UE12 : Appareil respiratoire

Pr Delclaux

Lundi 5 février 2017 de 13h30 à 15h30

Ronéotypeur : Raphaëlle Lange

Ronéoficheur : Ghislain Le Camus

Cours n°5 : Mécanique ventilatoire et volumes pulmonaires

Sommaire

I/ Rappel

II/ Le système passif

Généralités

2.1. Le système élastique

A. Propriétés mécaniques du poumon

B. Propriétés mécaniques de la paroi

C. L'ensemble poumon-paroi

D. Volume pulmonaire

E. La pression pleurale

2.2. Le système résistif

A. Voies aériennes supérieures

B. Voies aériennes inférieures

C. Calcul des résistances

D. Mesure des débits

E. Mesure clinique des différents paramètres

F. Explorations fonctionnelles respiratoires des pathologies respiratoires

III/ Le système actif

A. Inspiration

B. Expiration

I/ Rappel

L'objectif du système cardiovasculaire et du système respiratoire est de permettre des **échanges gazeux** au niveau des tissus :

- L'apport d'oxygène
- L'élimination du gaz carbonique

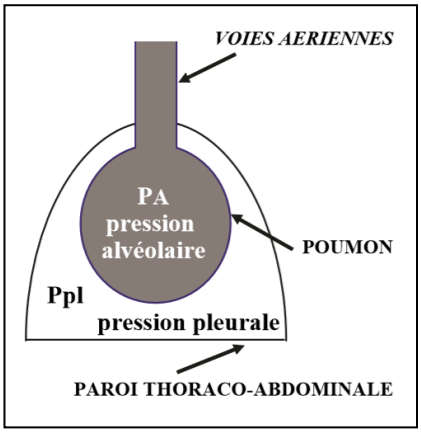
Insuffisance d'organe
Définition générale : incapacité à exercer sa fonction
Dans le cas particulier du système respiratoire : incapacité à assurer **l'hématose**

Ce système possède aussi **des fonctions non respiratoires** qui seront peu abordées :
Il permet le maintien du pH et de l'équilibre acido-basique, il joue un rôle de tampon ouvert.

<u>L'objet principal de ce cours est le système mécanique lié à la ventilation</u>

Le système mécanique ventilatoire est lui-même décomposé en 2 systèmes :

- **Le système passif** :
  - Poumon
  - Paroi
  - Voies aériennes supérieures ou extra thoraciques et inférieures
- **Le système actif (pour le mouvement)** :
  - Muscles respiratoires



I/ Le système passif

Généralités

Le système respiratoire anatomique (très complexe) est modélisé en un **système physiologique simplifié :**

- Un **sac** qui représente le **poumon et la paroi** et forme **le système élastique**
- Un **tuyau** dans lequel se vide le sac et qui modélise les **voies aériennes** et forme **le système résistif**

Cet ensemble forme un **système mono compartimental.**

Ce modèle étant très simplifié, il n'est pas tout à fait exact mais il permet de comprendre le système mécanique dans son ensemble

2.1. <u>Le système élastique</u> : <u>Sac/Poumon-paroi</u>

Le sac est caractérisé par **la capacité à gonfler**.

Ainsi **la différence de pression ΔP** entre l'air dans le sac (les alvéoles) et l'air à l'extérieur (la pression atmosphérique si on s'intéresse à l'ensemble du système respiratoire ou la pression pleurale si on se concentre sur le poumon) est fonction de **l'élastance E** de ce sac que multiplie le **volume V**
N.B. : on peut aussi parler en termes de **compliance C** qui est l'inverse de l'élastance.

$$\Delta P = E \times V = 1/C \times V$$

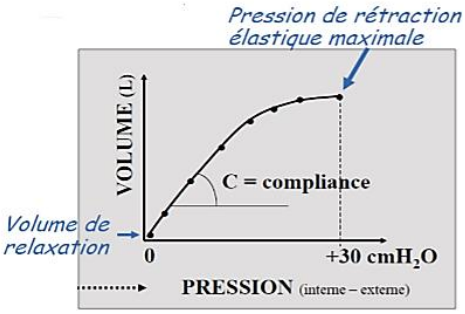
élastance - compliance

D'après l'équation ci-dessus, en mesurant la compliance et le volume, on va pouvoir caractériser les propriétés mécaniques du parenchyme pulmonaire (poumon et paroi). C'est ce qui est fait dans les expériences suivantes.

A. Le poumon, propriétés mécaniques

Expérience 1 : Caractérisation de la distensibilité du poumon

Protocole
On utilise un poumon animal ou humain **sans la paroi** sur lequel on branche une seringue qui nous permet de le gonfler. On trace la courbe pression = f(volume)



Résultats
Au départ : le poumon est sorti de sa cavité thoracique et se dégonfle complétement

- On appelle **volume de relaxation** le volume que prend **spontanément** le poumon.
- **Ce volume est NUL**.

