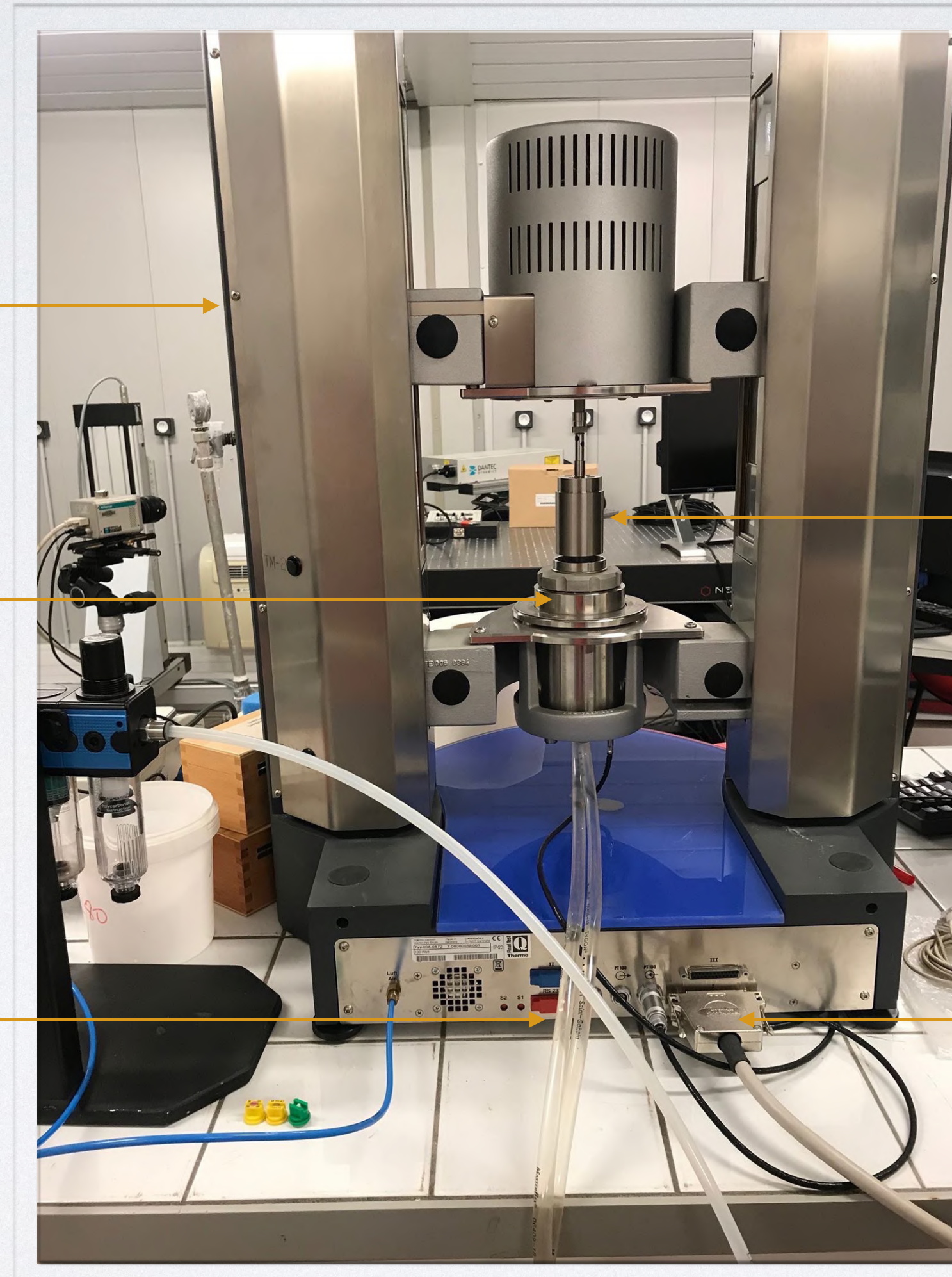
- $n > 1$ le fluide a un comportement rhéoépaississant
- $n < 1$ le fluide a un comportement rhéofluidifiant
- $n = 1$ le fluide a un comportement Newtonien

Principe du rhéomètre

Rhéomètre

Fluide à tester

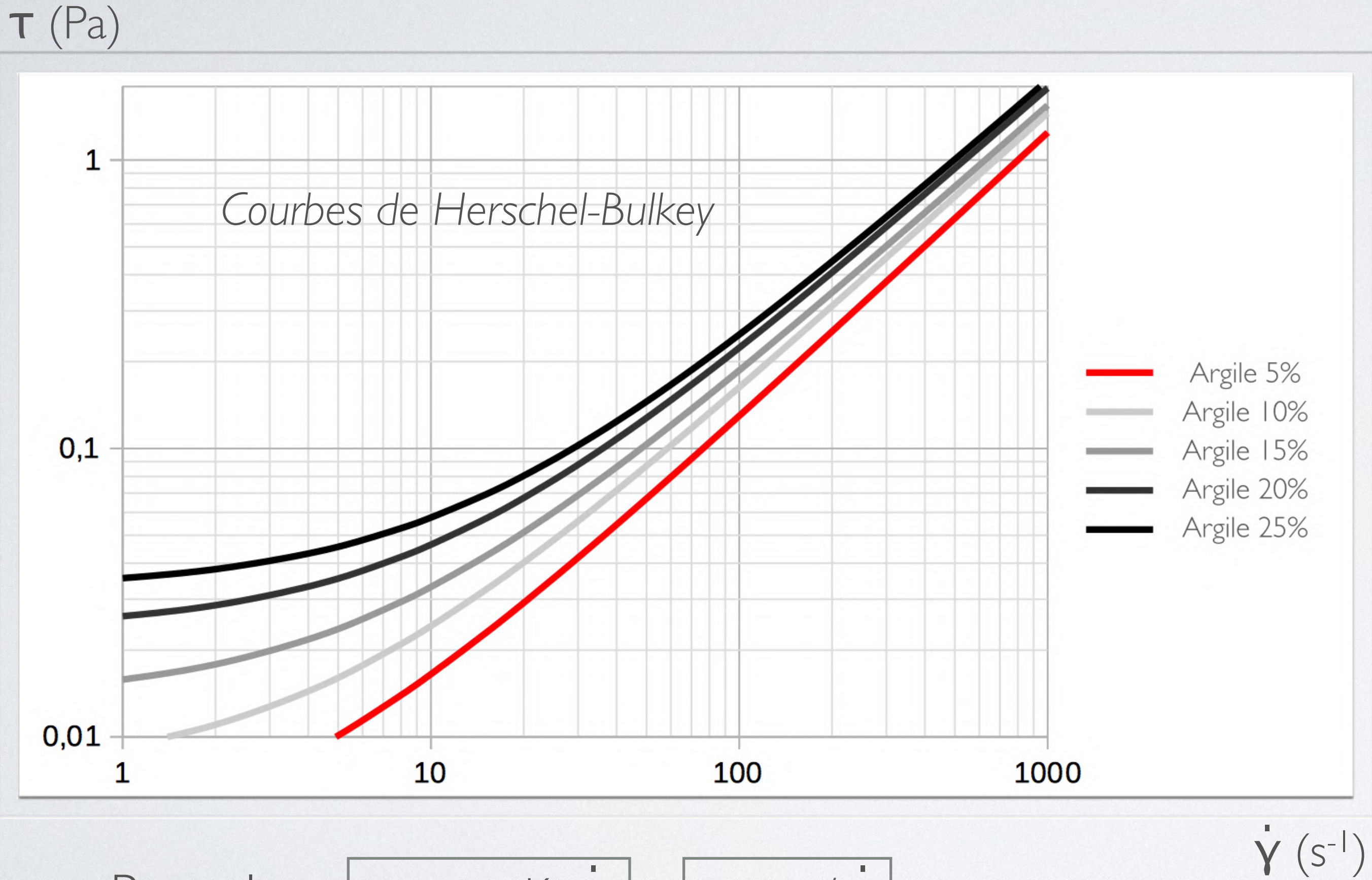
Arrivée d'eau
pour une
température
homogène



Mobile utilisé

Câble connecté à
l'ordinateur

Un fluide newtonien ?



| Concentration | K | n | τ_0 (Pa) | η (mPa.s) | $10^{-3} Re$ |
|---------------|--------|--------|---------------|----------------|--------------|
| 5 % | 0,0013 | 0,9934 | 0,0037 | 1,24 | 6,9 |
| 10 % | 0,0018 | 0,9684 | 0,0075 | 1,45 | 5,9 |
| 15 % | 0,0022 | 0,9478 | 0,0136 | 1,55 | 5,5 |
| 20 % | 0,0026 | 0,9429 | 0,0236 | 1,78 | 4,8 |
| 25 % | 0,0029 | 0,9357 | 0,0326 | 1,89 | 4,5 |

Faibles concentrations : \rightarrow **Fluide newtonien**

Fortes concentrations : \rightarrow **Fluide rhéofluidifiant**

Rappels : $\tau = \tau_0 + K \cdot \dot{\gamma}^n$ $\eta = \tau / \dot{\gamma}$

Mesure de la tension superficielle

Méthode de pesée de gouttes par la loi de Tate :

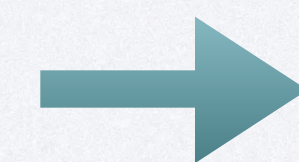
$$m = \frac{2\pi r_{\text{capillaire}} \gamma}{g} \quad \text{avec :} \quad r_{\text{capillaire}} = 0,7 \text{ mm} \\ g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$$

