

Les compartiments de l'organisme

Coucou aux nouveaux P1 qui se jettent dans un monde inconnu (ça va aller c'est pas si terrible que ça jvous jure 😊) et aux las 2 / 3 qui sont dotés d'un courage incroyable (vous êtes les meilleurs <3) ! On commence le programme par un petit cours super cool. Quand je mets des « ++ » c'est que c'est déjà tomber dans les annales donc c'est à connaître PAR CŒUR !

1. Les compartiments du milieu intérieur

→ L'organisme possède des compartiments à **différentes échelles**. Nous allons commencer par décrire les compartiments du milieu intérieur. Nous définirons de quoi il s'agit, comment mesure-t-on ces compartiments et nous les décrirons ensemble.

Définitions

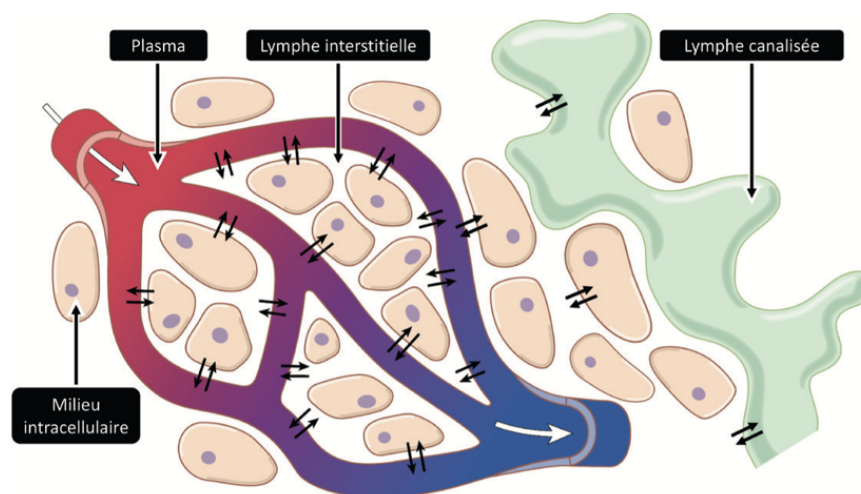
La notion de milieu intérieur remonte à Claude Bernard et elle est fondatrice en physiologie.

- **Milieu intérieur** = Ensemble du **liquide** dans lequel **baignent les cellules** (plasma + liquide interstitiel). On l'appelle également milieu extracellulaire. Il est **ACCESSIBLE** aux mesures.

MILIEU INTERIEUR = MILIEU EXTRA CELLULAIRE++++

- En opposition on a le **Milieu Cellulaire** = Corresponds au **liquide** en **Intracellulaire**. C'est **un sanctuaire** dans lequel on n'effectue généralement **PAS DE PRÉLÈVEMENT +++**. Il est **INACCESSIBLE** aux mesures +++

Attention : ne pas confondre milieu cellulaire, milieu intérieur (=milieu extracellulaire) et milieu extérieur+++



Le milieu intérieur/liquide extracellulaire correspond au plasma, liquide interstitiel etc, alors que le milieu extérieur correspond (comme on le verra tout à l'heure) à l'air pulmonaire, au suc digestif ou à l'urine

Les mesures

→ Pour effectuer des mesures de ces compartiments, on utilise la capacité de certains traceurs à se **distribuer** selon leur **taille** et leur **affinité**. On mesure ainsi les compartiments grâce à leur **volume de distribution** qui est **CALCULÉ**.

Le principe de la mesure est simple :

- - On **injecte** un traceur d'une certaine concentration dans par exemple une veine
- - Puis on **mesure sa concentration** un peu plus tard
- - Cela nous permet alors de **déduire le volume de distribution** du traceur

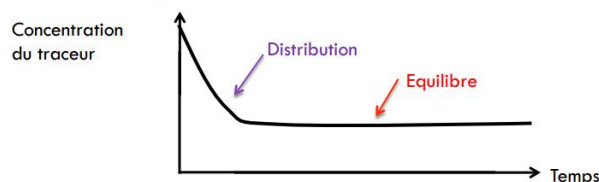
On doit tenir compte du fait que celui-ci peut être :

- **Éliminer régulièrement** dans le volume de distribution,
- Ou au contraire qu'il peut être **séquestré** à l'intérieur de celui-ci.

