

Mécanique ventilatoire

A – Introduction :

La mécanique ventilatoire correspond à l'étude de l'ensemble des éléments ou phénomènes qui vont permettre ou s'opposer au renouvellement de l'air alvéolaire, elle comprend deux systèmes :

- le premier actif représenté par les muscles ventilatoires sous contrôle nerveux
- le deuxième passif représenté par les structures pariétales, pulmonaires et voies aériennes

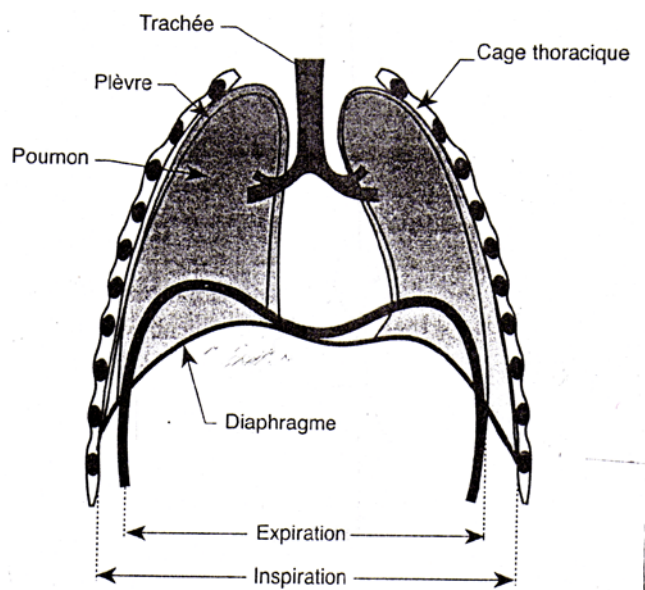
B – Appareil ventilatoire :

1 – Système actif :

a – Muscles inspiratoires :

a-1 Le diaphragme :

Représenté par une mince lame musculo-tendineuse qui sépare la cage thoracique de la cavité abdominale, il s'agit du principale muscle inspiratoire inséré de la septième à la douzième paire de cotes sur tout le pourtour de la cage thoracique.



Muscle diaphragmatique

Le diaphragme est caractérisé par sa riche vascularisation et par la possibilité remarquable d'augmentation de son débit de perfusion lors d'un accroissement important de la ventilation. Par ailleurs, avec 75 % de fibres résistantes à la fatigue (55% de fibres de type I , 20 % de fibres de type IIa), le diaphragme se révèle être un muscle particulièrement endurant.

La contraction diaphragmatique induit son abaissement , ce qui produit trois phénomènes :

- augmentation du diamètre horizontal, verticale et transversal de la cage thoracique
- augmentation de la pression abdominale
- augmentation du volume alvéolaire

a-2 Autres muscles de l'inspiration :

Les muscles intercostaux externes sont en position postérieure et latérale par rapport à la cage thoracique et leurs fibres sont dirigées en bas et en avant, leur contraction soulève la cote sous jacente et leur rôle est inspiratoire.

Les muscles para sternaux fixés sur le sternum attirent vers celui ci les cotes, ils sont inspiratoires.

Les scalènes s'insèrent sur les dernières vertèbres cervicales et sur les deux premières cotes, leur rôle est de fixer la partie supérieure de la cage thoracique voir de la soulever donc d'avoir un rôle inspiratoire.

D'autres muscles à action inspiratoire ne sont pas actifs lors de la respiration spontanée. Ils le deviennent en cas d'hyper ventilation lors d'un exercice musculaire par exemple.

