

Diffusion aromatique et rôle du dioxyde de carbone au sein du champagne

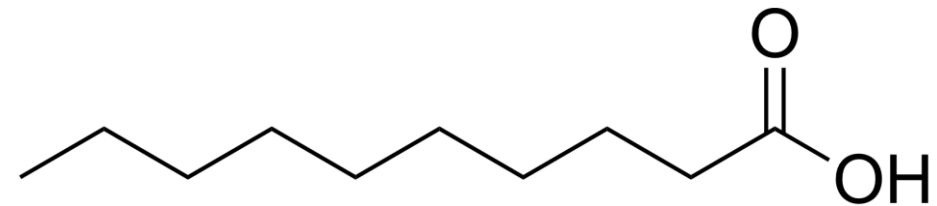


Approche rapide :

Le champagne au cœur de la gastronomie française :



Propriétés amphiphiles des molécules d'intérêt :



Acide décanoïque

Quels sont les mécanismes et phénomènes mis en jeu lors de la diffusion moléculaire des molécules d'intérêt ?

Quelles sont les conditions optimales lors de la dégustation du champagne ?

Sommaire :

I) Preuve expérimentale d'un meilleur brassage du champagne dans une flûte :

- 1) Mise en évidence du transport aromatique par les bulles de champagne par GCMS
- 2) Comparaison du brassage dans une coupe et une flûte
- 3) Comparaison de la désorption du CO_2 dans les deux verres

II) Simulation numérique sous Fluent des trajectoires des bulles

- 1) Géométrie et maillage du domaine
- 2) Présentation du modèle choisi
- 3) Résultats numériques

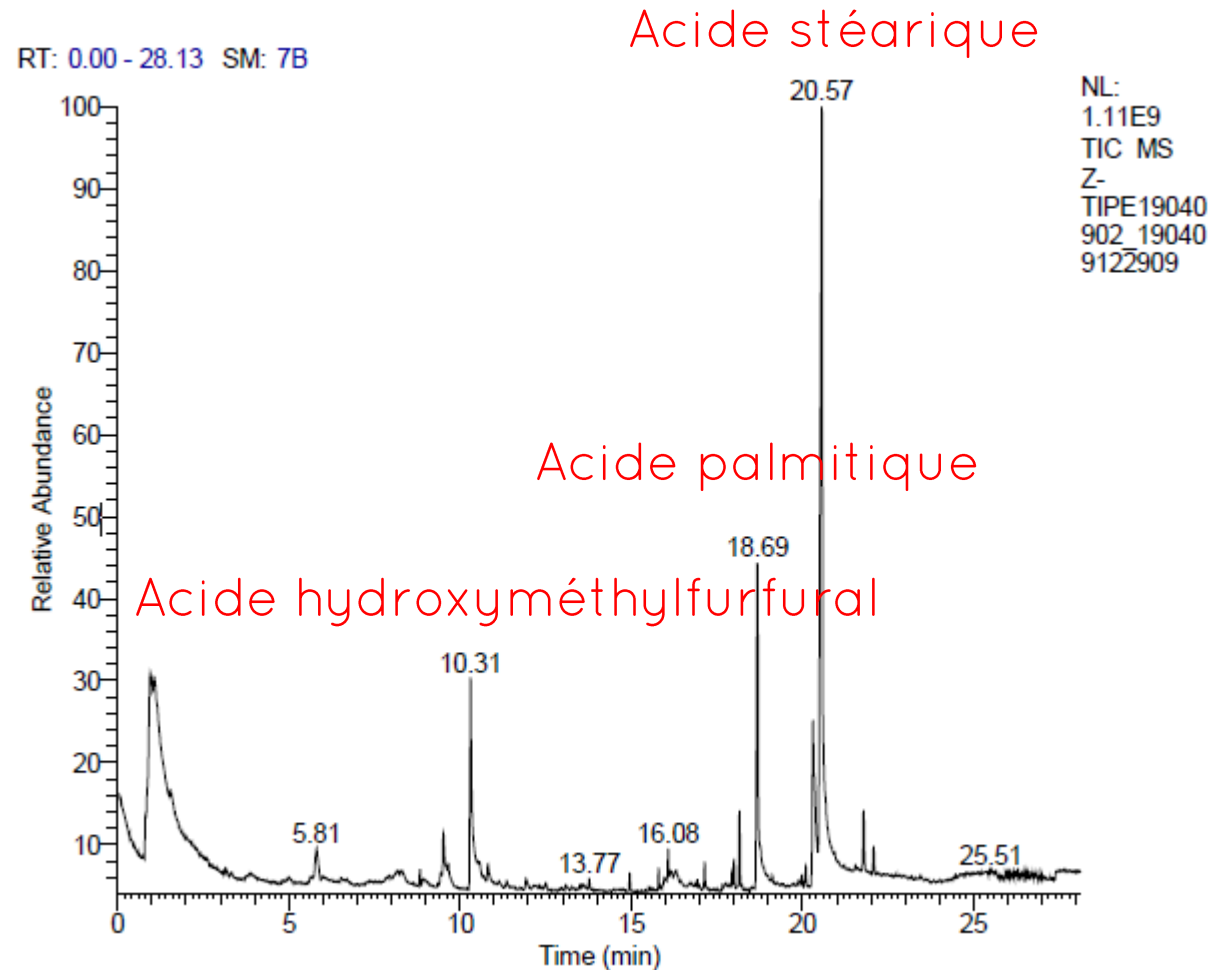
III) Validation expérimentale de la simulation CFD

- 1) Fonctionnement de la tomographie laser
- 2) Montage utilisé
- 3) Analyse des photographies obtenues

Conclusion

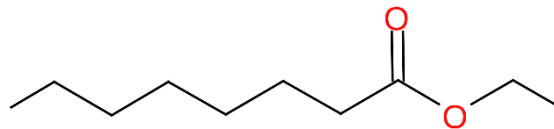
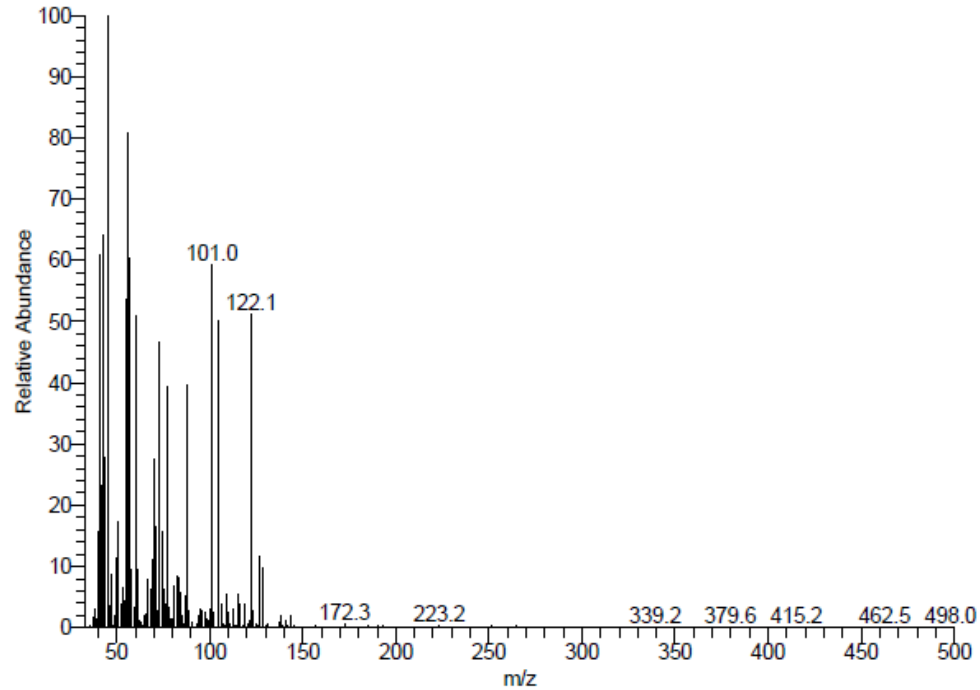
I.1) Preuve d'un transport aromatique par GCMS :

