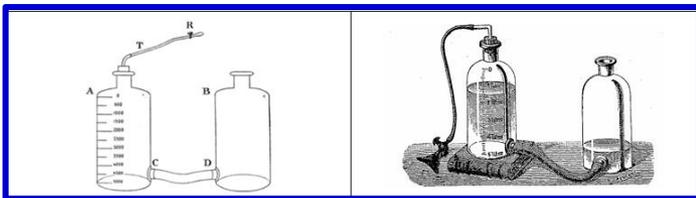


FORMATION À LA SPIROMÉTRIE EN MÉDECINE GÉNÉRALE

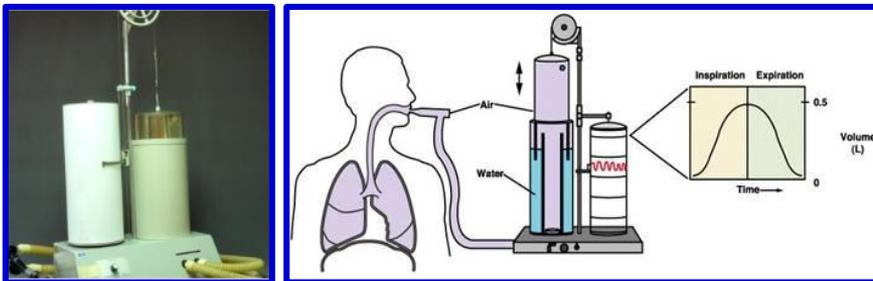
PNEUMOLOGUES:

- Docteur Thierry PEREZ – EFR CHU ICP LILLE
- Docteure Michèle CATTO – EFR CHU ICP LILLE

La spirométrie en pratique



**Spiromètre de Dupont utilisé
par Binet et Vaschide en 1897**



**John Hutchinson (1811-1861)
Maurice Cara (1918-2009)**



Spiro Easy-on PC NDD

Introduction

Intérêt de la spirométrie

- L'épreuve fonctionnelle respiratoire est un examen indispensable en pneumologie avec la clinique et la radiographie pulmonaire.
- Les objectifs
 - Bilan diagnostique initial devant des symptômes d'origine respiratoire :
↳ dyspnée ou toux chronique ++
 - La spirométrie reste l'examen de référence pour définir l'existence d'un trouble ventilatoire obstructif (TVO)
 - Évaluer la gravité, pronostic d'une maladie respiratoire.
 - Orienter les traitements et évaluer l'efficacité des traitements
 - Évaluation préopératoire d'une chirurgie thoracique.
- Elle est indispensable au diagnostic de BPCO
 - Le TVO de la BPCO persiste après bronchodilatateurs
- La spirométrie peut faire suspecter un trouble ventilatoire restrictif, mais sa confirmation nécessite la mesure des autres volumes pulmonaires

**Si une spirométrie de repérage montre un TVO, sa persistance après bronchodilatateur doit être confirmée (dans le même temps ou à distance) avant de pouvoir porter le diagnostic de BPCO*

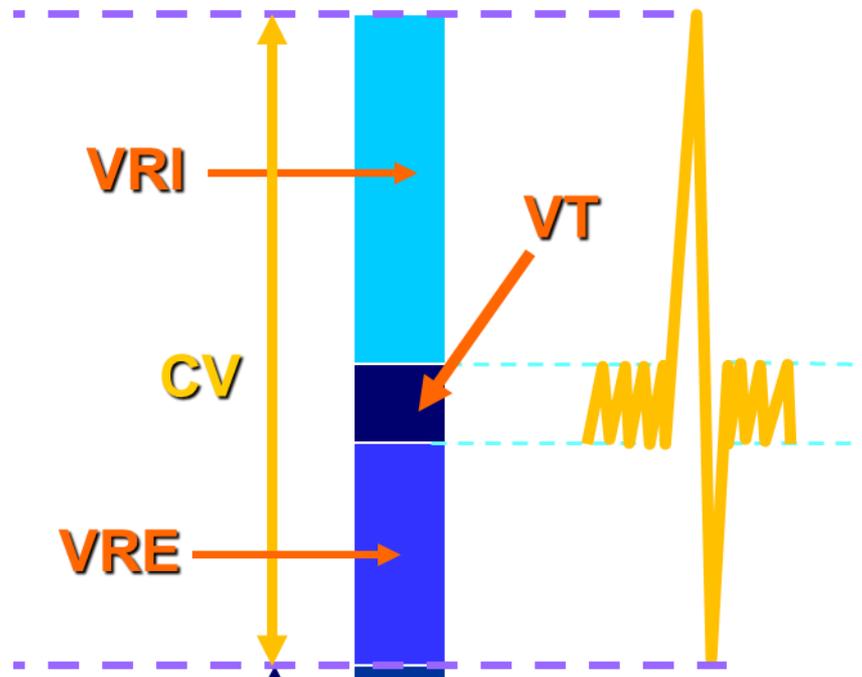
La spirométrie :

Mesure de l'ensemble des volumes mobilisables



Spirométrie lente

☞ volumes mobilisables



SPIROMETRIE

VT (tidal) : volume courant = VC

VRI : volume de réserve inspiratoire

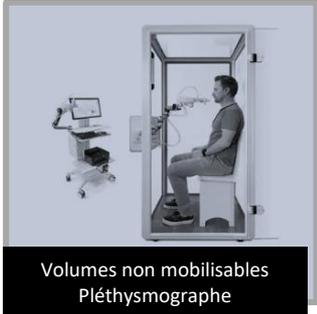
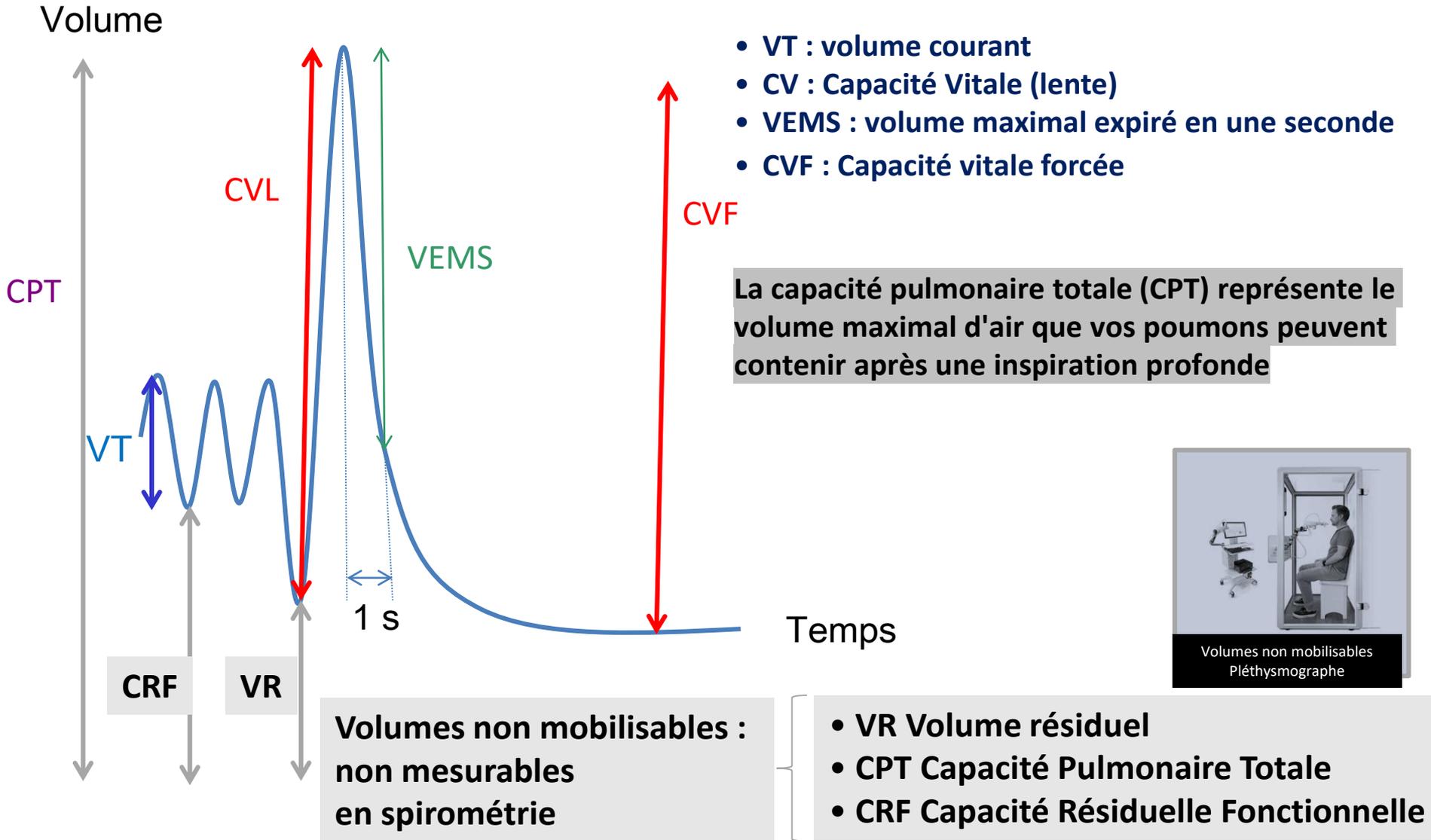
CI : VT + VRI

