

ENCAPSULATION DES MAREES NOIRES

10429
Rémi MOUSTAMSIK
BILLAH

SOMMAIRE

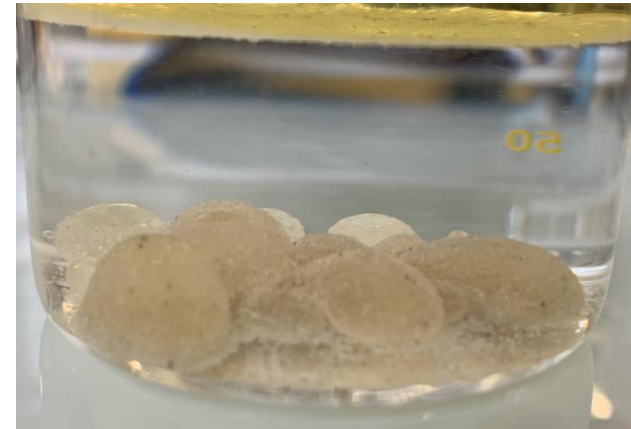
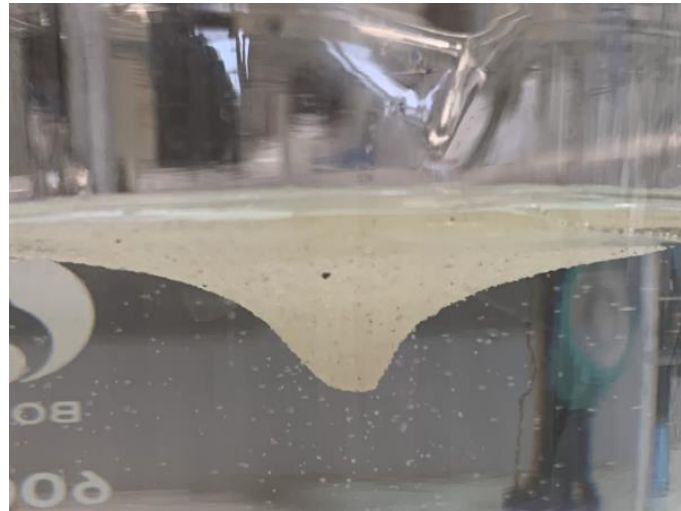
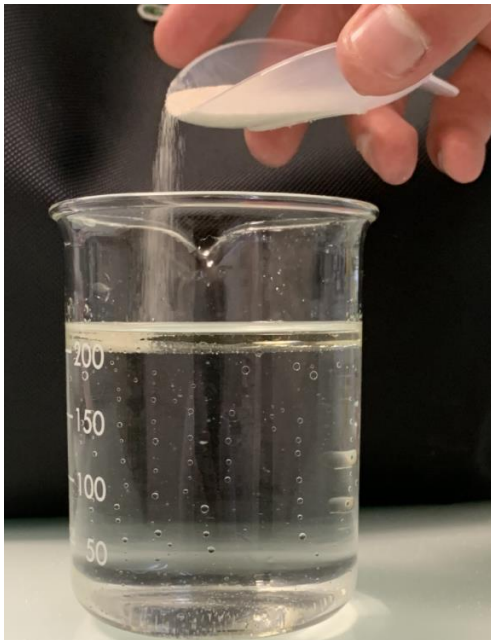
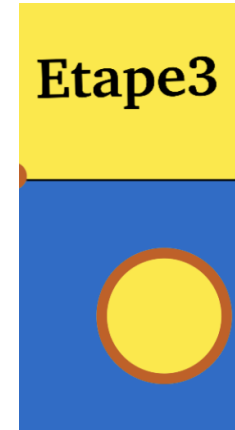
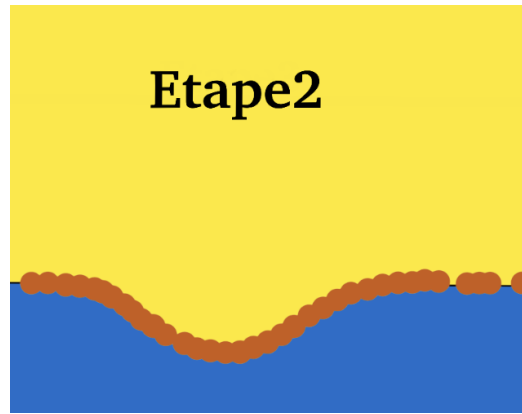
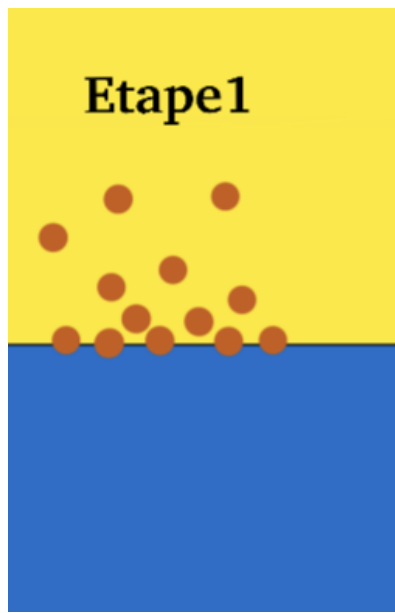
- **A) PRESENTATION**
 - **I) INTRODUCTION**
 - Présentation des marées noires
 - Présentation du phénomène d'encapsulation
 - **II) JUSTIFICATIONS THEORIQUES**
 - Modèle du radeau particulaire
 - Mise en équation
- **B) RECHERCHE DES CONDITIONS OPTIMALES**
 - Présentation des expériences
 - **I) INFLUENCE DU MILIEU**
 - Agitation (vagues)
 - Salinité
 - Effets de bord
 - **II) PARAMETRES EXTERIEURS**
 - Granulométrie
 - Utilisation d'une tige
 - Présence de tensioactifs
- **C) CONCLUSION**

A) PRESENTATION

I) INTRODUCTION

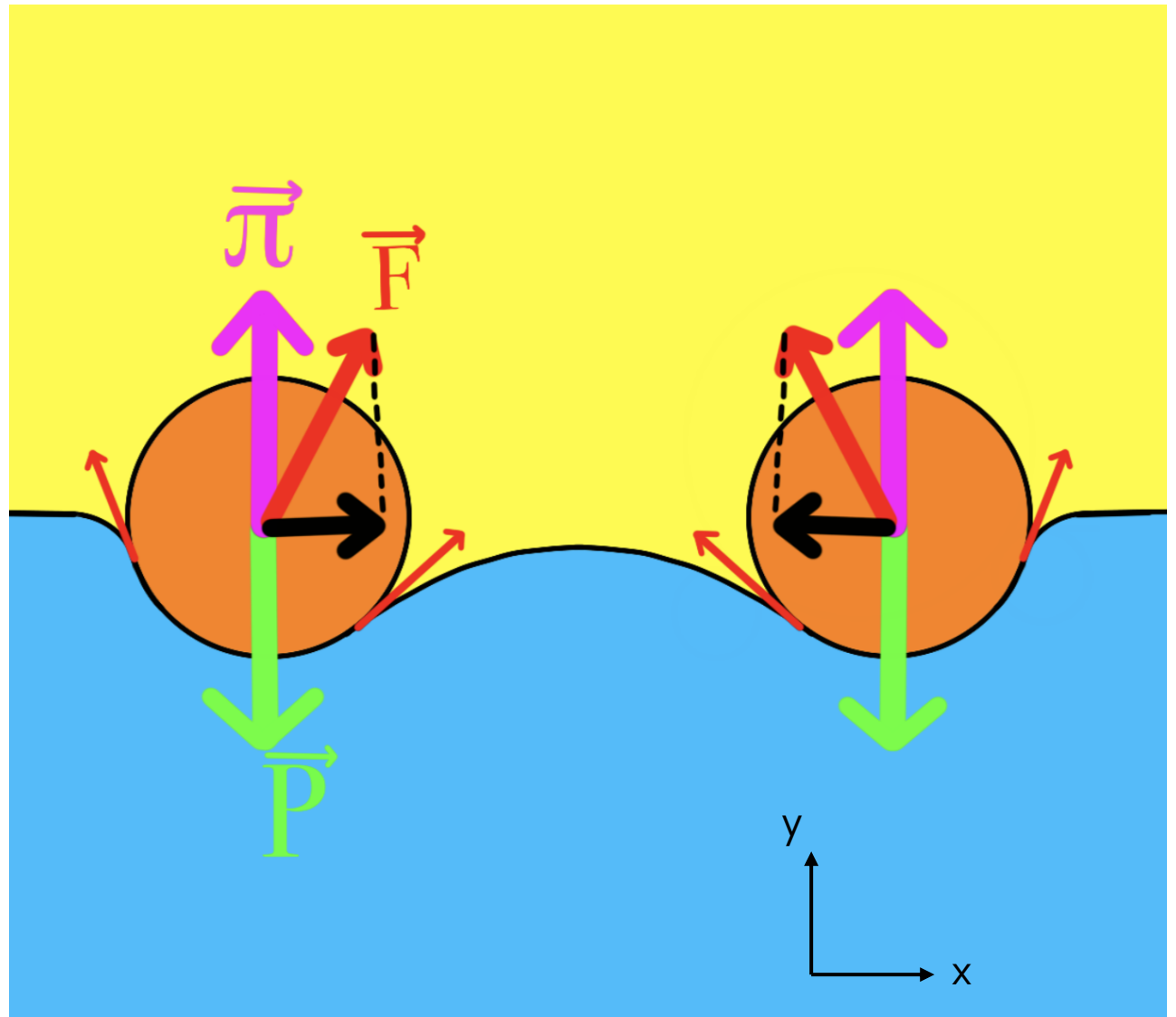
Le Monde, Au Pérou, une marée noire met en péril la flore et la faune