Spectre global de la brume
avoisinant la surface du
champagne



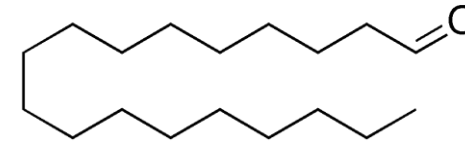
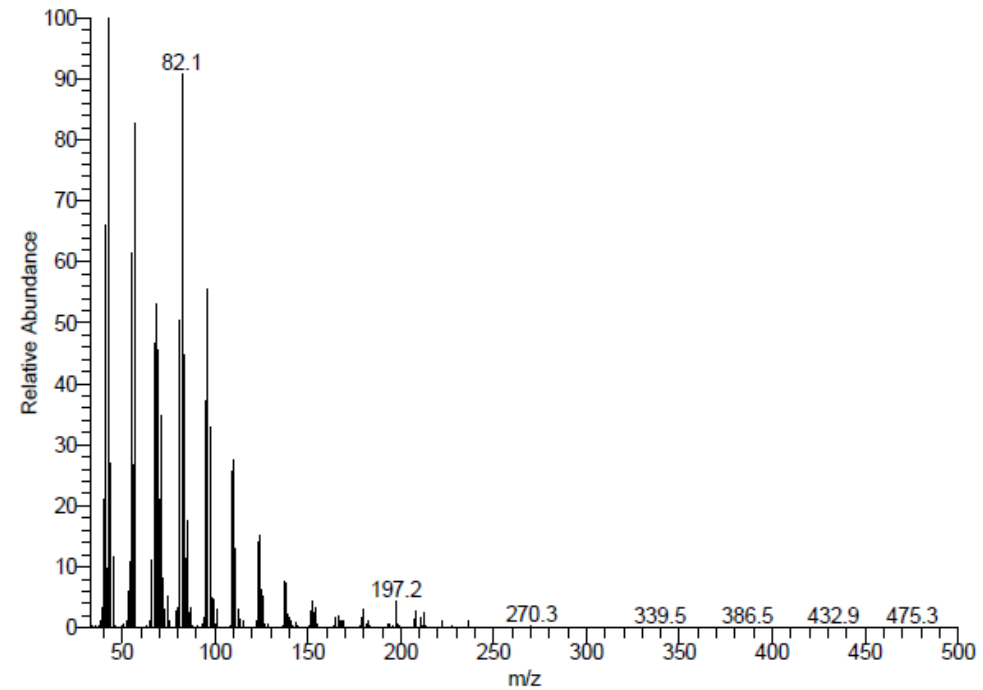
I.1) Preuve d'un transport aromatique par GCMS :

Z-TIPE19040902_190409122909 #3247 RT: 9.66 AV: 1 AV: 51 SB: 202 2622-2722 3772-3872 NL:
F: + c Full ms [33.00-500.00]



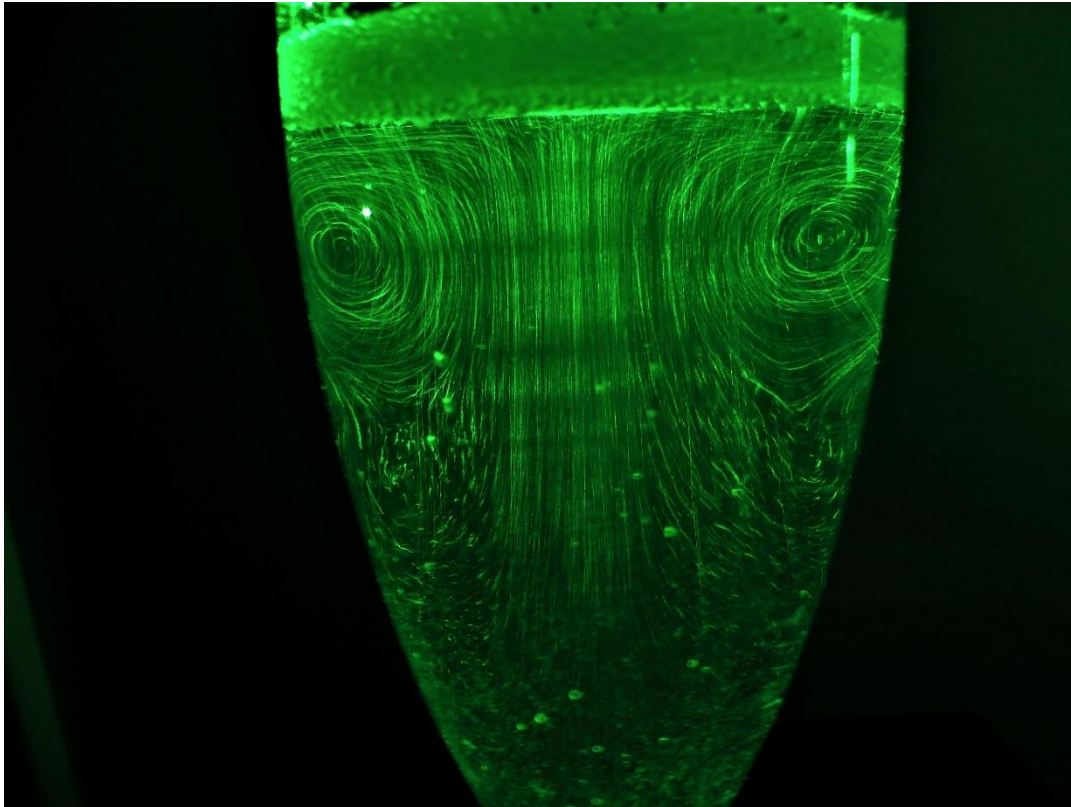
Octanoate d'éthyle

Z-TIPE19040902_190409122909 #6049 RT: 18.16 AV: 1 AV: 51 SB: 202 5424-5524 6574-6674 NL:
F: + c Full ms [33.00-500.00]

