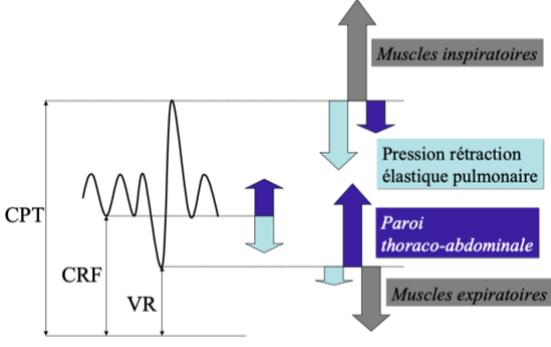
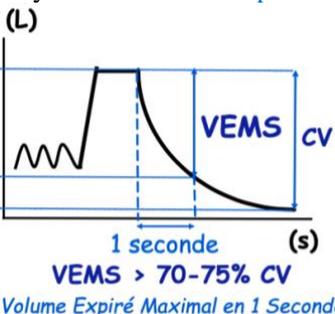
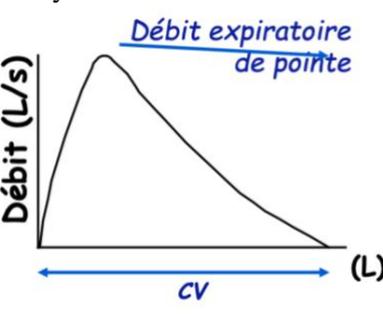


I. Introduction : les atteintes respiratoires	
En physiologie, on modélise le système respiratoire par un <b>tuyau rigide</b> (VA) et un <b>sac</b> (poumons). → Il existe différentes atteintes respiratoires du système mécanique :	
1. Obstruction des bronches (par réduction du calibre des VA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Transitoire</b> : liée à la contraction du muscle lisse bronchique Ex : Asthme</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Permanente</b> : liée au remodelage (épaississement de la paroi) Ex : BPCO (<i>Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive, secondaire au tabagisme dans 80% des cas</i>)</li> </ul> <p>→ A l'EER : on étudie les <b>débits en expiration forcée</b> et la <b>résistance des VA en respiration calme</b></p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fibroses</b> : dépôts de MEC (collagène fibrillaire) → ↘ Volume pulmonaire</li> <li>• <b>Emphysème pulmonaire</b> : destruction des fibres élastiques → modification de la compliance pulmonaire (↗ du volume mais ↘ de la surface d'échange)</li> </ul> <p>→ A l'EER : on mesure les <b>volumes statiques</b> et la <b>compliance du poumon</b> (+ rare)</p>
3. Atteinte du système mécanique actif (= muscles)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Myopathies</b> : aboutissent à des atteintes diaphragmatiques (<i>muscle moteur de la respiration</i>)</li> </ul>