VRE : volume de réserve expiratoire

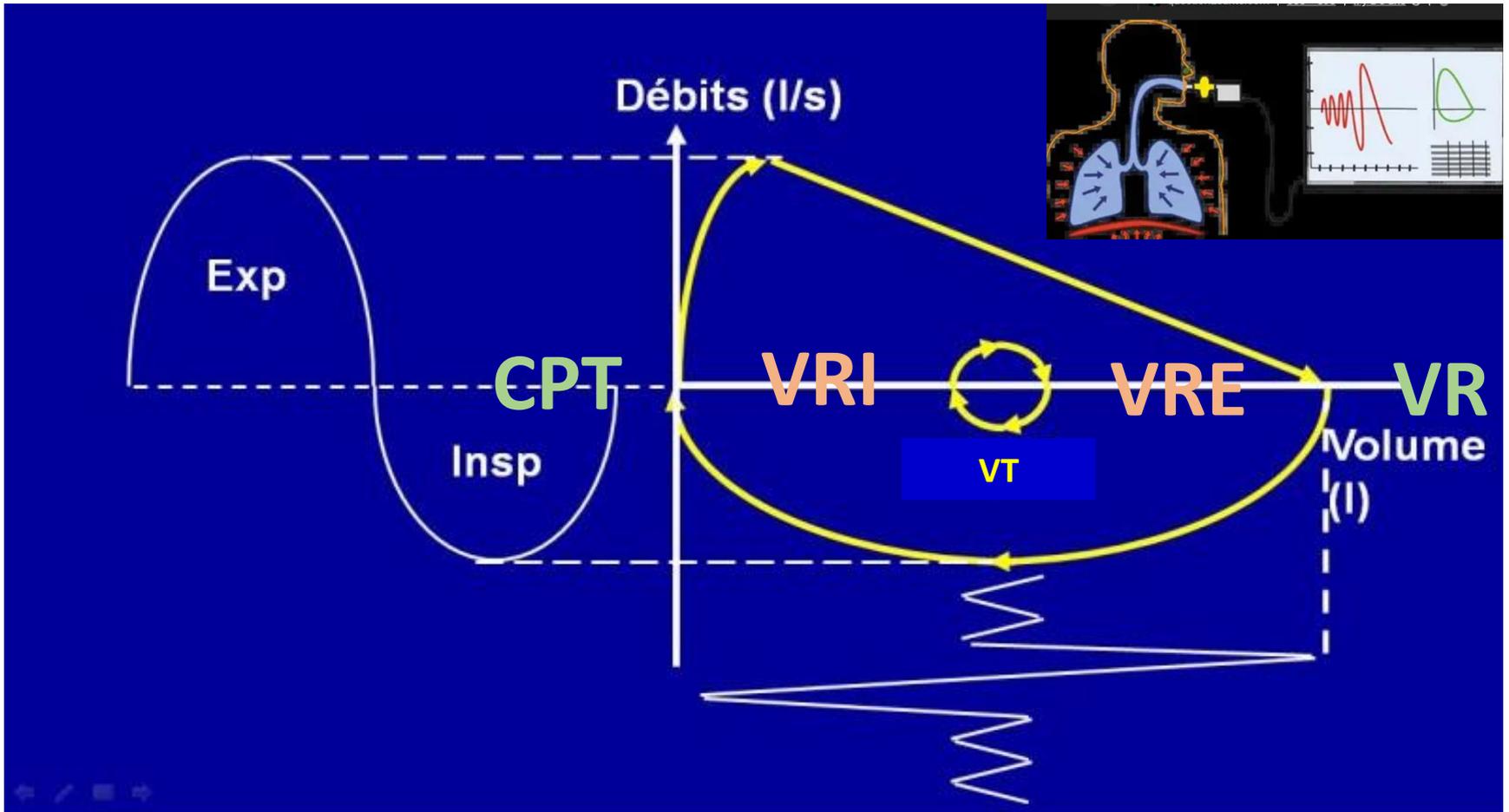
CV : capacité vitale = VRI + Vt + VRE

La capacité vitale est la quantité maximale d'air qu'une personne peut expulser des poumons après une inspiration maximale

Mesure des volumes mobilisables et débits maximaux



Courbe débit-volume

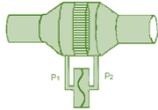


Points essentiels

- Bien connaître l'utilisation du spiromètre
- Bien expliquer au patient le but de l'examen et les manœuvres
- Stimuler vocalement le patient +++++
- Obtenir au moins 3 essais acceptables et reproductibles
- Choisir les valeurs adaptées
- Maîtriser l'interprétation des courbes et les limites de la spirométrie

Matériel

- Capteur de débit



- Pneumotachographe à grille classique (**Fleisch** ou Lilly)
 - Problème: nettoyage ultrasonique régulier



- **Turbine réutilisable ou à usage unique**



- **Capteur ultrasonique à usage unique**



- Calibrage quotidien impératif (ISO) sauf pour les matériels utilisant des capteurs à usage unique (selon données constructeur ou études)
 - Seringue étalon de 3 litres
 - Calibrage « biologique » (sujet sain) mensuel souhaitable quel que soit le capteur
- Filtre antibactérien ou capteur-embout à usage unique (turbine ou filtrette à ultrasons)

Contre indications *

- Anévrisme cérébral
- Hypertension intra crânienne
- Chirurgie ophtalmologique ou ORL récente
- Anévrisme de l'aorte thoracique ascendante évolutif ou de grand diamètre
- HTA sévère non contrôlée
- Infarctus récent (< 7 jours), angor instable
- Hémoptysie
- Embolie pulmonaire
- Pneumothorax récent (< 2 semaines)
- Infection transmissible (tuberculose, hépatite B....)
- Infection broncho-pulmonaire active

*** En cas de doute adresser le patient au pneumologue ou au laboratoire d'EFR**

Peu de chance de succès si :

- Douleur thoracique ou abdominale
- Douleur faciale augmentée par l'embout buccal
- Troubles cognitifs
- Incontinence à l'effort

Conditions de réalisation de l'examen (1)

- Idéalement le patient ne doit pas
 - Avoir fumé dans l'heure précédant l'examen
 - Avoir consommé de l'alcool dans les 4 heures précédant l'examen
 - Avoir fait un exercice intense
 - Avoir pris un repas copieux dans les 2 heures précédant l'examen
 - Porter des vêtements qui limitent l'expansion thoracique ou abdominale

Conditions de réalisation de l'examen (2)

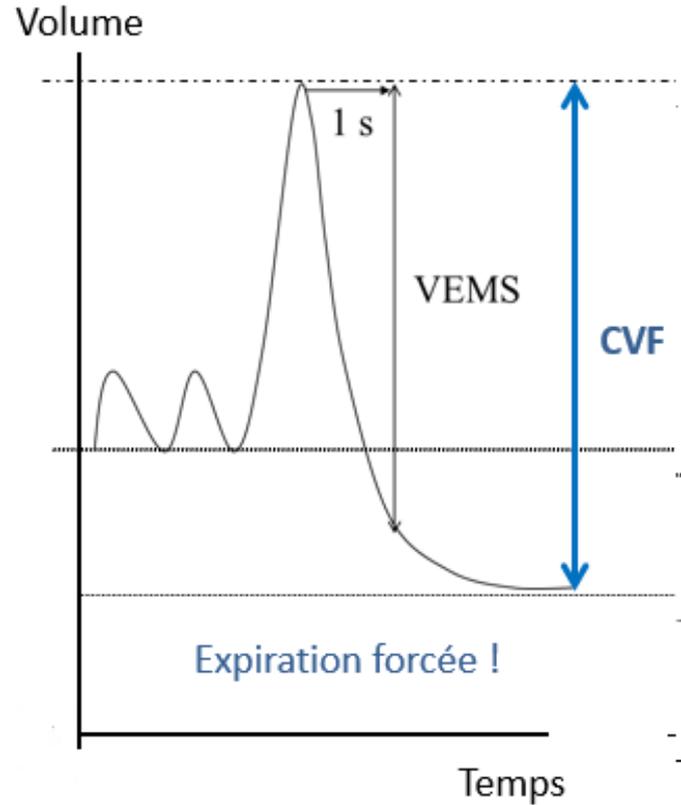
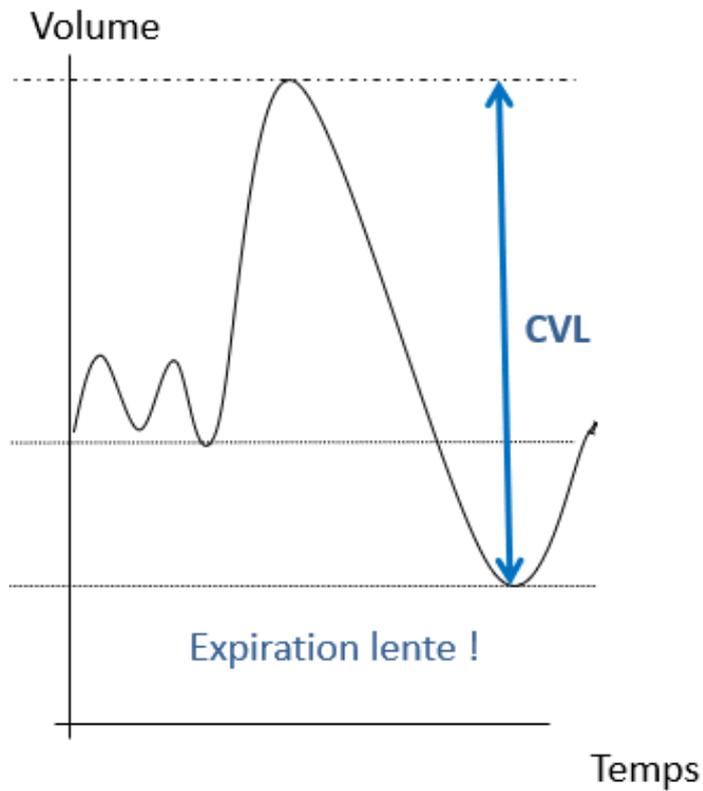
- Position assise, dos droit, sans flexion ni extension cervicale excessive
- **Obtenir une coopération maximale par une stimulation permanente (verbale, gestuelle...) durant tout le test**
 - Attention: Un effort sous maximal en spirométrie forcée peut induire une **surestimation** des débits expiratoires et du VEMS chez l'obstructif (en diminuant la compression dynamique des voies aériennes)
- Effectuer **au minimum 3 manœuvres**, au maximum 8

