

LES COMPARTIMENTS DE L'ORGANISME

I. 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.

A. Définition

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

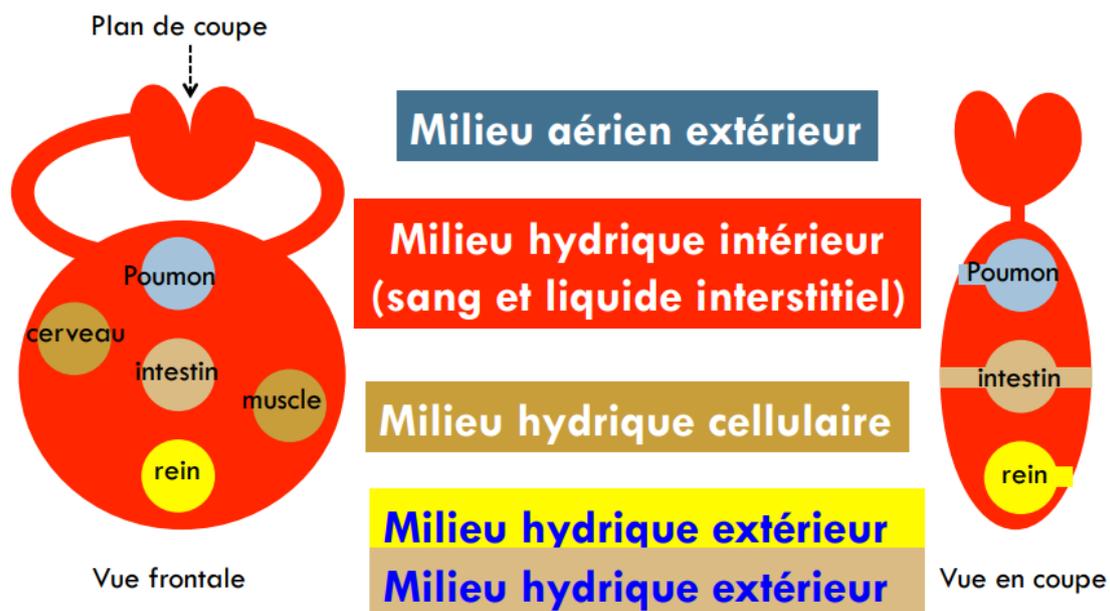
- **Milieu Intérieur** = Ensemble du **liquide** dans lequel **baignent les cellules** (plasma + liquide interstitiel) . On l'appelle également milieu extracellulaire. Il est **ACCESSIBLE** aux mesures.

MILIEU INTERIEUR = MILIEU EXTRACELLULAIRE

- 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 mesure .

♥♥MILIEU INTERIEUR ≠ MILIEU CELLULAIRE♥♥

ATTENTION
PIEGE QCM



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

B. Mesure

→ Pour effectuer des mesures de ces compartiments, on utilise la capacité de certains traceurs à se **distribuer** selon leur **taille** et leur **affinité**.

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.

♥ À RETENIR ♥

Le volume de distribution d'un traceur permet de **mesurer** les compartiments

Traceur séquestré dans le volume ou on l'injecte

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

Concentration du traceur

Temps

Distribution

Equilibre

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

 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 .

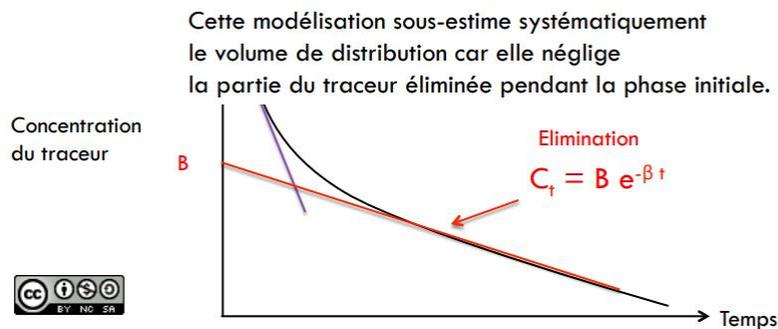
Le volume de distribution est ici égal au rapport de la quantité injectée du traceur sur la concentration de celui-ci mesuré à l'équilibre :

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

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 Vd, cependant les phases d'élimination et de distributions sont **concomitantes** . Cela fait que le **Vd 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).