II. L'EFR (Explorations Fonctionnelles Respiratoires)													
A. Indications des EFR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Dépistage d'une affection respiratoire débutante</b> (symptômes : dyspnée, toux, expectorations)</li> <li>• <b>Diagnostic positif</b> (BPCO ++)</li> <li>• <b>Diagnostic de gravité</b> et <b>évaluation de la sévérité</b> des maladies pulmonaires</li> <li>• <b>Suivi évolutif de la maladie</b> et des effets des thérapeutiques</li> <li>• <b>Évaluation préopératoire</b> dans le cadre de la chirurgie pulmonaire</li> </ul>												
B. Constantes respiratoires (1, 2 et 3 sont statiques) (4 et 5 sont mobilisables)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>CPT</b> (Capacité pulmonaire totale) : volume d'air maximal dans les poumons après inspiration forcée (≈ 6L)</li> <li>2. <b>CRF</b> (Capacité résiduelle fonctionnelle) : volume d'air dans les VA après une expiration spontanée/non forcée (≈ 3L) → reflet de la <b>compliance</b></li> <li>3. <b>VR</b> (Volume résiduel) : volume restant dans les poumons après une expiration forcée (≈ 1,5L)</li> </ol>												
 <p>Le système respiratoire est à l'équilibre ⇔ les vecteurs forces qui font bouger le système s'opposent et s'annulent (rétraction = extension)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Vers le bas (Forces de <b>rétraction</b>)</th> <th>Vers le haut (Forces <b>d'extension</b>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CPT</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pression de rétraction élastique pulmonaire</li> <li>• Paroi thoraco-abdominale</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muscles <b>inspiratoires</b></li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>CRF</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pression de rétraction élastique pulmonaire</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paroi thoraco-abdominale</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>VR</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pression de rétraction élastique pulmonaire</li> <li>• Muscles <b>expiratoires</b></li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paroi thoraco-abdominale</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table>		Vers le bas (Forces de <b>rétraction</b> )	Vers le haut (Forces <b>d'extension</b> )	CPT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pression de rétraction élastique pulmonaire</li> <li>• Paroi thoraco-abdominale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muscles <b>inspiratoires</b></li> </ul>	CRF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pression de rétraction élastique pulmonaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paroi thoraco-abdominale</li> </ul>	VR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pression de rétraction élastique pulmonaire</li> <li>• Muscles <b>expiratoires</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paroi thoraco-abdominale</li> </ul>
	Vers le bas (Forces de <b>rétraction</b> )	Vers le haut (Forces <b>d'extension</b> )											
CPT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pression de rétraction élastique pulmonaire</li> <li>• Paroi thoraco-abdominale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muscles <b>inspiratoires</b></li> </ul>											
CRF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pression de rétraction élastique pulmonaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paroi thoraco-abdominale</li> </ul>											
VR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pression de rétraction élastique pulmonaire</li> <li>• Muscles <b>expiratoires</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paroi thoraco-abdominale</li> </ul>											

NB 1 : Le poumons tend toujours à se rétracter.

NB 2 : Les muscles de la respiration n'interviennent pas dans la CRF qui est la position d'équilibre du système.

<p>Analyse du schéma temps/volume</p> 	<p>Analyse du schéma volume/débit</p> 
<p>→ Inspiration calme puis profonde et soufflement le + fort et le + longtemps possible</p>	<p>→ On rappelle que <math>V = \Delta P/R</math> (où <math>V = \text{débit}</math>)</p>
<p>4. <b>CV</b> (Capacité vitale): quantité maximale d'air pouvant être expirée après une inspiration profonde (<math>CV = CPT - VR</math>)</p> <p>5. <b>VEMS</b> (Volume expiré maximal en 1 seconde) en L : volume d'air expiré lors de la 1<sup>ère</sup> seconde après l'inspiration forcée (<math>Nle &gt; 3/4</math> ou 75% de la CV)</p>	<p>Lorsque l'on souffle, le débit <math>V</math> augmente très rapidement jusqu'à atteindre un maximum :</p> <p>6. <b>Débit expiratoire de pointe</b> (= maximal) en L/s</p> <p>Puis, le débit chute lorsque l'on se rapproche de bas volumes pulmonaires jusqu'au VR où il atteint 0 L/s.</p>