LE VOLUME DE DISTRIBUTION D'UN TRACEUR PERMET DE MESURER LES COMPARTIMENTS++++

Traceur séquestré dans le volume où on l'injecte

Ici, le traceur est séquestré dans le volume de distribution.



$$\text{Volume de distribution (Litre)} = \frac{\text{Quantité injectée (mole ou béquerel)}}{\text{Concentration mesurée à l'équilibre (mol/L ou Bq/L)}}$$



PACES - UFR Médecine, UFR d'Odontologie – Université Nice-Sophia Antipolis

On observe **2 phases** : Une phase de **distribution** suivie d'une phase **d'équilibre**, on utilise la concentration à l'équilibre pour le calcul du Vd.

À t=0 la concentration est maximale puis le traceur est dilué jusqu'à atteindre la phase d'équilibre.

Le volume de distribution est ici égal au rapport de la quantité injectée du traceur sur la concentration de celui-ci mesuré à l'équilibre :

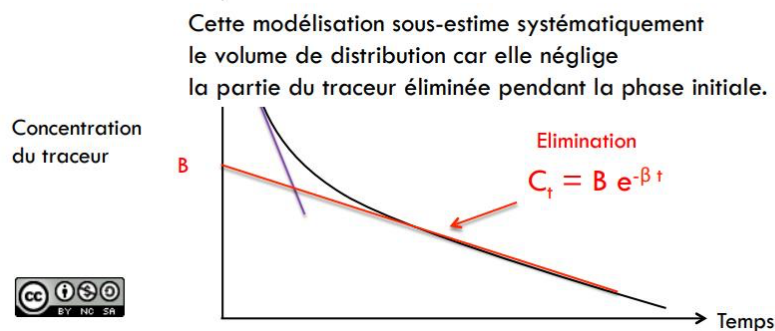
- Soit en **mole** si on mesure la **quantité** du traceur,
- Soit en **Becquerel** si on mesure **l'activité radioactive** de celui-ci

Séquestré : Traceur de l'eau (deutérium), traceur plasma (albumine)

Traceur éliminé à vitesse constante

On utilise la courbe d'élimination pour calculer le volume de distribution.

$$\text{Volume de distribution (litres)} = \frac{\text{Quantité injectée (mol)}}{B \text{ (mol/L)}}$$



On observe **2 phases** qui sont différentes : La première de **distribution** et la deuxième **d'élimination**.

La décroissance exponentielle du traceur en fonction du temps démarre au moment où la concentration du traceur est maximale, c'est-à-dire au moment de l'injection.

L'extrapolation linéaire de chacune de ces phases nous permet de calculer la concentration du traceur au point B. Ainsi, la concentration en fonction du temps est proportionnelle à ce point B, fonction d'une exponentielle qui dépend de la constante d'élimination.

On utilise la **courbe d'élimination** pour le calcul de V_d , cependant les phases d'élimination et de distributions sont **concomitantes/simultanées**. Cela fait que le **V_d sera toujours sous-estimé** dans ce cas +++

Ici pour estimer le volume de distribution on fait le rapport entre la quantité injectée totale de traceur et la concentration du traceur au point B (qui est extrapolée).