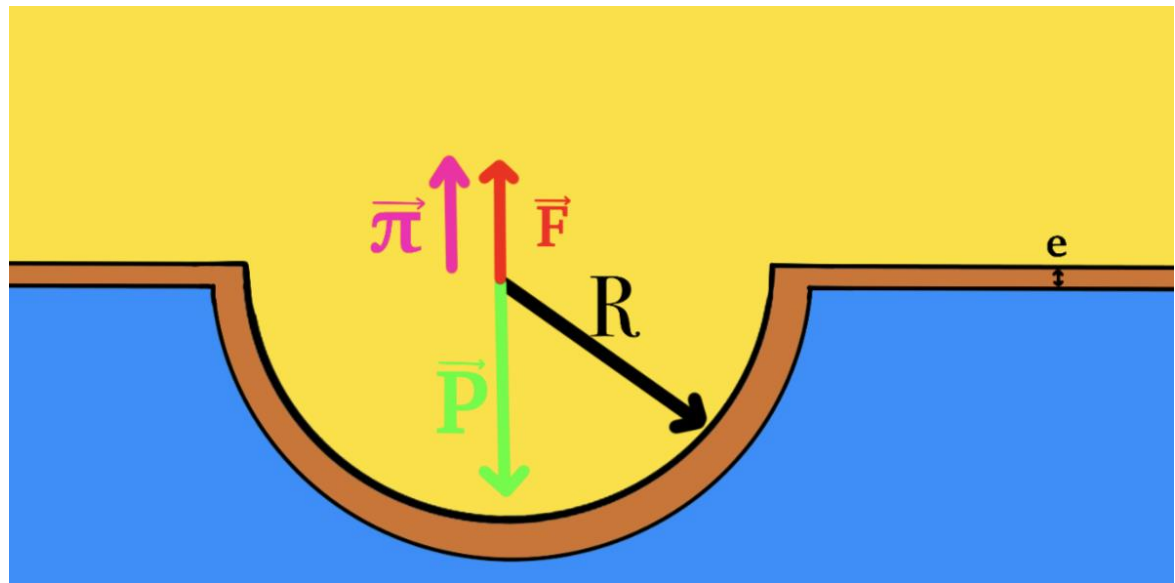


A) PRESENTATION

II) JUSTIFICATIONS THEORIQUES



A) PRESENTATION



On cherche le rayon limite tel que la capsule soit maintenue à la surface:

$$0 = 2\pi g R_c^2 e \rho_s + \frac{2}{3} \pi R_c^3 g (\rho_h - \rho_e) - 2\gamma \pi R_c$$

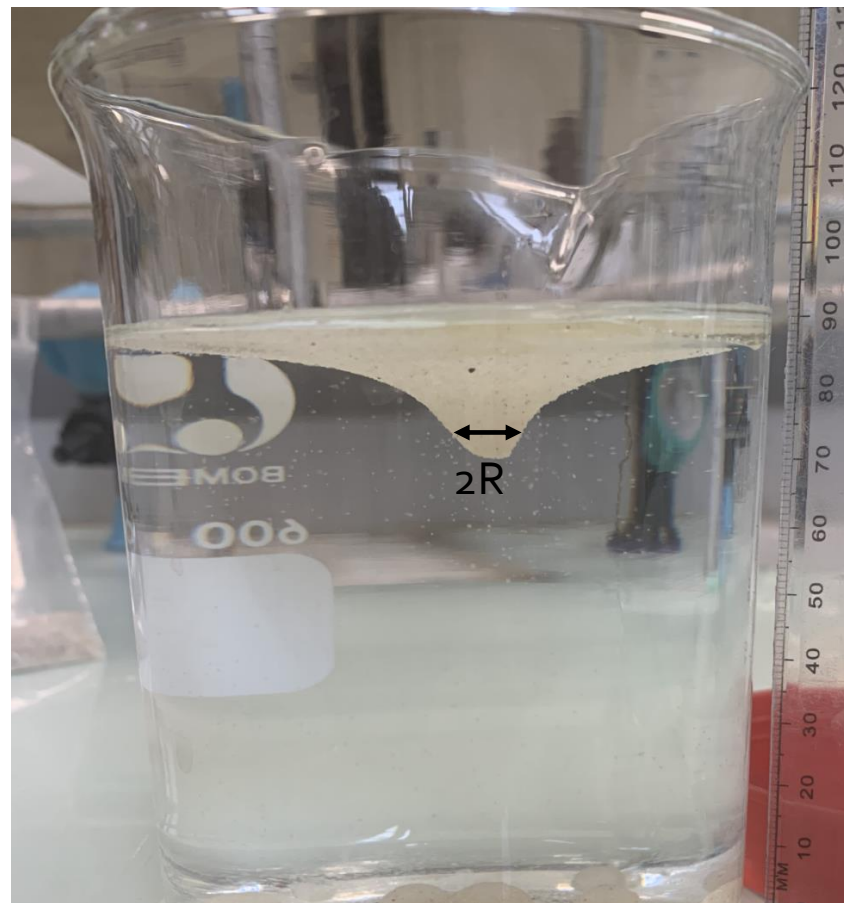
$$\text{Donc } 0 = -R_c g e \rho_s + \frac{1}{3} R_c^2 g (\rho_e - \rho_h) + \gamma$$

$$\Delta = (g e \rho_s)^2 - \frac{4\gamma g (\rho_e - \rho_h)}{3}$$

$$R_c = \frac{3e\rho_s}{2(\rho_e - \rho_h)} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4\gamma(\rho_e - \rho_h)}{3e^2\rho_s^2 g}} \right)$$

A) PRESENTATION

II) JUSTIFICATIONS THEORIQUES



Pour $\rho_s = 1480 \text{ kg.m}^{-3}$ on obtient $R_{\text{théorique}} = 3,7 \text{ mm}$

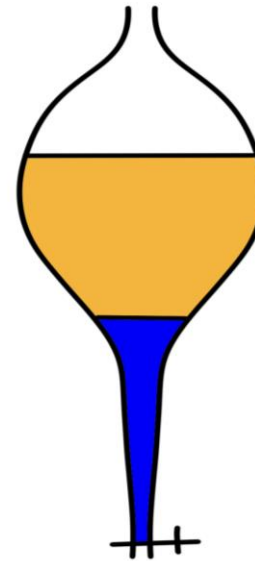
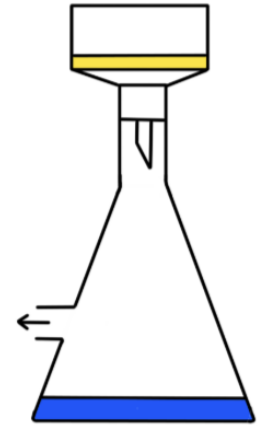
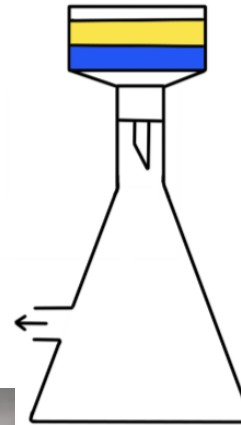
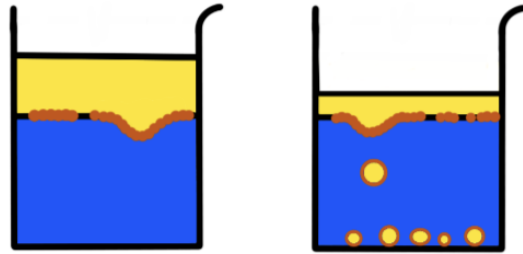
$$\rho_h = 920 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\gamma = 52 \text{ m.s}^{-2}$$

