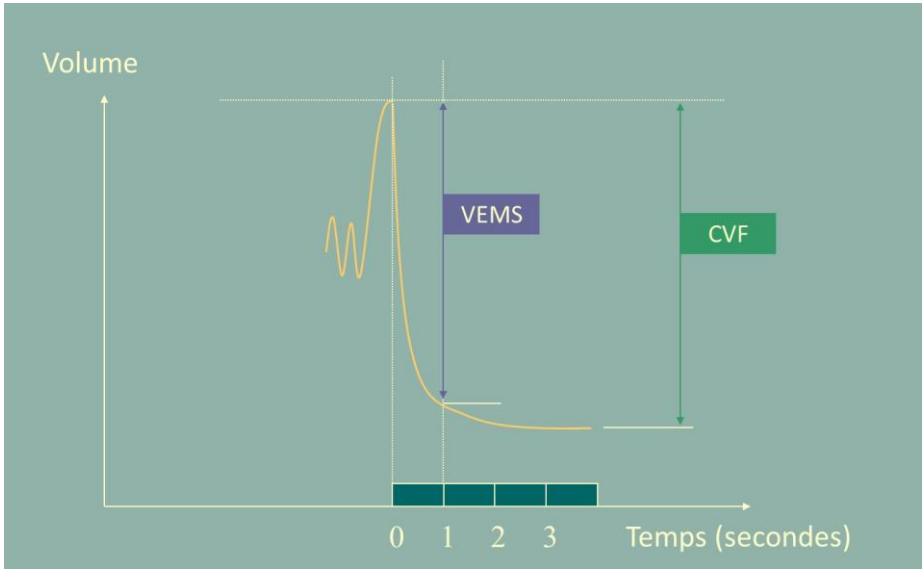


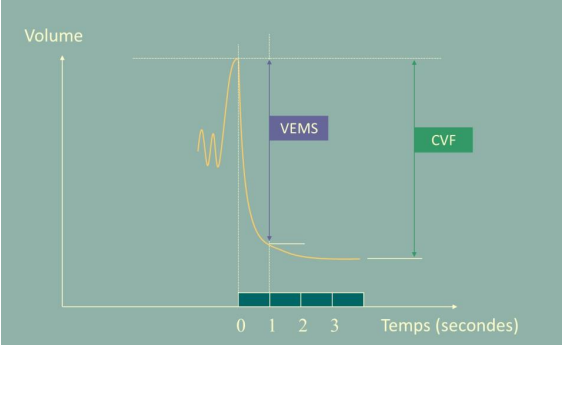
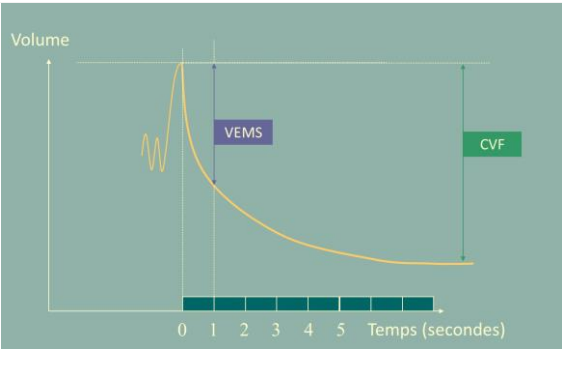
Spirométrie

De quoi s'agit-il ?

La spirométrie est un examen indolore, très reproductible et fort simple qui reste le principal test de fonction respiratoire. C'est un outil essentiel du suivi de la mucoviscidose parce qu'il donne accès à des **paramètres objectifs** beaucoup plus fiables que l'auscultation pulmonaire ou la description des symptômes. L'un de ces paramètres (le VEMS, cf infra) garde tout au long de l'évolution une portée clinique qui aide à adapter au mieux le traitement.