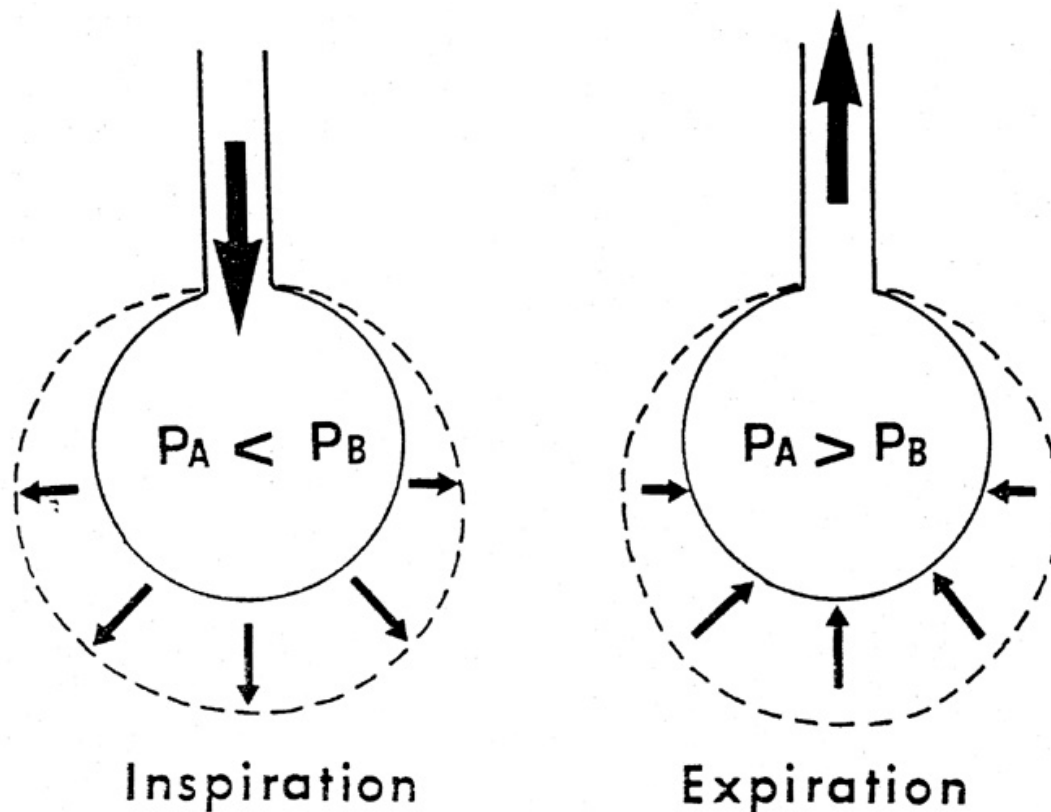
Signalons dans ce cadre les muscles sterno-cléido-mastoïdiens, le grand dorsal et le grand pectoral.

b- Muscles expiratoires :

Au cours de la ventilation calme l'expiration est un phénomène passif mettant en jeu les propriétés élastiques de la paroi thoraco-pulmonaire.

Les muscles expiratoires représentés par les muscles de la paroi abdominale n'interviennent que lors d'hyper ventilation tel que l'effort physique.

C – Cycle ventilatoire :



Le cycle ventilatoire. Lors de l'inspiration, le volume alvéolaire augmente, ce qui entraîne ($PV = ct$) un abaissement de la pression alvéolaire (P_A) en dessous de la pression barométrique (P_B) avec, pour conséquence, une entrée de gaz vers les poumons. Lors de l'expiration, le poumon revient sur lui-même, le volume diminue. P_A devenant supérieur à P_B , l'air sort des poumons.

D – Propriétés statiques de l'appareil ventilatoire :

En l'absence de mouvements respiratoires, c'est-à-dire en condition statique, l'équation de Newton se simplifie :

$$P_{tot} = E_{tot} \times V$$

P_{tot} : pression totale

E_{tot} : élastance (inverse de la compliance)

V : volume d'air

La mécanique ventilatoire s'intéresse dans ce cas à l'étude des propriétés élastiques de l'appareil respiratoire et les volumes pulmonaires qu'elles déterminent.

1 – Les volumes pulmonaires :

a – volumes mobilisables :

Déterminés par spirométrie ou par pneumotachographie.

Il s'agit des volumes d'air que l'appareil ventilatoire peut mobiliser lors d'une ventilation calme ou forcée.

Les différents volumes sont :

a - 1 Le volume courant « V_T » :

Volume inhalé à chaque inspiration du cycle ventilatoire calme ou au repos (0.4 à 0.8 litres)

a - 2 Le volume de réserve inspiratoire « VRI » :

Volume d'air mobilisable lors d'une inspiration profonde et forcée

a - 3 Le volume de réserve expiratoire « VRE » :

Volume d'air mobilisable lors d'une expiration profonde et forcée

a - 4 Capacité vitale :

C'est la somme de tous les volumes sus cités :

