

Chapitre 2 :

Aspects physiques des interactions des RNI avec la matière – PART 2

INTERACTION PHOTON TISSU BIOLOGIQUE

Pr M.REMARAM- UMC

- Lorsqu'une source lumineuse interagit avec un tissu biologique, deux phénomènes apparaissent :
- l'absorption
- la diffusion.

Cette interaction est fortement dépendante de la longueur d'onde, et, suivant la valeur de celle-ci, l'onde lumineuse se propagera plus ou moins profondément à l'intérieur du tissu.

- Un milieu optique est en général caractérisé par son indice de réfraction :
- Si n reste constant, le rayon lumineux traversera ce milieu suivant une trajectoire bien définie, et ne sera pas dévié.
- De nombreux milieux, comme les tissus biologiques, présentent des fluctuations d'indice sur de petites échelles dues à la présence de structures telles que les noyaux ou les mitochondries des cellules,

Pr M.REMARAM- UMC

Composantes cellulaires	Taille (μm)	Proportion volumique
Noyau	3-10 μm (diamètre)	5-10%
Mitochondries	1-3 μm (longueur) 0.3-0.7 μm (diamètre)	5-15%
Peroxisomes	0.2-0.5 μm (diamètre)	1-10%

Les tailles des différentes composantes cellulaires.
Pr M.REM RAM- UMC



- **ce qui entraine une dispersion de la lumière dans toutes les directions**

Beaucoup de travaux ont essaye de caractériser les indices de réfractions des composantes cellulaires mais il n'y a pas de valeur définitive pour chaque composante

Composantes cellulaires	Indice de réfraction
cytoplasme	1.358-1.374
noyaux	1.39-1.41
mitochondries	1.40-1.42

Indice de réfraction des composantes cellulaires dans le spectre visible.

REMARQUE

A échelle macroscopique l'indice d'un tissu biologique varie peu et est de l'ordre de 1.40.

Pr M.REM RAM- UMC

- La propagation de la lumière dans les tissus biologiques va donc dépendre de cette fluctuation d'indice mais aussi de l'absorption et de la diffusion.
- Les propriétés optiques des tissus sont en général caractérisés par le coefficient de diffusion α_{sca} , le facteur d'anisotropie g et le coefficient d'absorption α_{abs} .

Les paramètres optiques des tissus biologiques

Le coefficient d'absorption :

- Dans un tissu, l'absorption est due à la présence de chromophores.
- Ils atténuent l'onde électromagnétique qui se propage dans le milieu en absorbant une partie de son énergie et la transforment sous forme de chaleur.
- Ce phénomène est utilisé en médecine par l'utilisation thérapeutique des lasers.
- Les trois principaux absorbants dans les tissus sont l'eau, l'hémoglobine (oxygénée et désoxygénée) et la mélanine.