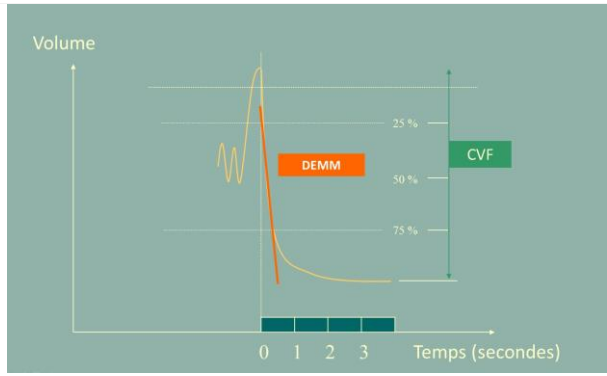
Aspects pratiques

<p>Description</p>	<p>Le sujet porte un pince-nez (pour ne respirer que par la bouche). Il met en bouche une petite pièce de plastique (embout buccal) le reliant à un dispositif léger qu'il tient lui-même en mains et au travers duquel il respire sans entrave l'air de la pièce. Sa respiration est visualisée sur un écran qu'il a sous les yeux.</p> <p>a : le test commence par de simples respirations, normales b : on demande ensuite au sujet de prendre très vite la plus grande inspiration possible c : puis de « souffler » rapidement le plus possible, afin d'expulser des poumons un maximum d'air</p>
	<p>a b c</p> <p>↓ ↓ ↓</p>
	 <p>Le graphique illustre la courbe de volume expiratoire au cours d'une inspiration maximale. L'axe vertical est étiqueté 'Volume' et l'axe horizontal 'Temps (secondes)'. La courbe montre une inspiration maximale jusqu'à un point 'a', suivie de trois phases de soufflage marquées 'b', 'c' et 'd'. Le VEMS (Volume Expiratoire Maximal) est représenté par une double flèche bleue entre le point 'a' et le point 'b'. La CVF (Capacité Vitale Forcée) est représentée par une double flèche verte entre le point 'a' et le point 'd'. Des barres vertes sur l'axe des temps indiquent les durées de soufflage pour les phases b, c et d.</p>
	<p>Le VEMS (volume expiratoire maximal en une seconde) correspond au volume maximal que le sujet est capable d'expulser au cours de la première seconde qui suit une inspiration maximale.</p> <p>La CVF (capacité vitale forcée) est le volume maximal que le sujet est capable d'expulser à l'issue d'une inspiration maximale.</p> <p>Plusieurs manœuvres correctes et reproductibles sont obtenues et le test est habituellement répété après inhalation d'un bronchodilatateur (Ventolin®).</p>

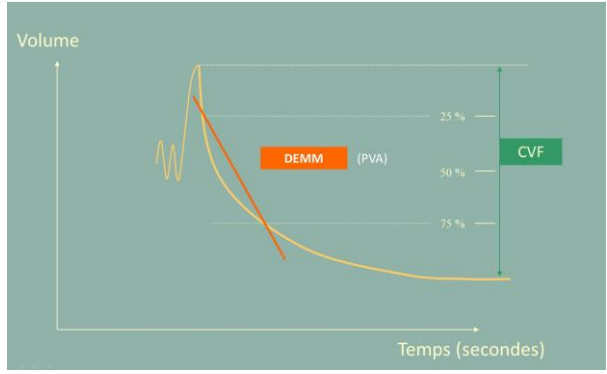
Spirométrie normale		<ul style="list-style-type: none"> - Au cours de la première seconde d'expiration forcée, un sujet adulte expulse environ 80 % de la CVF. - Les volumes sont exprimés en litres et par rapport aux valeurs de référence établies chez des sujets normaux. La taille est le principal déterminant de ces valeurs (avant l'âge et le genre). - La dispersion des valeurs normales est importante. Pour le VEMS, des sujets normaux auront une valeur habituellement comprise entre 80 et 120% de la valeur moyenne prédite.
Spirométrie en cas d'obstruction modérée des voies aériennes		<ul style="list-style-type: none"> - Vider au maximum les poumons prend plus de temps. Le VEMS est abaissé, comme aussi le rapport entre le VEMS et la CVF (qui varie avec l'âge). L'interprétation optimale nécessite un suivi régulier et la connaissance des meilleures valeurs du patient qui permet l'évaluation d'un éventuel déclin : un VEMS à 100% de la valeur prédite chez un enfant de 12 ans n'a pas la même signification s'il a toujours été à 100 % ou s'il était de 130% 4 ans plus tôt.
A partir de quel âge ?	Le test nécessite compréhension et collaboration active. Un apprentissage est nécessaire, habituellement proposé vers 4-5 ans, favorisé au début par de petites animations sur l'écran. Dans un environnement réellement adapté, presque tous les enfants effectuent fort bien la manœuvre dès avant l'âge de 6 ans.	