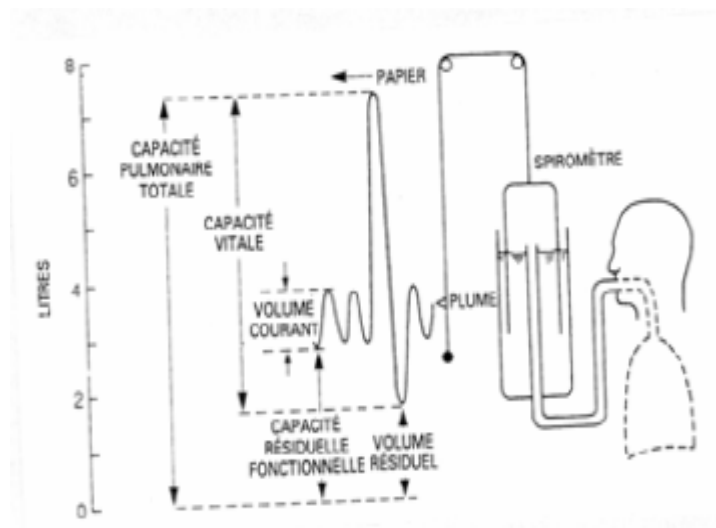
$$CV (5 \text{ à } 6 \text{ litres}) = V_T + VRI + VRE$$

b – volume pulmonaire non mobilisable :

Il s'agit du volume résiduel « VR » que l'on peut définir comme le volume de gaz contenu dans les poumons à la fin d'une expiration forcée.

La capacité pulmonaire totale : $CPT = CV + VR$

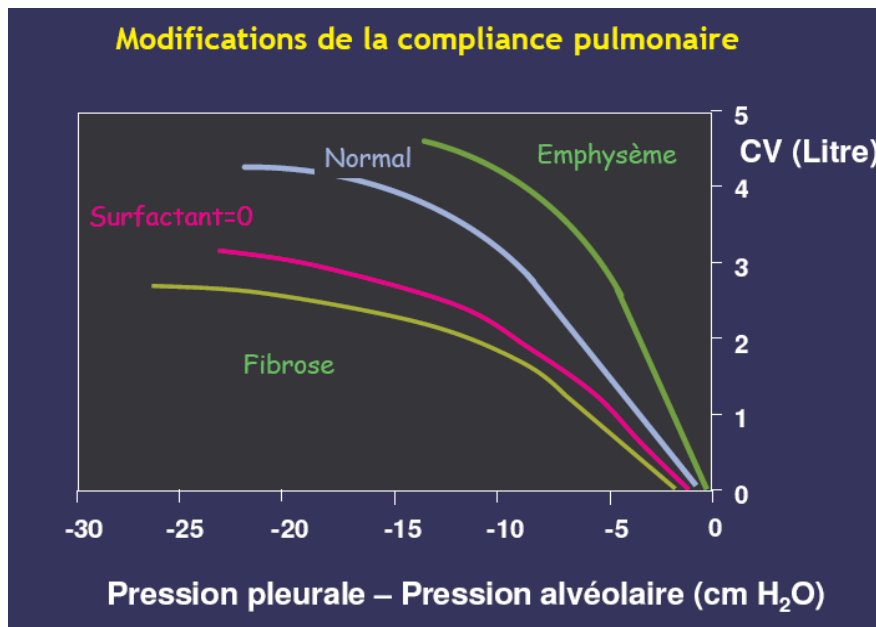
La mesure des volumes pulmonaires non mobilisables nécessite le recours à la pléthysmographie.



Volumes pulmonaires (Spirométrie)

2 – La compliance pulmonaire :

Définis par la capacité pulmonaire à la distension sous l'effet d'une certaine pression. Elle est directement déterminée par la pente de la courbe pression volume du poumon.



Il existe deux principaux déterminants de la compliance pulmonaire. L'un est la distensibilité des tissus pulmonaires, notamment de leurs tissus conjonctifs ; l'autre d'importance égale représenté par la tension de surface des interfaces air-eau au sein des alvéoles.

Entre les molécules d'eau responsables de la tension de rétraction pulmonaire et les molécules d'air génératrices de la pression alvéolaire, vient se disposer une substance lipoprotéique appelée surfactant (synthétisée par les pneumocytes de type II) assurant les rôles suivants :

- le maintien de la stabilité alvéolaire
- augmentation de la compliance pulmonaire et par conséquent la diminution du travail des muscles ventilatoires
- le maintien de l'espace alvéolaire à sec

E – Propriétés mécaniques de l'appareil ventilatoire en conditions dynamiques :

Lors de la ventilation normale, à la pression statique qu'il faut générer pour vaincre l'élasticité thoraco-pulmonaire s'ajoute une pression dynamique qui doit lutter essentiellement contre les résistances à l'écoulement de l'air.