En répétant 10 fois l'expérience pour 100 gouttes :

$$m = (2,73 \pm 0,027) \cdot 10^{-5} \text{ kg}$$

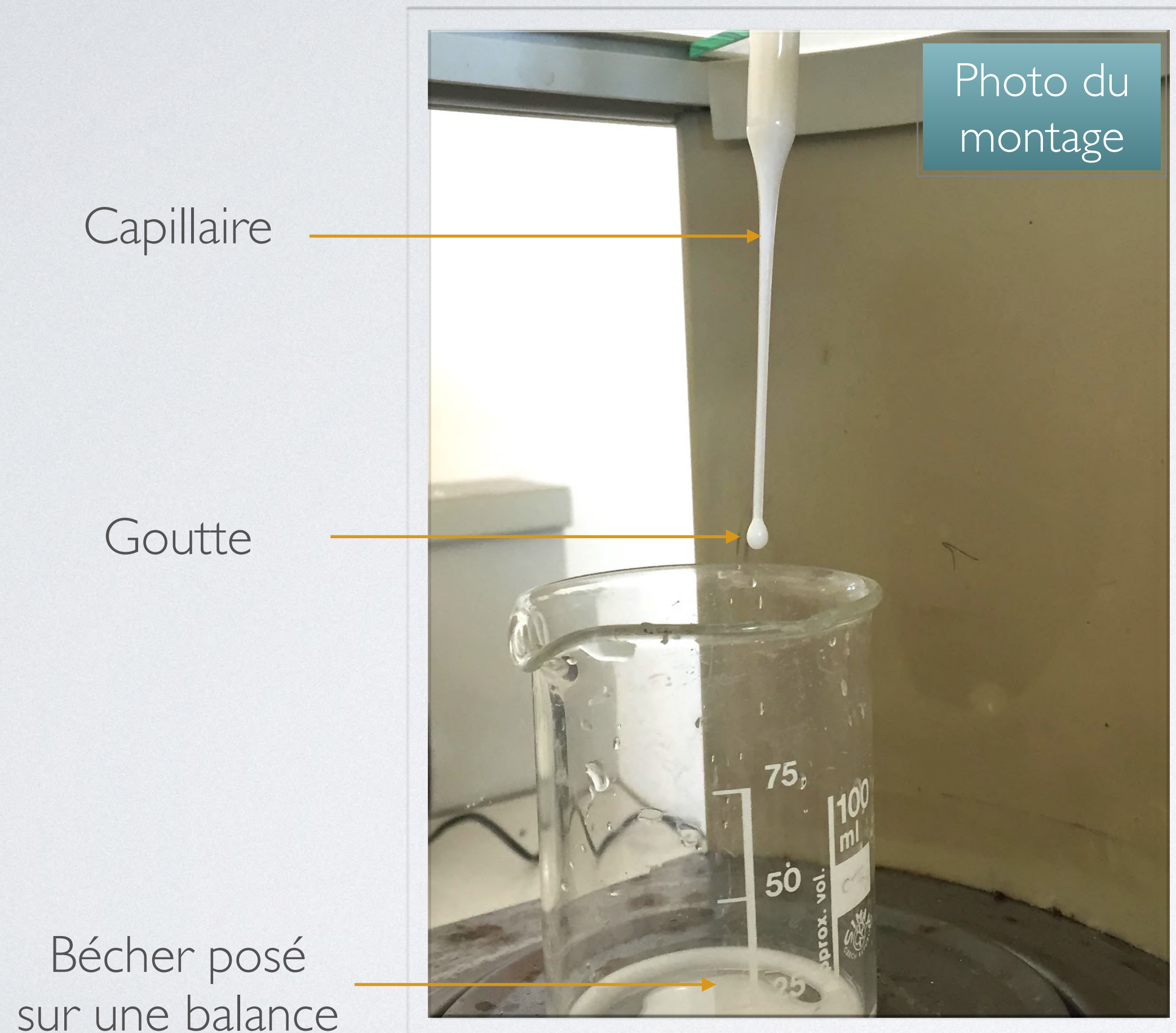
$$\gamma = (6,08 \pm 0,06) \cdot 10^{-2} \text{ N.m}^{-1}$$

Nombre de Weber : $W_e = \frac{\rho U^2 d_{\text{buse}}}{\gamma}$ avec γ la tension superficielle

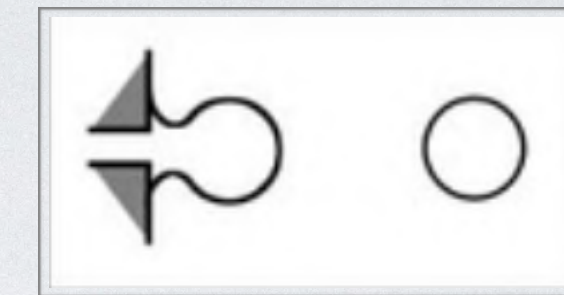
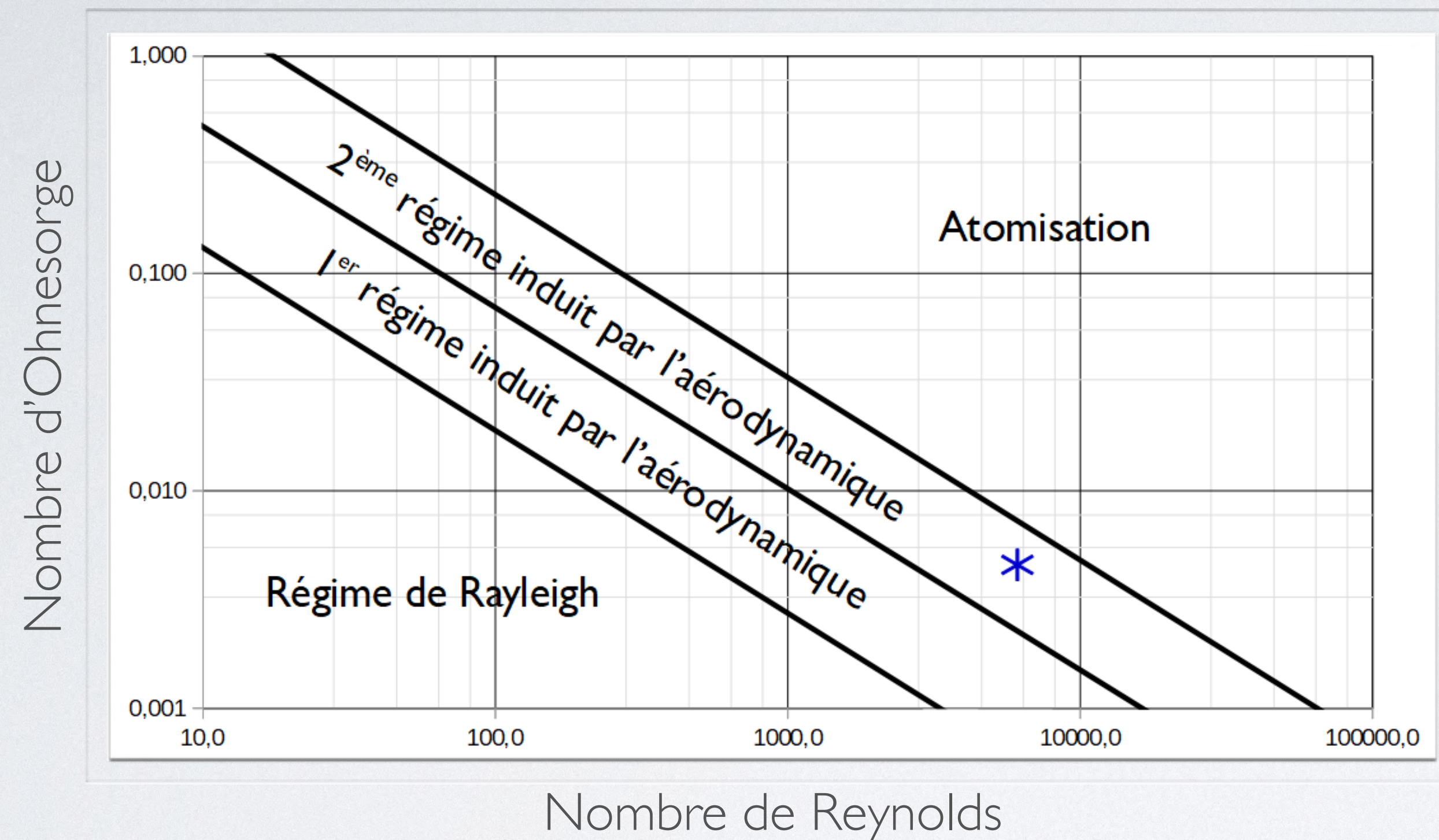