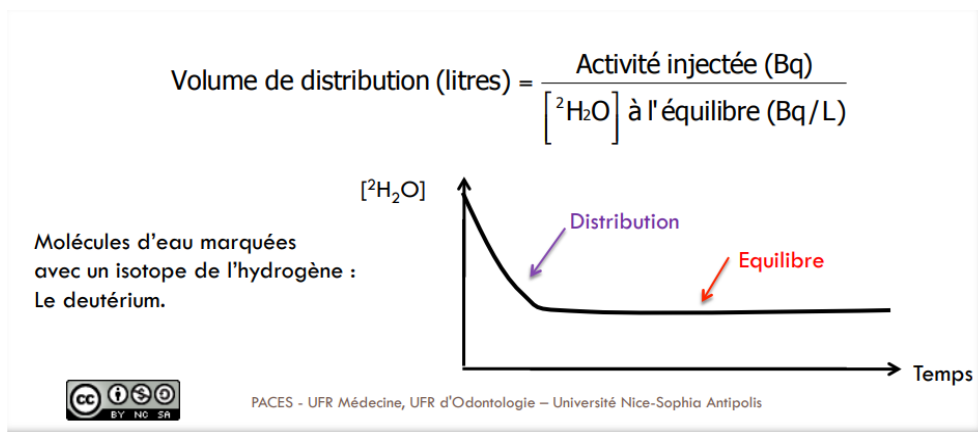
- Soit en moles si on parle de concentrations
- Soit en becquerel si on parle d'activité

Éliminé: traceur du volume extra cellulaire (edta)

Les **différents traceurs** permettent d'obtenir une description des **différents volumes** du milieu intérieur : (le tableau c'est +++)

Volumes mesurés	Volume d'eau totale	Volume plasmatique	Volume extracellulaire	Volume pulmonaire
Traceurs	$^2\text{H}_2\text{O}$ $^3\text{H}_2\text{O}$	^{125}I -albumine	^{51}Cr -EDTA Inuline	Hélium

Volume d'eau totale :

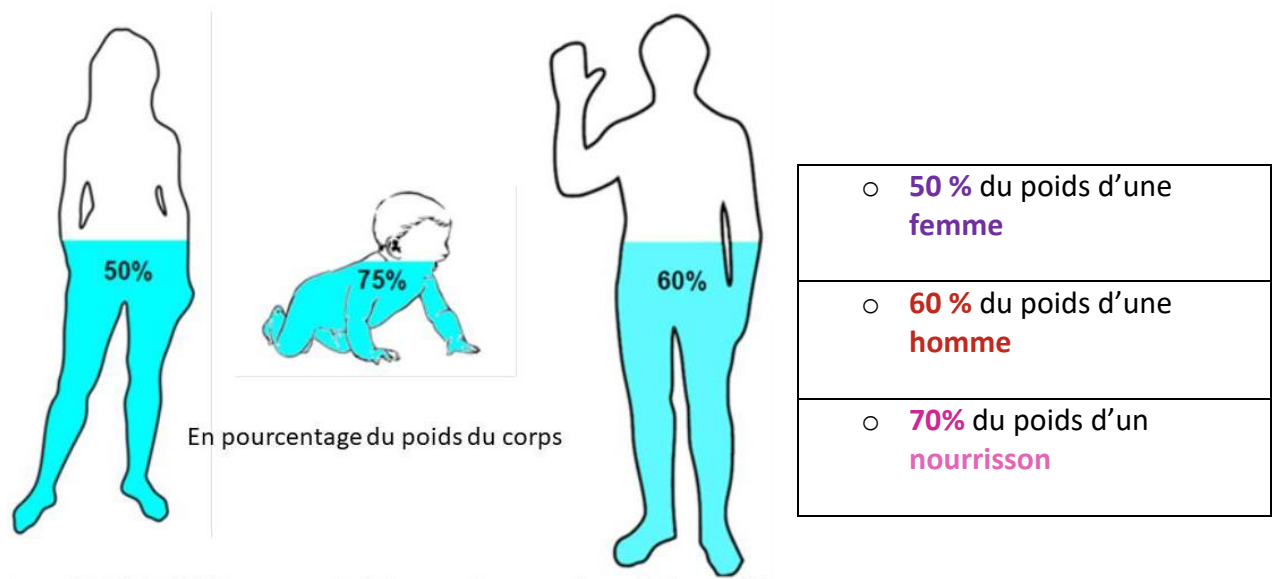


L'**équilibre de concentration** du traceur par exemple pour le deutérium (si l'on mesure le volume d'eau totale) est établi au bout d'un certain temps, car même si les molécules d'eau se renouvellent régulièrement, elles ne se renouvellent pas suffisamment rapidement pour fausser notre mesure-> donc traceur séquestré.