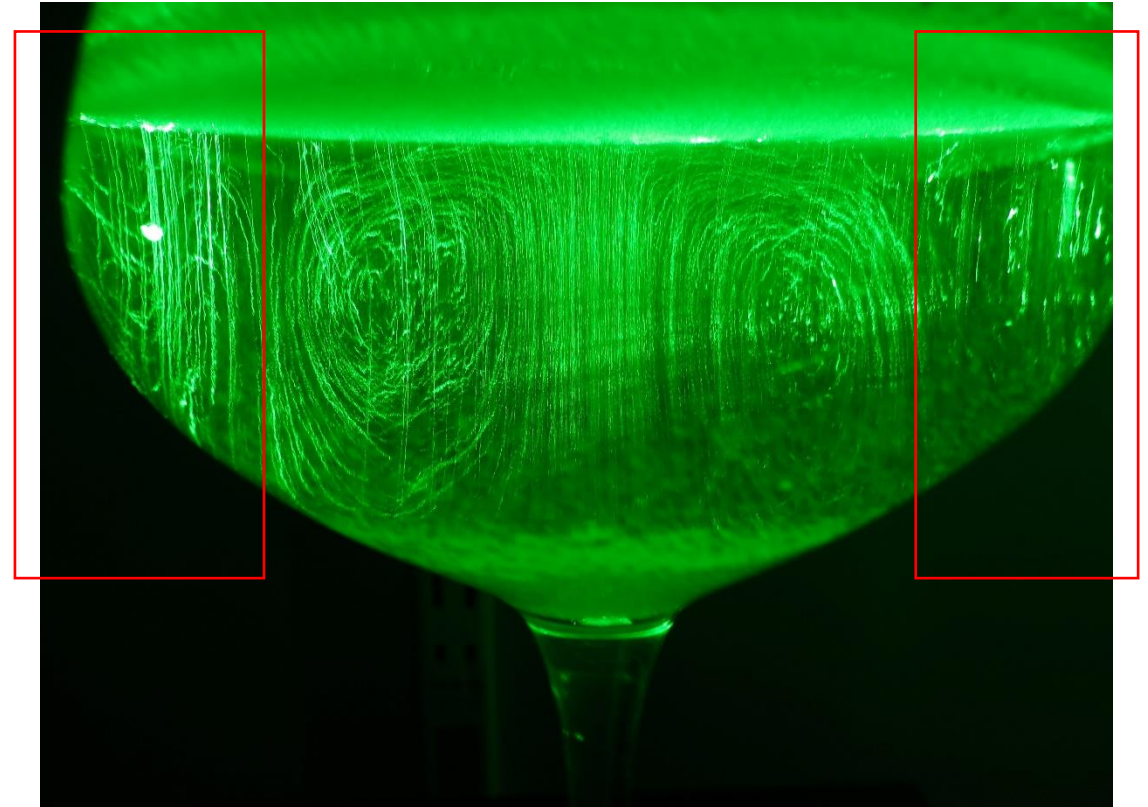


Octadecanal

1.2) Comparaison du brassage dans les deux verres :