$$W_e = \frac{\rho \left(\frac{D_v}{S} \right)^2 d_{\text{buse}}}{\gamma}$$

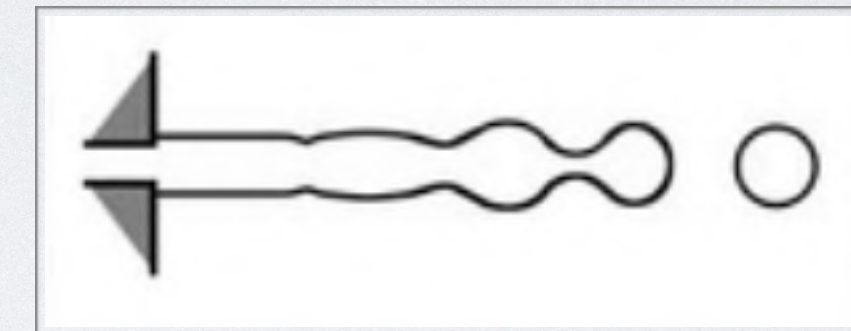
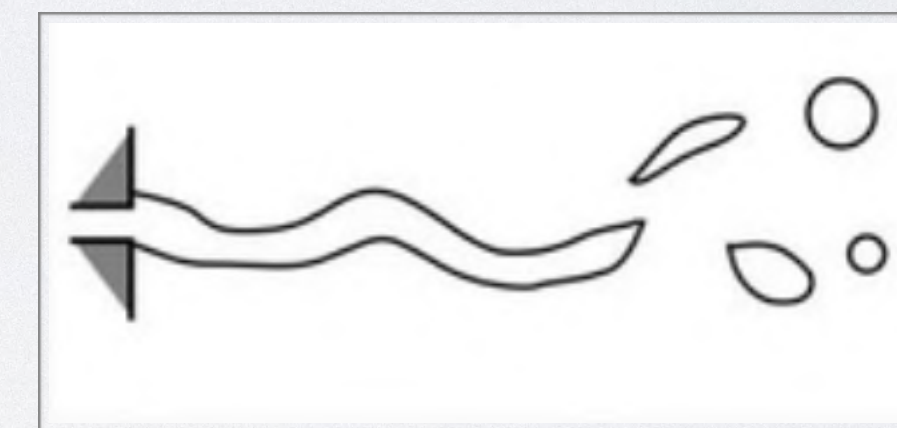
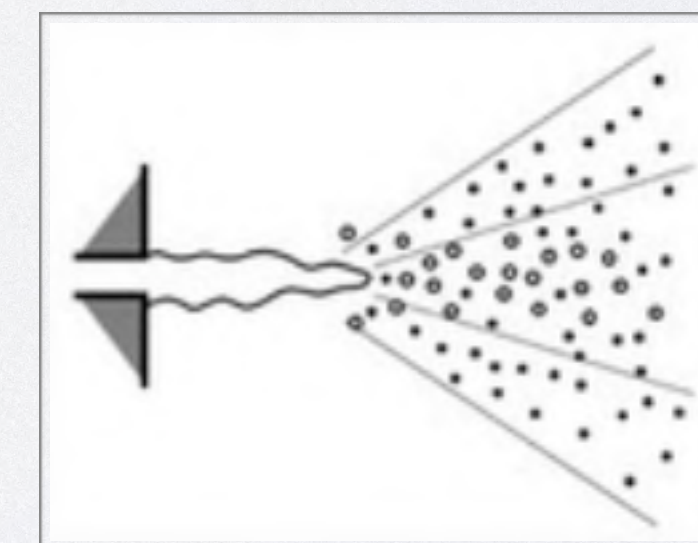
$$W_e = 780$$



Établissement du régime d'atomisation



Rayleigh

1^{er} régime2^{ème} régime

Atomisation

Nombre d'Ohnesorge :

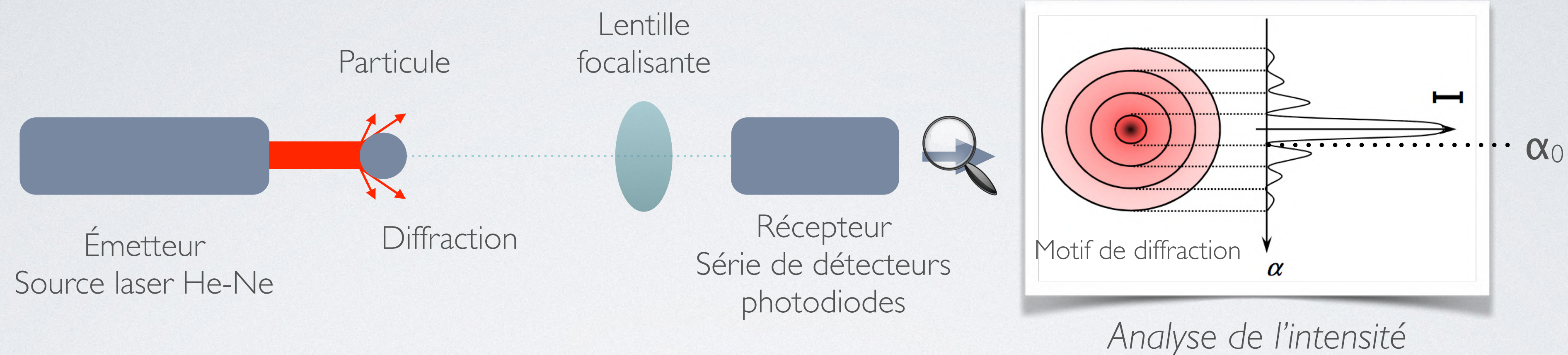
$$O_h = \frac{\sqrt{W_e}}{R_e}$$

$$O_h = 4,0 \cdot 10^{-3}$$

Principe du granulomètre



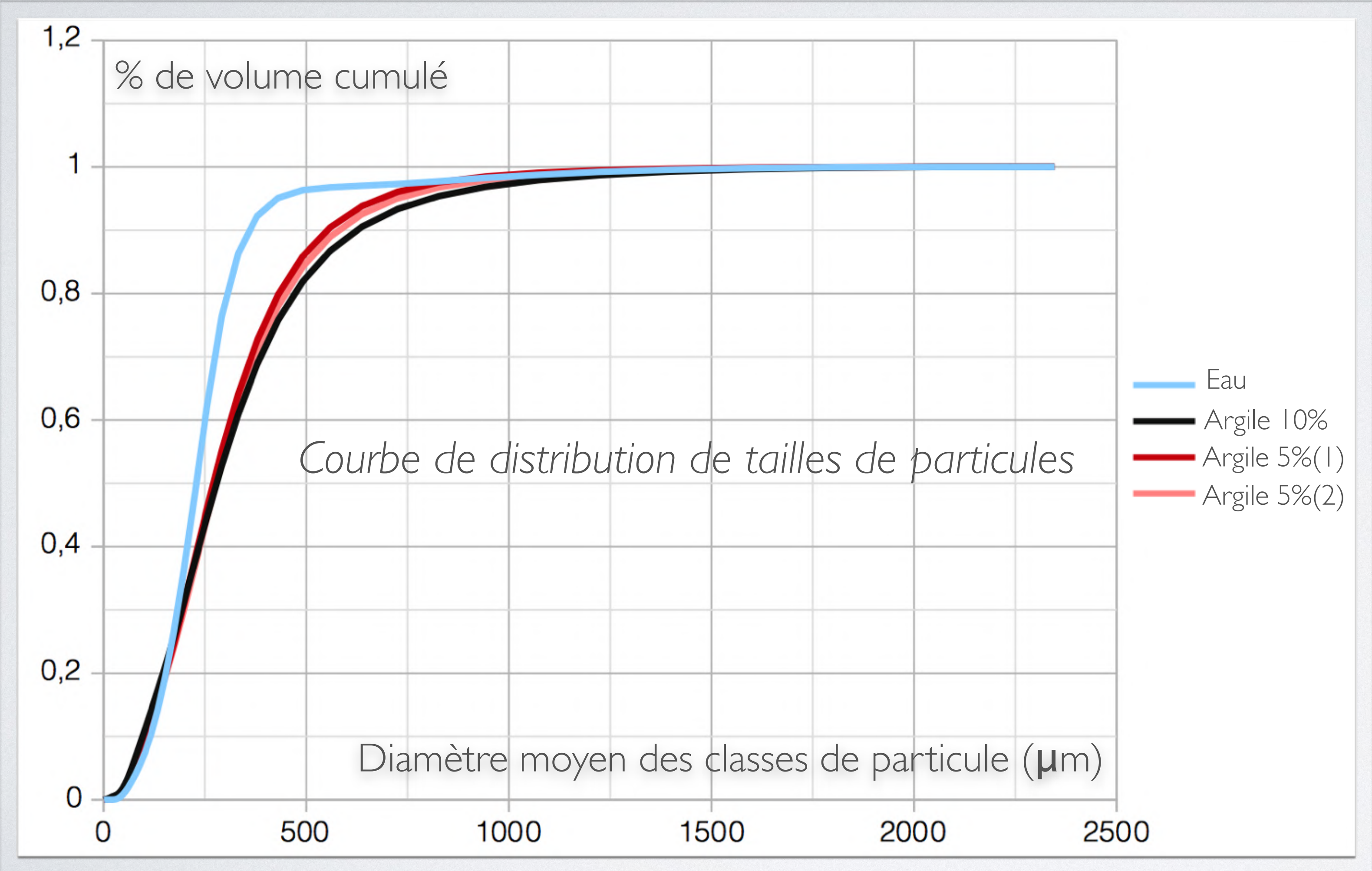
Principe de la diffraction laser

Théorie de Fraunhofer

- Particules sphériques et opaques
- $D_{\text{particule}} > \lambda$ avec $\lambda_{\text{He-Ne}} = 632,8 \text{ nm}$ (à vérifier)
- Particules éloignées et mouvements aléatoires
- Efficacité de diffraction identique, \forall taille
- Motif de diffraction ci-dessus

Selon la théorie de Fraunhofer, l'intensité du rayonnement diffracté est une fonction du rayon des particules. L'angle de diffraction, défini par le premier point d'annulation, est d'autant plus grand que les particules sont petites