En clinique on observe cette situation en cas de pneumothorax unilatéral, le poumon se ratatine sur le moignon.

On gonfle progressivement le poumon et on observe deux stades

- **Une progression linéaire de la courbe : <u>la pente de cette relation pression volume est la compliance</u>**

- **Un plateau obtenu pour une certaine pression appelée <u>pression de rétraction élastique maximale</u> (de l'ordre de 30 cm d'H_2O)**

N.B. : les pressions dans le système mécanique ventilatoire sont souvent données en cm d'H_2O

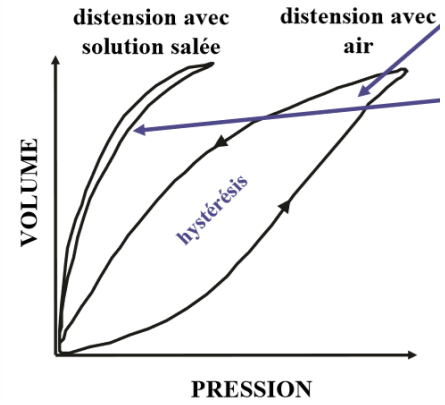
On peut donc caractériser la distensibilité du poumon par :

- **Son volume de relaxation**
- **Sa compliance**
- **Sa pression de rétractation élastique**

Expérience 2 : Quelles sont les déterminants de la compliance pulmonaire ?

Dans un premier temps, **partie A** :
On gonfle le poumon **avec de l'air** puis on le dégonfle
Les 2 courbes pression-volume ne se superposent pas :

- Le travail fourni à l'inspiration est supérieur au travail fourni de l'expiration
- Cette différence est appelée **hystérésis**



Comment expliquer cette différence de travail et la présence d'une hystérésis ?
La deuxième partie de l'expérience permet de répondre à cette question :

Dans un second temps, partie B :
On gonfle le poumon **avec de l'eau et du sel**

On observe deux différences avec la première étape :

- **La pente est plus importante donc la compliance aussi** : pour une même pression on obtient un plus grand volume avec de l'eau que de l'air, il est donc **plus facile de gonfler un poumon avec de l'eau qu'avec de l'air**
- Les 2 courbes pression-volume se superposent : **l'hystérésis disparait**

L'instillation de liquide salé supprime l'interface gaz-tissu, remplacée par une interface eau-tissu c'est-à-dire une interface avec deux composants équivalents

Pour conclure l'expérience 2 nous révèle deux déterminants de la compliance pulmonaire :

- **La partie A montre que <u>l'interface gaz-tissu</u> influe sur la compliance et la fait diminuer**
- **La partie B nous montre qu'en l'absence de cette interface, la compliance varie avec le <u>tissu pulmonaire</u>**

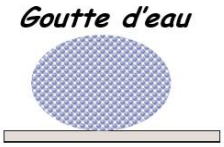
Tissu pulmonaire

Il est constitué :

- D'éléments cellulaires
- D'une MEC composée d'**élastine** et de **collagène fibrillaire** et qui sont responsables de la distensibilité du tissu.

Le prof précise qu'il faut retenir que c'est la MEC qui confère les propriétés de distensibilité au poumon mais ce n'est pas tout à fait rigoureux : l'élasticité est permise par l'élastine et le collagène (de type I et III donc très rigide) évite la rupture en imposant un maximum de distension.

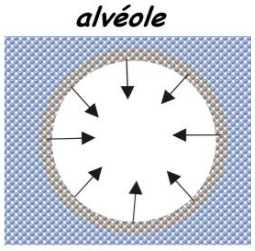
Interface air-tissu



T**ension superficielle** : force à la surface d'un liquide c'est-à-dire la force qui s'exerce entre les molécules d'un liquide

- Supérieure à la force exercée entre une molécule de liquide et une molécule de gaz

C'est ce qui permet la formation des gouttes d'eau



P = 2T/r

Dans le poumon c'est comme si l'alvéole était placée **à l'intérieur de la goutte d'eau** : les molécules d'eau s'attirent entre elles (via la tension superficielle) ce qui provoque une **certaine pression à l'intérieur de l'alvéole**.

- Cette pression est donnée par la **loi de de Laplace** et dépend du rayon de l'alvéole **P = 2T/R**

Pour minimiser la tension superficielle, il existe un **<u>surfactant</u>**
Synthèse et sécrétion : Pneumocytes de type II

- Représente 60% des cellules épithéliales alvéolaires (les 40% restants sont des pneumocytes de type I)
- Mais ne recouvre que 10% de la surface épithéliale : on les retrouve dans les coins, les reste est recouvert par les pneumocytes de type I.

