

Qu'entend-t-on par explorations fonctionnelles respiratoires ?

Du simple au plus complexe, elles comprennent :

- L'étude des volumes et des débits respiratoires : spirométrie, spirométrie, pléthysmographie
- L'étude des échanges gazeux au repos (transfert du CO₂, gaz du sang)
- L'étude des échanges gazeux à l'effort : oxymétrie à l'effort (test de marche de 6 minutes), épreuve fonctionnelle à l'exercice (EFX)
- Polygraphie ventilatoire et polysomnographie

Ne sont pas intégrées ici l'étude de l'hémodynamique pulmonaire, du contrôle de la ventilation, de l'activité des muscles respiratoires.

1. Etudes des volumes et des débits respiratoires

1.1. Spirométrie

La spirométrie explore les volumes pulmonaires mobilisables (figure 1), notamment le VEMS, volume expiratoire maximum au cours de la 1^{ère} seconde lors d'une expiration forcée, à partir de la capacité pulmonaire totale (CPT) et la capacité vitale forcée (CVF) et lente (CVL).

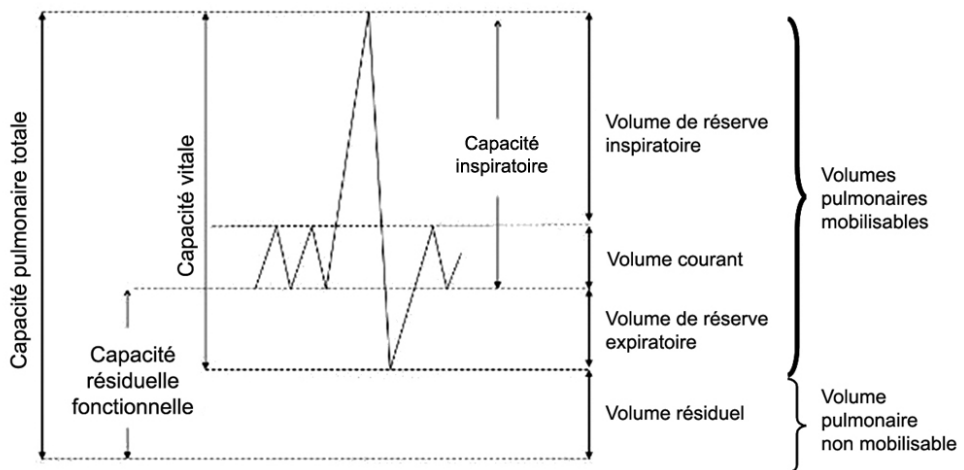


Figure 1 : volumes et capacités pulmonaires

Elle mesure les volumes pulmonaires mobilisables en fonction du temps (figure 2).

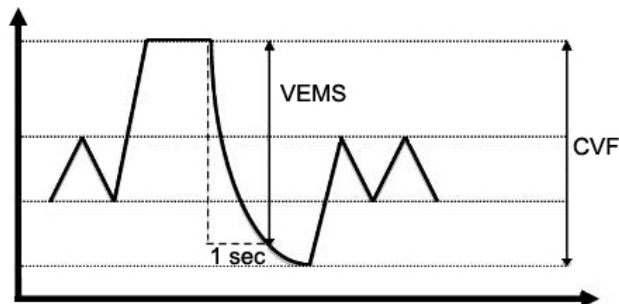


Figure 2 : détermination du VEMS et de la CV

On peut également mesurer les débits expiratoires et inspiratoires à différents volumes pulmonaires grâce à des **spiromètres électroniques** qui calculent la dérivée du volume par unité de temps (débits) et donc permettent d'exprimer le débit en fonction du volume. Ces spiromètres dits « débitométriques » fournissent une **courbe (ou boucle) débit-volume** (figure 3). Les débits qui figurent au dessus de l'axe horizontal sont les débits expiratoires, les débits qui figurent au dessous de l'axe horizontal sont les débits inspiratoires. A chaque cycle respiratoire on peut ainsi dessiner une boucle débit-volume. La partie inspiratoire n'est pas toujours représentée.