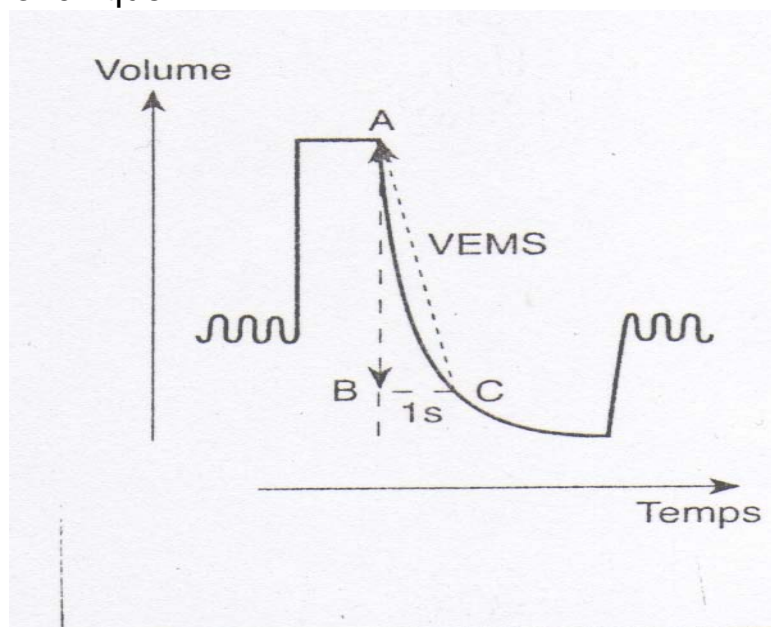
L'étude des propriétés mécaniques du système ventilatoire en conditions dynamiques s'intéresse principalement à l'analyse des résistances des voies aériennes, principal phénomène s'opposant au renouvellement de l'air alvéolaire.

A tout écoulement d'un gaz dans un tube, le débit inversement proportionnel à la résistance est déterminé par le calibre du conduit.

1 – Relation volume temps :

Comme son nom l'indique **Le VEMS** est défini comme étant le volume expiré pendant la première seconde d'une expiration forcée.

C'est le paramètre le plus utilisé en exploration de la fonction respiratoire, un véritable « gold star » de la mise en évidence de l'obstruction bronchique.



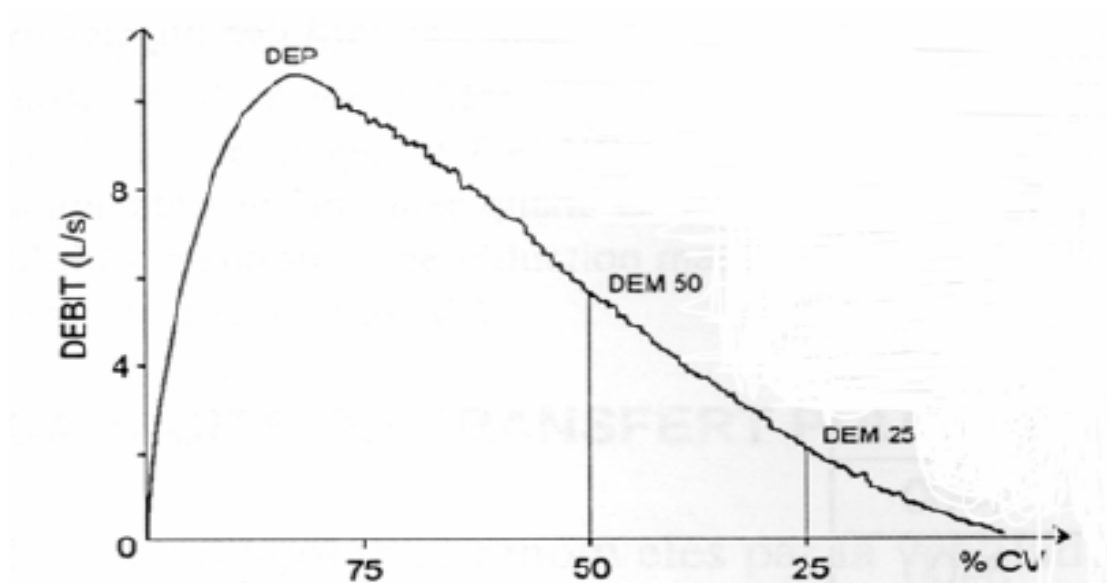
Relation Volume Temps

2 – Courbe débit-volume :

L'importance du VEMS dans la détection de l'obstruction bronchique présente des limites, en effet ce paramètre fonctionnel respiratoire est incapable de détecter une éventuelle atteinte des petites voies aériennes appelée zone silencieuse pour cette raison.

Ce fait est expliqué par leur grande surface de section et par conséquent la participation par un faible pourcentage dans la totalité de la résistance de l'ensemble des voies aériennes à l'écoulement de l'air.

La courbe débit-volume résout cette lacune en permettant la mesure du débit ventilatoire en fonction du volume pulmonaire.



Courbe débits-volumes