Composition : ensemble de molécules avec une extrémité hydrophile et une extrémité hydrophobe

- 85% phospholipides et 13% protéines

Localisation : interrompt le film liquidien à la surface épithéliale alvéolaire

2 rôles :

Diminution de la tension de surface :

- Cela permet l'augmentation de la compliance pulmonaire
- Et par conséquent l'économie d'énergie pour la respiration : le travail est diminué

L'absence de surfactant, surtout chez le prématuré qui ne peuvent pas encore en synthétiser, provoque une détresse respiratoire. On leur administre donc un surfactant artificiel.

Permet la coexistence d'alvéoles de taille différente :

Théoriquement selon la loi de Laplace, la pression dépend du rayon de l'alvéole. Si des alvéoles voisines avaient de tailles différentes, elles auraient des pressions différentes : elles se videraient donc les unes dans les autres (on rappelle que le gaz a tendance à se déplacer là ou la pression est la plus faible)

Donc le surfactant :

- Permet la stabilisation alvéolaire
- Adapte la tension de surface à la taille alvéolaire

Conclusion sur la compliance du poumon

La compliance dépend de 2 déterminants :

- **Le tissu pulmonaire et plus précisément la MEC**
- **L'interface air-tissu en contact avec du surfactant qui permet de minimiser le rôle délétère de cette interface**

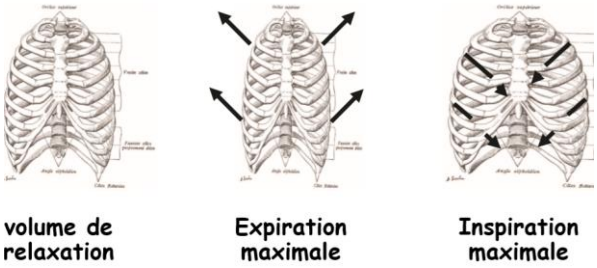
B. La paroi, propriétés mécaniques

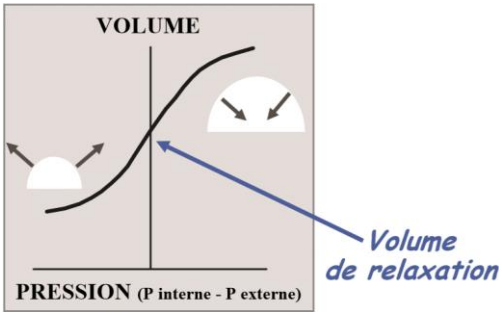
La paroi a la capacité de varier de volume :

- Spontanément elle prend un certain volume = **volume de relaxation qui n'ait cette fois-ci pas nul (**différent du poumon)

- A **l'expiration maximale**, la sortie de l'air implique une **réduction du volume de la paroi**. La paroi souhaite retrouver dès lors son volume de relaxation et exerce une certaine pression (flèche sur le schéma)

- A **l'inspiration maximale**, l'entrée de l'air implique une **augmentation des diamètres antéro-postérieurs et latérales du tiers inférieur du thorax**. De même, la paroi souhaite retrouver son volume de relaxation et exerce une certaine pression (flèche sur le schéma, sens opposé à l'expiration)





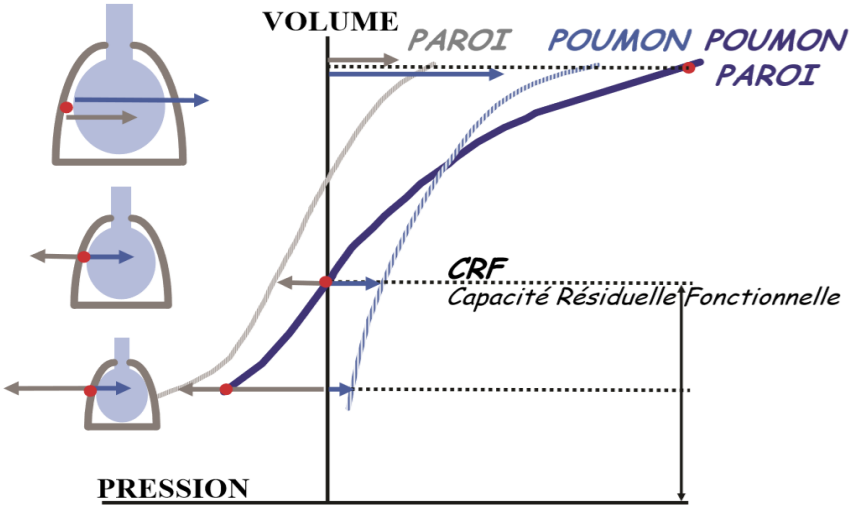
Courbe Pression-Volume :

C. L'ensemble poumon-paroi

Rappel :

- *Volume de relaxation nul pour le poumon (sur le graphique, origine)*
- *Volume de relaxation non nul pour la paroi (sur le graphique, point d'intersection de la courbe pression-volume de la paroi et de l'axe des ordonnées*)

On réunit les deux courbes ensemble pour obtenir une courbe pression volume du système poumon-paroi.