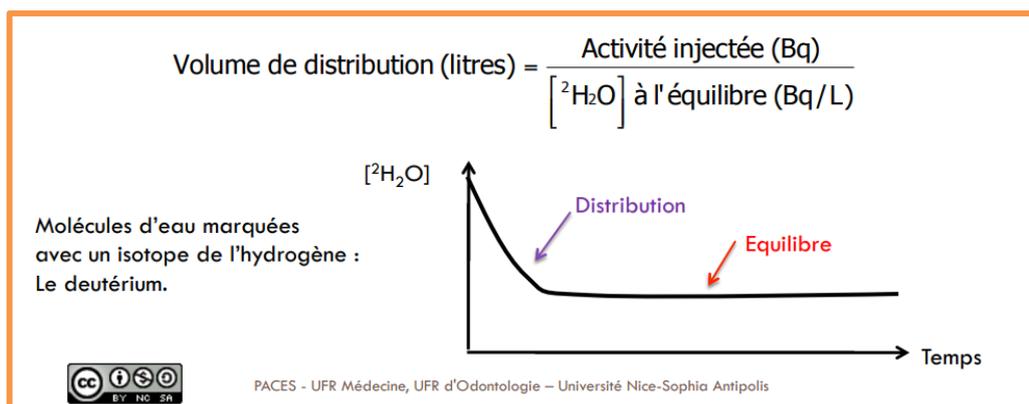
- Soit en moles si on parle de concentrations
- soit en becquerel si on parle d'activité

C. Description

Les **différents traceurs** permettent d'obtenir une description des **différents volumes** du milieu intérieur

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

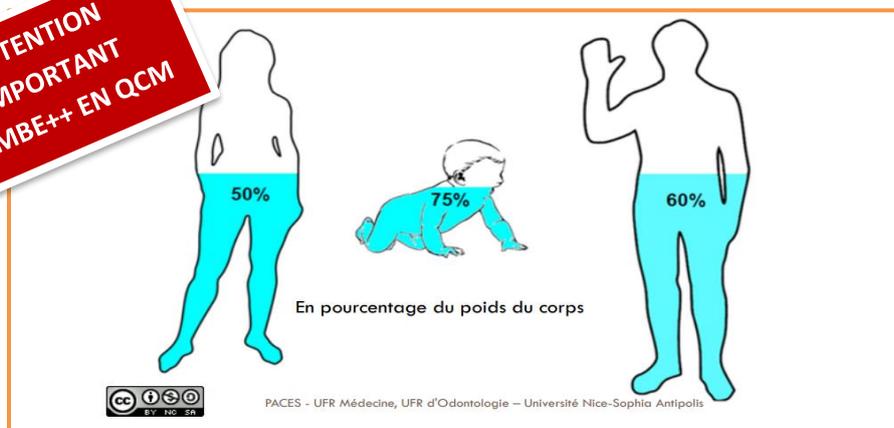


L'**équilibre de concentration** du traceur par exemple pour le deutérium (si l'on mesure le volume d'eau totale) est établi au bout d'un certain temps, car même si les molécules d'eau se renouvellent régulièrement, elles ne se renouvellent pas suffisamment rapidement pour fausser notre mesure.

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.

**ATTENTION
IMPORTANT
TOMBE++ EN QCM**



Le volume d'eau totale diffère en fonction de l'**âge** et du **sexe**

50% du poids d'une **femme**

60% du poids d'un **homme**

75% du poids d'un **nourrisson**

Comment expliquer ces différences ?

Cela est dû à la composition corporelle

La femme a plus de tissu adipeux que l'homme, à âge et poids égal, mais moins de tissu musculaire. Or **le tissu adipeux comporte moins d'eau** donc la femme aura moins d'eau dans son corps que l'homme.