Aspects théoriques

Avantages du test	<ul style="list-style-type: none"> - simplicité, rapidité, faible coût - évitement aisé de risque d'infection croisée - robustesse (extrême reproductibilité du VEMS et de la CVF) - portée clinique : il constituera tout au long du suivi une sorte de « gouvernail » qui aide à choisir les adaptations du traitement. Garder un VEMS normal ou en ralentir le déclin est un objectif majeur du traitement.
Limitations	<ul style="list-style-type: none"> - collaboration nécessaire - le test est peu sensible à une atteinte respiratoire débutante dans la mucoviscidose : le VEMS peut être normal alors que des dégâts en principe irréversibles des voies aériennes (bronchectasies) sont documentés par le CT-scann thoracique ou que d'autres tests (cependant moins robustes, à l'exception sans doute de la mesure du LCI) sont déjà anormaux. Mais la spirométrie donne accès à d'autres paramètres dont certains (DEMM et DEM25%) reflètent mieux, si la manœuvre est de qualité, l'obstruction des petites voies aériennes qui est l'atteinte précoce dans la mucoviscidose.
Principe	Ce qui est réellement mesuré à l'aide d'un pneumotachographe est un débit (litres/seconde). Ce débit est obtenu à partir de la mesure au cours de l'expiration forcée de la différence de pression de part et d'autre d'une résistance (très faible, connue et vérifiée quotidiennement par une étape de calibration) qui est celle de la grille du pneumotachographe. Les volumes (intégrales de débits par rapport au temps) sont calculés électroniquement.
DEMM	Le débit expiratoire maximal pour la portion moyenne de la capacité vitale (DEMM) reflète mieux que le VEMS l'atteinte des petites voies aériennes mais cet indice est moins reproductible. Il dépend peu de la collaboration mais une manœuvre d'expiration forcée incomplète entraîne une surestimation de ce paramètre (et donc une sous-estimation du degré d'obstruction).



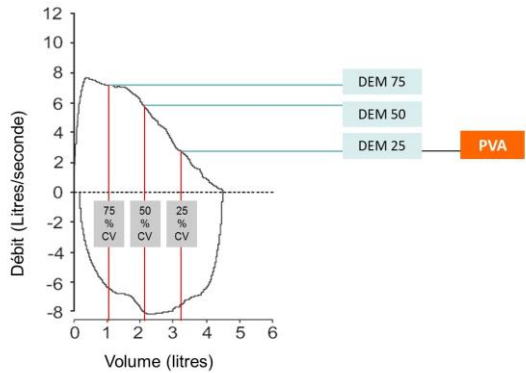
- Le DEMM est la pente de la droite qui relie les points de la courbe d'expiration forcée correspondant à la portion moyenne de la capacité vitale (celle durant laquelle sont expirés les deuxième et troisième quarts de la CVF).



- En cas d'obstruction des voies aériennes, cette pente est moins raide (le DEMM diminue).