On constate :

1. **La pente de la courbe pression volume du système poumon-paroi est diminuée par rapport aux deux courbes isolées**
   - **On additionne les élastances**
   - **On n'additionne pas les compliances**

2. **La pente de la courbe P-V du poumon et celle de la courbe P-V de la paroi sont assez similaires**
   - **Le poumon est certes assez distensible, compliant mais la paroi l'est également**

Ordres de grandeurs (*ne pas savoir par cœur) :*
La compliance du poumon est de 0,2L par cm d'H2O.
La compliance de la paroi est similaire et donc de 0,2L par cm d'H2O.
La compliance de l'ensemble poumon + paroi est de 0,1L par cm d'H2O.

3. **L'apparition d'une nouvelle position de repos pour notre système poumon-paroi : la capacité résiduelle fonctionnelle ou CRF**
   - Cela correspond au volume de gaz dans le système poumon-paroi lorsque la pression est nulle

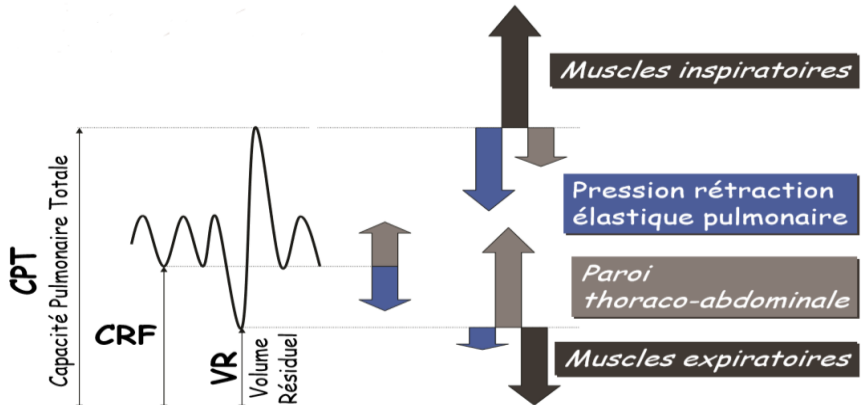
L'intérêt de la CRF pour le physiologiste : elle caractérise l'équilibre du système respiratoire passif et donc finalement la compliance du système poumon-paroi.

- Lorsque la paroi est normale, ce qui est la cas la plupart du temps, **la CRF caractérise de façon très simple la compliance du poumon qui lui peut être le siège de maladie**
- **En d'autres termes, la CRF permet la mesure indirecte de la compliance du poumon, d'où son intérêt dans le diagnostic de pathologies pulmonaires**

D. Les volumes pulmonaires

On peut mesurer des volumes statiques ou positions d'équilibre et des volumes mobilisables.

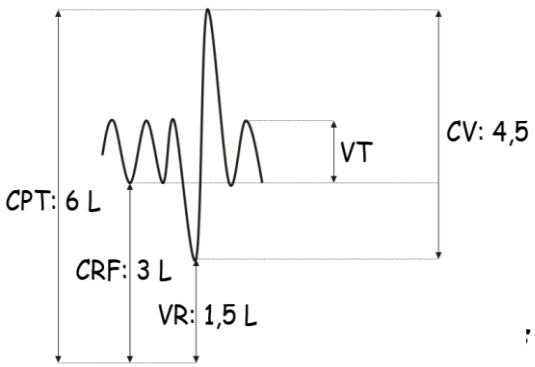
- **<u>Volumes statiques ou positions d'équilibre</u> :** il n'y a pas d'entrées ni de sorties de gaz, débit nul. Il est difficile de les mesurer, on a développé des techniques élaborées qui ne seront pas abordées