L'eau ne se renouvelle pas rapidement dans l'organisme donc sur un temps court on considère que l'eau n'est **PAS ELIMINE** de l'organisme.

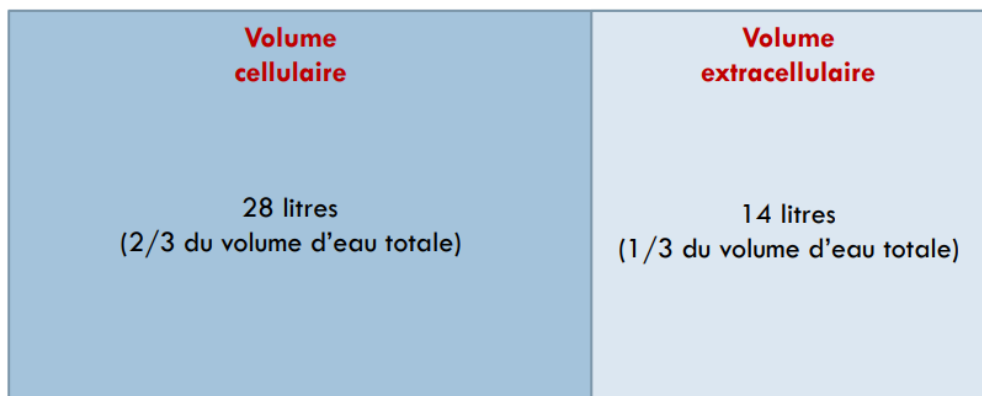
Son **volume de distribution** est donc égal à l'activité injectée divisée par l'activité à l'équilibre du deutérium.

Le volume d'eau totale diffère en fonction de **l'âge et du sexe** : +++ (qcm de calculs)



On considère un individu standard comme étant un homme de 70kg

Volume d'eau totale de l'individu standard = 42 L



On rappelle que :

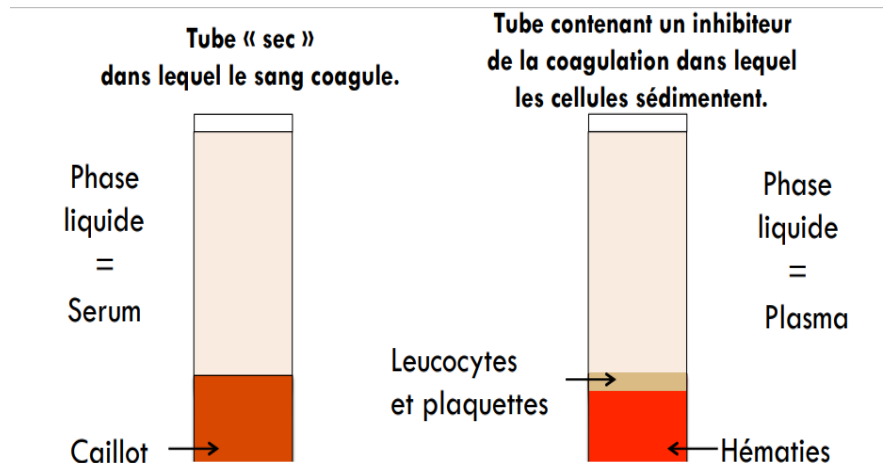
- Le volume d'eau **EXTRA**CELLULAIRE est **accessible** aux mesures
- Volume d'eau **INTRA**cellulaire est **inaccessible** aux mesures

$$++\text{Volume d'eau totale} - \text{volume extracellulaire} = \text{volume cellulaire}++$$

La répartition est de ++ :

- 2/3 pour le volume cellulaire
- 1/3 pour le volume extracellulaire

Volume de plasma :



- Le **plasma** est le liquide qui reste après avoir prélevé du sang **AVEC anticoagulant**.
- Par opposition au **sérum** qui est un liquide qui reste lorsqu'un **caillot** s'est formé dans un **tube dit « sec »**.