Déroulé de l'examen

=> En 2 temps (notamment pour cotation)

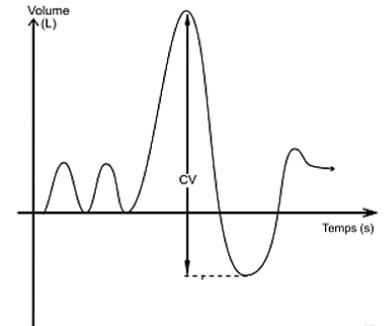
1. Mesure de la capacité vitale lente (**CVL**)
2. Réalisation de la courbe débit volume au cours d'une expiration forcée : mesure du VEMS et de la Capacité Vitale Forcée (**CVF**)

CVL versus CVF



CVL

Capacité vitale lente



- Obtenir un mode ventilatoire stable
 - Pour être à la position de repos CRF (capacité résiduelle fonctionnelle, à la fin d'une expiration normale, calme)
 - Puis 2 manœuvres possibles:
 - CVL EXPIRATOIRE: inspiration à la CPT puis expiration lente jusqu'au VR
 - CVL INSPIRATOIRE: expirer à fond jusqu'au VR puis inspirer à fond jusqu'à la CPT
 - Résultat souvent meilleur chez l'obstructif : moins de piégeage expiratoire

CVF

Courbe débit volume

La manœuvre

- Inspiration complète rapide
 - Pause courte avant l'expiration < 1 sec (longue diminue les débits, ↘ élasticité)
- Effort expiratoire d'emblée maximal et le restant jusqu'à la fin de l'expiration
 - **STIMULATION +++**
 - Bon départ
 - Débit de pointe précoce, délai < 120 ms
 - Expiration complète +++ :
 - Débit < 25 mL/s dans la dernière seconde
 - Durée ≥ 15 sec !
 - ou sujet incapable de poursuivre l'expiration
 - Pas de toux (surtout en début d'expiration) ni fermeture de glotte

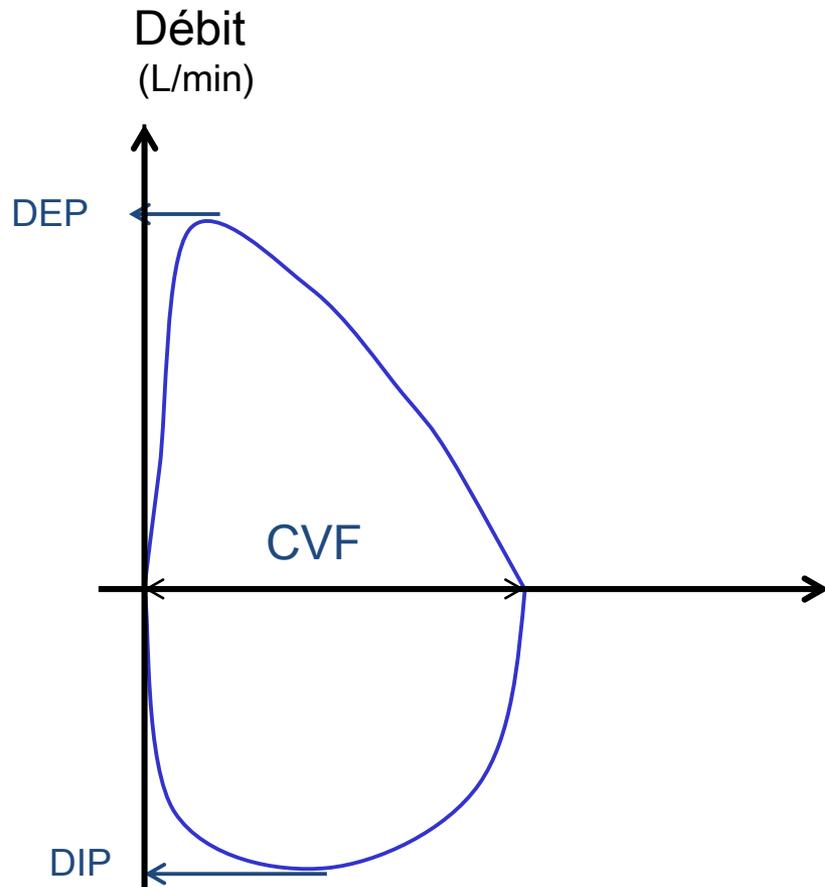


Si CVF < CVL => signe de trappage – poumons n'arrivent pas à se vider lors de la manœuvre forcée => « emphysème »

Les points critiques

- Inspiration complète
- Pas de pause en fin d'inspiration
- Bon début
- Fin d'expiration correcte +++++++

Courbe débit volume



DEP = Débit Expiratoire de Pointe
= Peak Flow

Courbe expiratoire

Volume (L)

Courbe inspiratoire

DIP = Débit Inspiratoire de Pointe
= Peak Inspiratory Flow

Les erreurs fréquentes : inspiration



- Inspiration incomplète
- Pause télé inspiratoire trop importante
 - Diminue les débits expiratoires en réduisant la contribution de l'élasticité pulmonaire
 - Les meilleurs débits sont obtenus sans pause télé-inspiratoire
- Accélération du débit insuffisante en début d'expiration

 **Refaire la courbe**

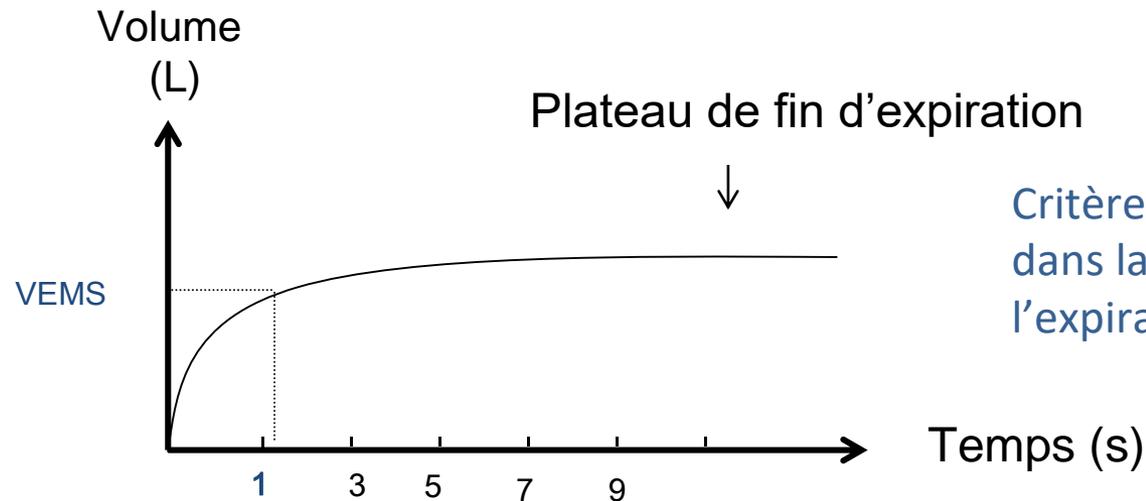
Acceptabilité

Contrôle visuel de l'expiration

Courbe volume-temps: le meilleur contrôle de fin d'expiration

Vérifier la qualité de l'expiration :

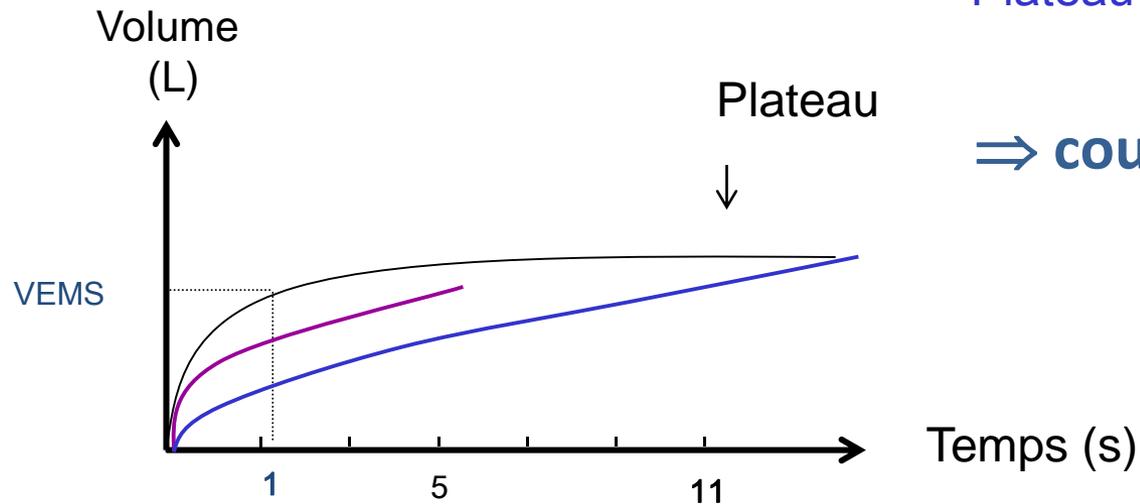
- Atteindre un plateau



Critère strict : volume expiré < 25 ml dans la dernière seconde de l'expiration

Acceptabilité

Courbe volume-temps Exemple d'expirations insuffisantes



Temps expiratoire trop court

Plateau non atteint

⇒ courbes non interprétables

Fin d'expiration: critères ATS ERS 2019

- Au moins 1 critère sur 3 ci-dessous :

- Changement de volume < 25mL dans la dernière seconde: **plateau**
= **critère le plus fiable d'une expiration complète ***

OU

- Temps d'expiration forcée de **15 secondes** (difficile)