Expérimentalement, on mesure

$$R_{\text{expérimental}} = 4,5 \text{ mm}$$

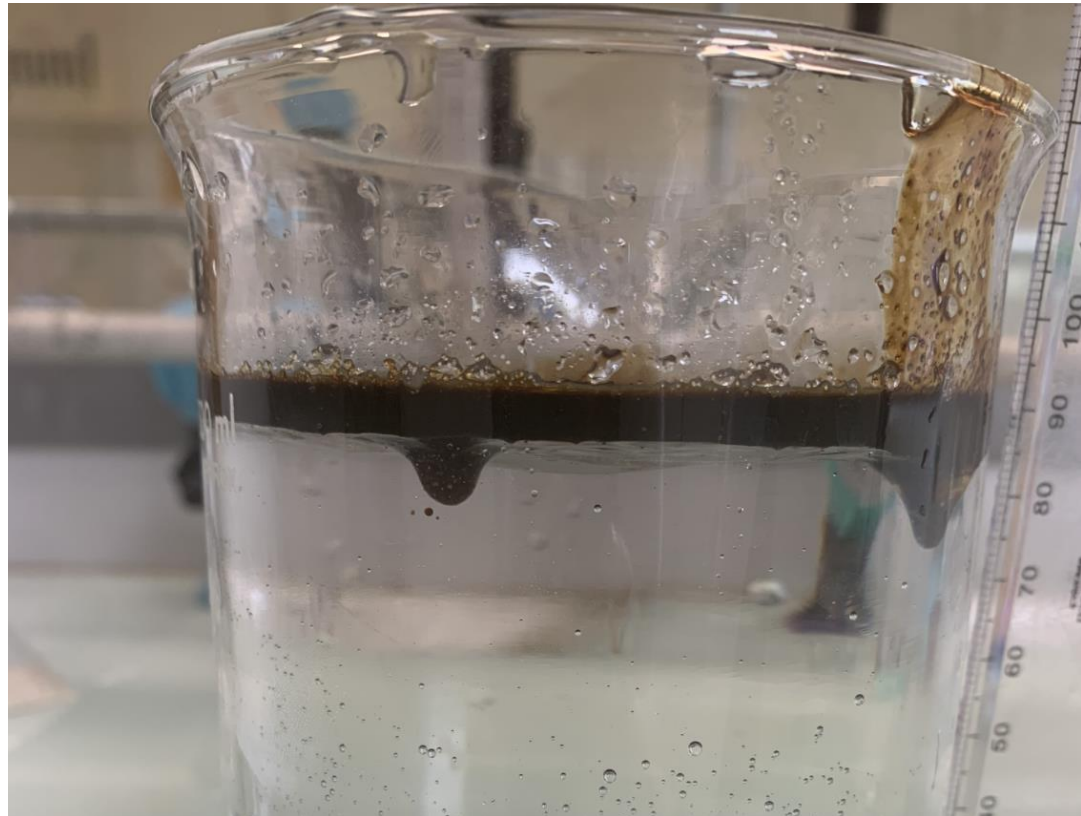
B) RECHERCHE DES CONDITIONS OPTIMALES



B) RECHERCHE DES CONDITIONS OPTIMALES

Nature du polluant	Volume encapsulé (mL)
Huile (tournesol)	12,3
Pétrole	15,4

20mL de polluant et 8g de sable



Pour 20mL d'huile et 8g de sable, on réalise 7 mesures:

Essai n°:	Volume encapsulé (mL)
1	12
2	10
3	8
4	11
5	12
6	9
7	12

L'incertitude

$$\text{vaut : } u(V) = \frac{s(V)}{\sqrt{n}} \quad \text{où } s(V) = \sqrt{\frac{\sum (V_i - m)^2}{n}}$$

Le volume encapsulé est avec un taux de confiance de 95%:

$$V = 10,6 \pm 1,2 \text{ mL}$$

B) RECHERCHE
DES
CONDITIONS
OPTIMALES

I) INFLUENCE DU
MILIEU

AGITATION

B) RECHERCHE DES CONDITIONS OPTIMALES

I) INFLUENCE DU MILIEU

	Volume encapsulé (mL)
Sans vagues	$11,4 \mp 0,8$
Avec vagues	$13,6 \mp 1,2$



SALINITE

	Volume encapsulé (mL)
Eau salée	$7,3 \pm 0,7$
Eau non salée	$11,2 \mp 1$

Concentration: $C = 35 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$

Salinité moyenne des océans, d'après l'UNESCO, *Tables océanographiques internationales*.

B)
RECHERCHE
DES
CONDITIONS
OPTIMALES

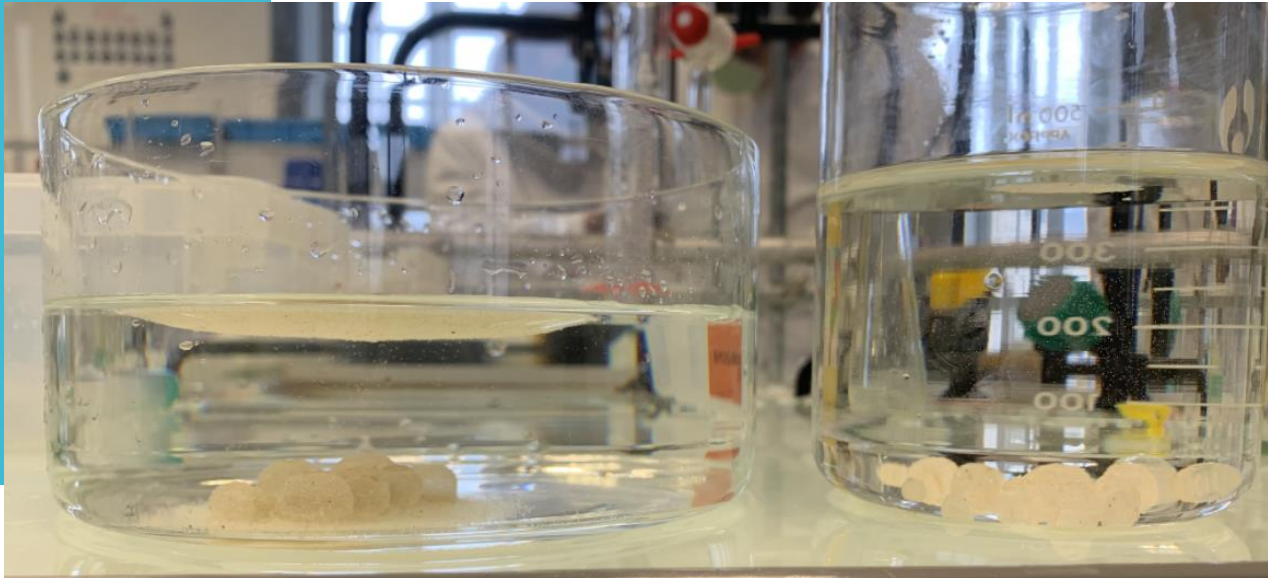
I) INFLUENCE DU
MILIEU

EFFETS DE BORDS

B) RECHERCHE DES CONDITIONS OPTIMALES

	Rayon (cm)	Volume encapsulé (mL)
Cristallisoir	7,5	10,5 \mp 0,8
Bécher	4,7	7,8 \mp 0,9
Eprouvette	1,5	3,4 \mp 1,2