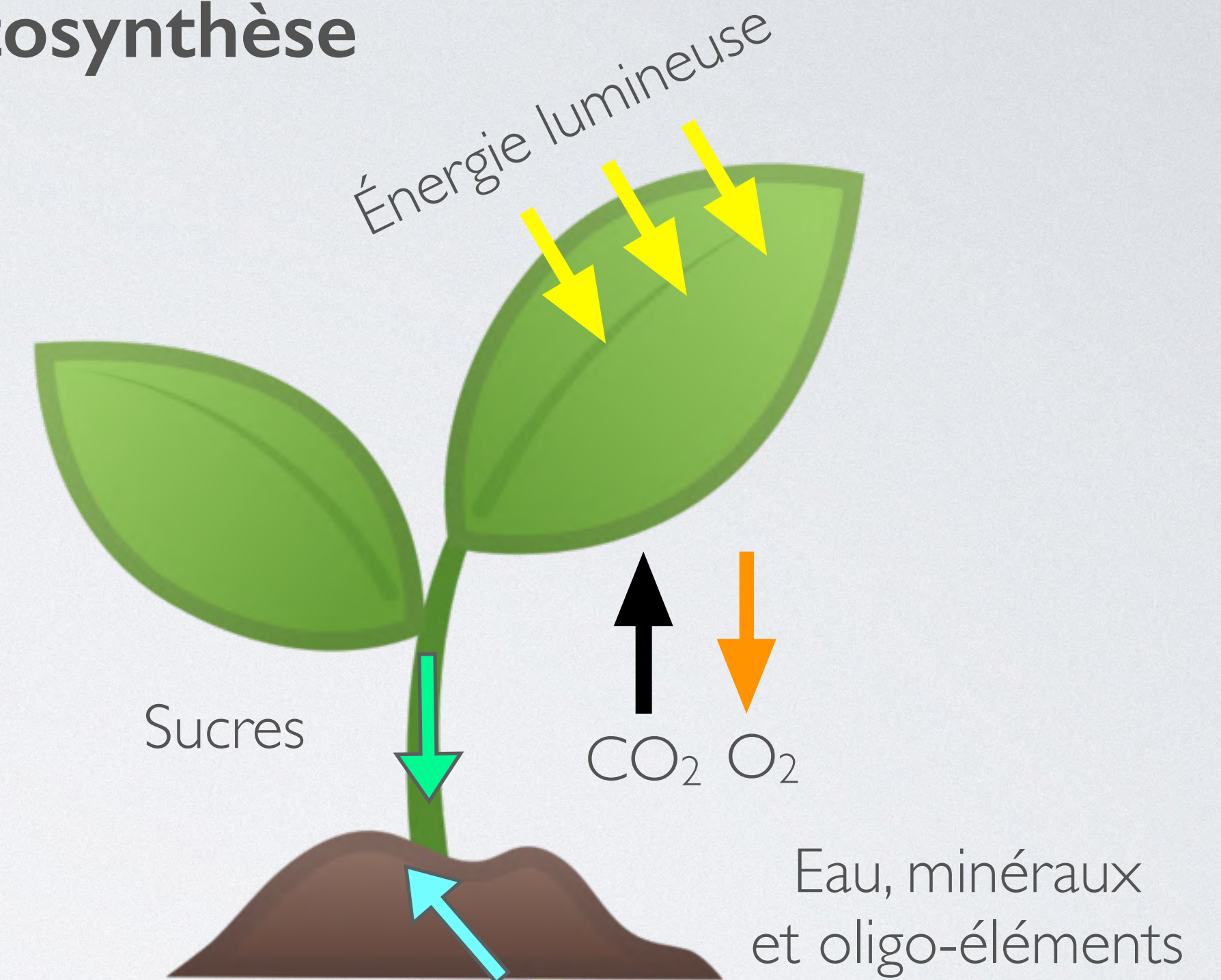
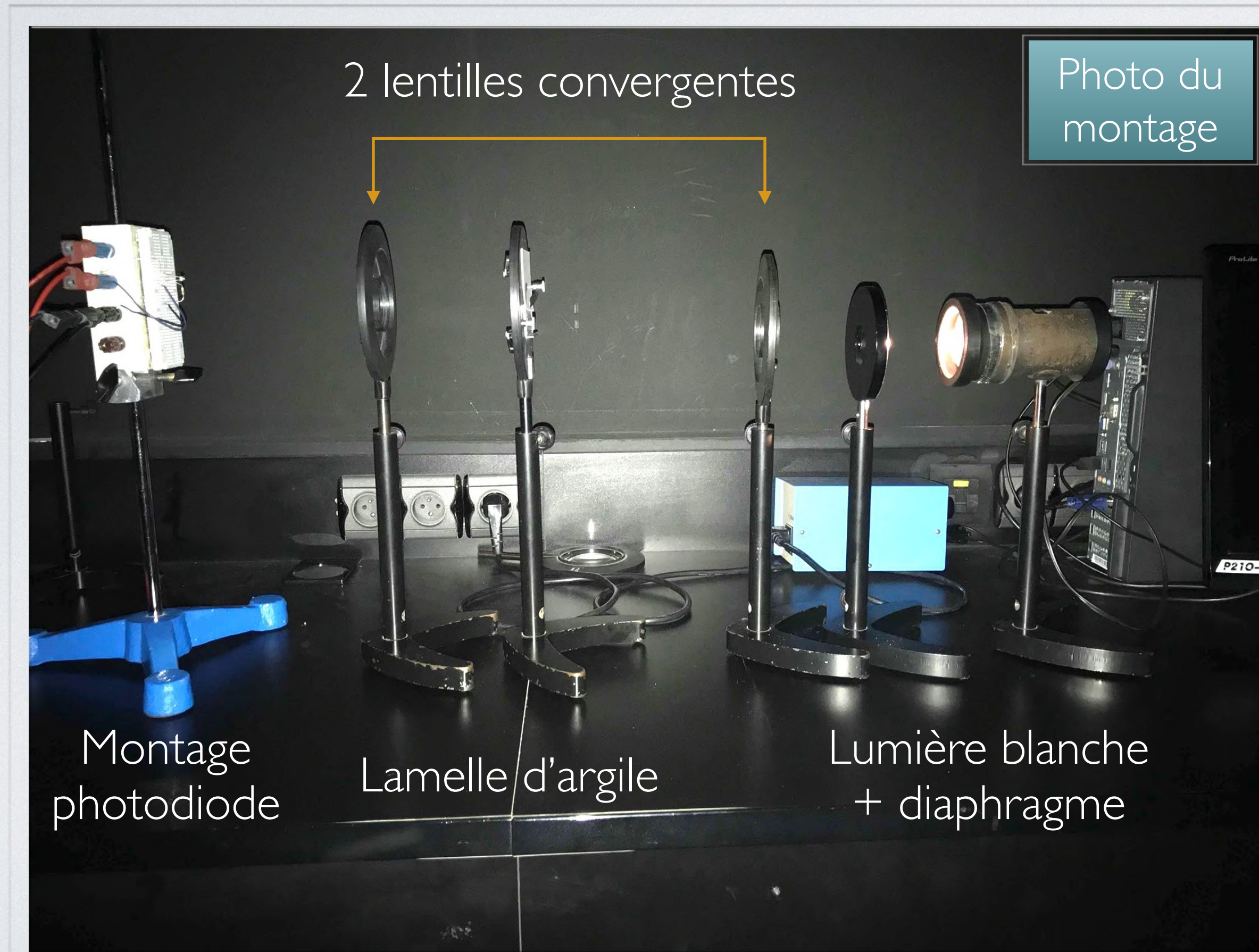
Mesure du diamètre des particules



| | Dv50 (μm) |
|---------------|-----------|
| Eau | 283,6 |
| Argile 5% | 290,5 |
| Argile 5% (2) | 288,3 |
| Argile 10% | 315,2 |

100 μm < Diamètre optimal < 350 μm
Diamètre idéal : 220 μm

Impact direct sur la photosynthèse



Sans la lamelle d'argile → **100 mLux**

Avec la lamelle d'argile (non homogène) → **Entre 50 mLux et 70 mLux**

Impact sur l'acidité des sols

Le mélange eau-argile : une solution tampon désacidifiant les sols ?