OU

- CVF reproductible ou plus élevée que la meilleure valeur précédente
si autres critères non obtenus (sujet jeune notamment)

Avant d'interpréter les résultats

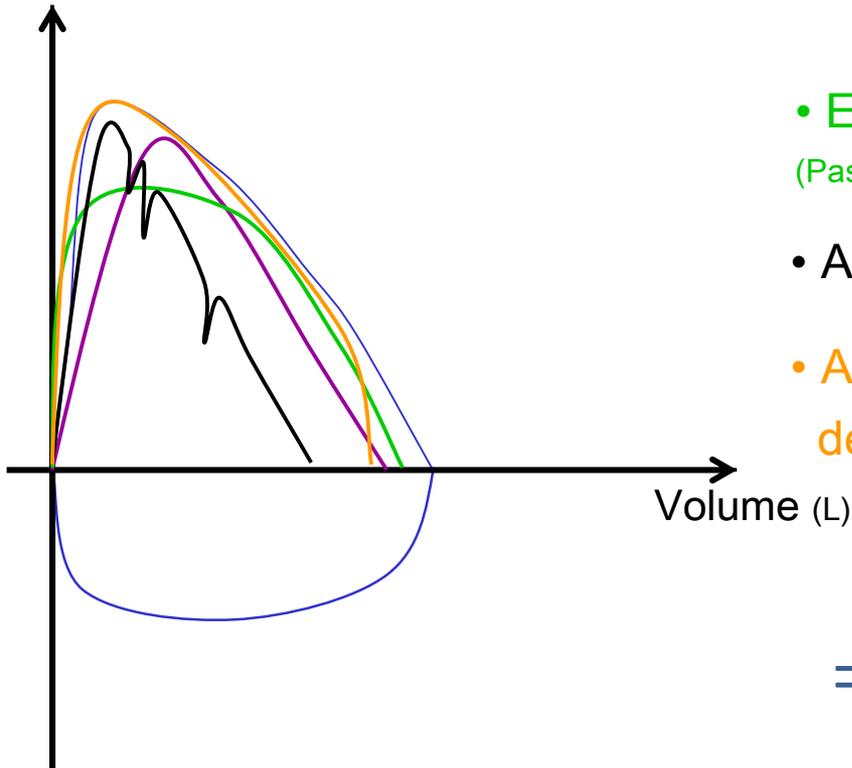
- 2 étapes
 - Evaluer l'**acceptabilité** des courbes
 - Vérifier la **reproductibilité sur VEMS et CVF**
 - **Écart < 150 ml entre les deux meilleures valeurs (VEMS et CVF)**
- Si les critères ne sont pas remplis ne pas interpréter les résultats ! (*ou avec réserve ...*)
 - C'est le cas de 10% des courbes, même dans les laboratoires d'explorations fonctionnelles

Acceptabilité

Contrôle visuel de la qualité de la courbe

Exemple de courbes non acceptables

Débit (L/s)



- Mauvais départ : peak flow tardif
- Effort sous maximal : courbe aplatie (Pas de DEP)
- Actefact de toux
- Arrêt précoce de l'expiration : cassure de la courbe

⇒ courbes non interprétables

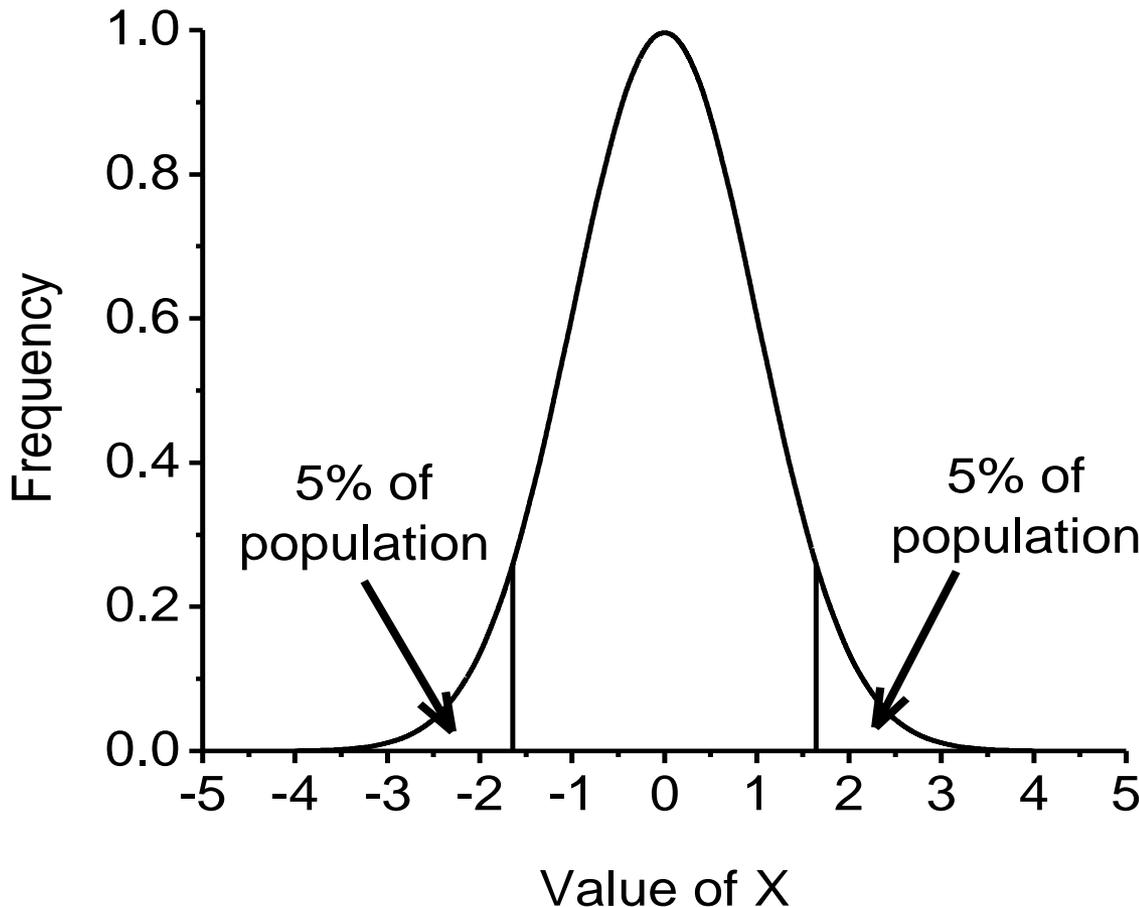
Reproductibilité

- 3 manœuvres techniquement satisfaisantes
 - Les critères de reproductibilité sont stricts. Il est important de mentionner dans le compte rendu s'ils ont été obtenus.
- Pour le VEMS et la CVF:
 - Écart < **150 ml** pour les deux paramètres entre les deux meilleures valeurs
 - 200 ml acceptable
- Sinon poursuivre jusqu'à:
 - Obtention de ces critères
 - Maximum de 8 tests
 - Ou sujet incapable de poursuivre
- Sauvegarder les trois meilleurs tests

Interprétation

Distribution des valeurs normales

Courbe de Gauss



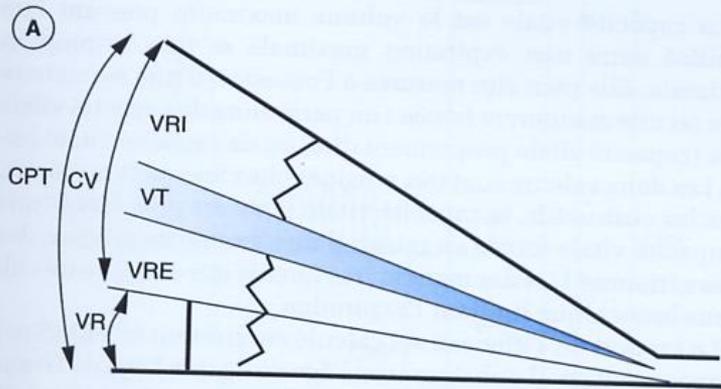
Moyenne = 0.0
DS = 1.0

Z score: écart observé-théorique
en nombre de DS

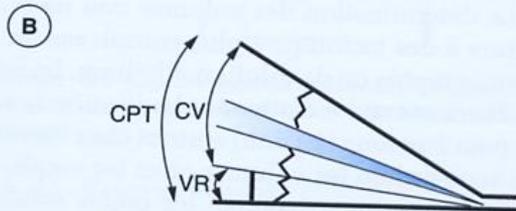
Limite sup normale
LSN
 $M + 1,64 \text{ z score}$

Limite inf normale
LIN
 $M - 1,64 \text{ z score}$

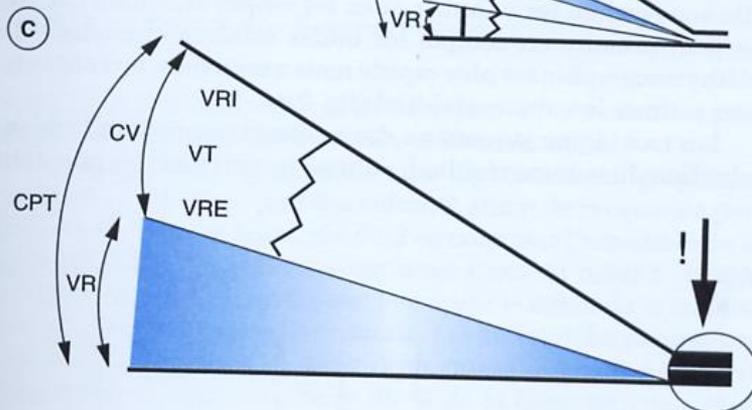
Représentation schématique des volumes pulmonaires => classification en trois volets