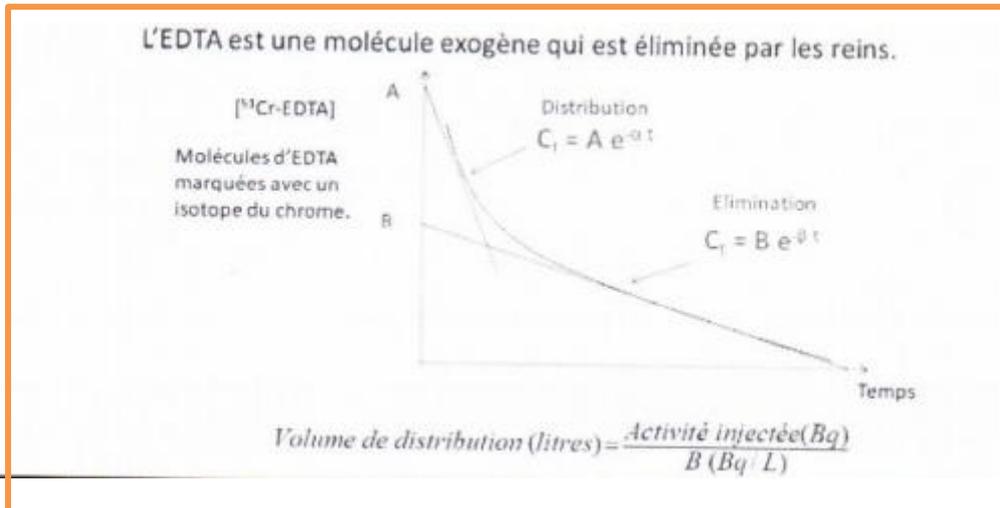
Le nourrisson possède une grande quantité d'eau, cela permet de comprendre la gravité des troubles digestifs chez ces nouveau-nés. Ils vont par la diarrhée et les vomissements perdre une quantité importante d'eau qui leur est **vitale**.

En pratique, cela va permettre de déterminer la quantité de volume à administrer en cas de déshydratation.

Volume d'eau extracellulaire

Ce volume est différent du volume d'eau totale, c'est l'eau qui est **ACCESSIBLE** à des mesures (\neq eau intracellulaire)

Si l'on veut mesurer le volume extracellulaire, on va utiliser l'**EDTA** qui est une **molécule exogène** régulièrement **éliminée par les reins**. On utilise donc la courbe de distribution d'un traceur éliminé et ainsi on calcule le volume de distribution comme égal à l'activité injectée divisée par la concentration au point B.



Volume d'eau cellulaire

Le volume d'eau cellulaire n'est **PAS ACCESSIBLE** aux mesures. Pour pouvoir le connaître, il va falloir le calculer. Connaissant le volume extracellulaire et le volume d'eau totale, on peut calculer le volume cellulaire qui est donc **la différence entre le volume d'eau totale et le volume extracellulaire**.

$$\text{VOLUME CELLULAIRE} = \text{VOLUME D'EAU TOTALE} - \text{VOLUME EXTRACELLULAIRE}$$

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

Volume cellulaire	Volume extracellulaire
28 litres (2/3 du volume d'eau totale)	14 litres (1/3 du volume d'eau totale)

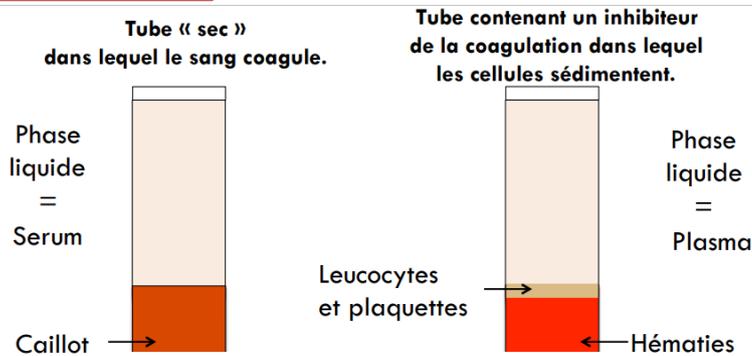
On peut voir que la répartition est de : ♥ 2/3 pour le volume cellulaire ♥

♥ 1/3 pour le volume extracellulaire ♥

+++QCM CALCUL

Ce qui pour un individu standard de **42L d'eau totale** donne un volume cellulaire de **28L** et un volume extracellulaire de **14L**.