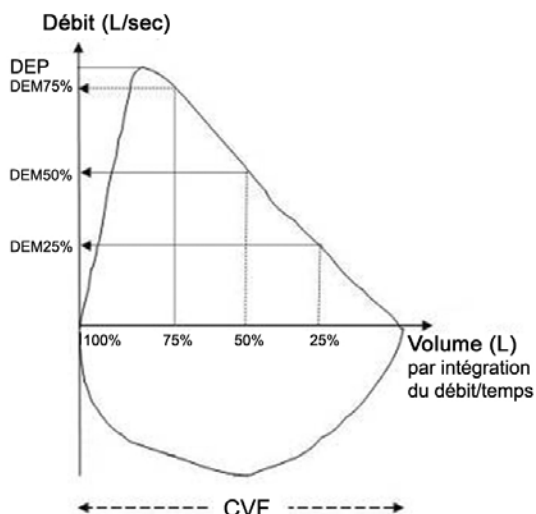


Figure 3 : courbe débit-volume

VEMS et CV peuvent aussi être mesurés par cette méthode.

DEP = débit expiratoire de pointe

DEM = débit expiratoire moyen à x% de la capacité vitale

1.2. Pléthysmographie

La **pléthysmographie**¹ et les techniques de dilution gazeuse (dilution à l'hélium) permettent de mesurer le **volume pulmonaire non mobilisable** ou "statique", en pratique le Volume Résiduel (VR = ce qui reste dans le thorax quand on a fini d'expirer, cf. figure 1).

Ceci permet donc de calculer notamment la Capacité Pulmonaire Totale (CPT = tout l'air que peut contenir un thorax en fin d'inspiration forcée).

1.3. Valeurs normales, valeurs prédites, valeur théorique, valeur de référence

Les volumes et les débits sont exprimés en valeur absolue et en pourcentage de la valeur prédite établies à partir de cohortes de sujets adultes caucasiens, sains, ayant les mêmes caractéristiques anthropométriques (âge, sexe, taille). Elles sont utilisables pour des personnes âgées de 18 à 70 ans, dont la taille est comprise entre 155 et 195 cm pour les hommes et 145 et 180 cm pour les femmes.

Ils sont considérés comme anormaux lorsqu'ils sont inférieurs à 80 % de la valeur prédite ou supérieurs à 120 % de la valeur prédite.

A titre d'exemple voici les valeurs de référence attendues pour :

- Un homme caucasien de 50 ans mesurant 1,83 m :
 - CV : 5.0 L
 - VEMS : 3.9 L
 - Tiffeneau: 78 %
 - CPT : 7.5 L
- Une femme caucasienne de 30 ans, mesurant 1,54 m :
 - CV : 3.2 L
 - VEMS : 2.8 L
 - Tiffeneau: 83 %
 - CPT : 4.4 L

¹ La pléthysmographie permet aussi de mesurer les résistances des voies aériennes.

Les termes **valeur théorique** ou de **référence** sont souvent utilisés comme synonymes de **valeur prédite**.

1.4. Tests pharmacologiques

Ils explorent le **caractère variable** d'un trouble ventilatoire obstructif (TVO cf. infra) après l'administration d'un bronchodilatateur (β_2 agoniste ou d'un anticholinergique).

Ils recherchent une hyperréactivité bronchique par l'administration d'acétylcholine ou le plus souvent de métacholine. À utiliser quand il n'y a pas de TVO à l'état de base.

2. Etude des échanges gazeux au repos

2.1. Transfert pulmonaire des gaz

On peut mesurer le transfert alvéolocapillaire de certains gaz (CO en particulier). Le facteur de transfert est appelé TL ou DL. On parle alors indifféremment de TLCO ou de DLCO. La technique consiste à inhaler une quantité connue de CO, de réaliser une apnée de 10 secondes, puis d'expirer. En retranchant la partie qui est expirée après l'apnée de la quantité totale de CO, on connaît la quantité qui a diffusé.

Le transfert du CO explore le système respiratoire dans sa globalité (ventilation, diffusion, circulation, hémoglobine). Le transfert du CO dépend donc du volume alvéolaire (VA) disponible pour sa diffusion. Ceci conduit à utiliser également le rapport DLCO/VA ou KCO ou coefficient de transfert du CO.

Pour la pratique on considère comme **pathologique** toute valeur de DLCO (ou TLCO) < 70% de la valeur **théorique**.

En pathologie respiratoire, une altération du TLCO ou du KCO oriente vers trois grandes pathologies :

- Maladies infiltratives pulmonaires (par atteinte de la membrane alvéolo-capillaire)
- Emphysème (par trouble de la distribution gazeuse et destruction du lit vasculaire)
- Maladies vasculaires pulmonaires (embolie pulmonaire ou hypertension pulmonaire)

2.2. Etude des gaz du sang artériel²

Réalisée en général **au repos**, mais peut aussi se faire à l'**effort** (cf. infra), chez un patient en **air ambiant** ou **sous oxygène**. Il est souhaitable d'avoir au moins une mesure faite au repos, en position assise, en air ambiant.