Le plasma est à bien différencier du sérum. Les protéines sont encore présentes à l'état soluble dans le plasma contrairement au sérum

$$\text{Hématocrite} = \frac{\text{Vol globulaire}}{\text{Vol sanguin}} = 0,45$$

Mesuré sur le tube contenant un anticoagulant

Hématies = globules rouges

Hématocrite: Rapport du volume des hématies au volume sanguin

Le volume globulaire moyen : paramètre sanguin rendant compte de la taille des globules rouges

L'hématocrite est un reflet de la quantité de cellules présente dans le sang généralement autour de **45%** (0,45). Lorsqu'on prélève sur un tube **avec anticoagulant (donc dans le plasma)**, on peut faire le rapport entre le volume globulaire et le volume sanguin qui nous donne l'hématocrite.

Mesure du volume plasmatique :

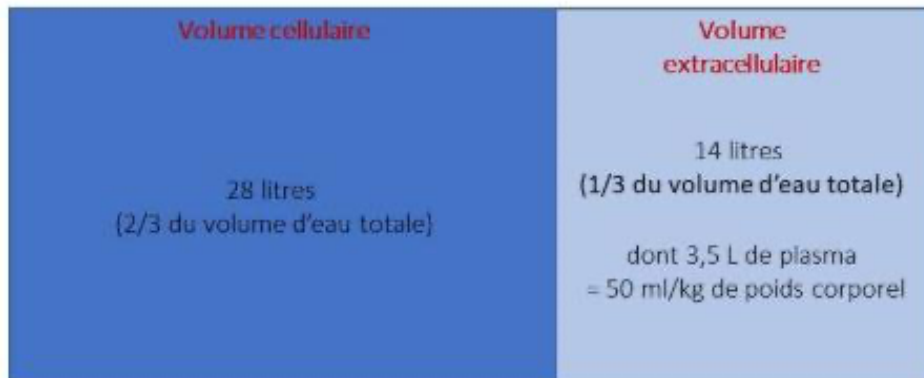
Pour la mesure du volume plasmatique, on utilise **l'albumine** (qui est une protéine plasmatique) marquée à **l'iode 125**.

Elle se distribue dans le **plasma**, on mesure alors le volume plasmatique par le rapport entre l'activité injectée et l'activité à l'équilibre, puisque l'albumine ne se renouvelle pas très rapidement (bien qu'elle soit en permanence dégradée et renouvelée par le foie) -> donc traceur sequestré.

Volume plasmatique = 50 ml/Kg de poids corporels +++

Vue d'ensemble ++:

Volume plasmatique = 50 ml/kg de poids corporel



- Le volume de plasma fait parti du volume **extracellulaire**

Volume sanguin :

$$\text{Volume sanguin} = \frac{\text{volume plasmatique}}{1 - \text{hématocrite}}$$

+++

2. Les compartiments du milieu extérieur :

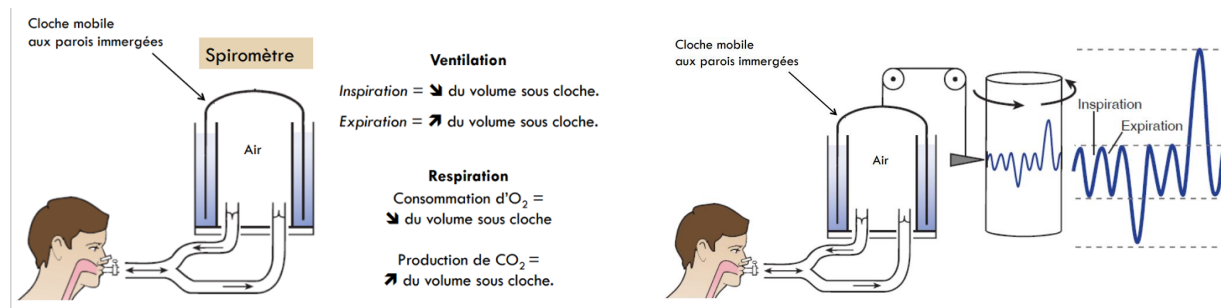
Définition



Parmi les différents compartiments extérieurs, on va retrouver :