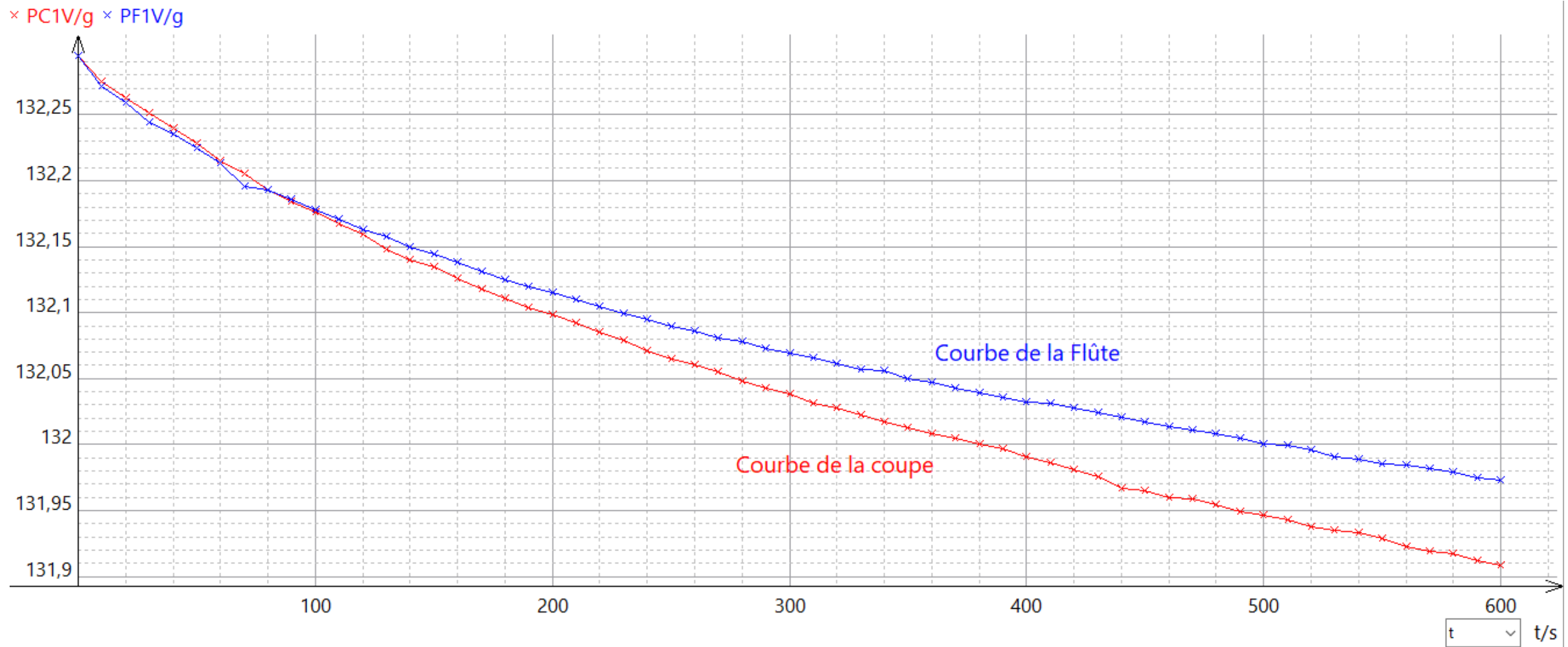


Brassage homogène dans la flûte

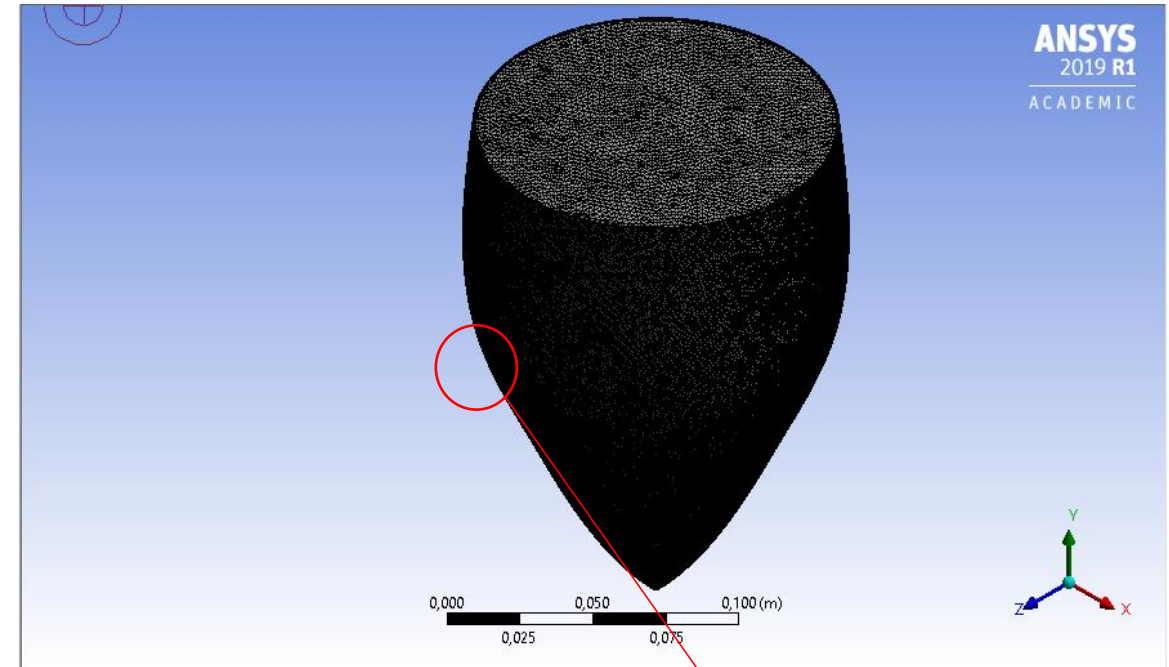
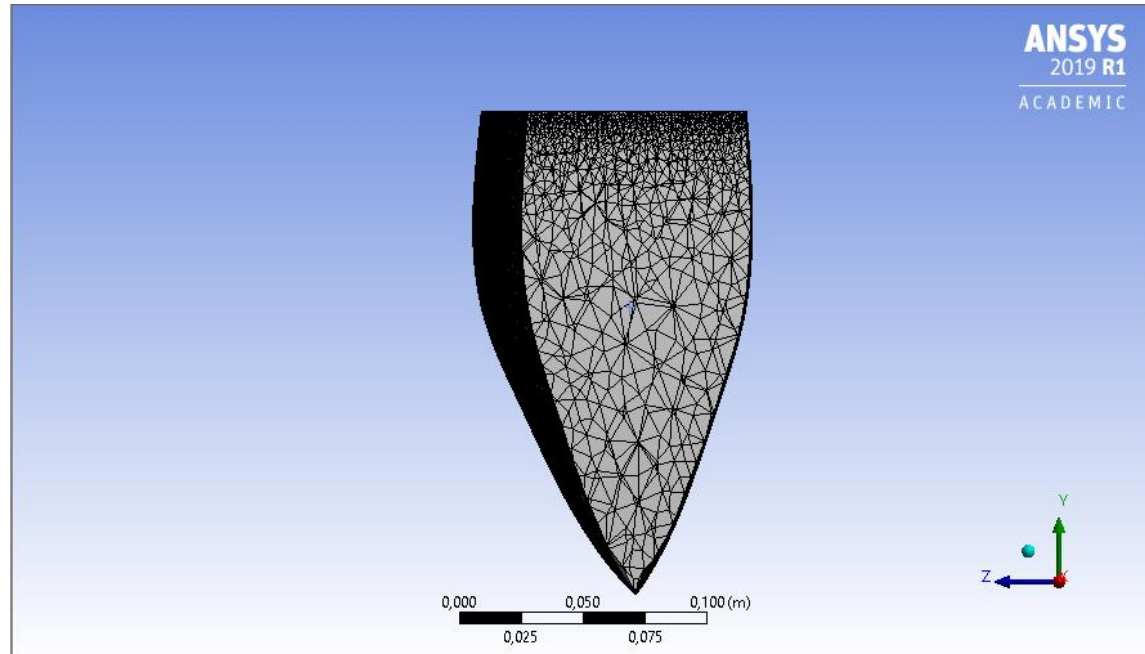


Brassage hétérogène dans une coupe

1.3) Désorption de dioxyde de carbone :



II.1) Géométrie et maillage du domaine :



Zones décrites	Paroi	Mixture fluide	Air/fluide
Tailles des éléments (m)	0,0025	0,0135	0,001
Nombre total	500963 éléments		

II.2) Présentation du modèle choisi :

1) Trajectoire de la bulle :

$$\text{Poussée d'Archimède : } F_A = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho g$$

$$\text{Force de trainée : } F_t = \frac{1}{2} C_D \rho u^2 \pi R^2$$

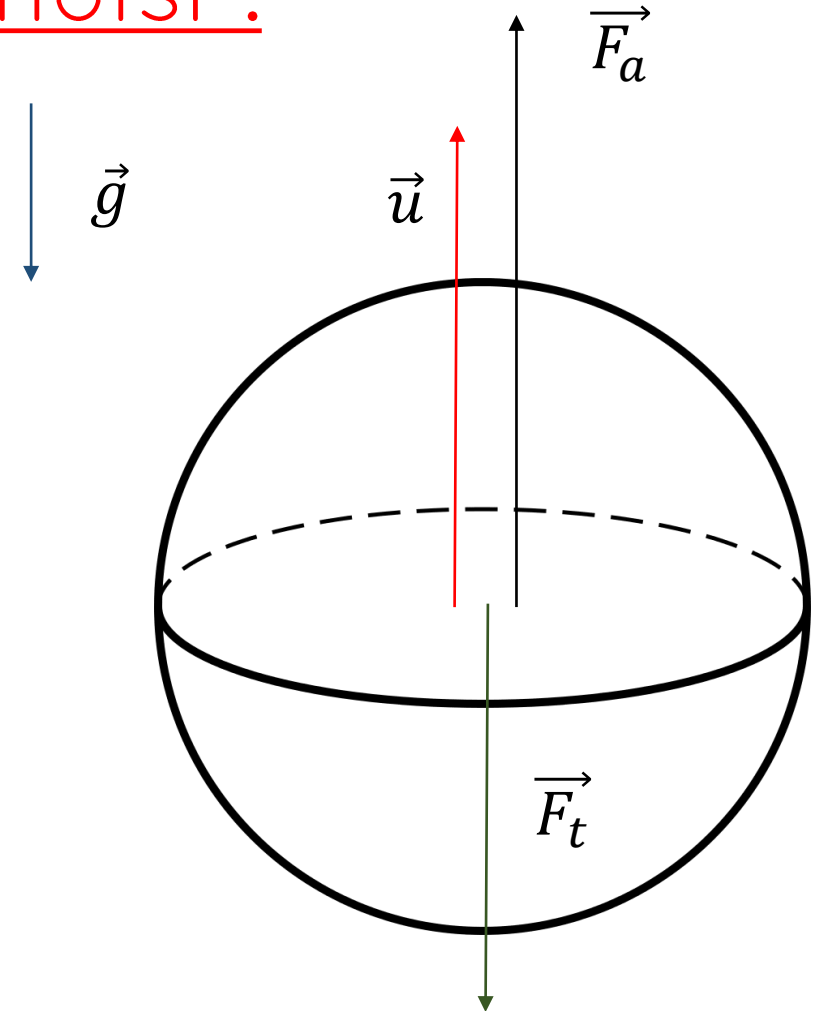
u la vitesse des bulles, C_D le coefficient de trainée

Le nombre de Reynolds est défini tel que : $Re = \frac{2\rho R u}{\eta}$

$$\text{Vitesse des bulles : } u = \frac{2\alpha\rho g}{9\eta} R^2$$

Modèle de Maxworthy pour le calcul de C_D :

$$\text{Si } 1 < Re < 800 : C_D = 11,1 Re^{-0,74}$$



II.2) Présentation du modèle choisi :