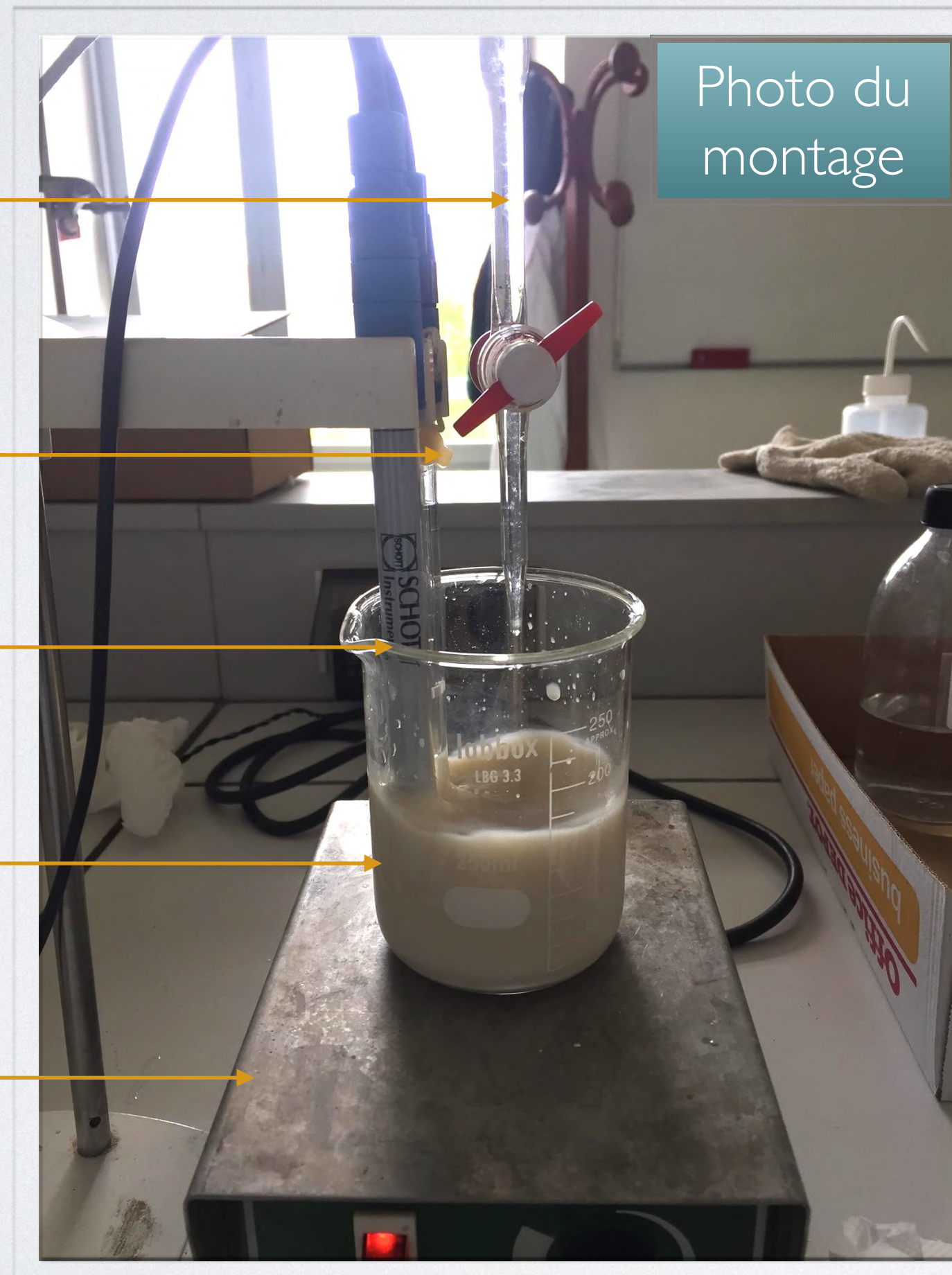
Burette graduée
avec HCl

Électrode de
verre

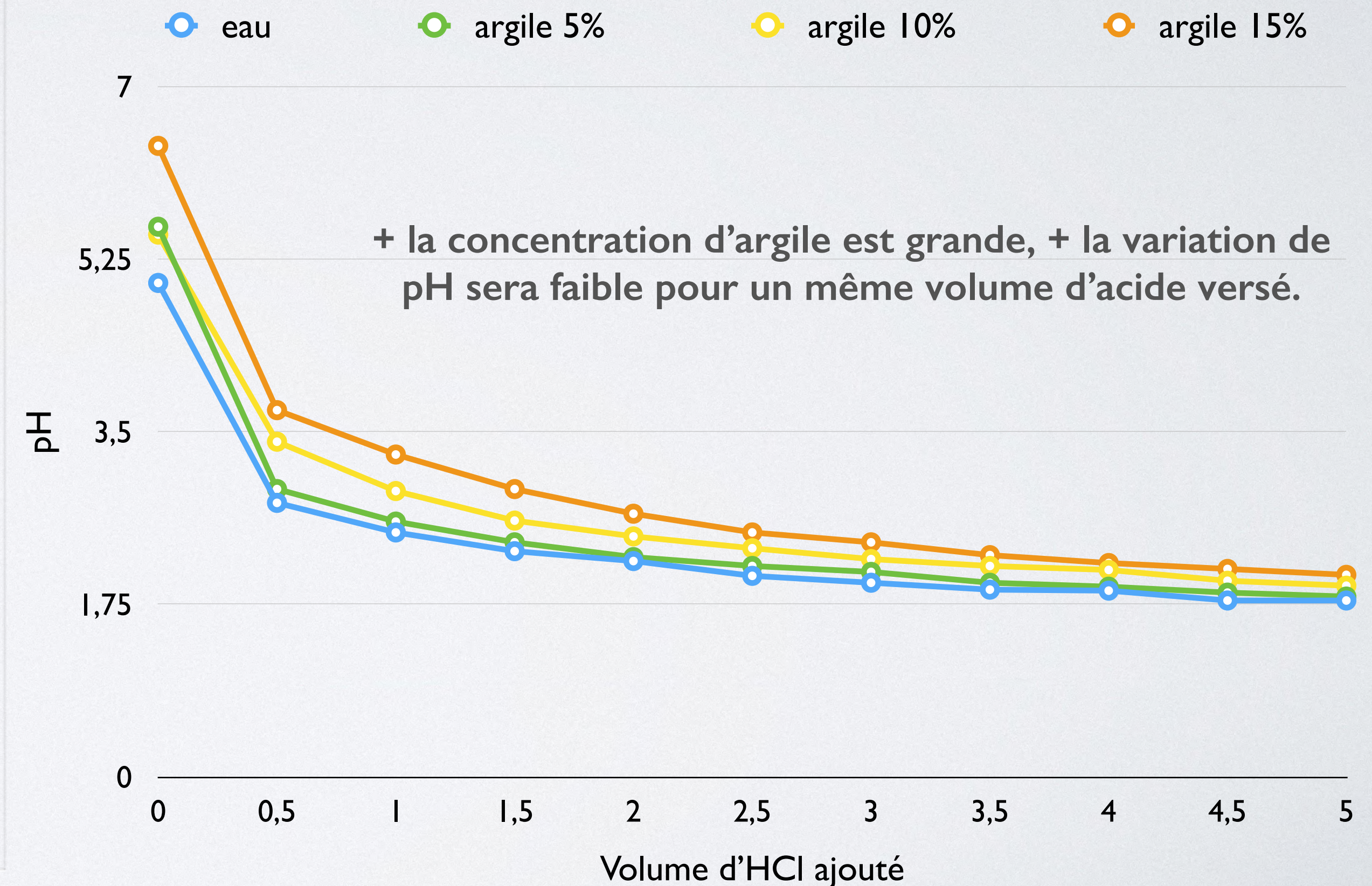
Électrode de
référence

Bécher avec
la solution argileuse

Agitateur magnétique



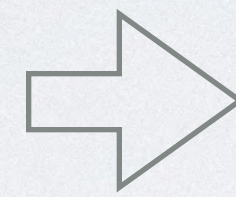
Mesure de la variation du pH lors de l'ajout
d'une solution d'HCl de concentration $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$



CONCLUSION

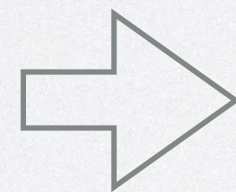
Réponse à la problématique

Viscosimètre,
pesée de gouttes
et rhéomètre



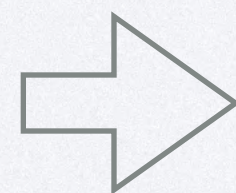
Fluide newtonien (argile 5%) devenant
un peu rhéofluidifiant
Limitations au niveau de $\dot{\gamma}_{\max} \ll 10^5 \text{ s}^{-1}$
2^{ème} régime induit

Granulomètre



$100 \mu\text{m} < \text{Taille de gouttes (5\%)} < 350 \mu\text{m}$
Dérive et ruissellement \pm évité
Limitations par rapport à la sédimentation
de l'argile : concentration non constante