	CRF	Volume résiduel	Capacité pulmonaire totale CPT
Définition	Volume de gaz dans le poumon lorsque la pression est nulle ➢ C'est le point d'équilibre du système poumon-paroi,	Volume minimum de gaz dans les poumons ➢ C'est également un point d'équilibre car le débit est nul	Volume maximal d'air dans les poumons ➢ C'est également un point d'équilibre car le débit est nul
Obtention	Il est obtenu à la fin d'une expiration calme ➢ Il n'est pas associé d'un effort	On demande au patient de gonfler ses poumons à fond : expiration maximale ➢ Il est associé à un effort	On demande au patient de gonfler ses poumons à fond : inspiration maximale ➢ Il est associé à un effort
Vecteurs mis en jeu	➢ **Pression de rétraction élastique pulmonaire qui tire vers le bas** : Vecteur force du poumon qui voudrait se ratatiner pour retourner à son volume résiduel ➢ **Vecteur force de la paroi qui tire vers le haut** pour retourner à sa position d'équilibre (tire vers le haut) **Les deux vecteurs sont égaux en sens opposé : on est bien à l'équilibre du système respiratoire passif**	➢ **Vecteur force de la paroi qui tire vers le haut +++** La paroi est passée loin en dessous de sa position d'équilibre ➢ **Pression de rétraction élastique pulmonaire qui tire vers le bas +** Le vecteur force est faible car le poumon est presque dégonflé **Les deux vecteurs sont dans des directions opposées mais n'ont pas la même force : nécessité d'un vecteur qui tire vers le bas pour compenser = vecteur force du aux muscles expiratoires** ➢ **Sensation d'effort à l'expiration forcée**	➢ **Vecteur force de la paroi qui tire vers le bas** La paroi est passée au-dessus de sa position d'équilibre ➢ **Pression de rétraction élastique pulmonaire <u>maximale</u> qui tire vers le bas.** Le poumon est distendu au maximum **Les deux vecteurs tirent vers le bas. Pour obtenir un équilibre, nécessité d'un vecteur dans le sens opposé = vecteur force du aux muscles inspiratoires** ➢ **Sensation d'effort à l'inspiration forcée**
Ordre de grandeur	**CPT/2 = 3L**	**1,5 L**	**6L**

N.B. : Trois types de pathologies pourront affecter la CPT en regard des 3 vecteurs présents : pathologies des muscles, des poumons ou de la paroi (plus rare)

- **<u>Volumes mobilisables</u> :** Ils sont mesurables grâce à un spiromètre à cloche. Leur mesure est très simple, il suffit de mesurer ce que l'on souffle



Volume courant : volume mobilisé lors d'une respiration calme
- Ordre de grandeur : 400 à 500 ml

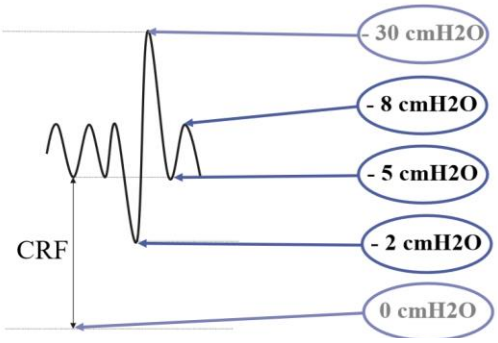
Important à connaitre car c'est le volume que doit choisir l'anesthésiste pour endormir son patient

Capacité vitale : Volume mobilisé entre l'expiration complète et l'inspiration complète
- Ordre de grandeur : 4,5L

E. Pression pleurale

Plèvre : espace virtuel situé entre le poumon et la paroi
Les pressions données sont calculées en fonction de la pression atmosphérique

<u>Au moment de la position d'équilibre lorsque la CRF est atteinte</u> (fin de l'expiration calme) :
Du fait de la présence de deux vecteurs forces (poumon et paroi) en sens opposé, la pression pleurale est légèrement négative
- **-5 cm d'H_2O**



<u>A l'inspiration :</u>
La pression devient encore plus négative
- **-30 cm d'H_2O lors de l'inspiration maximale (CPT)**

<u>A l'expiration maximale lorsque le volume résiduel est atteint</u>
La pression devient moins négative qu'à l'équilibre
- **-2 cm d'H_2O**

La pression pleurale peut être **nulle** (donc égale à la pression atmosphérique) lorsqu'on fait **communiquer la plèvre avec l'air ambiant** : coup de couteau, trou
C'est le cas du pneumothorax.

2.2. <u>Le système résistif : voies aériennes/tuyau</u>

Le **système résistif** correspond aux **voies aériennes** : ce sont les « tuyaux ».
Il existe **une perte de charge** (différence de pression) entre l'entrée et la sortie du gaz qui dépend :
- Du **débit** du gaz
- De la **résistance** des tuyaux

$$\boxed{\Delta P = R \times Q = \frac{1}{G} \times Q}$$

On peut donc mesurer **la résistance ou le débit** pour caractériser les voies aériennes sur le plan fonctionnel.
Les voies aériennes se séparent en 2 : **les voies supérieures et les voies inférieures.**

A. Voie aériennes supérieures (extra thoraciques) :

Nez	Conditionnement du gaz **en température** (réchauffement) et **en humidité** grâce à sa grande surface ($150cm^2$) et son petit volume ($20cm^3$). **Grande résistance à l'écoulement gazeux** : 50% de la résistance respiratoire totale
Pharynx	**Partie compliante** grâce aux muscles pharyngés qui maintiennent la voie ouverte Risque de relâchement de ces muscles et de collapsus de la paroi pharyngée (fermeture et donc apnée)
Larynx	Rôle dans la phonation (cordes vocales) et permet l'arrimage de la trachée.