- **Le compartiment pulmonaire** avec l'**air**, quand on respire elle vient se mettre au contact du sang dans un milieu aérien pulmonaire particulier, où l'air est dépoussiéré, réchauffé et humidifié.
- **Le compartiment digestif** avec les aliments que l'on ingère, ils viennent au contact du sang à travers l'intestin, et le bol alimentaire est modifié par les sécrétions digestives.
- **Le compartiment urinaire** avec l'urine, qui est filtrée à partir du sang à l'intérieur des reins, elle va être au contact du sang pendant tout son trajet et permettre l'équilibration du milieu intérieur (en enlevant de celui-ci ce qui est en trop et en y remettant ce qu'il y manque)

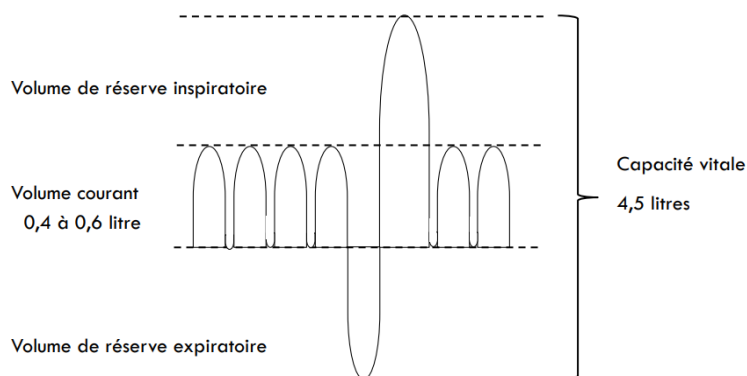
Le compartiment pulmonaire : le spiromètre



L'air pulmonaire est facile à mesurer, puisque simplement par la ventilation on fait varier le volume d'air à l'extérieur du corps. Tout volume d'air qui change fait augmenter ou descendre la cloche.

Un simple spiromètre (qu'on voit sur la diapo) permet de mesurer la diminution du volume sous la cloche lors de l'inspiration et son augmentation lors de l'expiration.

Si l'on enregistre ces mouvements en fonction du temps, cela donne une image des **différents volumes mobilisés par un individu**.



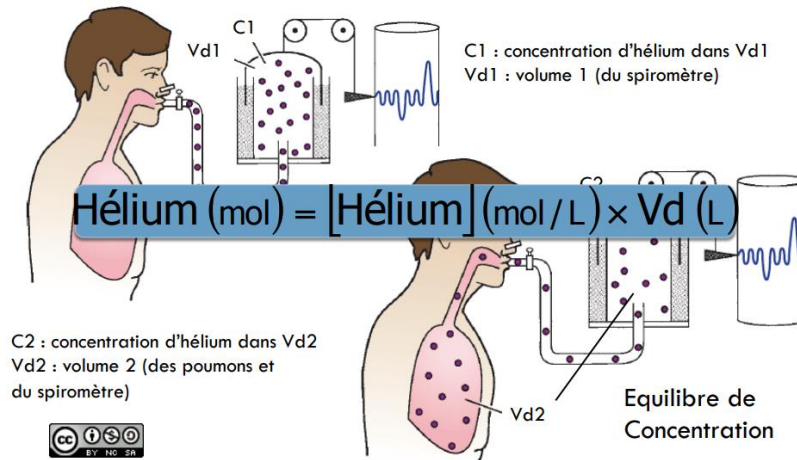
Ainsi on constate +++++ :

- que lorsqu'on ventile spontanément sans effort, on mobilise à peu près **0,5 L d'air**

- lorsqu'on inspire/expire à fond on peut mobiliser **2 L d'air**

Ces volumes réunis définissent **la capacité vitale** soit environ **4,5 L**

Dilution d'un traceur : l'hélium



En mesurant le volume d'air avec le traceur d'hélium, on obtient d'autres mesures (en comparaison avec le spiromètre).