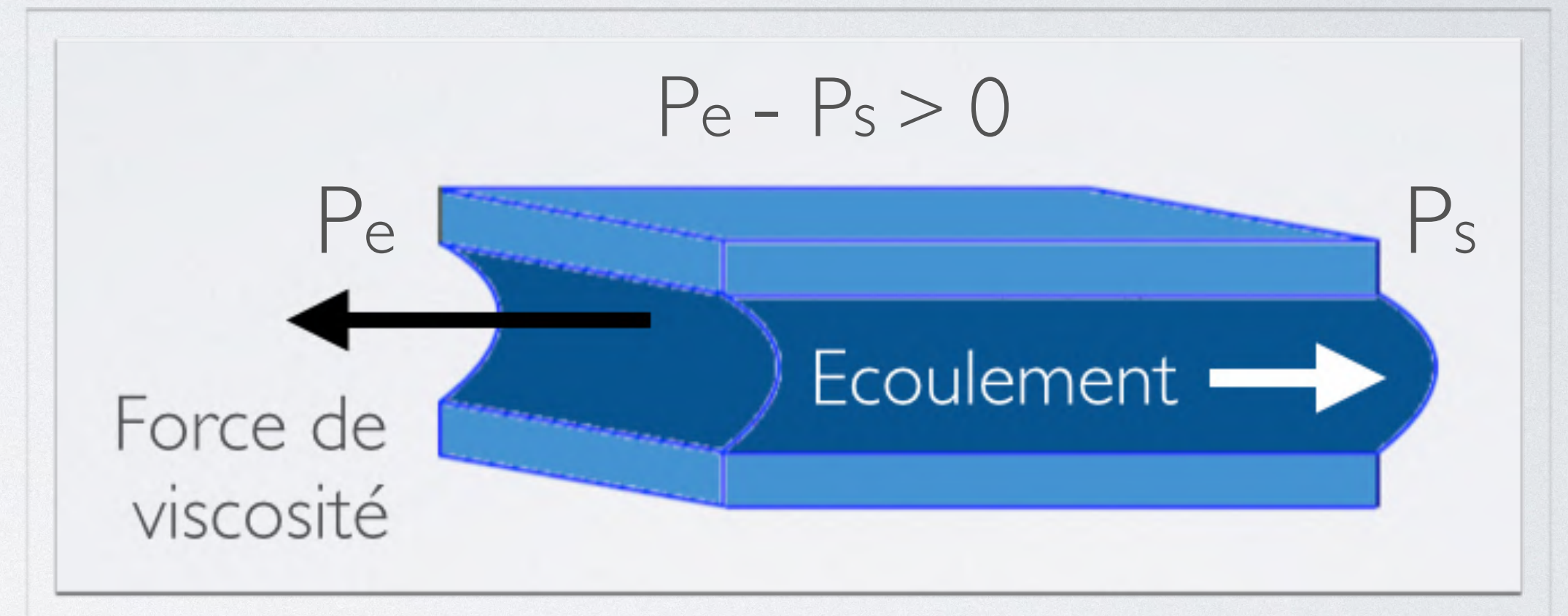
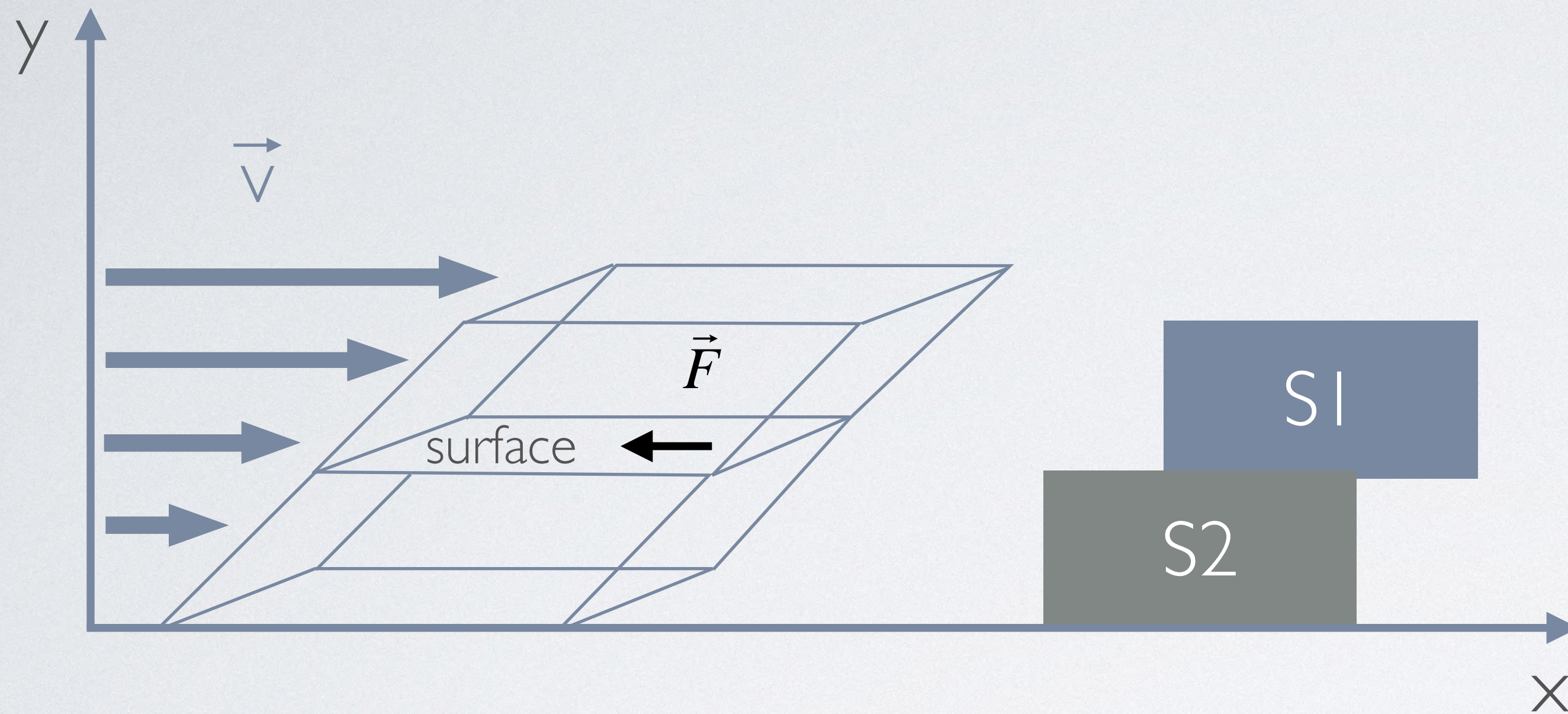
Optique, titrage



Impact plutôt positif pour la
photosynthèse surtout au niveau
de la désacidification des sols

ANNEXES

Notion de viscosité

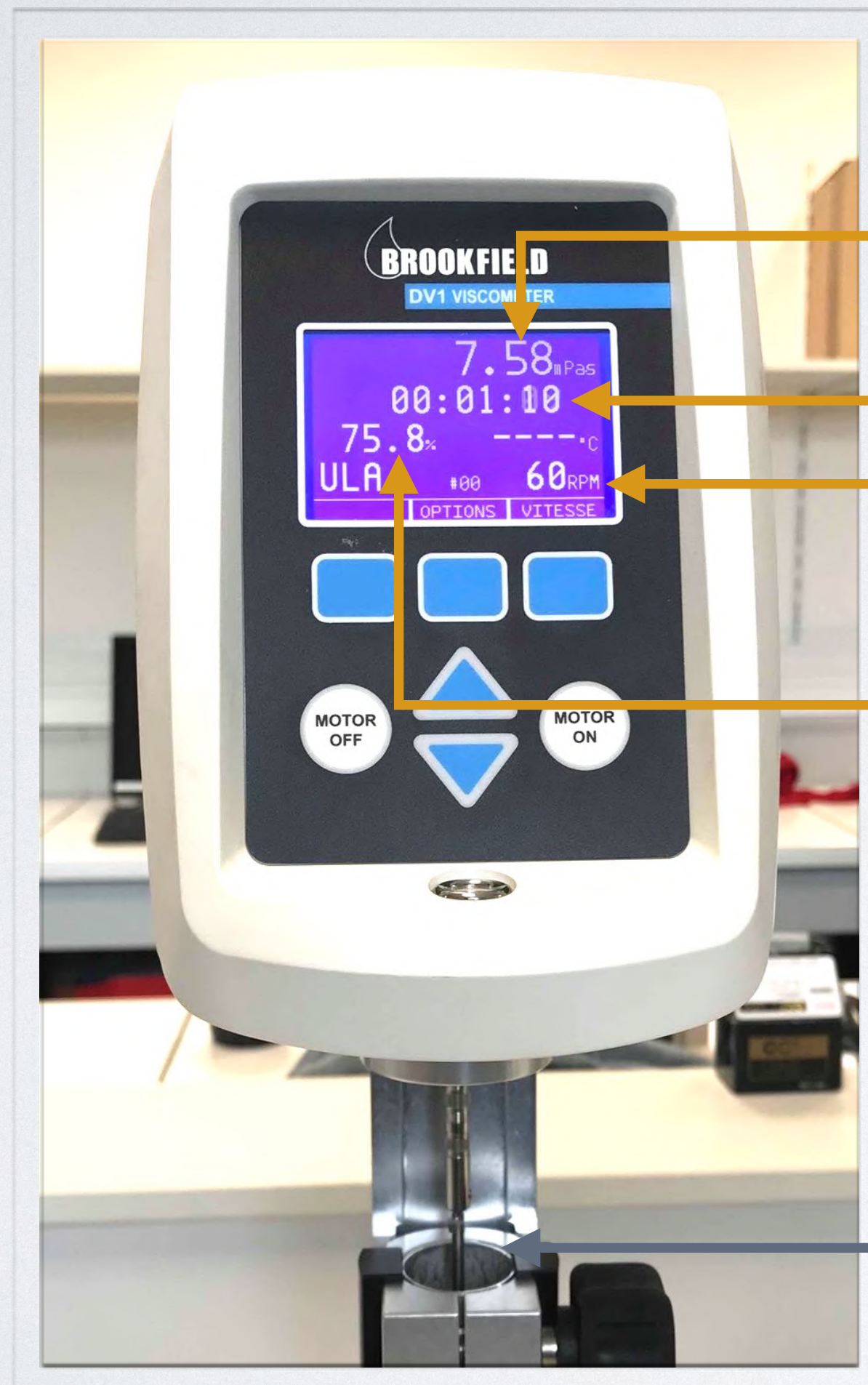


Pour un fluide newtonien :

$$d\vec{F} = \eta \frac{dv_x}{dy} S \vec{u}_x$$

ANNEXES

Compléments sur le viscosimètre



Viscosité (mPa.s)

Temps d'acquisition (min)

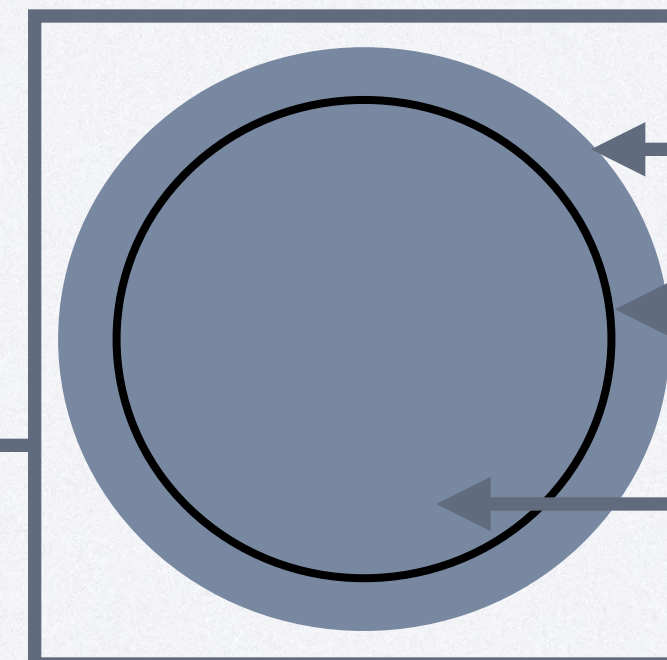
Vitesse de rotation
(tour/min)

Pourcentage du
couple de torsion

Remarques :