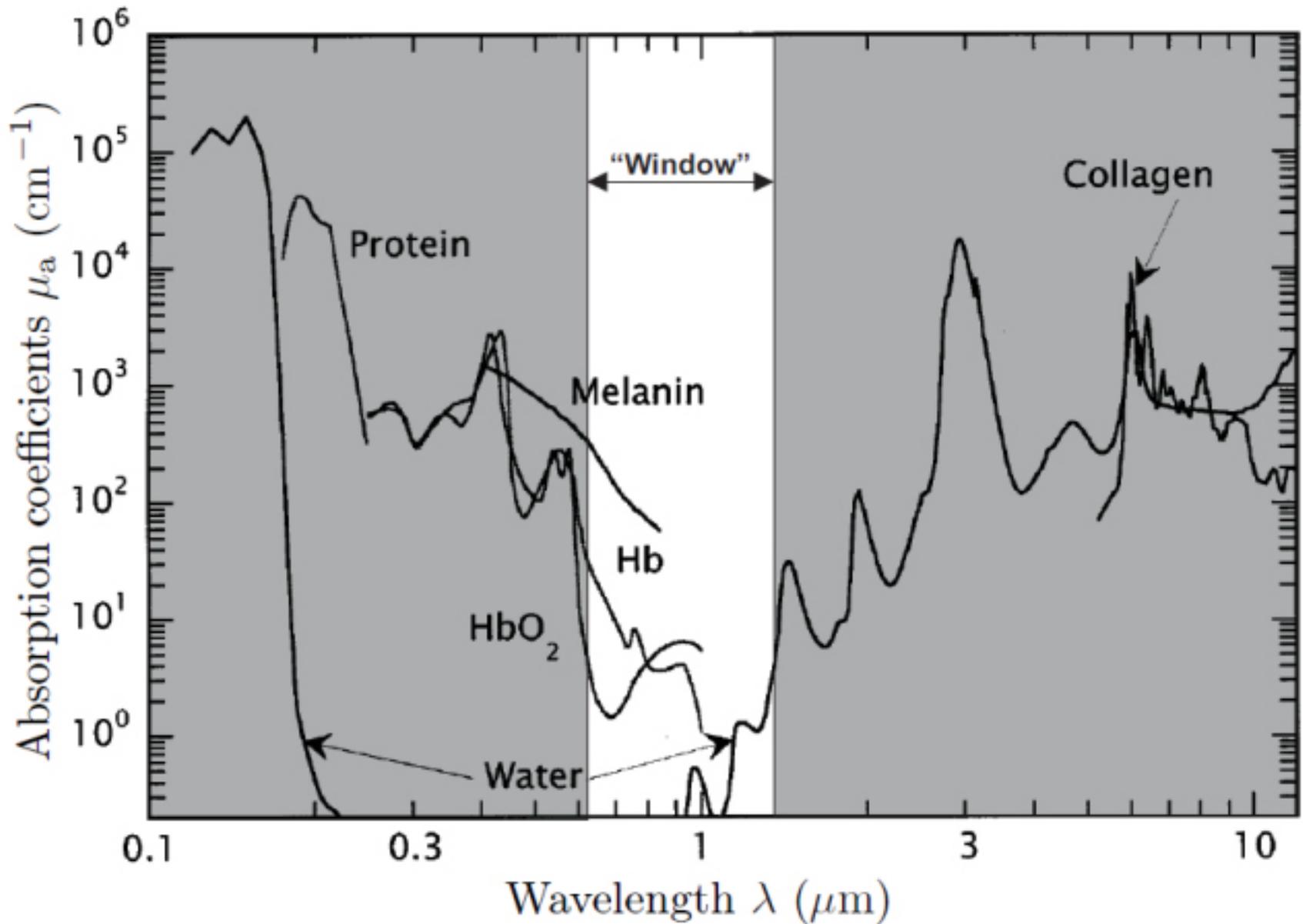
- Lorsqu'une onde plane collimaté se propage dans un milieu homogène absorbant et non diffusant de longueur L , la variation d'intensité I en fonction de la distance parcourue dans ce milieu est donnée par la loi de Beer-Lambert:

$$I = I_0 \exp(-\alpha_{\text{abs}} L)$$

- Ce coefficient peut-être exprimé en fonction de la densité de chromophores N_i présents et de la section efficace d'absorption du chromophore correspondant , C_{abs} .
- Ainsi en présence de plusieurs chromophores :

$$\alpha_{abs} = \sum_i N_i C_{abs,i}$$

Pr M.REMARAM- UMC



Pr M.REM RAM- UMC

▶▶ L'absorption dans la région infrarouge (au dessus de $1\mu\text{m}$) est principalement attribué à l'eau,

▶▶ L'hémoglobine et la mélanine absorbent plus dans le spectre visible (bleu, vert, jaune).

▶▶ On constate que le rouge et le proche infrarouge ($0,6$ à $1,2\mu\text{m}$) sont peu absorbés

- ▶▶ Cette gamme de longueurs d'ondes (0,6 à 1,2 μm), appelé fenêtre thérapeutique, est utilisée pour extraire des informations sur les tissus en profondeur.
- ▶▶ A ces longueurs d'onde la lumière peut pénétrer sur quelques millimètres.
- ▶▶ La pénétration de la lumière est cependant limitée par le processus de diffusion qui est le mécanisme optique dominant et qui est caractérisé dans les tissus par le coefficient de diffusion : α_{sca}

- **Le coefficient de diffusion :**

la diffusion de la lumière se produit lorsqu'une onde électromagnétique rencontre une particule d'indice de réfraction différent de celui du milieu environnant.