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. ♥

!!ATTENTION !!

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

Mesuré sur le tube contenant un anticoagulant

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, 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).



Volume plasmatique = 50 ml/Kg de poids corporels



Volume Sanguin

Vol sanguin = Vol globulaire + Vol plasmatique

$$\frac{\text{Vol globulaire}}{\text{Vol sanguin}} + \frac{\text{Vol plasmatique}}{\text{Vol sanguin}} = 1$$

$$\text{Hématocrite} + \frac{\text{Vol plasmatique}}{\text{Vol sanguin}} = 1$$

$$\text{Vol sanguin} = \frac{\text{Vol plasmatique}}{[1 - \text{Hématocrite}]}$$

Grâce à la **proportionnalité** entre le volume sanguin et le plasma dans l'équation de l'hématocrite, on peut aboutir au volume de sang qu'on calcul.

♥ **Le volume sanguin est donc égal au volume plasmatique divisé par 1 – l'hématocrite** ♥

TOMBE EN QCM++

CONCLUSION

La notion de compartiment n'est pas anatomique, mais est accessible à l'aide de **traceurs** moléculaires.

On a décrit simplement les compartiments qui vont être utiles pour la compréhension de la physiologie.

L'estimation de leur volume par rapport au poids corporel et au sexe est utile en physiologie et en médecine.

II. Les compartiments du milieu extérieur

Nous allons parler maintenant des compartiments qui composent **le milieu extérieur**. Le milieu extérieur est en **contact étroit** avec le milieu intérieur dont on a parlé dans la partie précédente.

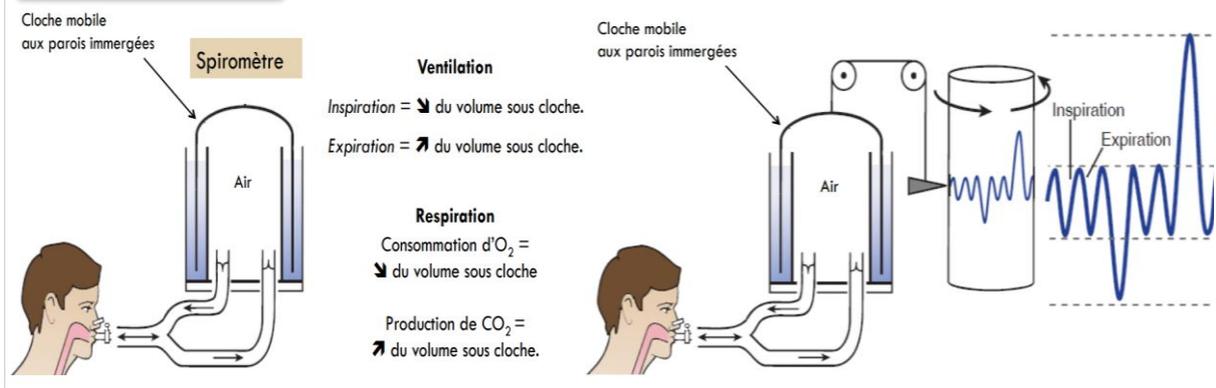
A. Définition

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)