A - Poumon normal



B - Sd restrictif



C - Sd obstructif

D - Sd mixte : TVR + TVO

Mesure des volumes et débits

Expression des résultats

- En **valeur** mesurée en litre
- En **pourcentage** de la théorique (ou valeur prédite)
 - Dépend de l'âge, du sexe, de la taille
 - et de l'ethnie
- Regarder LLN / **LIN**
- En **z scores** **plus rigoureux**
- Le rapport VEMS/CVF s'exprime en pourcentage et en z-score

Exemple de capture d'écran

Taille - âge - genre - ethnie

Valeur prédite ou théorique

Valeur mesurée

% de la théorique

Paramètres		LLN	Théor.	PRÉ	%Théor.	Z-Score
CVF	L	2,99	3,81	4,13	108,40	0,63
VEMS	L	2,41	3,06	3,58	116,99	1,36
VEMS/CVF	%	69,80	80,80	86,70	107,30	1,03
DEP	L/s	5,27	6,75	10,22	151,41	3,86
DEM2575	L/s	1,75	3,03	4,20	138,61	1,24

unité

Limite inf N LIN

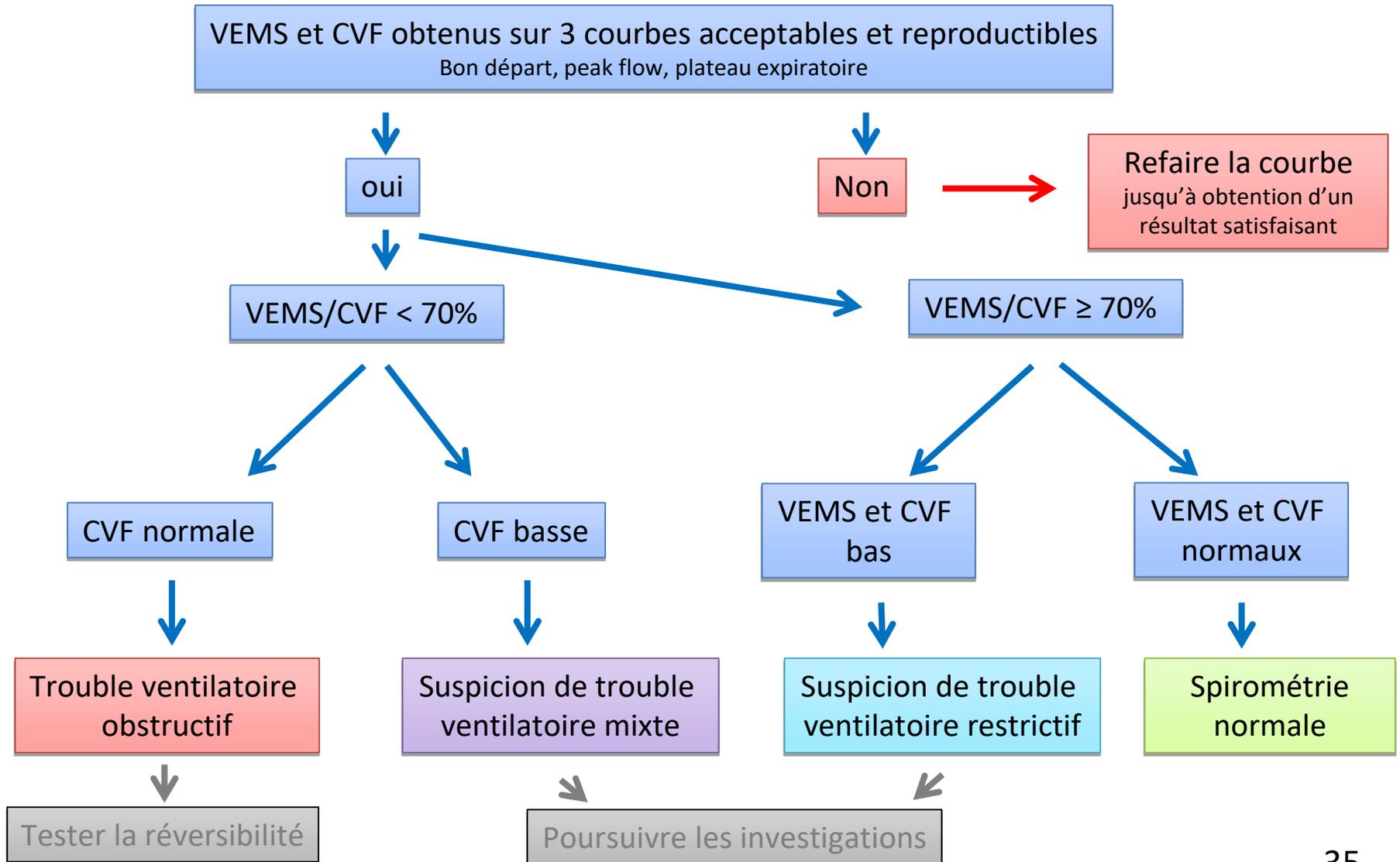
Z-score

Interprétation VEMS et CV

=> authentification de trouble ventilatoire

- **VEMS /CV \geq LIN** et valeurs normales => EFR normale
- **VEMS /CV \geq LIN** et valeurs anormales => Syndrome restrictif possible
 - A confirmer par pléthysmographie avec CPT < LIN (95^{ème} percentile)
- **VEMS /CV < LIN** => Syndrome obstructif
 - A compléter avec réversibilité (Δ VEMS \geq 12% et > 200 ml)

Algorithme d'interprétation de la courbe débit volume



Trouble ventilatoire obstructif (TVO)

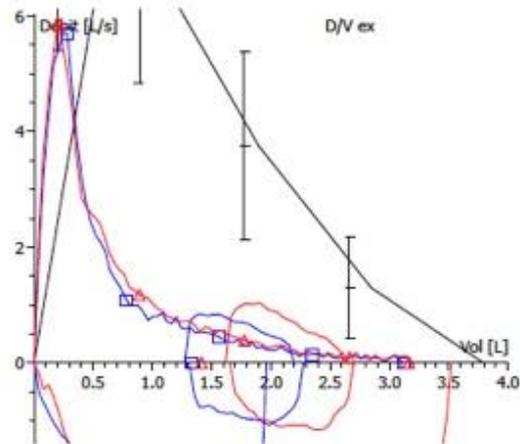
- Réduction des débits par rapport aux volumes
- Définition : VEMS/CVF diminué
- **BPCO*** : **VEMS/CVF post bronchodilatateur < 70%**

Stades de sévérité spirométrique de la BPCO

Classification de la BPCO en stade de sévérité: valeurs en post bronchodilatateur

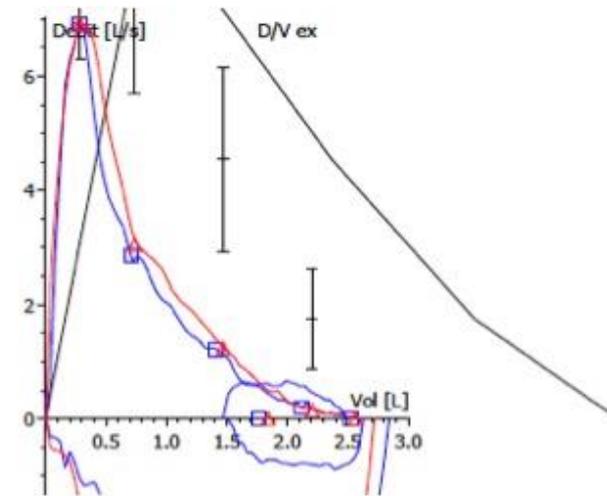
Stade I	légère	VEMS/CVF < 70 %	VEMS \geq 80%
Stade II	modéré		$50 \leq$ VEMS < 80 %
Stade III	sévère		$30 \% \leq$ VEMS < 50 %
Stade IV	très sévère		VEMS < 30% Ou VEMS < 50 % et insuffisance respiratoire ou cardiaque droite

Syndrome obstructif - réversibilité



	<i>basal</i>	<i>post-β2</i>
CVF	82%	
VEMS	45%	48% (+8%)
VEMS / CVF	0,43 (56%)	
DEM75	15%	
DEM50	12%	
DEM25	12%	

CPT	116%
VR	157%



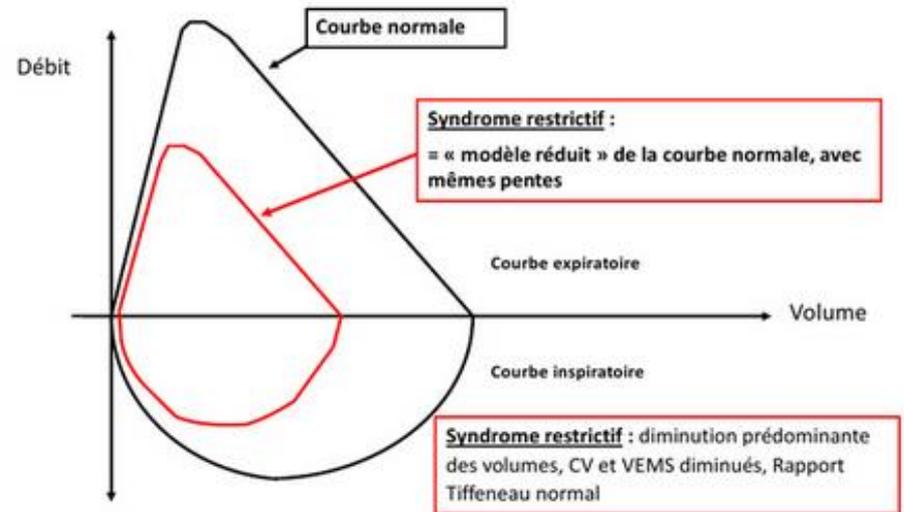
	<i>basal</i>	<i>post-β2</i>
CVF	53%	
VEMS	46%	49% (+5%)
VEMS / CVF	0,63 (78%)	
DEM75	36%	
DEM50	27%	
DEM25	11%	

CPT	73%
VR	102%

Possible syndrome restrictif - Gravité

- Légère: LIN: 80%
- Modérée: 70 - 79%
- Assez sévère: 50 - 69%
- Sévère: < 50%

Le syndrome RESTRICTIF / COURBE DEBIT VOLUME



Syndrome Mixte

Souvent des patients montrent des signes d'un syndrome restrictif et d'un syndrome obstructif. La courbe débit-volume montre les caractéristiques des deux syndromes.