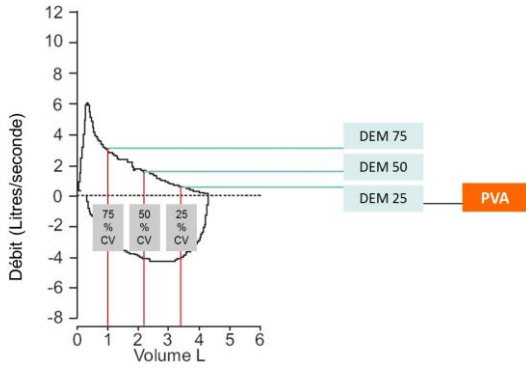
Courbe débit-volume

Une autre représentation graphique habituelle et intéressante de la manœuvre d'expiration forcée est la courbe débit-volume. Elle donne une idée de la qualité de la manœuvre et accès aux débits expiratoires maximaux à haut (DEM75), moyen (DEM50) et bas (DEM25) volume pulmonaire. Ces débits sont moins reproductibles que le VEMS et la CVF. Le DEM25 est un indice des petites voies aériennes.



Courbe débit-volume normale

- Chez le sujet normal, le débit expiratoire maximal est atteint très tôt dans l'expiration et la courbe n'est pas concave.



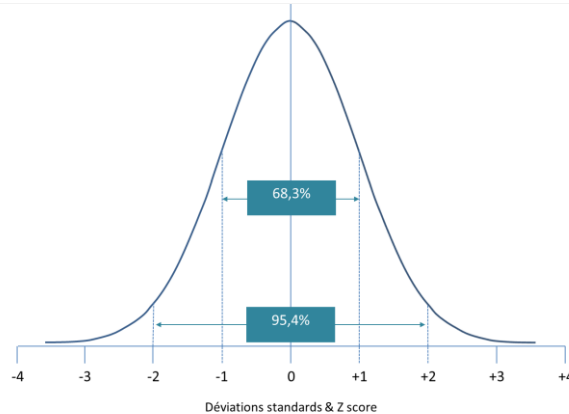
- En cas d'obstruction des voies aériennes, la courbe prend une allure concave. Une diminution progressive, « harmonieuse », est notée des débits maximaux (exprimés en % de la valeur prédite) au fur et à mesure de l'expiration.

Valeurs normales

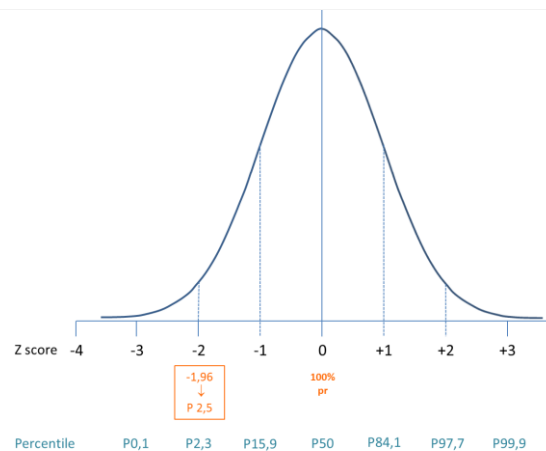
Les résultats de l'examen sont comparés à des valeurs de référence obtenues à partir de l'étude de grands groupes de sujets en bonne santé, sans problème respiratoire. Pour un sujet donné, la taille, l'âge et le genre sont pris en compte. La valeur observée est exprimée en pourcentage de la valeur moyenne prédite pour ce sujet. Les limites de la normalité sont bordées par les valeurs extrêmes attendues chez 95% des sujets contrôles. La limite inférieure de la normale est donc une valeur qui n'est presque jamais observée chez les sujets contrôles (en fait, elle peut l'être dans moins de 2.5 % des cas). Pour le VEMS et la capacité vitale, cette limite inférieure correspond environ à 80% de la valeur moyenne prédite. Pour le DEMM, elle est de l'ordre de 60% de la valeur prédite.