<h3 style="text-align: center;">III. Analyse des résultats de l'EFR</h3>	
<p><b>A. Définition du sujet sain</b> (selon le pneumologue)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sujet n'ayant <b>jamais fumé</b> et <b>sans ATCD respiratoires</b></li> <li>• Les <b>grandeurs d'intérêts</b> de l'EFR (<b>débits, volumes et leur rapport</b>) sont majoritairement influencées par des <b>facteurs</b> : le <b>sexe</b>, la <b>taille</b>, l'<b>âge</b> et l'<b>ethnie</b></li> <li>• Prendre en compte l'existence d'une <b>dispersion des valeurs</b> chez ces sujets pour chacune des grandeurs d'intérêts</li> </ul> <p>→ Recueil des <b>grandeurs</b> et des <b>facteurs</b> : calcul de valeurs prédites/théoriques (<i>dont l'écart-type est réduit</i>) que l'on fait figurer sur le compte rendu de l'EFR</p> <p>Méthodologie pour les normes, les prérequis :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il faut tenir compte des normes par rapport au sexe, la taille, l'âge et l'ethnie</li> </ul> <p>→ Le + simple est d'avoir <b>une seule norme pour tous les âges</b> (<i>incluant une description de la croissance et de la sénescence, développée à partir d'un grand nombre de sujets sains</i>)</p>
<p><b>B. Interprétation des résultats de l'EFR ++</b></p>	<p>→ Il existe des règles d'interprétations qui sont établies par des recommandations internationales : la définition statistique de la normalité est un choix arbitraire</p> <p><b>Définition actuelle ++ :</b></p> <p>→ On utilise une courbe de <b>Gauss</b> avec la notion de centiles :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; au <b>5<sup>ème</sup> percentile</b> → Valeur trop <b>basse</b></li> <li>• &gt; au <b>95<sup>ème</sup> percentile</b> → Valeur trop <b>haute</b></li> </ul> <p>⚠ être &gt; ou &lt; à ces percentiles ne signifie pas forcément être anormal, être au-delà ou en deçà des valeurs dites « normales » signifie être soit <b>atypiques</b> soit <b>potentiellement anormal</b> → l'interprétation dépend du <b>contexte</b>.</p> <p>(<i>Ex : un patient qui possède une valeur trop basse mais qui ne se plaint d'aucun symptôme respiratoire n'est pas malade mais seulement atypique</i>)</p> <p>→ On utilise aussi le <b>Z-score</b> :</p> $z = \frac{x - \mu}{\sigma}$ <p>Correspond nombre d'écart-types séparant un résultat de la moyenne : <math>\mu = \text{Mean}</math>, <math>\sigma = \text{Standard Deviation}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Valeur normale (= à la moyenne) → Z-score = <b>0</b></li> <li>• Au <b>5<sup>ème</sup> percentile</b> → Z-score = <b>-1,64</b> → Limite <b>inférieure</b> à la Normale <b>LIN</b></li> <li>• Au <b>95<sup>ème</sup> percentile</b> → Z-score = <b>+1,64</b> → Limite <b>supérieure</b> à la Normale <b>LSN</b></li> </ul> <p>L'expression des résultats d'EFR d'après les recommandations internationales de 2005 dépend de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La <b>normalité</b> donnée par l'intervalle de confiance à <b>90%</b> (<i>c'est-à-dire entre le 5<sup>e</sup> et le 95<sup>e</sup> percentile</i>)</li> <li>• Les <b>limites de la normalité</b> entre la LIN et la LSN</li> </ul>

Interprétation des volumes	Interprétation des débits
<ul style="list-style-type: none"> <li>Le <b>trouble restrictif</b> : <math>\searrow</math> de la CPT <math>&lt;</math> à la LIN :</li> </ul> <p>→ 3 types de maladies entraînant ce trouble :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Fibroses pulmonaires</b> par <math>\nearrow</math> p° rétraction élastique</li> <li><b>Maladies de la paroi</b> par <math>\searrow</math> de la distensibilité pariétale (obésité majeure ++)</li> <li><b>Maladies diaphragmatiques</b> par <math>\searrow</math> de la force musculaire inspiratoire</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Distension thoracique</b> : <math>\nearrow</math> des volumes statiques et <math>\nearrow</math> de la CRF <math>&gt;</math> à la LSN :</li> </ul> <p>→ 2 mécanismes avec <math>\nearrow</math> du volume (<i>pas la même !</i>) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Emphysème panlobulaire</b> par <math>\searrow</math> p° rétraction élastique</li> <li><b>Emphysème centrolobulaire</b> par <math>\nearrow</math> du volume piégé à cause de l'obstruction bronchique → distension dynamique où la CRF n'est plus un volume statique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le <b>trouble obstructif</b> : Rapport <math>VEMS/CV &lt; LIN</math> :</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>VEMS &lt; 75\% \Leftrightarrow</math> souffle lent à cause d'une obstruction + ou - importante</li> </ul> <p>→ <b>Le degré de diminution du VEMS chiffre l'importance de l'obstruction</b> (+ le VEMS est bas, + l'obstruction est importante)</p> <p>→ L'analyse des débits reflète le <b>calibre</b> des voies aériennes en <b>expiration forcée</b></p> <p><b>NB</b> : l'<b>inspiration</b> n'est pas étudiée car celle-ci dépend de l'effort musculaire et n'est <b>pas limitée par le calibre</b> <math>\neq</math> expiration</p>