- Mesure exploitable
au delà de 10%
du couple de torsion

- Mobile ULA utilisé
pour $\eta < 2$ mPa.s



Cuve

Fluide dont on
cherche la viscosité

Mobile ULA

ANNEXES

Loi de Tate

Méthode de pesée de gouttes

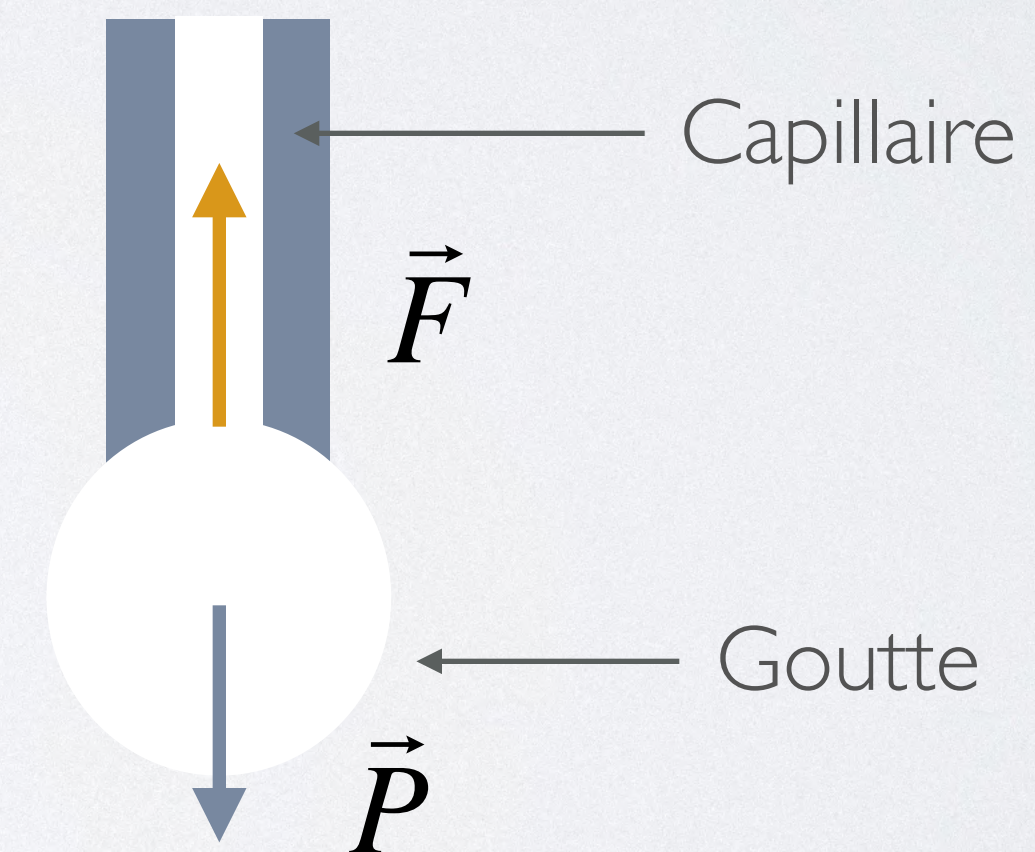
Forces appliquées sur la goutte :

- $P = m_{\text{goutte}}g$ (poids)
- $F = 2\pi r_{\text{capillaire}}\gamma$ (force due à la tension superficielle)

Au moment où la goutte se détache : $P = F$

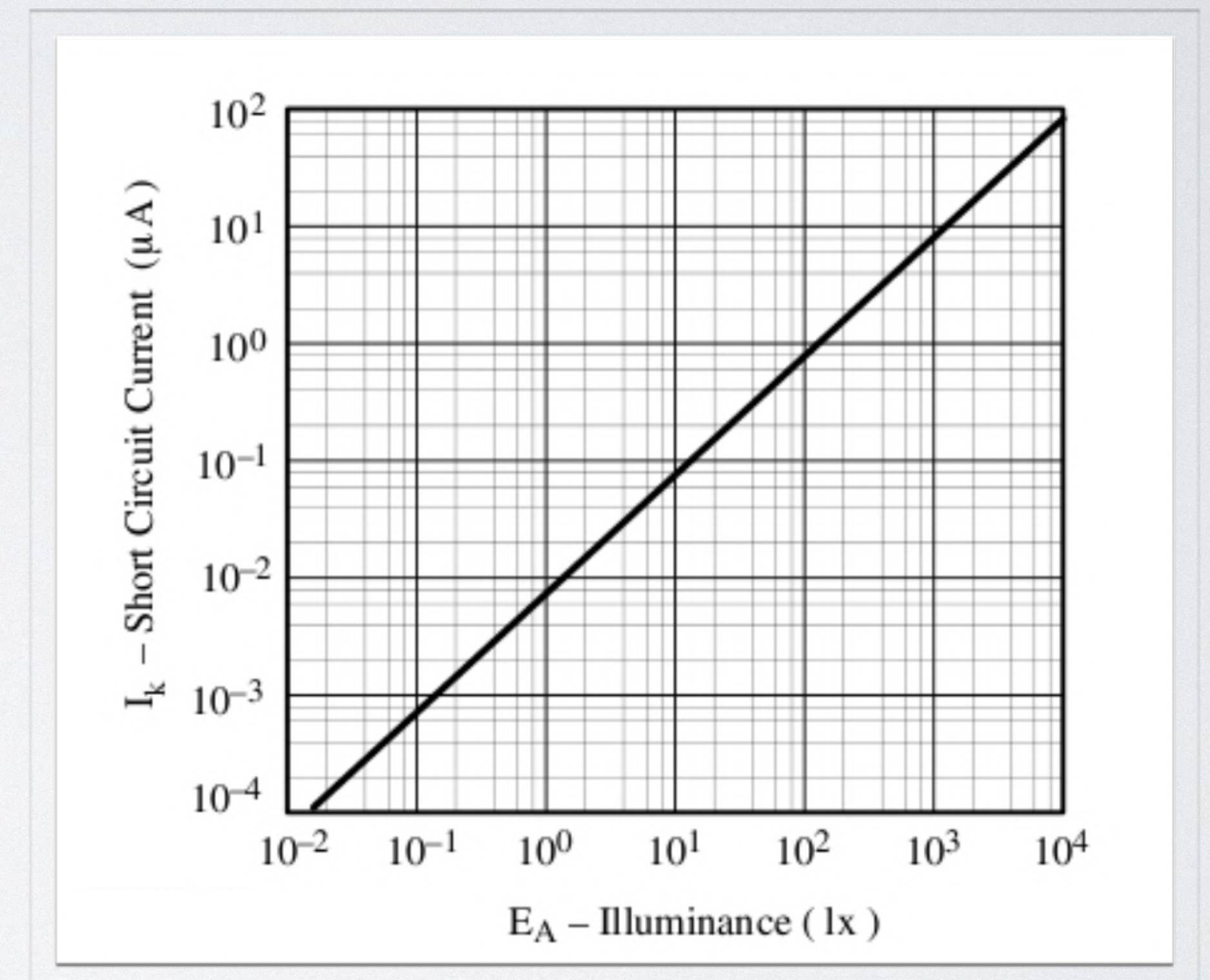
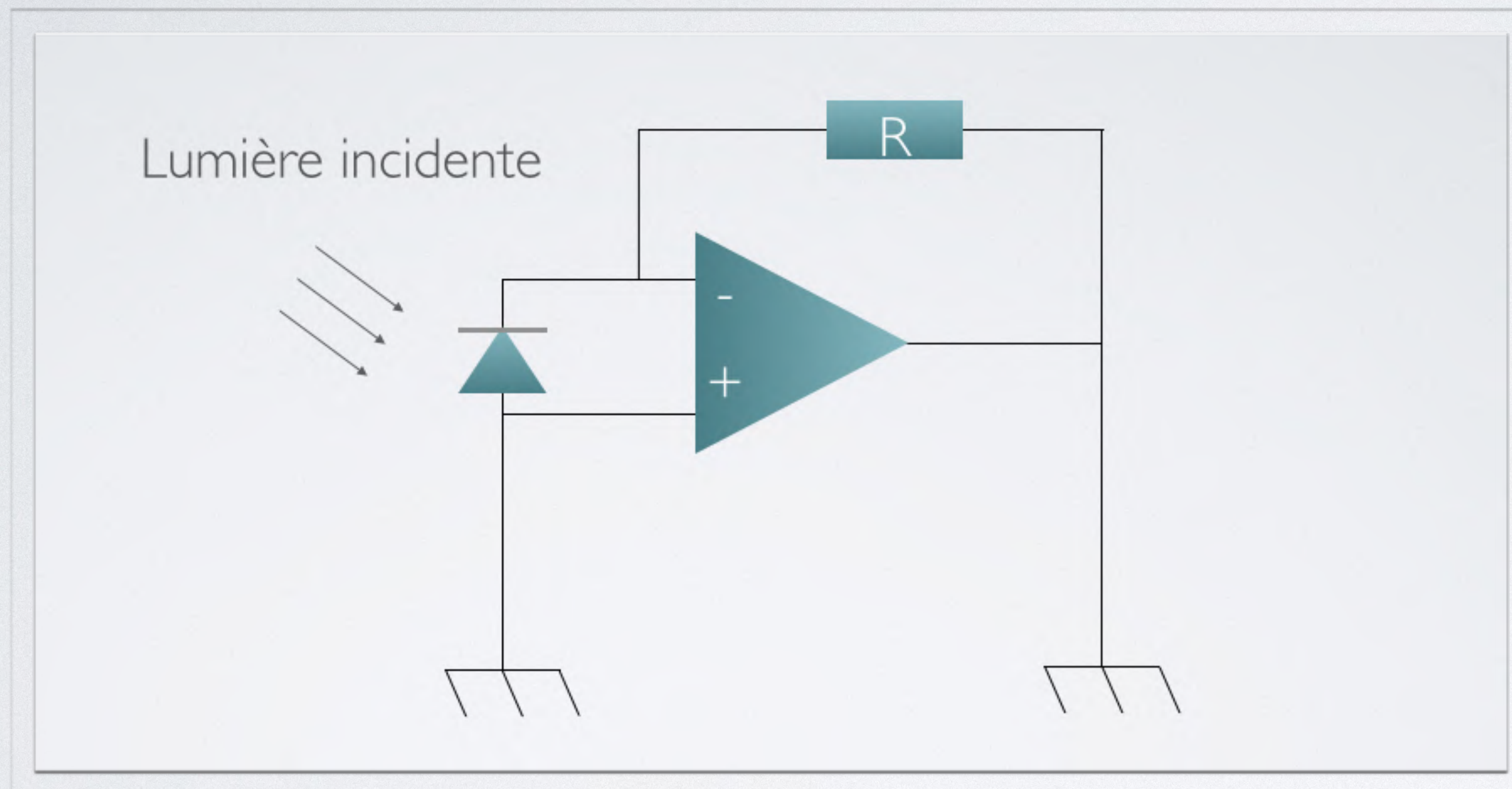
Loi de Tate :