B. Le compartiment pulmonaire

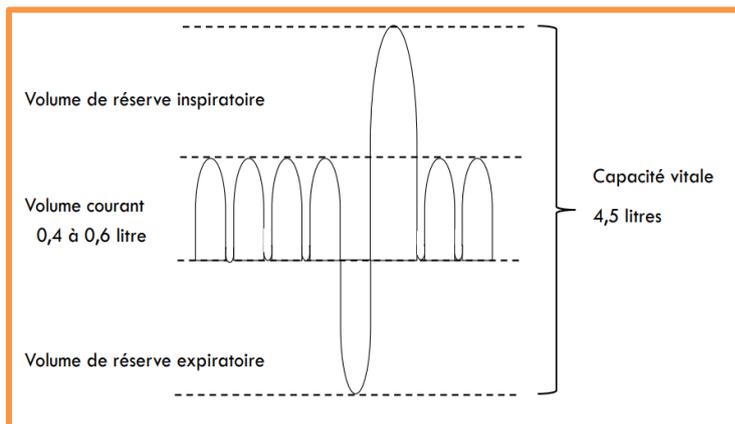
Le Spiromètre



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**.

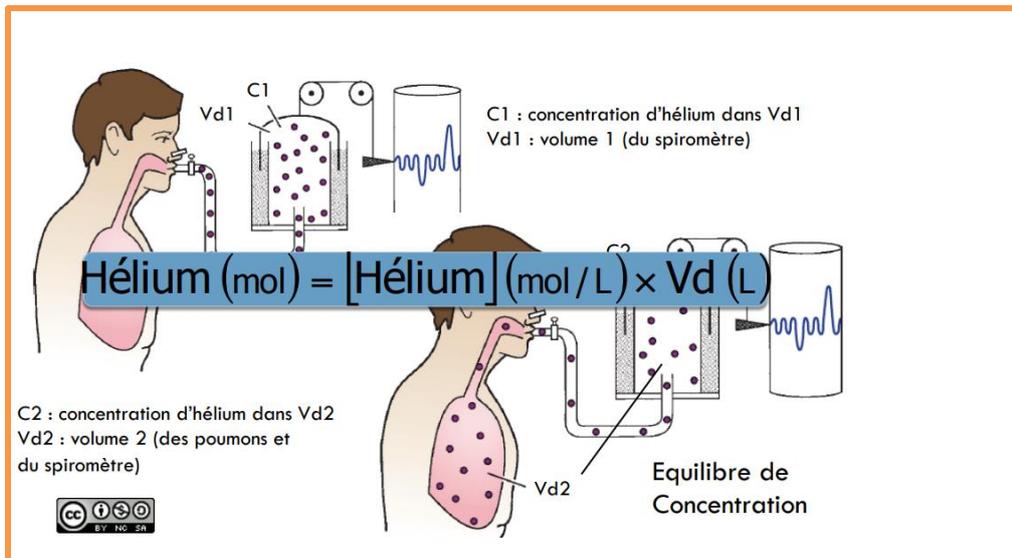


Ainsi on constate

- 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).

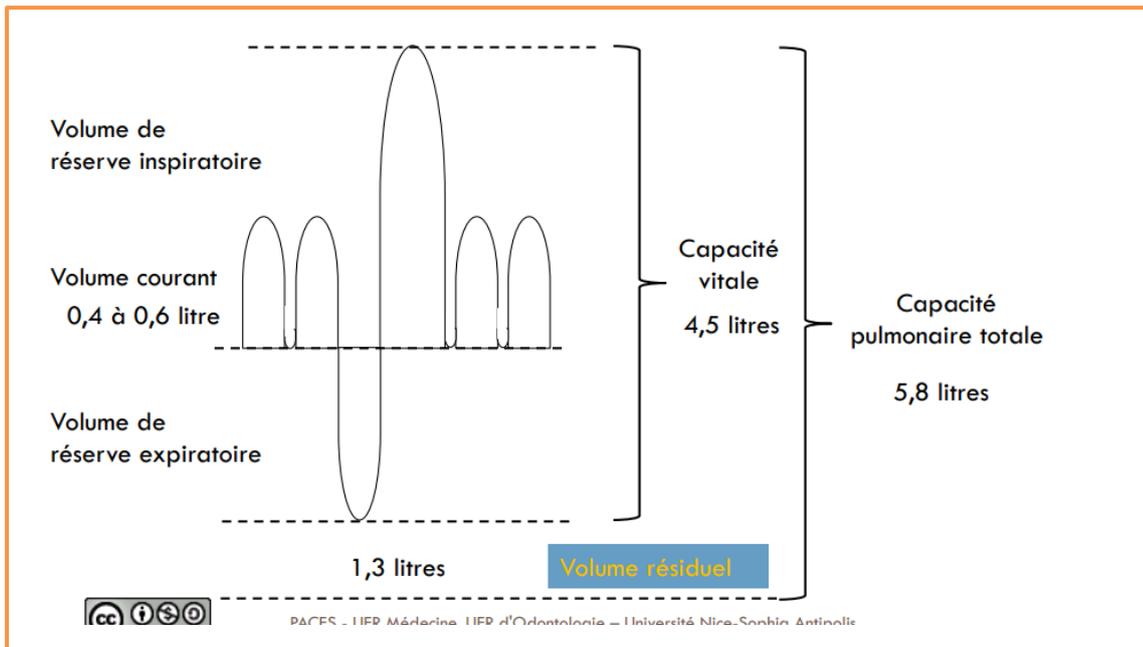
Pour réaliser cette mesure :