IV. Adaptations ventilatoires à l'exercice	
A. Rappels	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les animaux hétérotrophes utilisent de l'énergie <b>chimique</b> et la transforme en énergie <b>mécanique</b> (20%) ou <b>thermique</b> (80%)</li> <li><math>O_2</math> + glucides (G), lipides (L) et protéines (P) → Énergie (W) + déchets (azote, <math>CO_2</math> etc.)</li> <li><b>Apports</b> de ces éléments par la <b>respiration</b> (<math>O_2</math>) et l'<b>alimentation</b> (G + L + P)</li> <li><b>Rejets</b> des déchets par la <b>respiration</b> (<math>CO_2</math>) et le <b>rein</b> (azote)</li> <li>W est transférée sur de petites molécules phosphorées et utilisée de <math>\neq</math> manières : <ul style="list-style-type: none"> <li>par la <b>cellule</b> (Na/K ATPase)</li> <li>par l'<b>organe</b> (muscles)</li> </ul> </li> </ul> <p>3 voies de l'ATP : <b>Phospho-créatine</b> (1ère à intervenir), <b>glycolyse anaérobie</b> (2ème) et <b>glycolyse aérobie</b> (3ème, Cycle de Krebs et chaîne respiratoire)</p>
B. Adaptation ventilatoire	<p>Adaptation cardio-respiratoire</p> <p><math>P_aCO_2</math> (40mmHg) <b>constante</b> grâce aux contrôle ventilatoire (<i>élimine <math>CO_2</math> et apporte <math>O_2</math></i>)</p> <p>Ventilation = Volume courant (VT) x Fréquence respi (FR)</p> <p>→ En fonction de l'intensité de l'effort : <math>\nearrow</math> du VT jusqu'à ce qu'il <b>atteigne un plateau</b> (50-60% de la CV) <b>puis <math>\nearrow</math> FR</b></p> <p>→ Le VT <math>\nearrow</math> <b>aux dépens des réserves inspiratoires et expiratoires</b> <math>\Leftrightarrow</math> <b>CRF <math>\searrow</math> à la fin de l'exercice</b></p>
	<p>Réponse ventilatoire et boucle débit – Volume à l'exercice</p> <p>CPT = CRF + Capacité inspiratoire (CI)</p> <p>CI: Volume que l'on peut inspirer à partir de la CRF</p> <p>→ A l'<b>exercice</b> : <math>\nearrow</math> de la CI chez le sujet sain car la CRF <math>\searrow</math></p> <p>⚠ Une <b>non-augmentation</b> de la CI est <b>pathologique</b></p> <p>→ Le VT et la CI <math>\nearrow</math>, la CRF <math>\searrow</math></p>
	<p>Échanges alvéolo-capillaires</p> $\dot{V}O_2 = D_L O_2 \times (P_A O_2 - P_{cap} O_2)$ <p><math>\dot{V}O_2</math>: débit d'<math>O_2</math> à travers la barrière alvéolo-capillaire</p> <p><math>D_L O_2</math>: Conductance en <math>O_2</math></p> <p><math>P_A O_2 - P_{cap} O_2</math>: <math>\neq</math> de p° de part et d'autre de la barrière AC</p> <p>→ Au <b>repos</b> : Temps de contact important par rapport au temps d'équilibration</p> <p>→ A l'<b>exercice</b> : L' <math>\nearrow</math> du débit cardiaque <math>\searrow</math> le temps de contact alors que le temps d'équilibration <math>\nearrow</math> (sang veineux + désaturé)</p> <p><b>NB</b>: Les échanges alvéolo-capillaires sont un mécanisme <b>passif</b>, nécessitant un temps de contact suffisant</p>