II) Accroissement progressif de la bulle

D'après Mr Liger – Belair,

l'accroissement du rayon de la bulle est tel que :

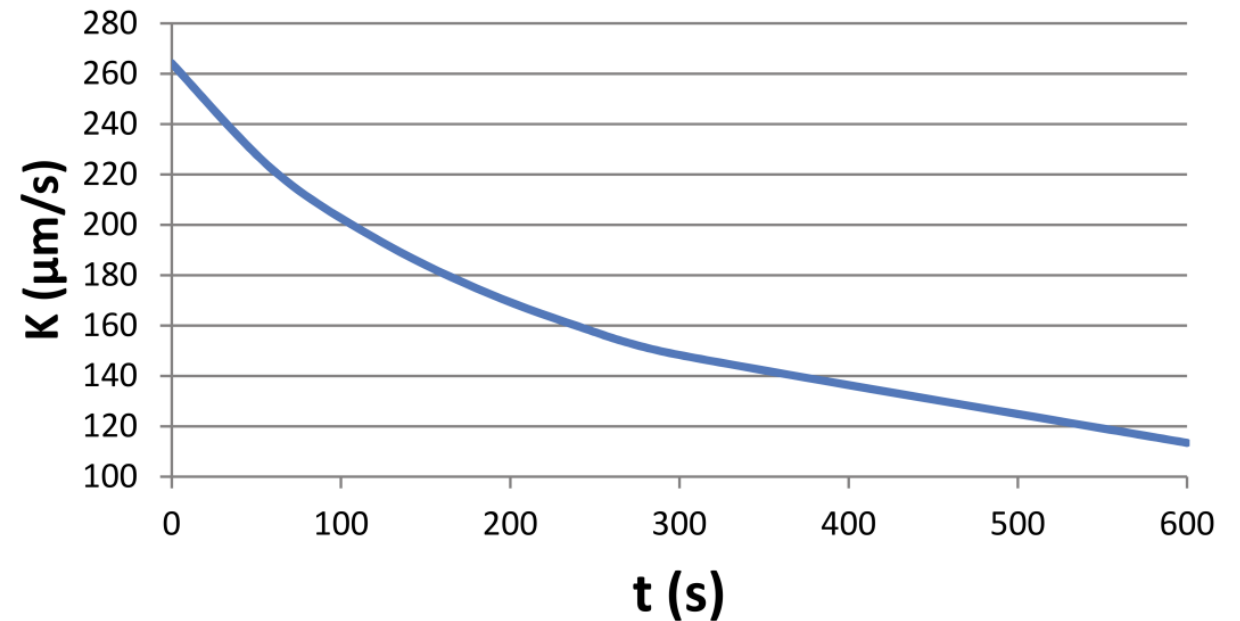
On le notera : $k = \frac{dR}{dt}$

k est déterminé à partir des propriétés des liquides:

$$k = \frac{dR}{dt} = 0,63 \frac{\Re_{\theta}}{P_0} D_0^{\frac{2}{3}} \left(\frac{2\alpha\rho g}{9\eta} \right)^{\frac{1}{3}} (C_l - k_H)$$

Par suite, on définit $R = 3 \left(\frac{\eta}{2\alpha\rho g} k_H \right)^{\frac{1}{3}}$

Evolution du taux de croissance en fonction du temps



*α est propre au fluide, il vaut ici 0,74
H la longueur caractéristique du système*

II.2) Géométrie et maillage du domaine :

Conditions aux limites :

Les parois du verre sont *des murs stationnaires*.

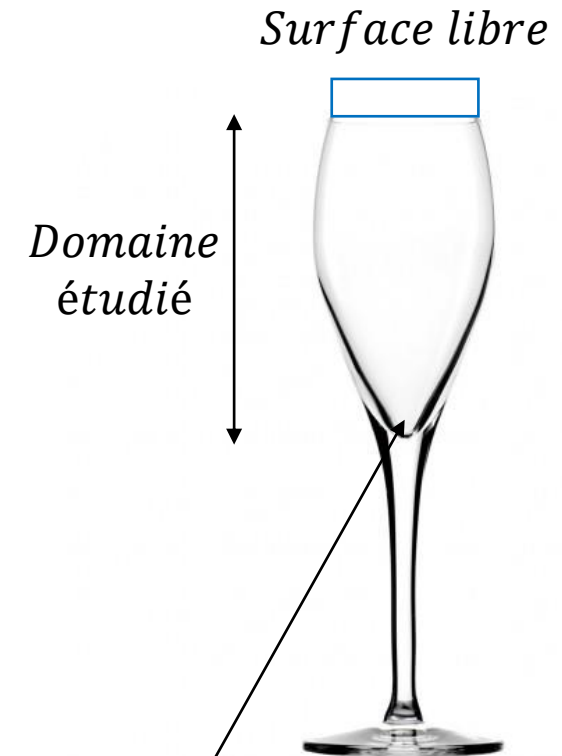
L'écoulement est considéré *subsonique*.

On essaie de modéliser *une surface libre* sur l'interface $\frac{\text{air}}{\text{mixture}}$

Une pression statique est appliquée sur le mélange

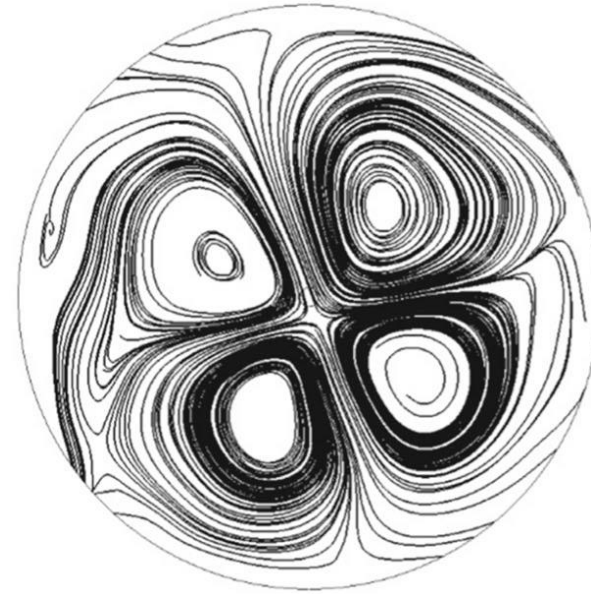
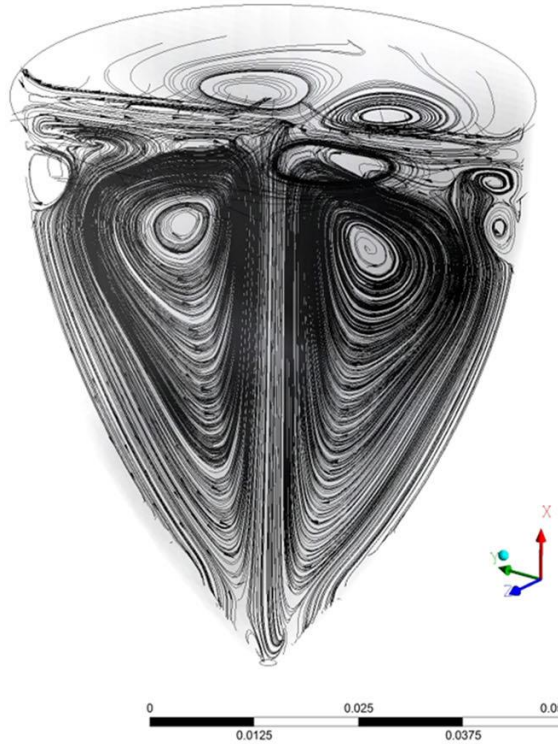
La phase liquide est considérée comme *incompressible*.