- 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.



→ 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.

RECAP

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)

ATTENTION A NE PAS CONFONDRE

C. Le compartiment digestif

Cavité digestive	Sécrétion	Débit quotidien (litre)
Bouche	Salive	1,5
Estomac	Suc gastrique	2
Duodenum et jejunum proximal	Sucs pancréatique, biliaire, intestinal	1,5 0,5 1,5
Jejunum distal, colon et rectum	Suc intestinal	faible

Le **compartiment digestif** est **variable** en fonction du site.

On peut par drainage mesurer la **quantité de salive** quotidienne produite dans la bouche.

On peut mesurer le **débit de suc gastrique**, on voit que l'on peut donc à différents niveaux du tube digestif mesurer un débit quotidien (qui donne une idée du volume du compartiment digestif).

D. Le compartiment urinaire

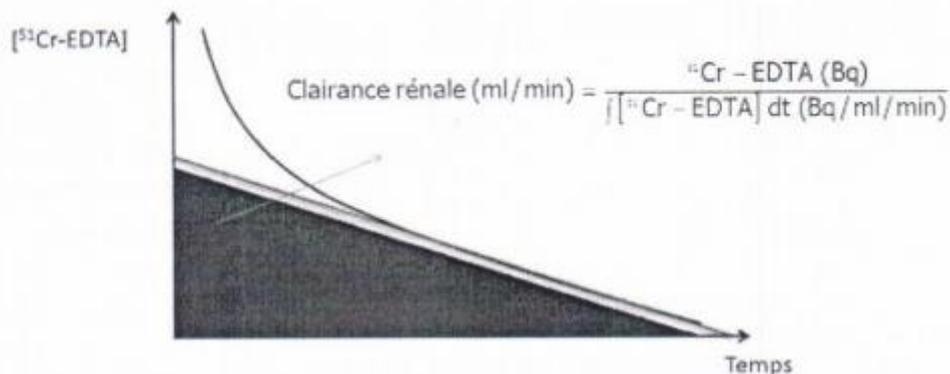
Le compartiment urinaire est plus **difficile à mesurer**.

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

DEFINITION PAR CŒUR

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 et spécifiquement filtrée par les reins). Il s'agit d'un **débit (ml/min)**.

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**.

VALEUR A RETENIR :

- Clairance rénale = $120\text{mL}/\text{min} = 172.8\text{L}/\text{j}$
- Le plasma est filtré **50 fois par jour**
- **2L de diurèse** seulement, car les reins réabsorbent la majeure partie

CONCLUSION

- ♥ Les volumes pulmonaires se mesurent par spirométrie et dilution (d'hélium) ♥
- ♥ Les débits de liquides digestifs se mesurent par drainage des cavités ♥
- ♥ La clairance plasmatique d'une substance éliminée seulement par filtration rénale mesure le débit de filtration glomérulaire ♥