Pour réaliser cette mesure :

- on injecte une **concentration C1** d'hélium dans le spiromètre dans un **volume connu V1** . Le patient ne respire pas
- on ouvre la communication entre le spiromètre et l'arbre aérien d'un individu le patient respire l'hélium va se distribuer dans les poumons .
- on mesure la **concentration C2** et on en déduit le **volume de distribution V2** qui **comporte le V1** et la part supplémentaire liée à l'arbre aérien de l'individu.

$$V2 = \frac{C1 \times V1}{C2}$$

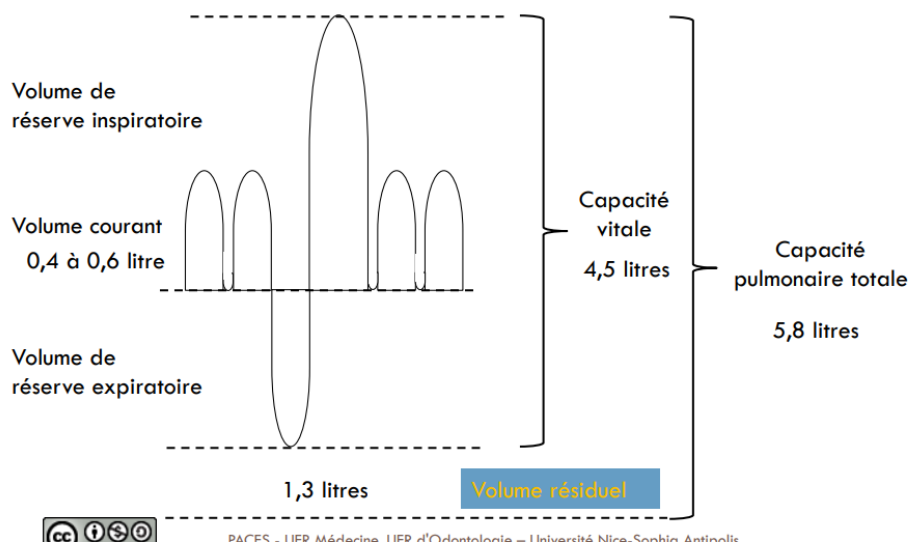
Ainsi on utilise l'équation vue précédemment pour calculer le volume de distribution.

→ On obtient ainsi grâce à ces calculs la **capacité pulmonaire totale** qui représente un **volume plus important que celui de la capacité vitale**, puisque la capacité pulmonaire totale prend en compte le volume résiduel qui est le **volume des bronches et des bronchioles**. Pour trouver la valeur du volume résiduel, on fait la différence entre la capacité pulmonaire totale et la capacité vitale.

Volume résiduel : volume **JAMAIS** mobilisé++++, c'est un **volume inerte** qui correspond aux volumes des bronches et des bronchioles **1,3 L**

Récap
Volume courant : volume d'air qu'un individu est capable de mobiliser au repos pour assurer son métabolisme de base = 0,5 L
Volume de réserve inspiratoire/expiratoire : volume mobilisable lors d'une inspiration/expiration maximale = 2 L (2L pour inspi et 2L pour expi)
La capacité vitale : est l'ensemble du volume aérien qu'un individu est capable de mobiliser entre une inspiration et expiration maximale ++Capacité vitale (4,5L) = volume courant(0,5L) + volume de réserve inspiratoire(2L) + volume de réserve expiratoire (2L) ++
Volume résiduel : volume JAMAIS mobilisé , c'est un volume inerte qui correspond aux volumes des bronches et des bronchioles 1,3 L
++ Capacité pulmonaire totale 5,8L = capacité vitale (4,5L) + Volume résiduel (1,3 L)

→ On peut voir sur cette diapo la description complète des **différents volumes pulmonaires**. Avec le volume courant, les volumes de réserves (inspiratoires et expiratoires) et le volume résiduel.