I) INFLUENCE DU MILIEU

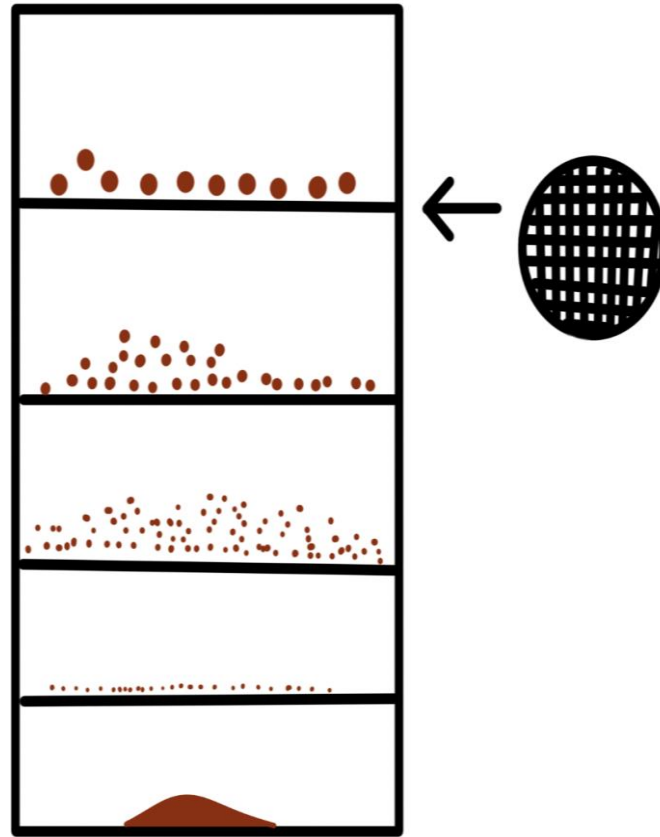


Tamis moléculaire:

B) RECHERCHE DES CONDITIONS OPTIMALES

II) Paramètres extérieurs

Résultats pour 100g de
sable de Fontainebleau:



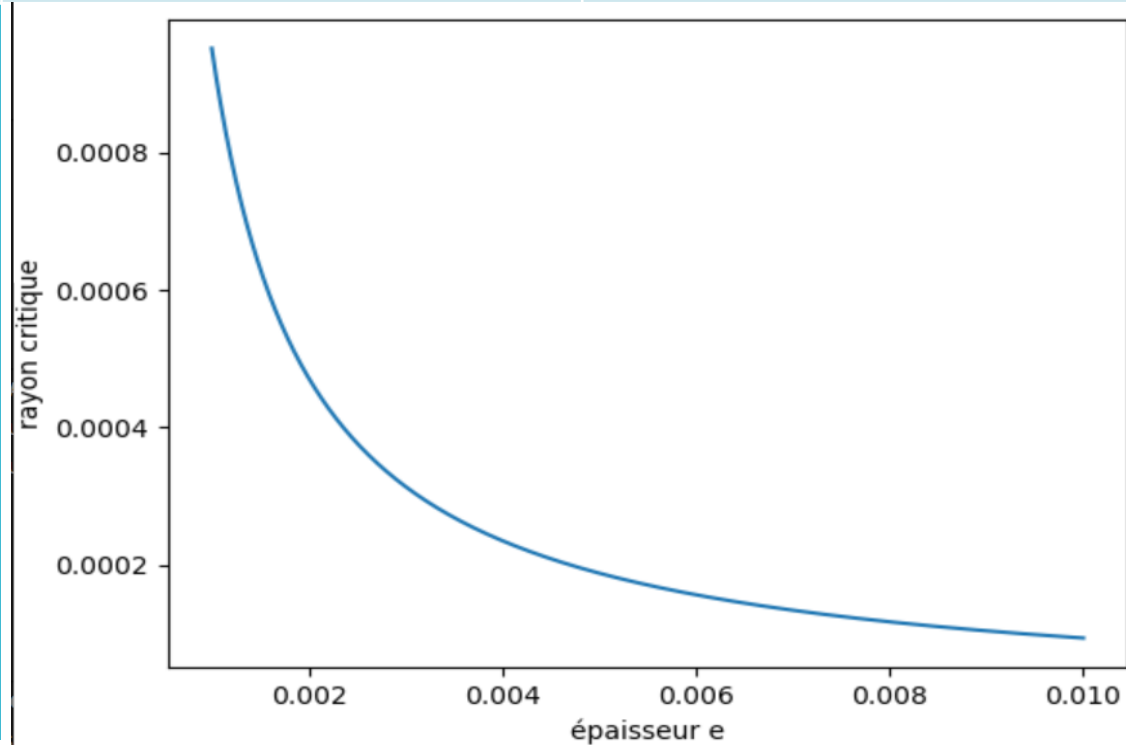
Rayon (mm)	Masse (g)
1-0,5	1,21
0,5-0,25	47,7
0,25-0,125	45,75
<0,125	3,6

GRANULOMETRIE

B) RECHERCHE DES CONDITIONS OPTIMALES

II) Paramètres extérieurs

Diamètre (mm)	Volume encapsulé (mL)
0,38	11
0,74	7
> 1	0

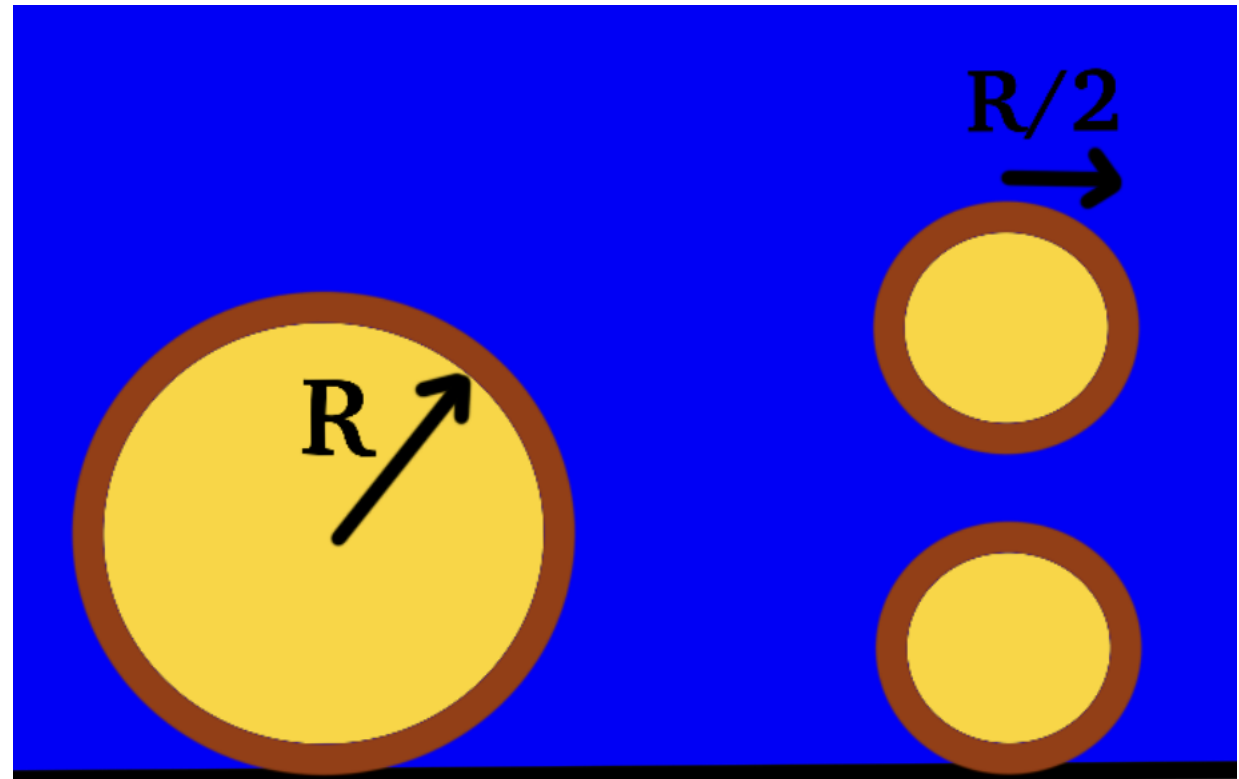


$$R = \frac{3e\rho_s}{2(\rho_e - \rho_h)} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4\gamma(\rho_e - \rho_h)}{3e^2\rho_s^2g}}\right)$$

GRANULOMETRIE

B) RECHERCHE DES CONDITIONS OPTIMALES

II) Paramètres
extérieurs



$$V_1 = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$V_2 = 2 \times \frac{4}{3} \pi \left(\frac{R}{2} \right)^3 = \frac{1}{4} V_1$$