Syndrome ventilatoire mixte

- Il y a association d'un trouble ventilatoire restrictif et d'un trouble ventilatoire obstructif.
- La spirométrie du syndrome mixte montre à la fois les spécificités du syndrome obstructif et du syndrome restrictif.
- La courbe débit-volume est donc concave avec un CVF en dessous de 80% des valeurs théoriques.
 - **CPT < LIN**
 - **Tiffeneau < LIN**

Conditions de la cotation de la spirométrie

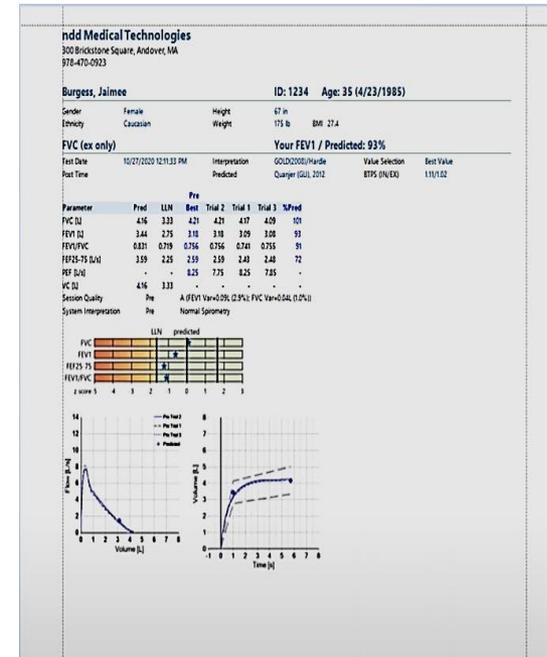
- Formation adéquate
- Respect des critères de qualité et de reproductibilité
- Mesure de la **CVL et de la courbe débit volume**
- Interprétation
- Signature
- Stockage et impression des résultats
- CCAM: GLQP012 soit **40,28€**
- **Cumul possible au 01/01/26: C + GLQP012**



2 euros la turbine

Appareil de démonstration

Spiro Easy-on PC NDD

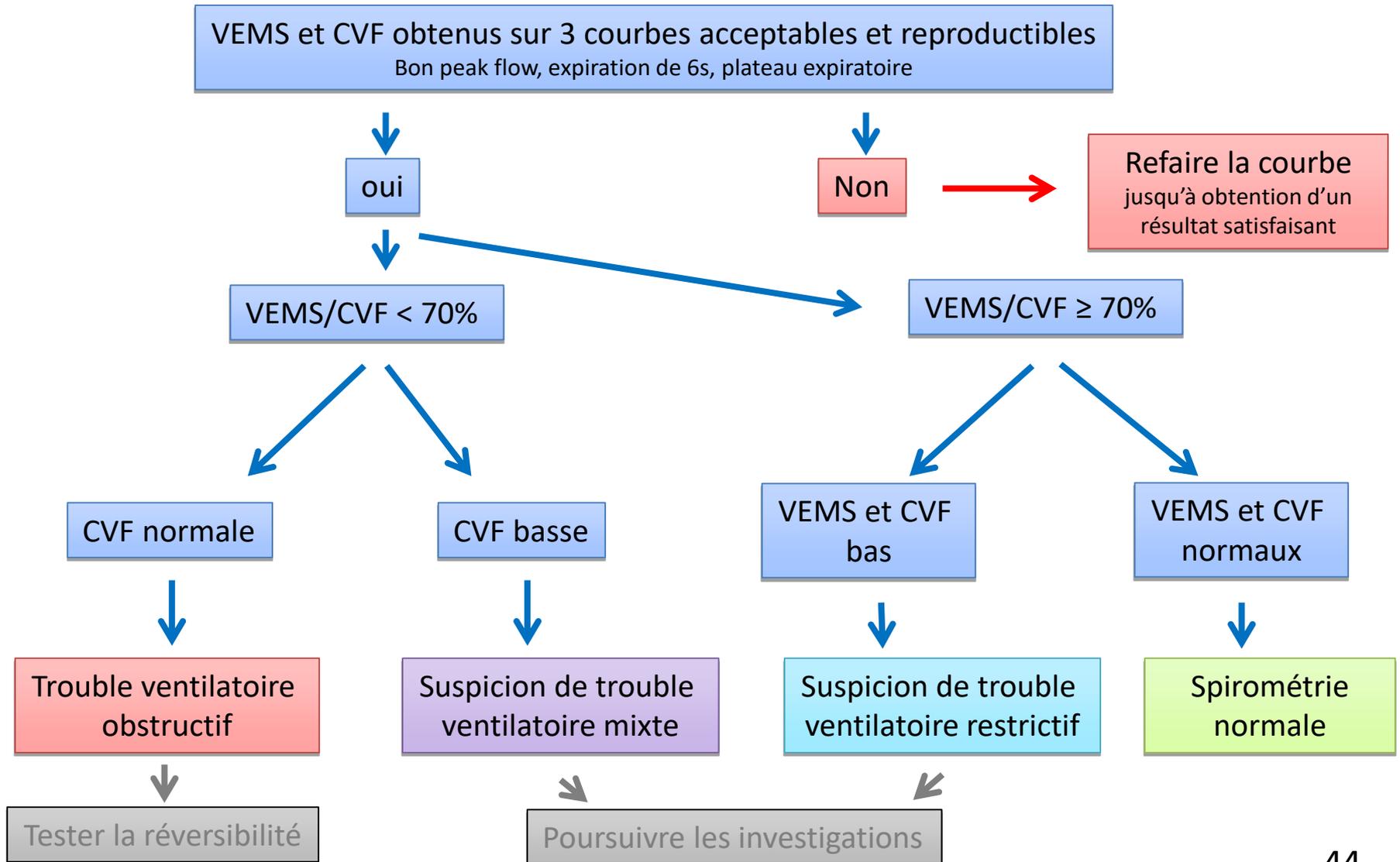


Choix des valeurs

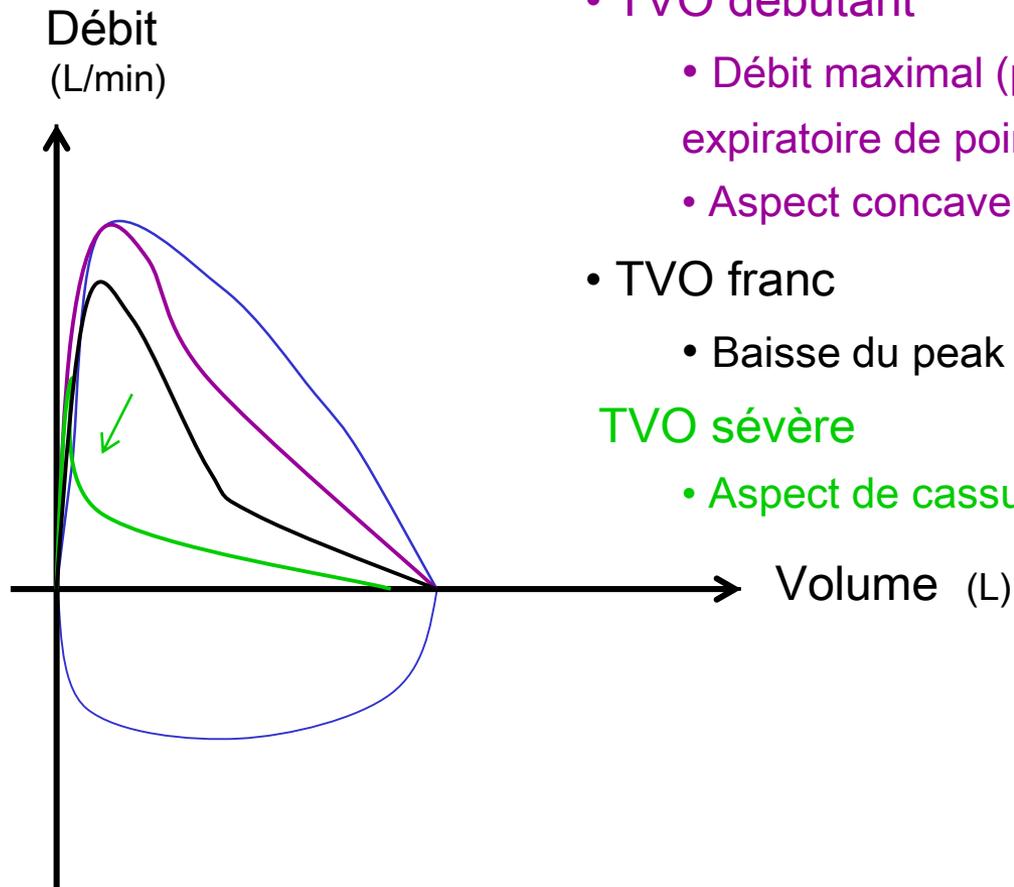
- A partir des 3 meilleures courbes reproductibles validées
**le spiromètre* retient automatiquement
la meilleure CVF et le meilleur VEMS,
même s'ils proviennent de courbes différentes**
- Courbe sélectionnée :
courbe ayant la meilleure somme VEMS + CVF