- Si l'on considère toujours un milieu homogène de longueur L , non absorbant et constitué de particules diffusantes, la décroissance exponentielle de la lumière collimaté I qui traverse ce milieu est • nouveau donné par la loi de Beer Lambert: :

$$I = I_0 \exp(-\alpha_{sca} L)$$

- Ou α_{sca} est cette fois-ci le coefficient de diffusion de dimension $[L^{-1}]$ et I_0 l'intensité incidente.
- Dans un tissu biologique, la lumière rencontre des structures très variées et de taille différentes, de ce fait, on lui associe un coefficient de diffusion macroscopique caractérisant le milieu :

$$\alpha_{sca} = \sum_j N_j C_{sca,j}$$

- Où N_j est le nombre de particules de type j par unité de volume et $C_{sca,j}$ la section efficace correspondante.
- Cette relation sous entend que les particules sont relativement éloignées les unes des autres.
 - On parle dans ce cas de diffusion indépendante.

- Ainsi la diffusion et l'absorption dans un tissu contribuent au processus d'atténuation de l'onde électromagnétique, on définit alors un coefficient d'extinction :

$$\alpha_{\text{ext}} = \alpha_{\text{abs}} + \alpha_{\text{sca}}$$

g caractérise l'anisotropie de la diffusion

Pr M.REMARAM- UMC

Différents régimes de diffusion:

Si on définit

le libre parcours moyen de diffusion:

$$l_{sca} = 1/\alpha_{sca}$$

Distance parcourue par un photon entre deux
éléments de diffusion

l_{sca} est de l'ordre de 10 a 100 μm dans un tissu
biologique

- De même on définit les libres parcours moyen d'absorption, et d'extinction:

$$l_{\text{abs}} = 1/\alpha_{\text{abs}}$$

$$l_{\text{ext}} = 1/\alpha_{\text{ext}}$$

On définit les différents régimes de diffusion en fonction d'un seul paramètre, l'épaisseur optique du milieu τ (grandeur sans dimension) :