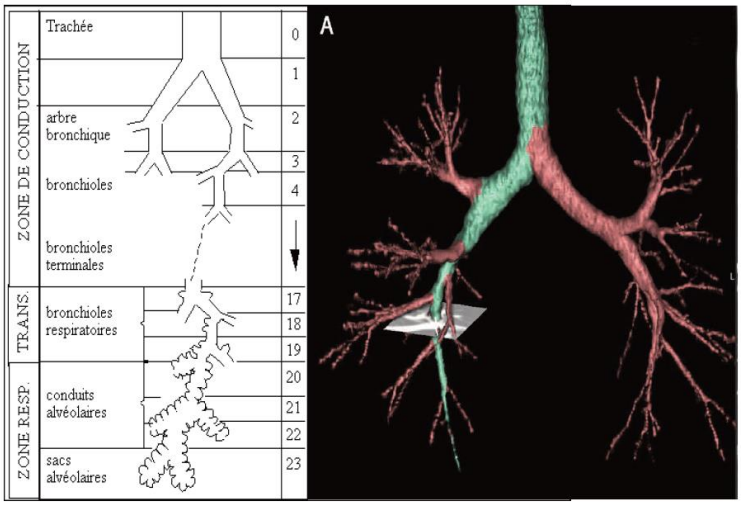
B. Voies aériennes inférieures (thoraciques) :

Les voies aériennes supérieures ont une structure complexe, en arbre : **l'arbre bronchique** (différences selon les espèces) :

On décrit l'arbre en fonction des générations de divisions, en commençant par la trachée :

- **La génération 0 (G0) correspond donc à la trachée.**
- 1 = génération issue de la 1ère division (bronches souches), etc
- 23 = dernière génération de bronche, issues de la 23ème division.

Pour chaque génération, **les divisions sont dichotomiques (en 2)**



On définit alors 3 zones :

Zone de conduction	Zone de transport du gaz par convection Trachée, bronches et bronchioles terminales (jusqu'à G16 à peu près) =tuyau (rigide)
Zone de transition	Bronchioles respiratoires, G17-19 =Sac (distensible)
Zone respiratoire ou d'échanges gazeux	Dernières générations bronchiques et alvéoles, G20-23 =Sac (distensible)

C. Calcul des résistances

$$R = (P_1 - P_2) / \text{débit}$$

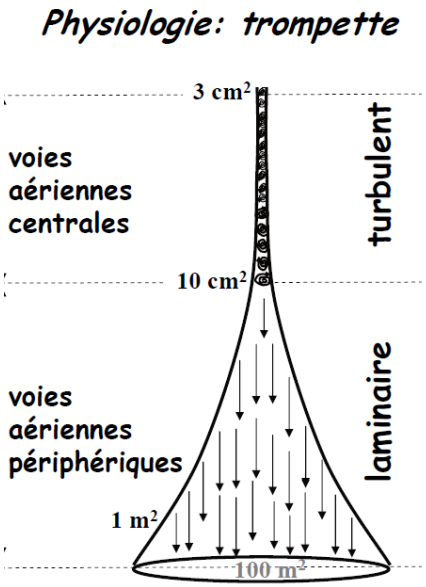
cmH_2O /(L/s)

$$R = \frac{8 . l . \eta}{\pi . r^4}$$

Unités : cmH20/l/s ou kPa pour les pressions

La **perte de charge** dépend :

- De la **géométrie** (du calibre des voies aériennes+++)
- Des **conditions d'écoulement** (turbulent ou laminaire)



A chaque génération de division de l'arbre, on perd du calibre mais on augmente le nombre de tuyaux, le gaz s'écoule donc de plus en plus facilement (la somme des calibres augmente de $3cm^2$ à $10cm^2$ puis $1m^2$).
De plus, le flux passe de **turbulent** dans les voies centrales à **laminaire** au niveau distal.

- **Donc plus on est distal et moins on est résistif.**

Les parts de la résistance totale :

- Nez (50%)
- Voies aériennes centrales (40%)
- Voies aériennes périphériques (10%)

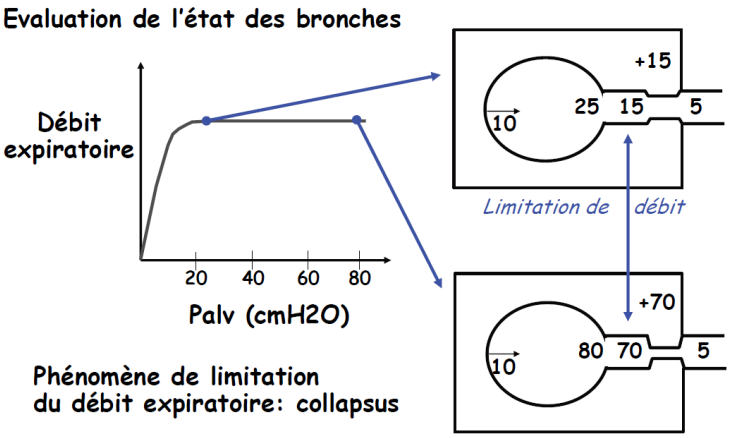
D. Mesure des débits (facilement)