Le compartiment urinaire

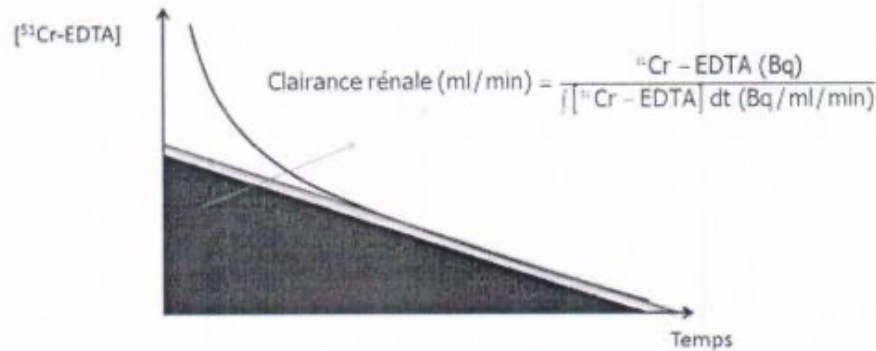
Le compartiment urinaire est plus **difficile à mesurer**.

On l'obtient en considérant que le plasma est filtré en permanence par les reins.

La clairance plasmatique ou bien débit de filtration glomérulaire : est le volume de plasma totalement épuré d'une substance par unité de temps par les reins (quand cette substance est épurée est spécifiquement filtrée par les reins). Il s'agit d'un débit (ml/min). ++++++

Attention QCM : « la clairance (plasmatique) rénale est le volume de plasma totalement épuré d'une substance par unité de temps » -> faux (car il y a aussi le foie qui intervient). Mais si il y a écrit « la clairance (plasmatique) rénale est le volume de plasma totalement épuré d'une substance par unité de temps PAR LES REINS » -> vrai

L'EDTA est une molécule éliminée exclusivement par les reins.
Le volume de plasma épuré d'EDTA par minute est une mesure de la clairance plasmatique rénale.



L'EDTA est une petite molécule qu'on peut coupler à un **isotope radioactif de chrome** pour pouvoir en **mesurer la quantité injectée** dans l'organisme passivement. Cette molécule est **éliminée EXCLUSIVEMENT** par les reins. **L'EDTA** va être un traceur du **volume extracellulaire** filtré régulièrement par les reins.

Ainsi **la clairance plasmatique de l'EDTA** va être proportionnelle à la quantité d'EDTA injectée divisée par l'aire sous la courbe de la concentration en fonction du temps. *Cela nous donne une idée de la fonction rénale, car l'EDTA étant exclusivement éliminé par les reins la clairance plasmatique rénale de l'EDTA = clairance rénale*

La clairance plasmatique rénale ou débit de filtration glomérulaire est de l'ordre de **172,8 L/j** pour un individu standard. On peut en considérant le volume plasmatique, mesurer que les reins filtre le plasma **50 fois par jour** (il suffit de diviser le débit de filtration glomérulaire par le volume plasmatique pour obtenir cet ordre de grandeur). Ainsi les reins sont capables d'épurer efficacement le sang.

On remarque **que l'on urine moins de 2 L par 24h** et donc que **les 172,8 L sont en majeure partie recyclés par les reins** et le compartiment urinaire est constitué de ces 172,8 L qui vont être **réabsorbés par le tubule rénal**.

VALEURS À RETENIR :

- Clairance rénale = **120 mL/min = 172,8 L/j**
- Le **plasma est filtré 50 fois par jour**
- **2L de diurèse** seulement, car les reins réabsorbent la majeure partie