* Il convient de vérifier le paramétrage sur certains spiromètres

Algorithme d'interprétation de la courbe débit volume



Courbe débit volume : exemples de TVO



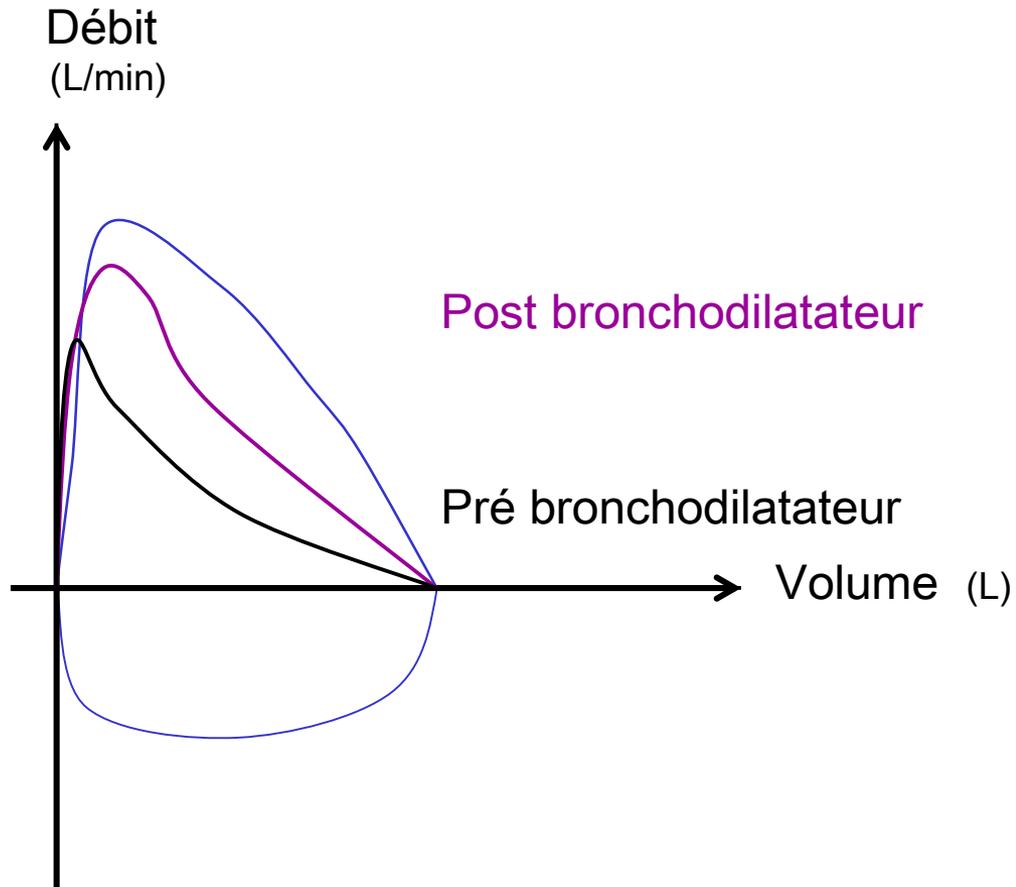
- TVO débutant
 - Débit maximal (peak flow ou débit expiratoire de pointe, DEP) conservé
 - Aspect concave de la courbe
- TVO franc
 - Baisse du peak flow et du VEMS
- TVO sévère
 - Aspect de cassure de la courbe

Réversibilité du TVO?

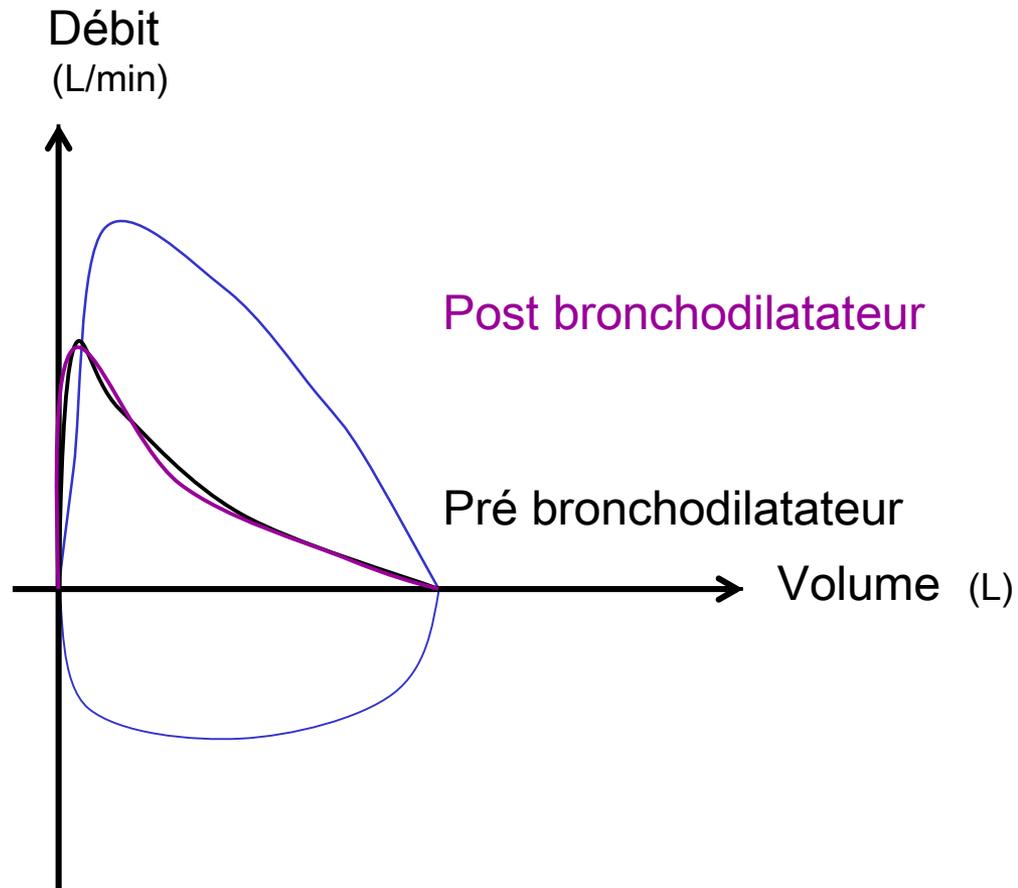
Le TVO est-il réversible?

- Recherche d'une réversibilité après bronchodilatateur
 - Administration de 400 µg de salbutamol¹
 - 4 fois 1 bouffée en ADS (Ventoline®), bouffées administrées par l'intermédiaire d'une chambre d'inhalation
 - Ou 4 bouffées d'Airomir® en Autohaler®, ou Ventilastin®
 - Ou autre beta2 agoniste d'action rapide et brève: Terbutaline
 - 2^e test 15 min après l'administration du bronchodilatateur
- Interprétation
 - Réversibilité significative:
amélioration d'au moins 12% **et** au moins 200ml par rapport à la valeur initiale
 - VEMS/CV post bronchodilatateur normal : TVO complètement réversible
 - VEMS/CV post bronchodilatateur < normal TVO partiellement réversible
 - Pas d'amélioration significative après bronchodilatateur
 - TVO non réversible

TVO partiellement réversible



TVO non réversible



Réversibilité: limites

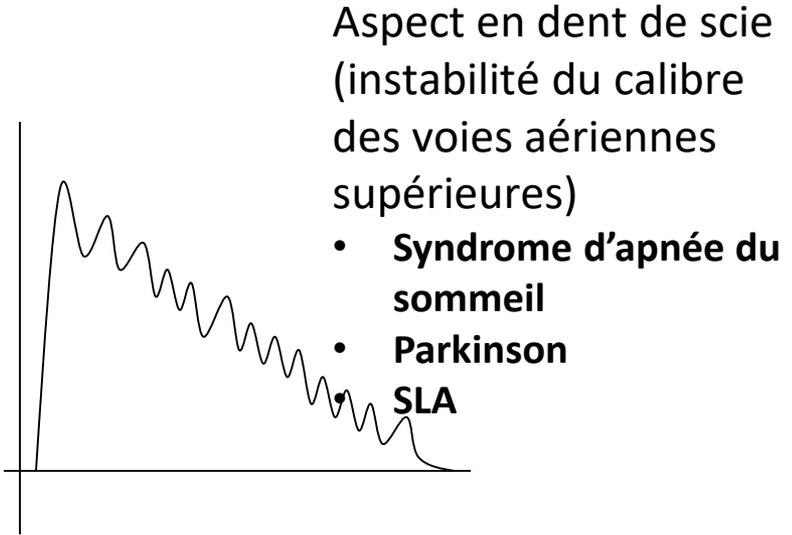
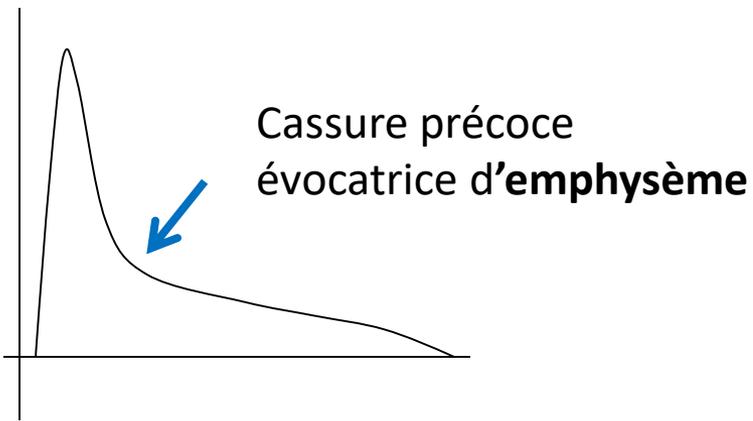
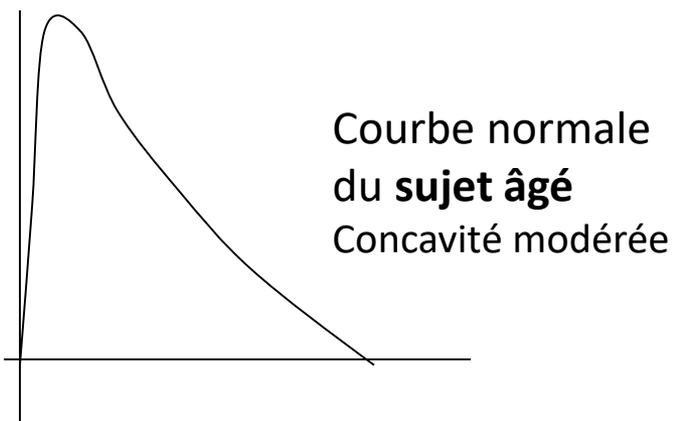
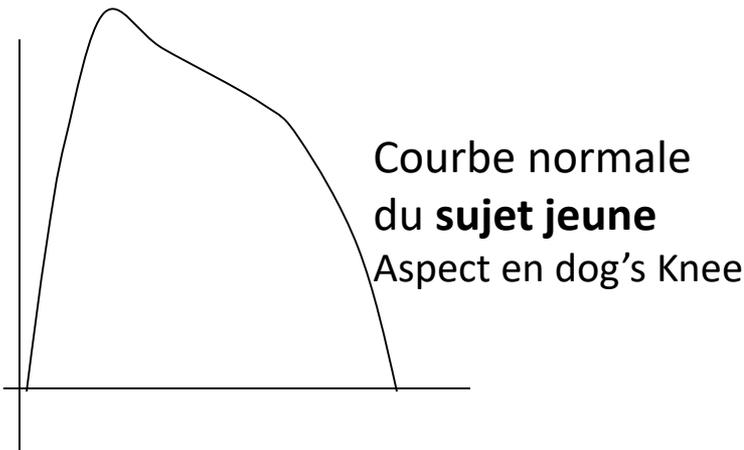
- Le diagnostic de BPCO impose de disposer d'une mesure après bronchodilatateur montrant la persistance du TVO.
- Si une première mesure est effectuée préalablement à l'administration de bronchodilatateur, cela permet de calculer le niveau de réversibilité.
- A savoir sur BPCO et réversibilité :
 - Une réversibilité partielle n'exclut pas le diagnostic de BPCO
 - La réversibilité peut être variable d'un jour à l'autre chez le patient BPCO
 - Une réversibilité « importante » (400 ml ou plus, par exemple) doit faire suspecter un asthme :
 - diagnostic différentiel de la BPCO ou asthme associé à la BPCO
 - Mais il n'y a pas de seuil de réversibilité séparant clairement BPCO et asthme