On notera que le nombre de Reynolds est tel que : $Re \in [1,200]$

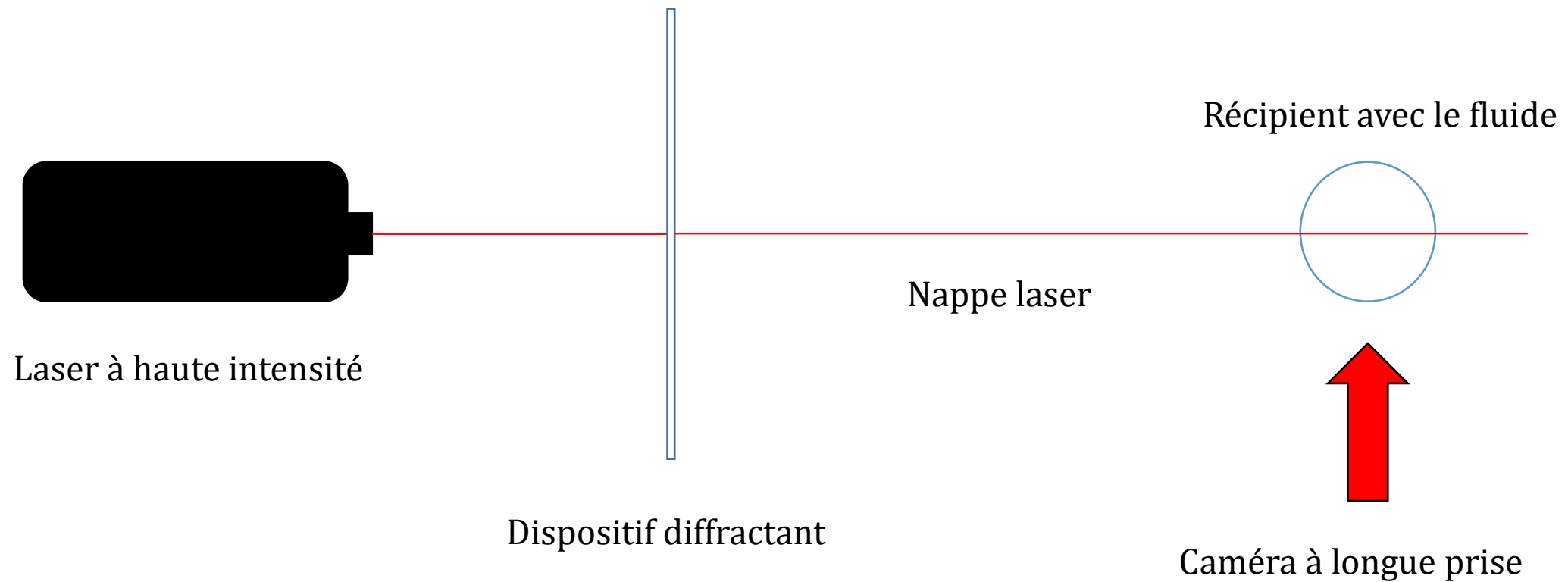


II.3) Résultats numériques :