UTILISATION D'UNE TIGE

B) RECHERCHE DES CONDITIONS OPTIMALES

II) Paramètres
extérieurs

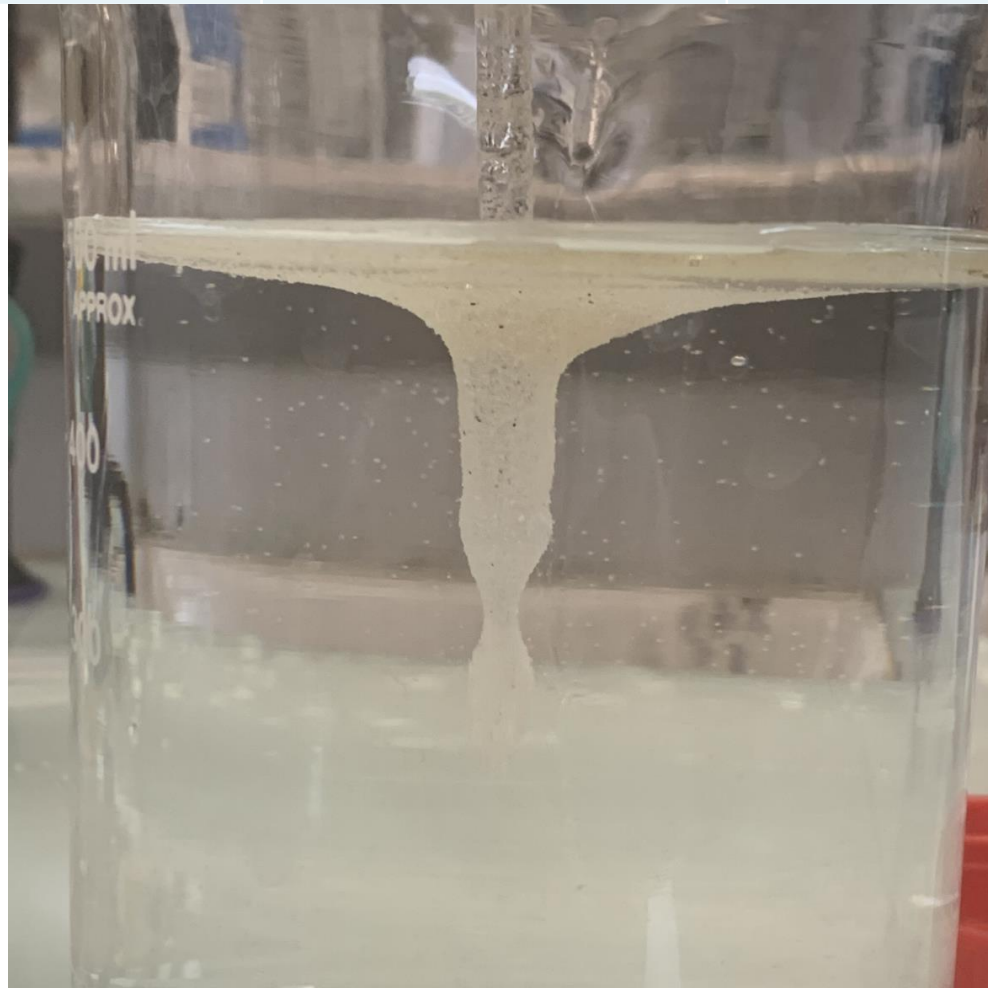


UTILISATION D'UNE TIGE

B) RECHERCHE DES CONDITIONS OPTIMALES

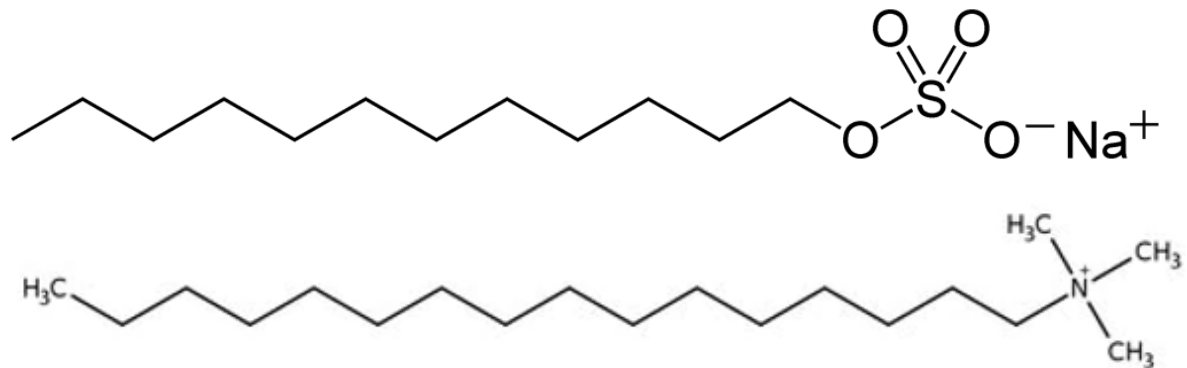
II) Paramètres
extérieurs

	Volume encapsulé (mL)	Volume des remontées (mL)
Avec tige	9,5	3,3
Sans tige	11,4	5



Présence de tensioactifs

Tensioactif	Volume encapsulé (mL)
Aucun	11
SDS	0
Céthyltriméthylammonium bromide	12