Les **pressions partielles en O₂** et en **CO₂** sont mesurées en mmHg ou en kPa.

Le pH est mesuré.

La concentration en bicarbonates (HCO₃⁻) est calculée.

La saturation artérielle en oxygène (SaO₂) est :

- Soit calculée à partir de la PaO₂ sans tenir compte des caractéristiques de l'hémoglobine du patient (qui peut avoir une affinité anormale pour l'O₂, ex : méthémoglobinémie)
- Soit mesurée directement, de même que la concentration en carboxyhémoglobine (HbCO), en hémoglobine totale et en méthémoglobine (MetHb)

Limites de la mesure de la SaO₂ :

- En raison de la relation qui lie SaO₂ et PaO₂, la baisse de la SaO₂ n'apparaît que tardivement au cours des pathologies hypoxémiantes (figure 4)
- On retiendra qu'une SaO₂ < 90 % témoigne déjà d'une hypoxémie profonde (PaO₂ < 60 mmHg)

² Pour une version plus approfondie de la description des échanges gazeux et de l'équilibre acide base on conseille de consulter le chapitre **Epreuves fonctionnelles respiratoires** sur le site du Collège des Enseignants de Pneumologie (www.cep-pneumo.org) dans la rubrique : *Enseignement du 1^{er} Cycle - Sémiologie respiratoire - Référentiel national* (<http://www.spif.org/s/spip.php?article1153>).

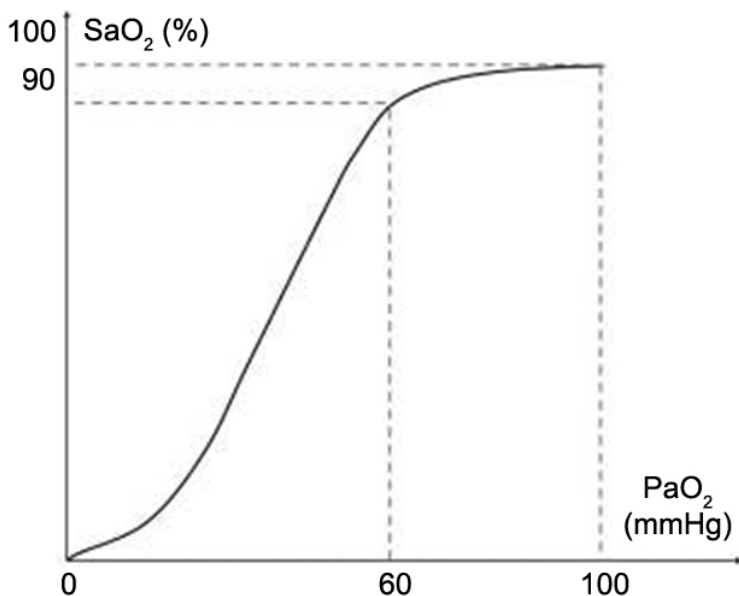


Figure 4 : variation de la SaO₂ en fonction de la PaO₂

Intérêts des gaz du sang :

- Etude des échanges gazeux
- Etude de l'équilibre acidobasique

1 mmHg = 1,33 kPa

1 kPa = 7,5 mmHg

	Valeurs	Normales	Etendue	Unité
pH		7,4	± 0,05	
PaCO ₂		40	± 2	mmHg
		5,3	± 0,3	kPa
PaO ₂		95	± 5	mmHg
		12,6	0,5	kPa
HCO ₃ ⁻		24	± 2	mmol/l

Pour déterminer où se situe l'équilibre acide base d'un patient (et notamment pour l'ECN) le tableau suivant est plus pratique.

	Acide	Normal	Alcalin
pH	< 7,35	7,35 - 7,45	> 7,45
PaCO ₂	> 45	35 - 45	< 35
HCO ₃ ⁻	< 22	22 - 26	> 26

D'un point de vue pratique les questions face à un éventuel déséquilibre acide base sont toujours les mêmes, au nombre de trois et dans l'ordre :

- 1- Le pH indique-t-il une acidose ou une alcalose ?
- 2- La cause du déséquilibre acide-base est-elle respiratoire ou métabolique ?
- 3- Y a-t-il une compensation du déséquilibre acide-base ?

Une façon pragmatique de répondre à ces 3 questions dans l'ordre est détaillée dans les exercices.