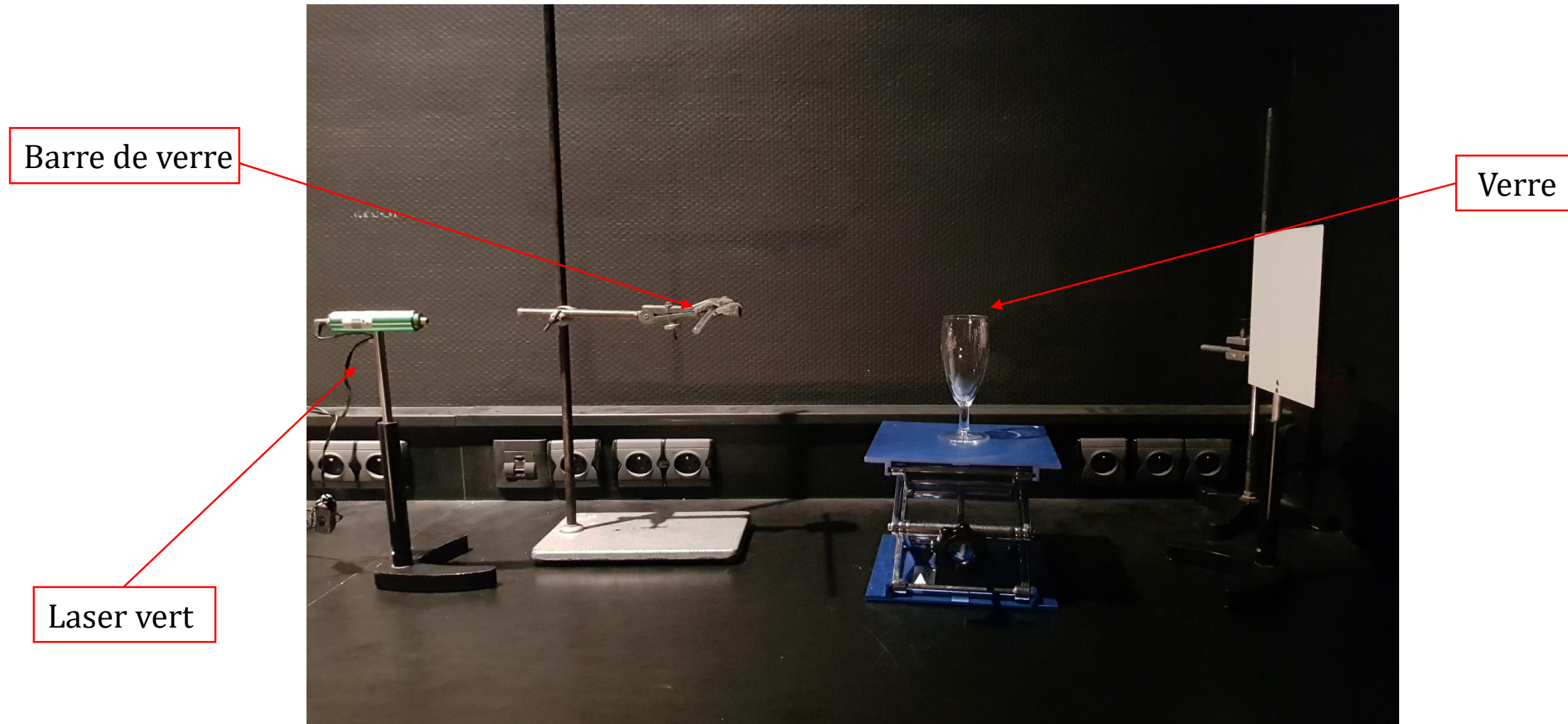
3D-CFD



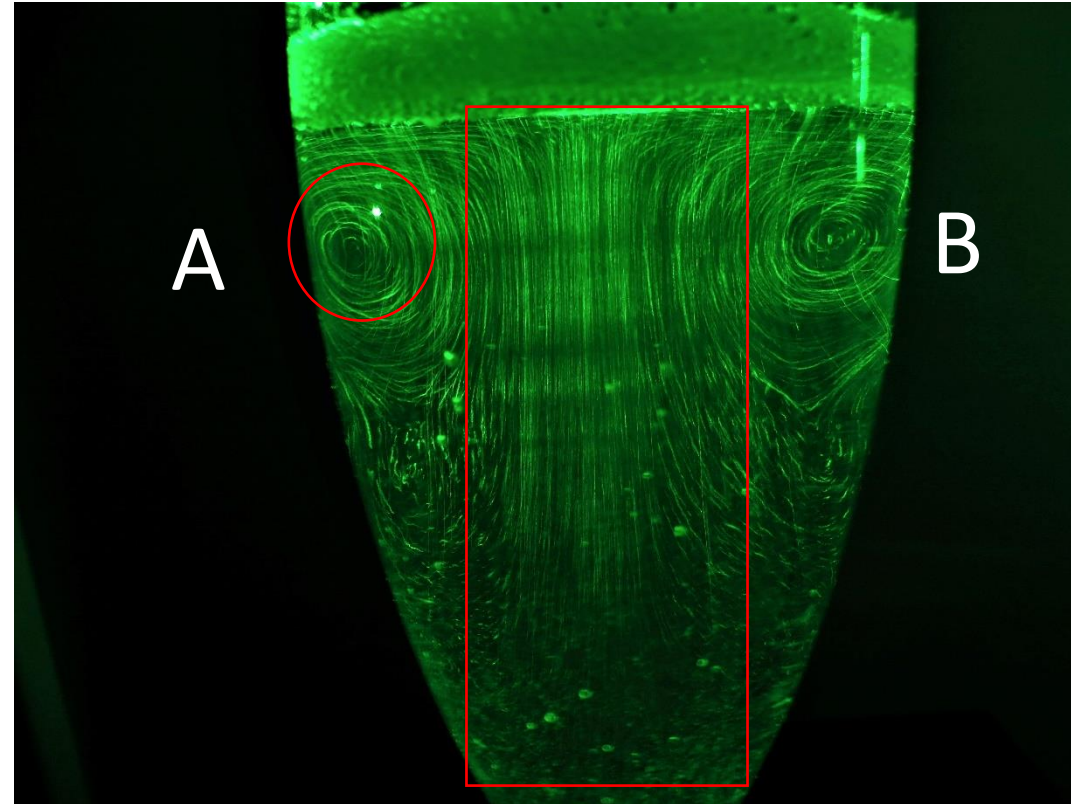
III.1) Fonctionnement de la tomographie laser :



III.2) Montage utilisé :

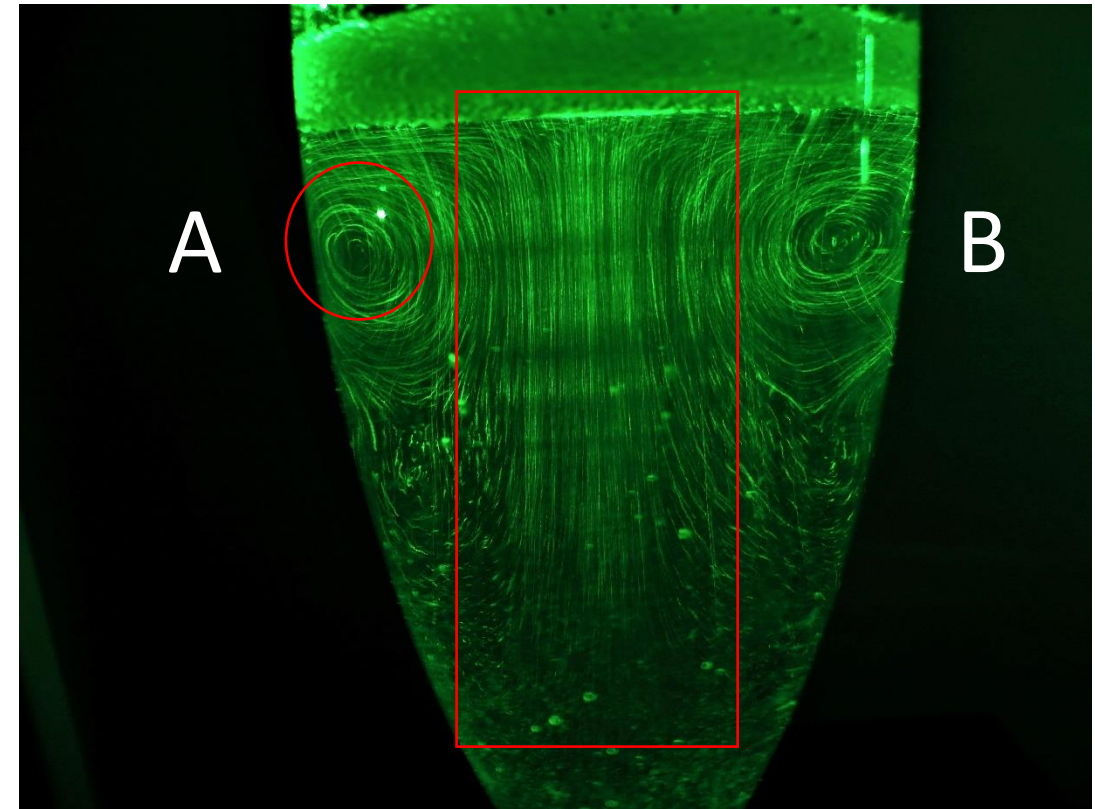
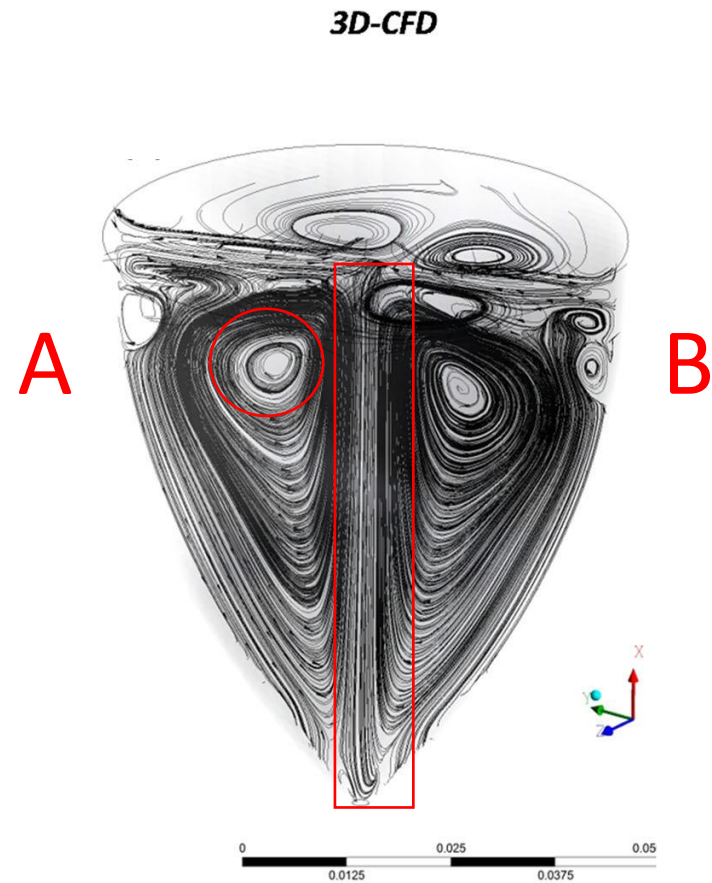