$$\tau = N C_{\text{ext}} L = \frac{L}{l_{\text{ext}}}$$

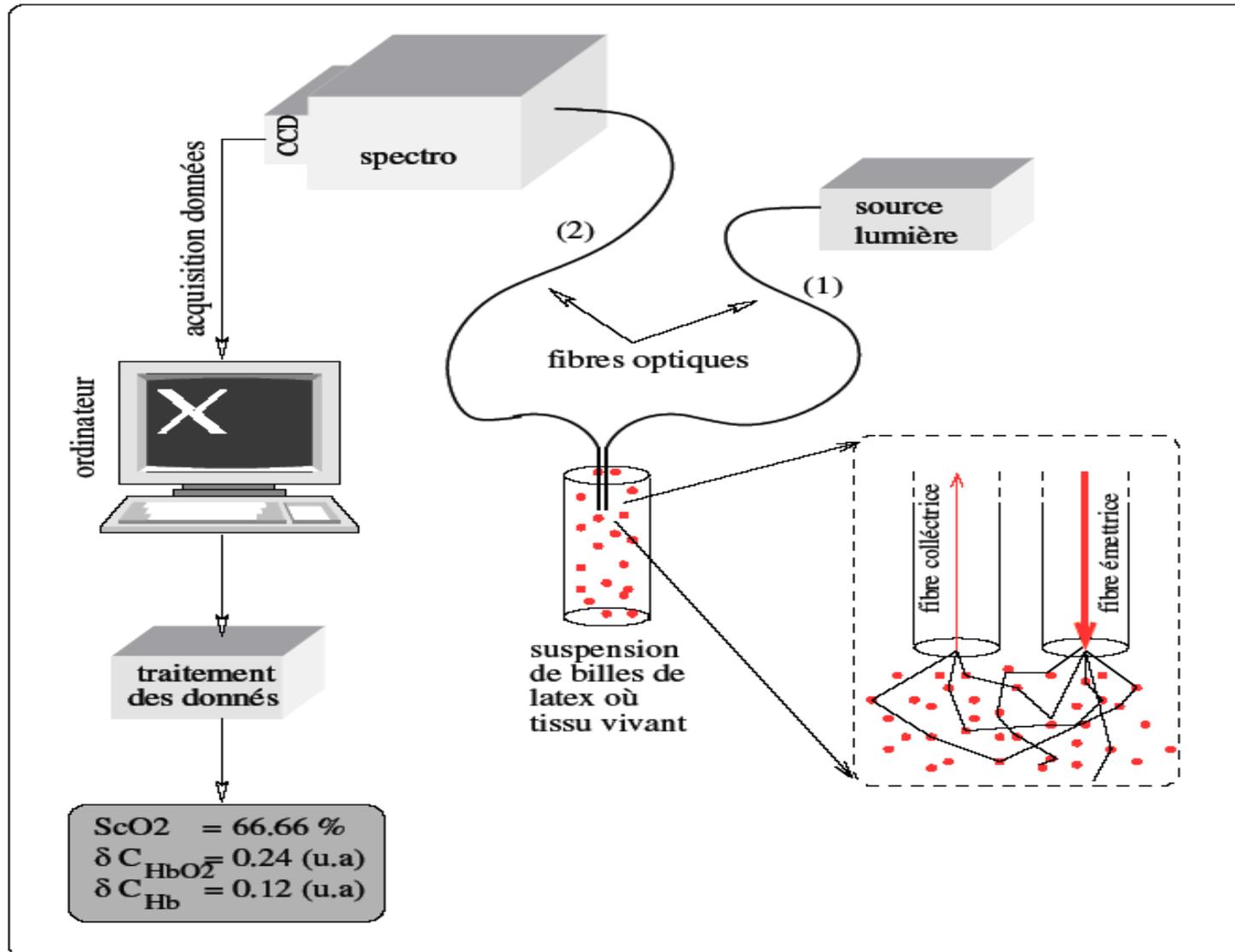
Les différents régimes de diffusion

$\forall \tau < 1$ Régime propagatif sans absorption,
ni diffusion

$\forall \tau = 1$ Régime de diffusion simple

$\forall \tau > 1$ Régime de diffusion multiple

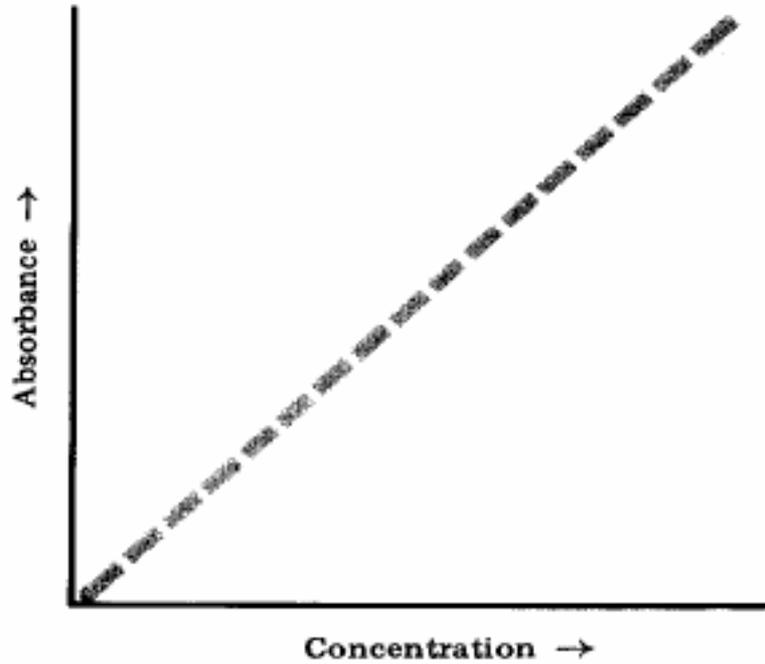
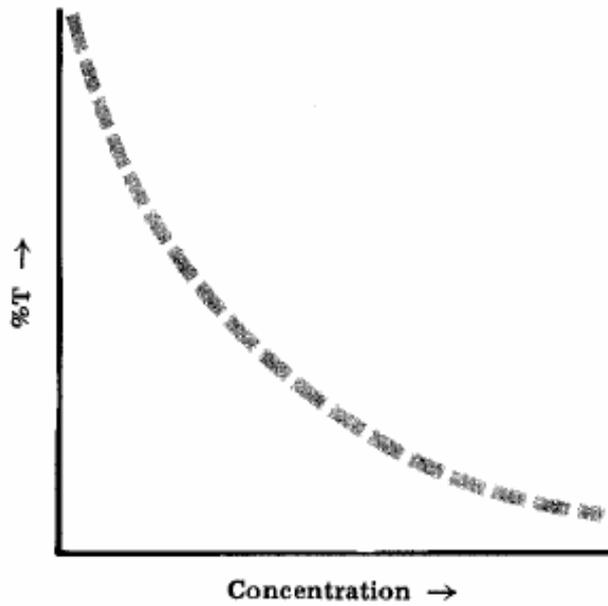
Dispositif expérimental