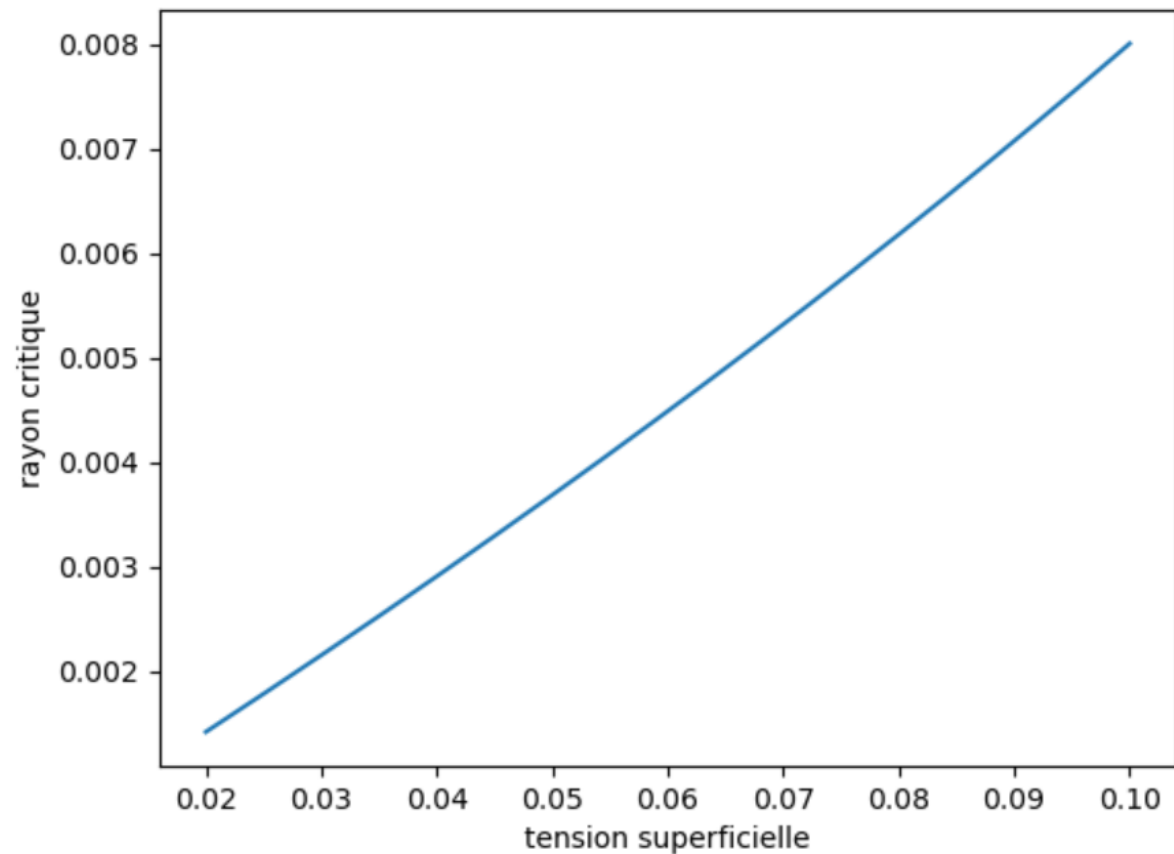


B) RECHERCHE DES CONDITIONS OPTIMALES

II) Paramètres extérieurs

B) RECHERCHE DES CONDITIONS OPTIMALES

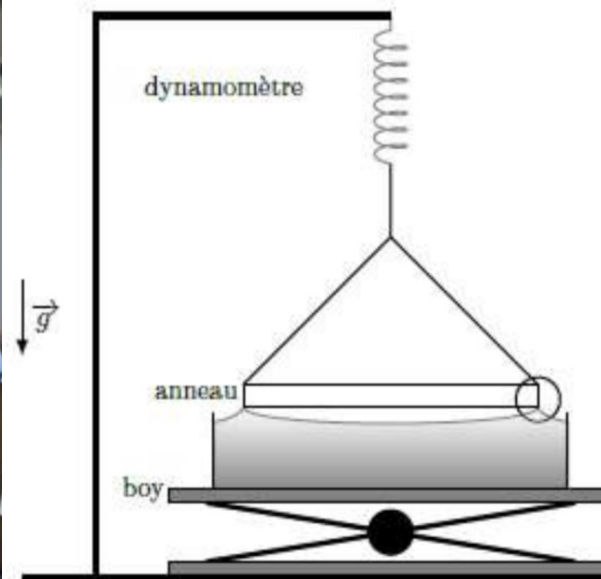
II) Paramètres
extérieurs



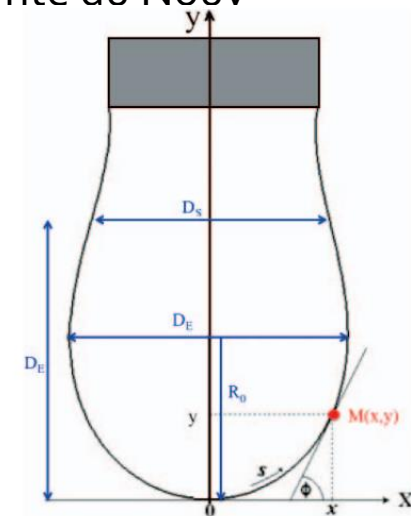
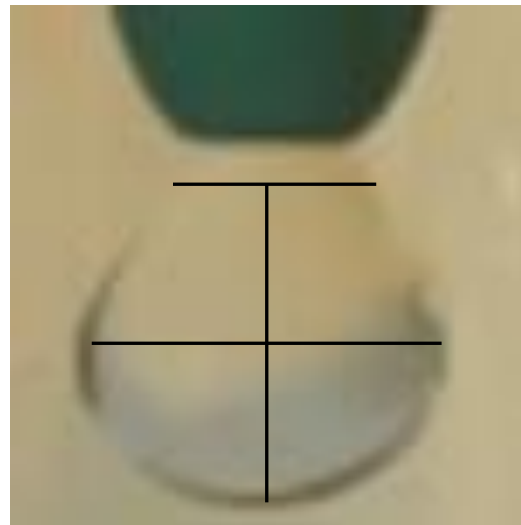
$R = \frac{3(e\rho_s - \gamma)}{g(\rho_h - \rho_e)}$	Tension superficielle (g.s ⁻²)	Volume encapsulé (mL)
Huile (tournesol)	52	12,3
Pétrole	57	15,4

B) RECHERCHE DES CONDITIONS OPTIMALES

Mesure de la tension
superficielle par la
technique de la goutte
pendante, Pierre-
Marie Gassin, Ecole
nationale supérieure
de chimie de
Montpellier



Méthode de Lecomte du Nouÿ



Méthode de la goutte pendante

$$\gamma = \frac{\Delta \rho g d e^2}{H}$$

B) RECHERCHE DES CONDITIONS OPTIMALES

Calcul de la
tension
superficielle

D_S/D_E	$1/H$
0.19718	19.8809
0.26222	9.91608
0.30920	6.58245
0.34730	4.91547
0.37995	3.91516
0.40884	3.24923
0.43497	2.77166
0.45897	2.41419
0.48127	2.13607
0.50218	1.91351
0.52193	1.73134
0.54070	1.57947

D_S/D_E	$1/H$
0.55862	1.45089
0.57581	1.34063
0.59234	1.24501
0.60834	1.16128
0.62383	1.08735
0.63887	1.02158
0.65350	0.96268
0.67	0.90174
0.69	0.93471
0.71	0.77434
0.73	0.71981
0.75	0.67040

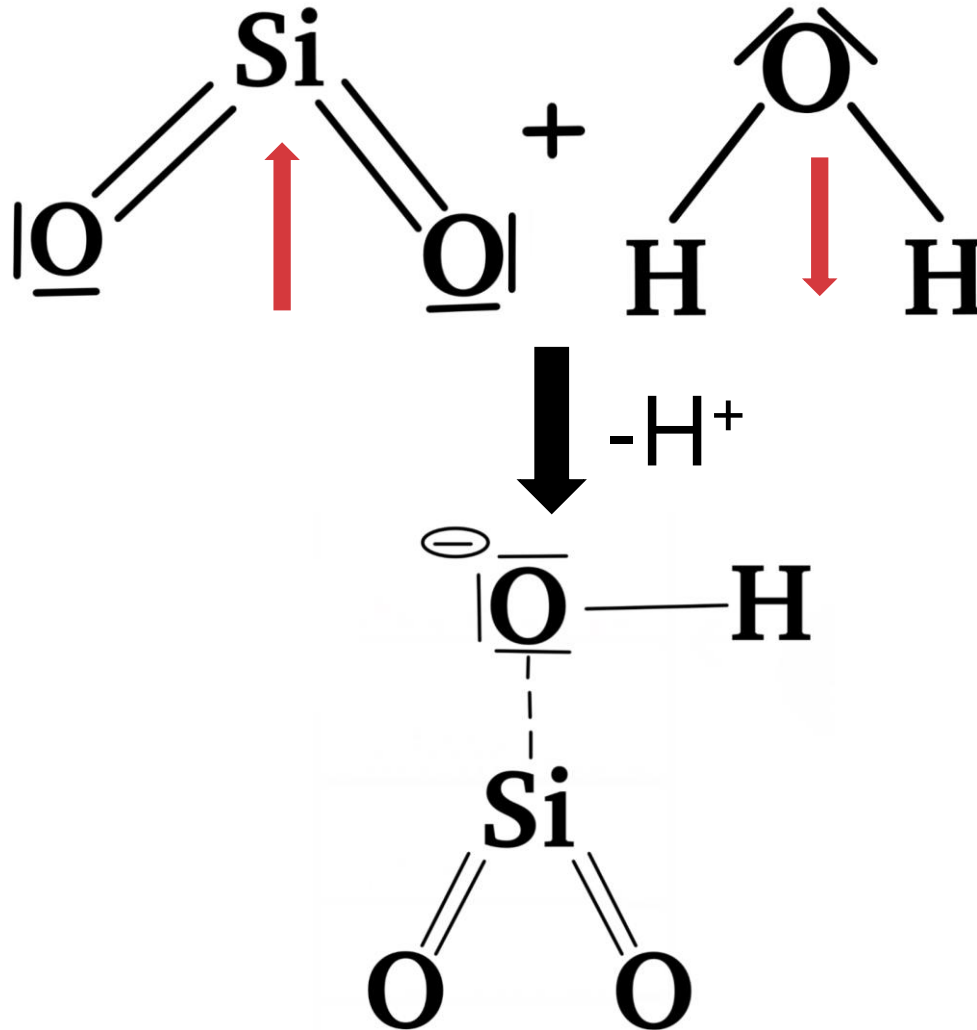
D_S/D_E	$1/H$
0.78	0.60458
0.81	0.54725
0.83	0.51306
0.85	0.48165
0.87	0.45272
0.89	0.42600
0.91	0.40121
0.93	0.37810
0.95	0.35643
0.97	0.33587
1	0.30586

A.W. Adamson
Physical Chemistry of Surfaces

$$\frac{ds}{de} = \frac{3,01}{5,93} = 0,507 \quad \text{Donc } \gamma = 52 \text{ mN.m}^{-1}$$