III.3) Analyse des photographies obtenues:



Lignes de courant dans une
flûte de champagne

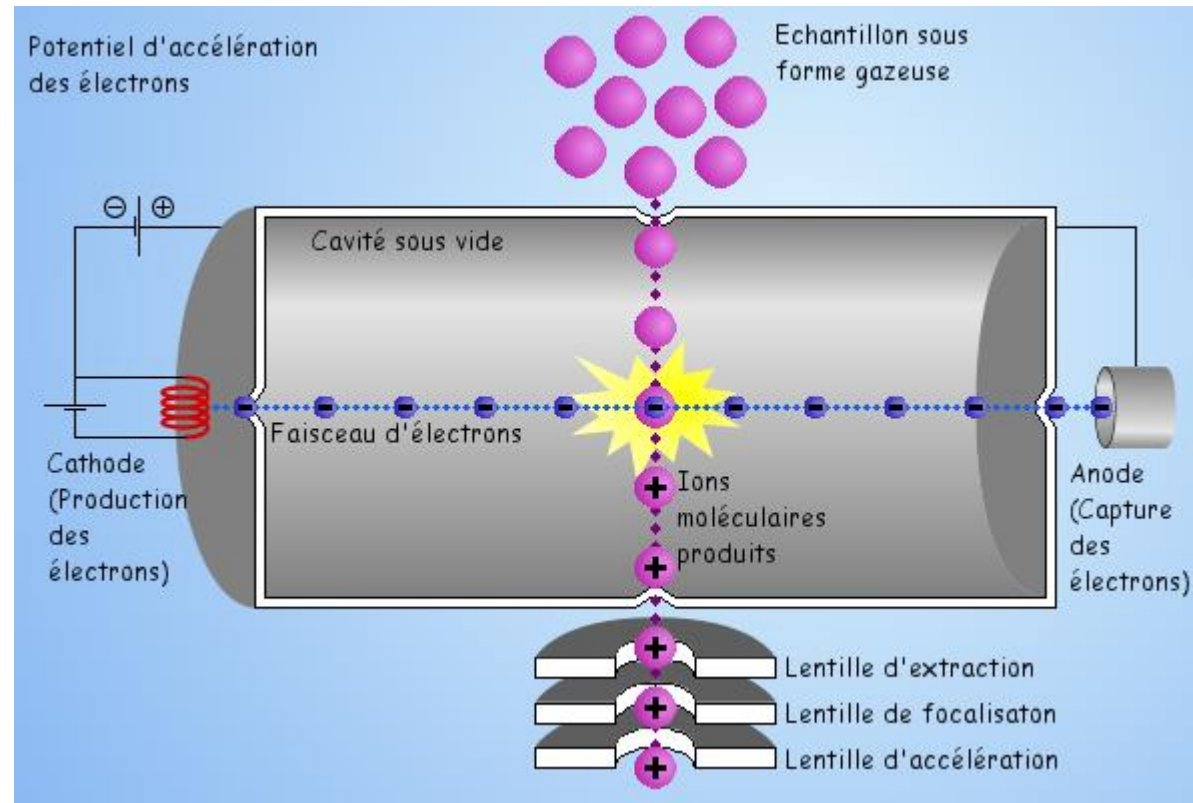
III.3) Comparaison :



Conclusion :

<u>Expérience</u> <u>Spectromètre de</u> <u>masse</u>	<u>Simulation</u> <u>Fluent</u>	<u>Tomographie</u> <u>Laser</u>
Expérience de dosage quantitative pour montrer la différence d'arôme entre le haut et le bas du verre	Amélioration du modèle en prenant en compte plus de paramètres	Utiliser un meilleur dispositif pour créer une nappe laser
Utiliser un spectromètre de masse plus performant	Amélioration du maillage au niveau des interfaces	Utiliser un laser plus puissant pour avoir un encore meilleur contraste
Lister tous les différents arômes qui sont présents de façon significative par rapport aux autres	Utiliser des lois continues pour modéliser l'accroissement du rayon des bulles	Utiliser des fluides colorés pour une meilleure visibilité des lignes de courant

Spectrométrie de masse par ionisation électronique:



D'après Wikipédia

Caractérisation de la surface libre :

Nombre de Froude : $F_r = \frac{U}{\sqrt{gH}}$

Caractérisation des équations régissant la phase liquide :

Equation de « continuité » pour la phase liquide :

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \text{div}(\varepsilon \vec{U}) = 0$$

Equation de la quantité de mouvement pour la phase liquide :

$$\rho_l \left(\frac{\partial(\varepsilon U)}{\partial t} + \nabla \cdot (\varepsilon U U) \right) = -\nabla p + \nabla \cdot (\varepsilon \tau) + \varepsilon \rho g + F_b$$

– F_b la force résultant des interactions de chacune des bulles dans la phase liquide

– τ le tenseur de contrainte visqueuse
 ε le "liquid holdup"

Annexe Code Fluent UDFS

```
#include "udf.h"
#include "dpm.h"

real k;
real coeff;
real coeff2;
real TE;

DEFINE_DPM_SOURCE(dpm_source,c,t,S,strength,p)
{
P_MASS(p)=(0.97913*P_DIAM(p)*P_DIAM(p)*P_DIAM(p))
;

/* (Pi X Rho X Dcube) / 6 */
}
```

```
DEFINE_ADJUST(k_change,d)
{
cell_t c;
Thread *t;

real time=RP_Get_Real("flow-time");

if ( time < 60)
k = 0.000160;
else
if (time<120)
k = 0.000145;
else
if (time< 180)
k = 0.000130;
```

```
else
if (time< 240)
k = 0.000120;
else
if (time< 300)
k = 0.000110;
else
if (time< 600)
k = 0.000105;
else
if (time< 900)
k = 0.000085;
else
if (time< 1200)
k = 0.000073;
}
```

Annexe Code Fluent UDFS

```
real TE;
DEFINE_DPM_INJECTION_INIT(bubble_velocity,I)
{
Particle *p;
real coeff;

loop(p,I->p)
{
coeff2 = (P_DIAM(p)/2*P_DIAM(p)/2);
P_VEL(p)[1]=755445*coeff2;

/* (2alpha X Rho X g) / 9 Eta X R2*/

}
}

/*calcul de Cd*/
coeff5= coeff4*3133.72;

/*calcul de Cd X Pi X Ro */

coeff6= (P_DIAM(p)/2*P_DIAM(p)/2);

/* calcul de R2 */

coeff7 =(565185*coeff6)*(565185*coeff6);

/* calcul de U2 */

if ( Re <= 0.01)
drag_force = 18.0;

else

if ( Re <= 100)

drag_force =
1/2*(11.1*pow(Re,-
0.74))*coeff6*coeff7*3133.
72;

return (drag_force);
}
```