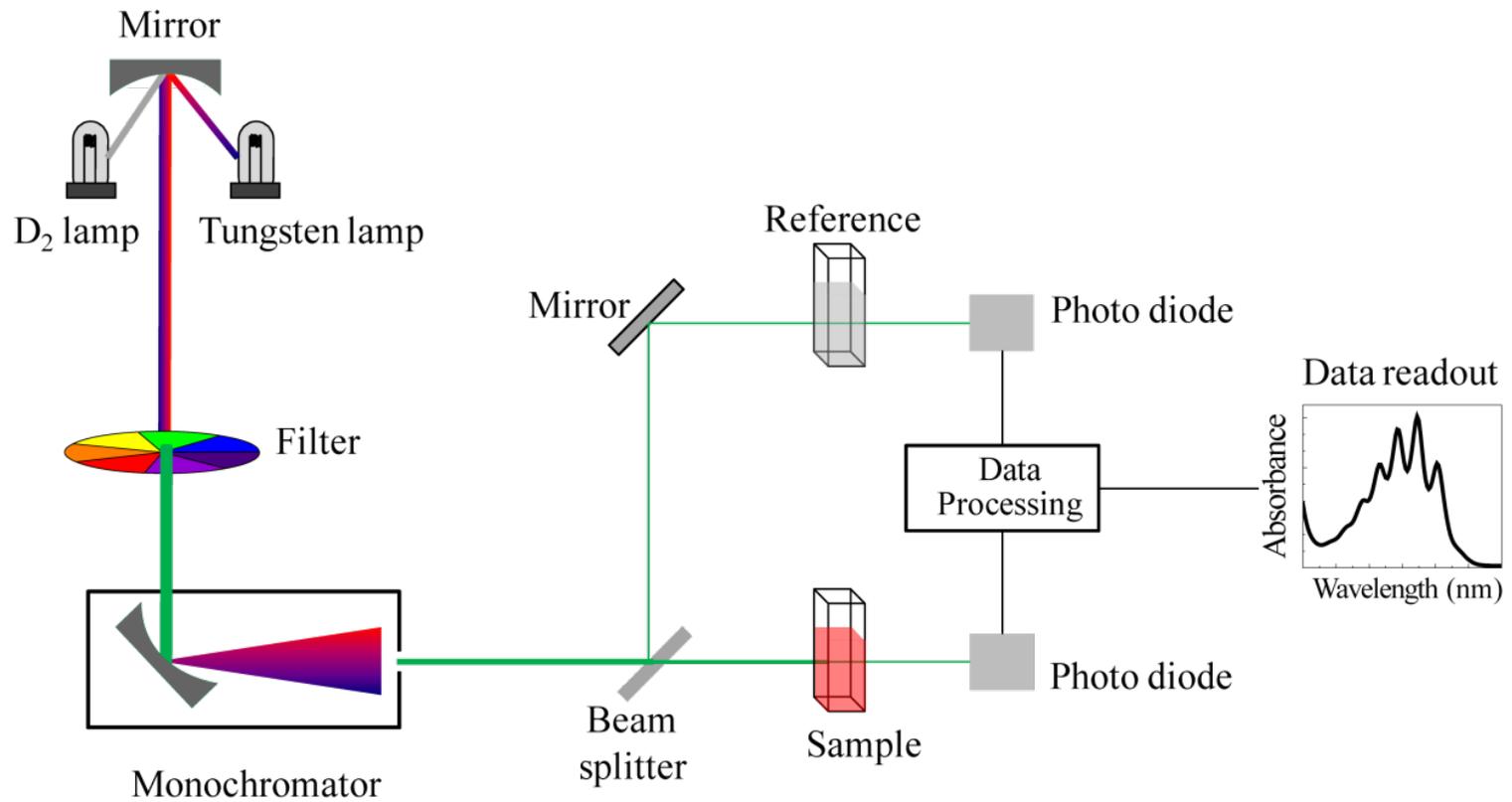
Le dispositif expérimental utilisé pour les études de la spectroscopie de diffusion lumineuse en milieu trouble à l'aide de sondes optiques aiguilles

Calcul de l'Absorbance

où A est l'absorbance (pas d'unité de mesure),
 ϵ est le coefficient d'absorption molaire ($\text{L mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$),
 c est la concentration molaire (mol L^{-1}),
 l est la longueur du trajet (cm)



Pr M.REMRAM- UMC



Pr M.REMRAM- UMC