$$m = \frac{2\pi r_{\text{capillaire}}\gamma}{g}$$



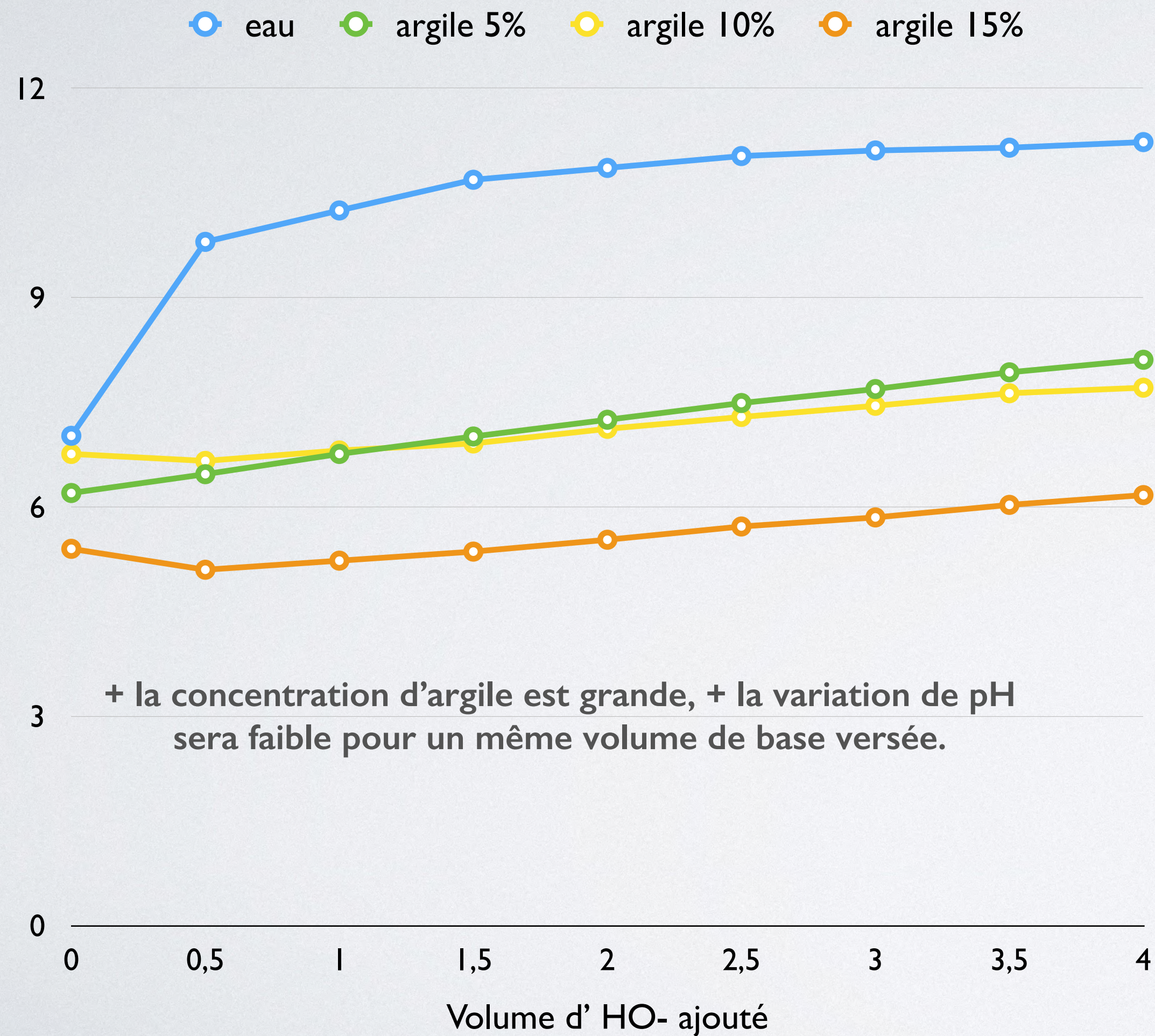
ANNEXES

Montage de la photodiode



ANNEXES

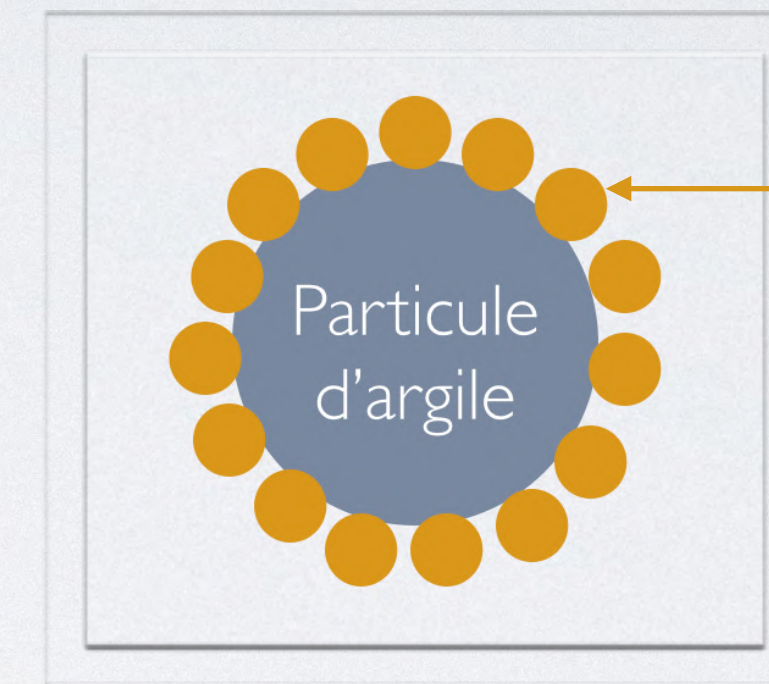
Régulation du pH des sols



Argile :



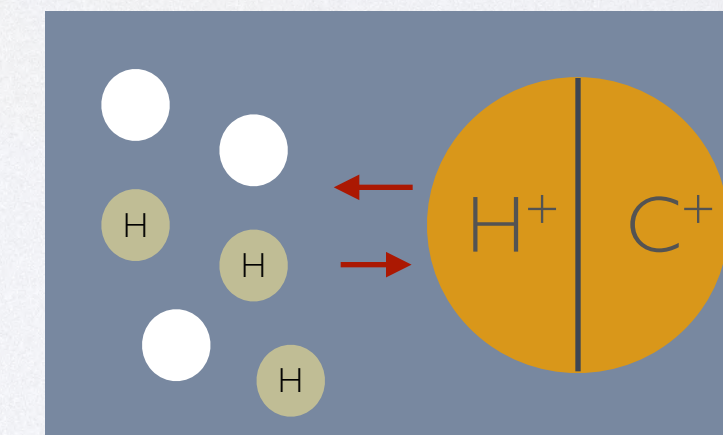
Colloïde négatif :



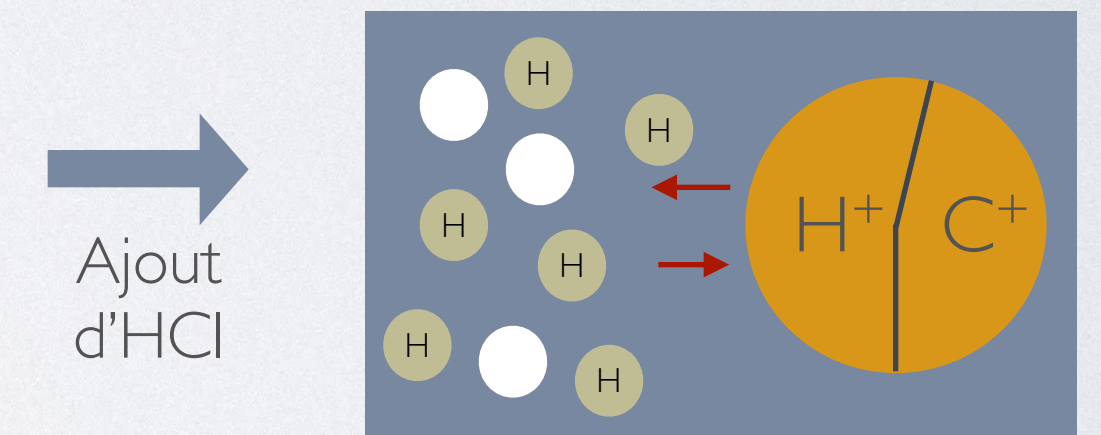
Cations
(ex : Ca^{2+} , K^{+} , ...)

Pouvoir tampon :

Équilibre



Rupture d'équilibre



Établissement d'un nouvel équilibre