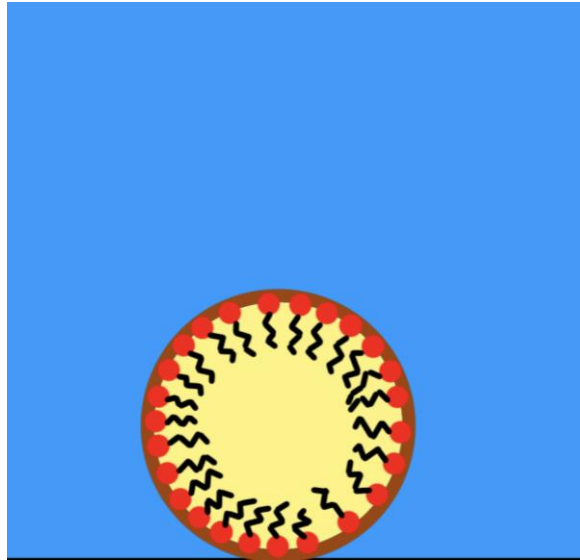
B)
RECHERCHE
DES
CONDITIONS
OPTIMALES

II) Paramètres
extérieurs



B) RECHERCHE DES CONDITIONS OPTIMALES

II) Paramètres
extérieurs



Tensioactif	Volume des remontés (mL)
Aucun	4,2
Céthyltriméthylammonium bromide	2,5

CONCLUSION

ANNEXE 1

Evaluation numérique du rayon de rupture

```
from math import *
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
##rayon critique du radeau
def
rayon_critique(e, psable, phuile, peau, gamma):
    A=3*e*psable/(2*(peau-phuile))
    return(A*(1-(sqrt(1-(4*gamma*(peau-
phuile)))/(3*(e**2)*(psable**2)*9.8))))

X=np.linspace(10**(-3),0.01,1000)
Y=[rayon_rupture1(e,2.6*10**3,0.923*10**3,10*
*3,24*10**(-3)) for e in X]
plt.xlabel('épaisseur e')
plt.ylabel('rayon critique')
plt.plot(X,Y)
plt.show()
```

ANNEXE2

Evaluation de
l'influence de
la tension
superficielle

```
from math import *
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
##rayon critique du radeau
def
rayon_critique(e,psable,phuile,peau,gamma):
    A=3*e*psable/(2*(peau-phuile))
    return(A*(1-(sqrt(1-(4*gamma*(peau-
phuile)))/(3*(e**2)*(psable**2)*9.8))))

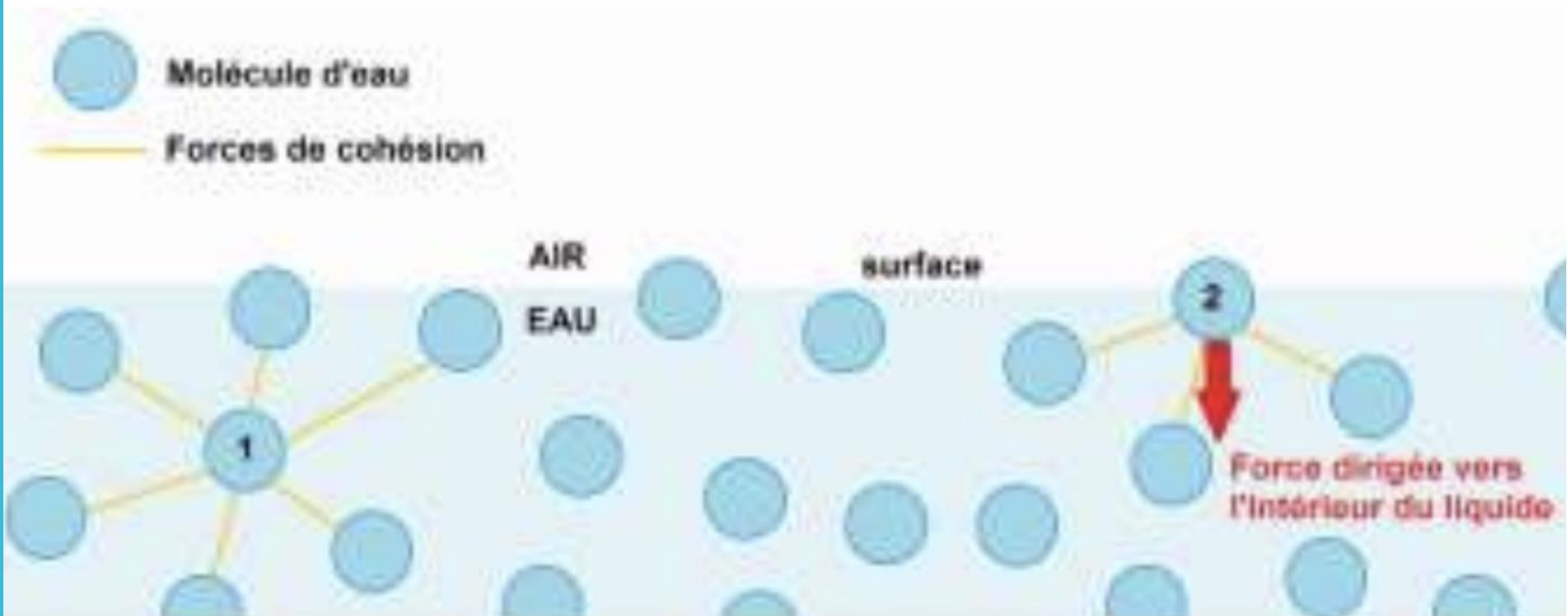
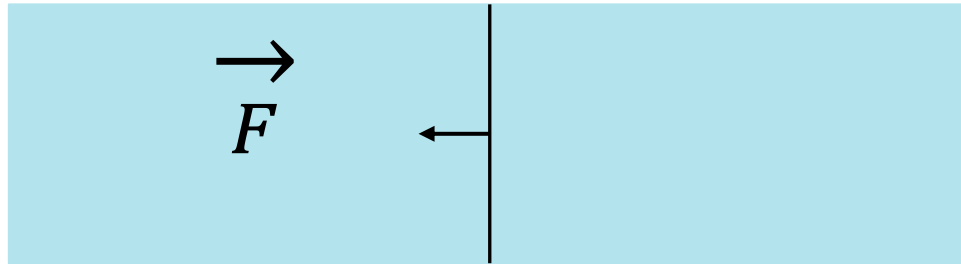
X=np.linspace(20*10**(-3),100*10**(-3),1000)
Y=[rayon_rupture1(10**(-3),1480,923,10**3,g)
for g in X]
plt.clf()
plt.xlabel('tension superficielle')
plt.ylabel('rayon critique')
plt.plot(X,Y)
plt.show()
```