A l'avenir, c'est en termes (plus précis et valables pour tous les items) de Z score que seront exprimés ces paramètres. Lorsque la distribution de données est normale: 1) un Z score de 0 correspond à la moyenne prédite (100 % pr) chez le sujet normal et au percentile 50 (valeur médiane : la moitié des sujets normaux ont une valeur supérieure à cette valeur) ; 2) la limite inférieure de la normale correspond à un Z score de -1.96 (Percentile 2.5).

[Conversion Z score ↔ Percentile](#)



- Quand la distribution de données est normale, la valeur moyenne (100% pr) et la valeur médiane ne diffèrent pas.
- Plus des 2/3 (68.3%) des sujets normaux présentent pour ce paramètre une valeur comprise entre -1 et +1 DS (déviations standard) soit un Z score entre -1 et +1.



- 95% des sujets normaux présentent pour ce paramètre une valeur comprise entre -1.96 et +1.96 DS (déviations standard) soit un Z score entre -1.96 et +1.96.
- La limite inférieure de la normale est fixée à -1.96 (ou 2) SD.
- Repères :
 - Pc 10 : -1.28
 - Pc 20 : -0.84
 - Pc 30 : -0.52
 - Pc 40 : -0.25
 - Pc 60 : +0.25
 - Pc 70 : +0.52
 - Pc 80 : +0.84
 - Pc 90 : +1.28

Interprétation

L'interprétation du VEMS est à moduler en fonction des meilleures valeurs antérieures (cf vitesse de déclin éventuel – importance des données longitudinales)

Dans la mucoviscidose, l'atteinte pulmonaire est arbitrairement rapportée en fonction de la valeur du VEMS (en % pr), avec les points de repères ci-dessous :

- VEMS \geq 90 % pr : spirométrie normale
- VEMS compris entre 70 et 89 % pr : atteinte respiratoire légère
- VEMS compris entre 40 et 69% pr : atteinte respiratoire modérée
- VEMS <40% pr : atteinte respiratoire sévère

Les variations du DEMM accompagnent habituellement de manière cohérente cette catégorisation:

- DEMM \geq 60% pr : spirométrie normale
- DEMM compris entre 40 et 59% pr : atteinte respiratoire légère

	<ul style="list-style-type: none"> - DEMM compris entre 20 et 39% pr : atteinte respiratoire modérée - DEMM < 20% pr : atteinte respiratoire sévère (et perte de valeur du DEMM comme repère évolutif) <p>Il en va souvent de même de celles des débits expiratoires maximaux à différents volumes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - DEM 75, DEM 50 et DEM 25 > 50 % pr : spirométrie normale - abaissement du seul DEM 25 (< 50% pr) : atteinte respiratoire légère - abaissement des DEM 25 et DEM 50 (< 50 % pr): atteinte respiratoire modérée - abaissement des DEM 25, DEM 50 et DEM 75 (<50 % pr) : atteinte respiratoire sévère
<p>Références</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Stanojevic S et al. The Global Lung Function Initiative: dispelling some myths of lung function test interpretation. <i>Breathe</i> 2013 ; 9 : 463-474 - Quanjer PH et al. ERS Global Lung Function Initiative. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: the global lung function 2012 equations. <i>Eur Respir J</i>. 2012 ; 40:1324-1343. ↔ - Miller ML et al. ATS/ERS Task Force. Standardisation of spirometry. <i>Eur Respir J</i> 2005; 26: 319–338 - Hankinson JL et al. Spirometric reference values from a sample of the general U.S. population. <i>Am J Respir Crit Care Med</i>. 1999 ; 159: 179-187. - Wang X et al. Pulmonary function growth velocity in children 6 to 18 years of age. <i>Am Rev Respir Dis</i>. 1993 ; 148: 1502-1508.