En pratique, pour calculer la perte de charge, on peut mesurer les résistances mais à l'aide de techniques complexes. On va donc privilégier la mesure du débit qui est plus simple. Il va être sous certaines conditions le reflet du calibre des voies aériennes :

- Mesure à **l'expiration forcée** (le calibre est alors limitant pour le débit)→ mesurée aux EFR
- Le débit à **l'inspiration** n'est pas limité par le calibre mais par les muscles respiratoires

Lors de la mesure en expiration forcée, on observe un débit maximum (le débit n'augmente plus et reste constant) à partir d'une certaine pression alvéolaire.
C'est le phénomène de limitation du débit expiratoire expliqué par un collapsus des petites bronches dépourvues de cartilages :

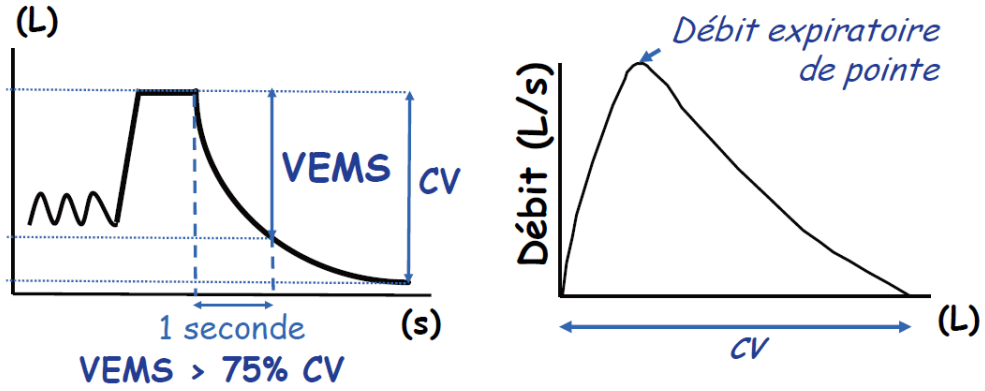
- **Compression des voies aériennes** (diminution du calibre des bronches)
- La compression va faire que **la résistance augmente et s'oppose au débit qui n'augmente alors plus.**



On peut noter que le débit max est plus important lorsque le volume d'air des poumons se rapproche du volume courant. (Déplacement du point de collapsus vers la périphérie au cours de l'expiration)

E. Mesure clinique de différents paramètres :

Capacité vitale (CV)	Le sujet gonfle ses poumons à fond et expire le plus fort et longtemps possible : **le volume expiré correspond à la CV.** On la représente sur une courbe qui présente le volume (y) en fonction du temps (x)
VEMS	**C'est le volume expiré maximale en 1 seconde :** Il doit être égal aux ¾ de la CV
L'obstruction bronchique	Elle est définie par la **diminution du rapport VEMS/CV** en dessous d'une norme : Si le rapport diminue, on a une obstruction des bronches (diminution du calibre)
Débit expiratoire de pointe	**Débit maximal obtenu après avoir gonflé totalement ses poumons** Très simple à mesurer, on le représente sur une courbe du débit (y) en, fonction de la CV (x)



- Les voies supérieures réchauffent et humidifient l'air (éviter le broncho spasme)
- Les voies inférieures : résistance surtout proximale
- Exploration du calibre par des débits respiratoire en expiration forcé : le plateau du débit (max) est lié au calibre des voies aériennes

F. Explorations fonctionnelles respiratoires des pathologies respiratoires

De nombreuses pathologies réduisent le calibre des voies aériennes :
- Obstruction des voies aérienne : Asthme (transitoire), BPCO (permanant)
- EFR : débits et résistances

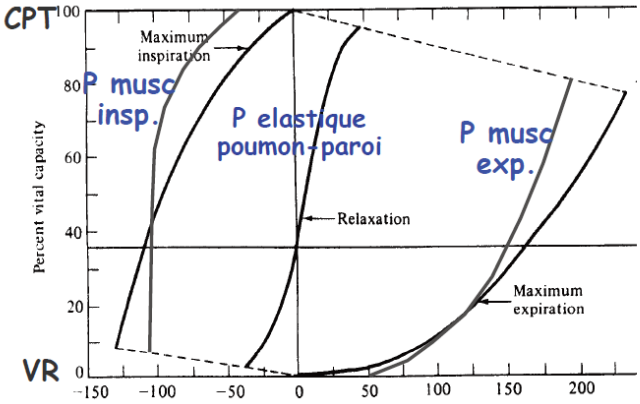
D'autres pathologies atteignent le parenchyme pulmonaire :
- La MEC par fibrose (dépôt de collagène) ou emphysème (destruction de l'élastine)
- EFR : compliance et volumes statiques