ANNEXE₃

La tension superficielle

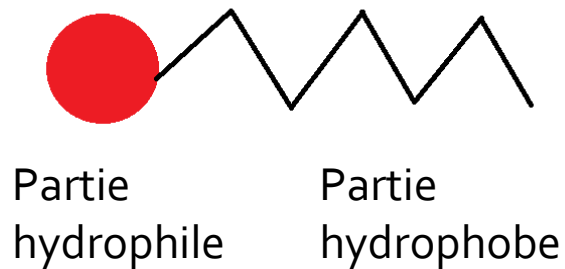
$$F = \gamma L$$

$$\delta W = \gamma dA$$



ANNEXE₄

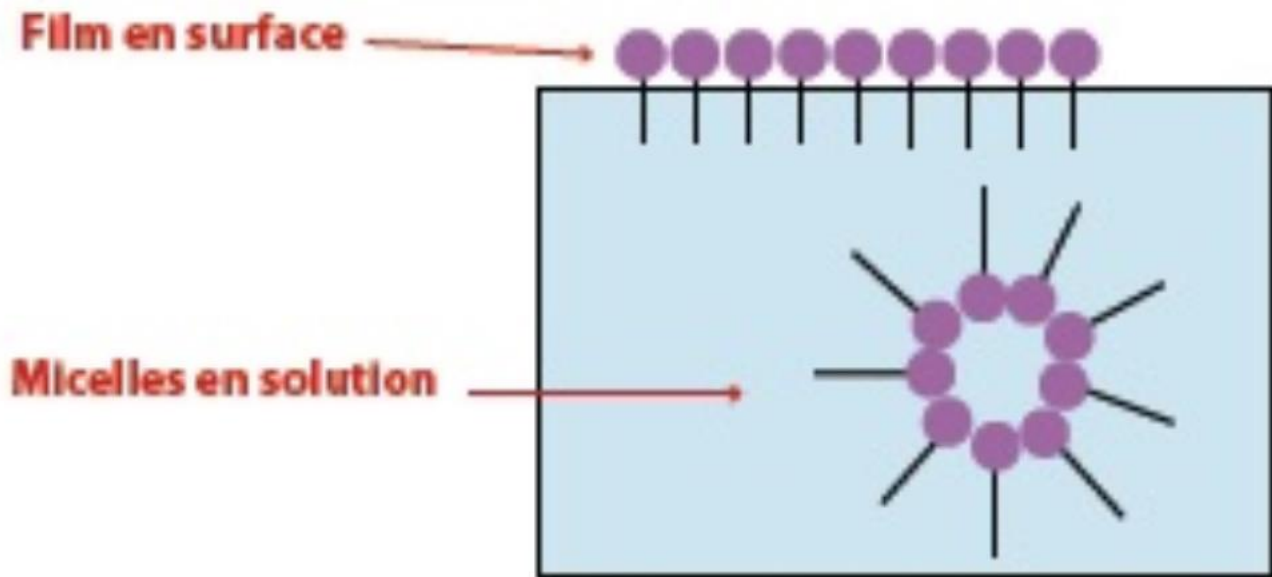
Tensioactifs



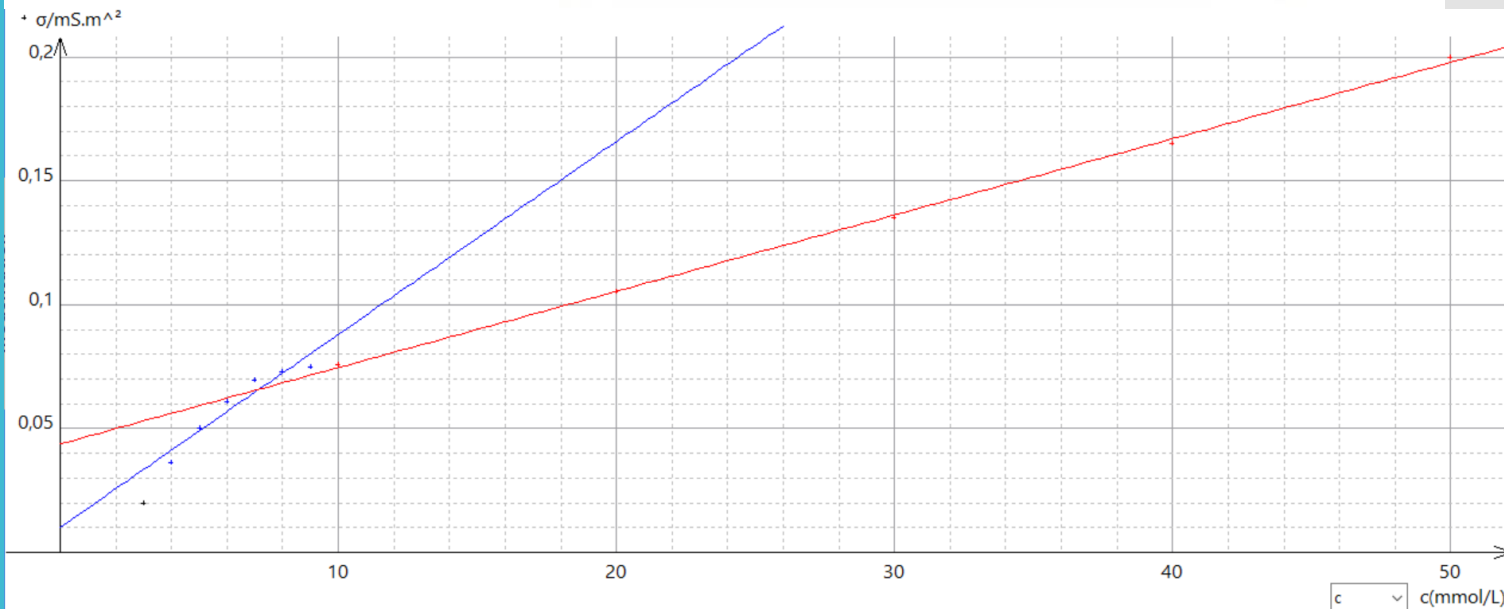
Types de tensioactif	Exemple courant	emploi
Cationique	ammoniums quaternaires	Désinfectants,
Anionique	lauryl sulfate de sodium	détergents, savons, agents moussants
Non-ionique	esters de glycol ou de glycérol	cosmétique et en alimentaire comme détergents
Amphotères	phospholipides	produits cosmétiques et pharmaceutiques

ANNEXE5

Tensioactifs



i	σ	c
	mS.m^{-2}	mmol/L
0	0,0200	3,000
1	0,0360	4,000
2	0,0500	5,000
3	0,0610	6,000
4	0,0695	7,000
5	0,0730	8,000
6	0,0750	9,000
7	0,0760	10,00
8	0,1050	20,00
9	0,1350	30,00
10	0,1650	40,00
11	0,2000	50,00
12		



$C_{mc}(\text{SDS}) = 7,2 \text{ mmol/L}$

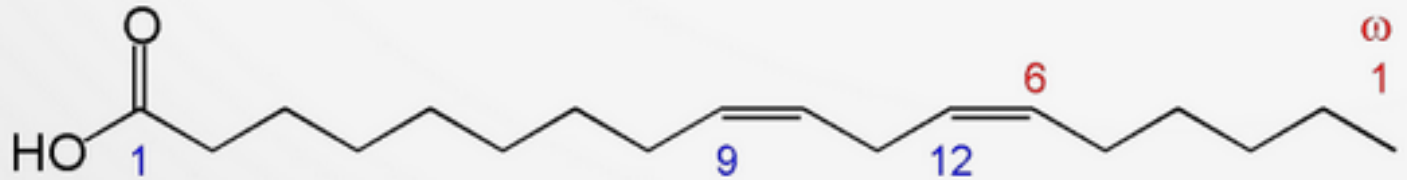
Détermination de la concentration
micellaire critique par titrage
conductimétrique

Huile de tournesol:

$$\rho = 920 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\gamma = 27 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$$

Composée à 98% d'acides gras comme l'acide linoléique:



https://fr.wikipedia.org/wiki/Acide_linol%C3%A9ique

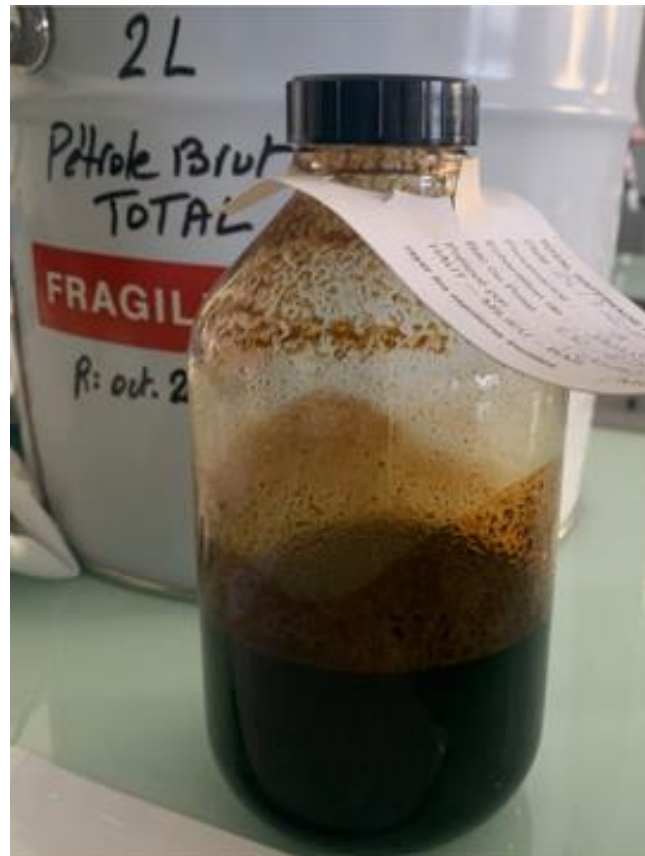
Pétrole brut:

Fournisseur: Total

$$\rho = 837 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\gamma = 31 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$$

Composé d'un grand nombre d'hydrocarbures à longues chaînes carbonées



ANNEXE9
Polluants utilisés:
le pétrole

ANNEXE10

Incertitudes de type B

$$u(V) = \sqrt{u_{instru}^2 + u_{lecture}^2 + u_{méthode}^2}$$

$$u_{instru} = 0,1mL$$

$$u_{lecture} = 0,5mL$$

$$u_{méthode} = 0,5mL$$

Donc, avec un taux de confiance à 95%,

$$u(V)=1,4mL$$