III. Le système actif : les muscles ventilatoires

Lorsque le système respiratoire se gonfle à l'inspiration, il faut ajouter un système mécanique actif qui est le système musculaire (diaphragme notamment)
L'effort fourni par ce système actif pour gonfler le poumon va devoir vaincre à la fois :
- **Les forces résistives**
- **La composante élastique du poumon = stockage élastique**

On explore ces muscles respiratoires par mesure des pressions maximales statiques en obstruction de la bouche (obstacle placé devant la bouche). Elle peut se faire en expiration et en inspiration.
Chez l'enfant, il suffit de lui demander de renifler : c'est la pression « snif » (très facile à réaliser)

Effort maximal contre obstacle à la bouche à différents volumes pulmonaires



Ce diagramme exprime le pourcentage de la CV en fonction de la pression alvéolaire. Il donne la mesure de la force des muscles inspiratoires et expiratoires et la pression qu'ils exercent sur le poumon.

- On peut voir que ces **pressions sont importantes** : +250 cm d'H2O en expiration et -125 cm d'H20 en inspiration
- De plus, moins le poumon est gonflé et moins on peut générer de pression pour le dégonfler

On peut donc caractériser **l'effort musculaire** et déduire l'effet la **pression de rétraction élastique maximale** (poumon/paroi, de 30 cm d'H20 environ)

A. Inspiration

Muscle inspiratoire principale : le diaphragme	**2 Muscle striés**	**Costale**, antérieure : mince, plat (Insertion sur la partie tendineuse diaphragme et sur la cage thoracique) **Crural**, postérieur : paravertébral, épais
	2 hémi-diaphragme =	Coupole + dôme aplati
	Composition	40% fibres lentes oxydatives
	Double contrôle	Volontaire, automatique
	Commande	Nerfs phréniques Corps cellulaires des motoneurones C3-C4-C5
	Contraction à l'inspiration	Distension et augmentation du volume de la cage thoracique inférieure et de l'abdomen

Autres muscles inspiratoires	**Inspiratoires normaux**	Rigidifient la cage thoracique ➢ Para sternaux, intercostaux et squalène
	Accessoires	En cas de besoin : détresse respiratoire Intercostaux externes et sterno-cléido-mastoïdiens

B. Expiration

- **Passive** lors de la respiration calme
- **Active** lors de l'exercice musculaire

Ce sont les muscles de la paroi abdominale (grand droit, obliques int et ext, transverse) → ils refoulent le diaphragme vers le haut

Les pressions de la respiration courante :

A l'inspiration : le diaphragme descend et l'abdomen avance.
La pression pleurale diminue (dans les négatifs), la pression alvéolaire diminue (passe dans les négatifs : - 1cm d'H20)

A l'expiration ; le diaphragme se relâche,
La pression pleurale remonte à sa valeur de repos (-5cm d'H20), la pression alvéolaire repasse dans les positifs.

- Respiration normale : volume courant ~400 ml
- Pression pleurale négative à la CRF : - 5 cmH2O
- Débit au repos < 500 ml/s
- Très faibles variations de la pression alvéolaire lors de la respiration calme

Les messages du prof à connaitre ++ :

- Système respiratoire passif (poumon paroi) poumon compliant :
  - Lié au tissu (MEC) qui augmente la compliance
  - Lié à interface gaz-tissu (diminue la compliance) mais est diminué par le surfactant.
- La paroi est aussi compliante que le poumon : les 2 ensembles additionnés sont moins compliants.
- Capacité pulmonaire totale (gonflé au maximum) vers volume résiduel (dégonflé au maximum).
- Capacité vitale = volume maximum mobilisable
- Système résistif : VAP ++, pour réchauffer… et résistance au niveau proximal++
- On ne mesure pas la résistance mais les débits en expiration forcé (le calibre est limitant) pour explorer le calibre de VA
- VEMS
- Mesure des pressions statiques maximales du diaphragme.

Dédicaces :
A Ghislain co-ronéotypeur de rêve et partenaire de soirées endiablées, à Antoinette, pour tout son soutien, à Sarah, Armelle et Chloé
A ma Léna, à Charlotte et à notre chère madame G.
Aux chambres 1205 et 2003 pour ce ski de folie
Au meilleur parrain de toute la fac, j'ai nommé Jason Sandot
A mes co-stagiaires avec lesquelles on enflamme la réa de Bichat tous les mardis
A ma Blanche qu'on attend avec impatience parmi nous l'année prochaine et à tous les petits P1 de Stan, may the force be with you.