Le compte rendu doit comporter

- Nom, prénom, date de naissance du malade, taille, poids
- Indication clinique incluant la symptomatologie et facteurs de risque respiratoires
- Qualité de réalisation des manœuvres
- Existence ou non d'un syndrome obstructif
 - Sévérité du syndrome obstructif si présent
 - En cas de syndrome obstructif, si un test de réversibilité est effectué :
 - Agent bronchodilatateur utilisé, dose administrée
 - Amplitude de changement du VEMS
 - Caractère significatif ou non de la réversibilité
- Eventuels éléments évocateurs de syndrome restrictif
- Nom et signature du praticien

Le compte rendu doit être archivé

Aspects caractéristiques

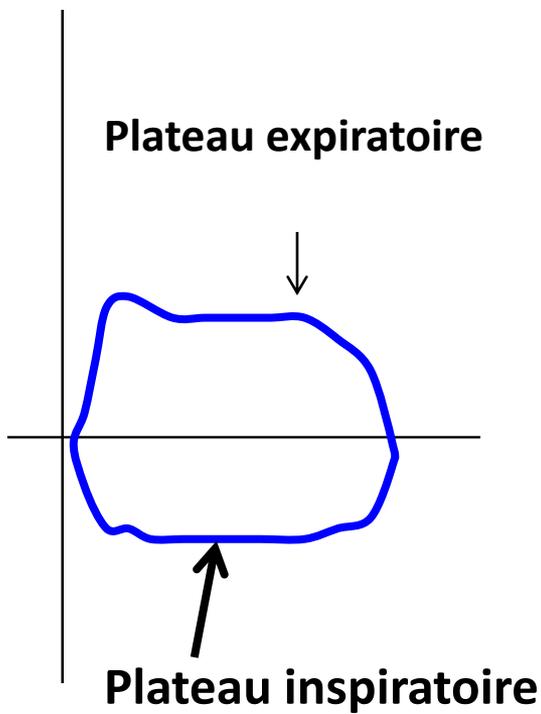


Courbe débit volume inspiratoire

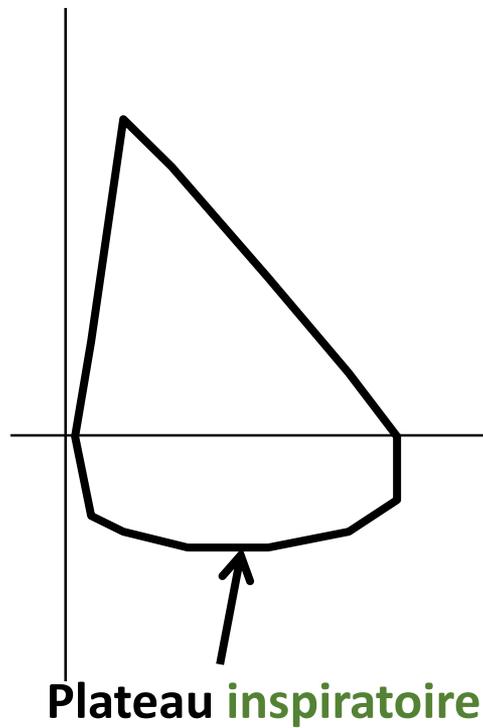
- Plateau inspiratoire (figure dia suivante)
 - Correspond à une obstruction des voies aériennes centrales extra thoraciques
 - Laryngée: exemple dysfonction des cordes vocales
 - Trachéale haute
 - Associée ou non à un plateau expiratoire
 - La sensibilité de ce signe est cependant modérée

Pour en savoir plus

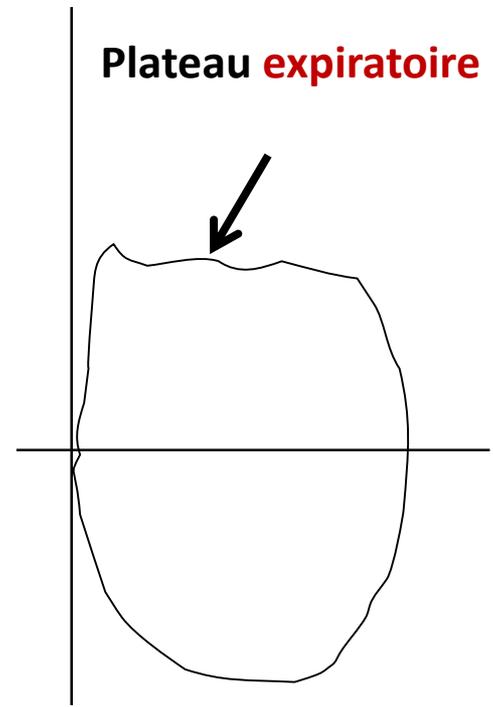
Obstruction des VAS



Obstruction fixe



Obstruction variable extra-thoracique



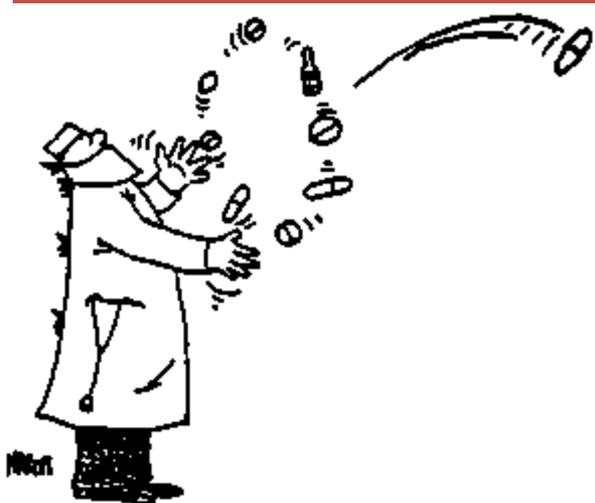
Obstruction variable intra-thoracique

Take-home messages

- Spirométrie => **diagnostic d'un trouble ventilatoire** mais pas forcément d'une maladie => examens complémentaires chez spécialiste si besoin
- **Quantification** permet d'évaluer la gravité de la maladie
- **Réalisation en cabinet:**
 - Nécessite un apprentissage mais faisable une fois acquis
 - NECESSITE D'UNE PRATIQUE TRES REGULIERE ++++
 - Cotation nouvelle incitative



ALGORITHME PRISE EN CHARGE BPCO



Diagnostic de BPCO : clinique et EFR (VEMS/CVF post-bronchodilatation <0,7)

Traitements non pharmacologiques

Sevrage tabagique
Vaccination
Activité physique
Equilibre diététique
Réadaptation respiratoire
Evaluation des comorbidités

Avant adaptation thérapeutique

Evaluation clinique, fonctionnelle, imagerie
Optimisation traitements non pharmacologiques
Education thérapeutique (utilisation des dispositifs)

Insuffisance respiratoire chronique

oxygénothérapie, VNI
stratégies interventionnelles (réduction volumique, transplantation pulmonaire)

↓ Majoration thérapeutique en cas d'effet insuffisant

↑ Décroissance/ switch thérapeutique en cas d'effets indésirables des corticostéroïdes, éosinophiles < 300/mm³ OU absence d'exacerbation dans l'année

¹ ≥ 2 exacerbations modérées ou ≥ 1 exacerbation sévère

² option : le choix entre deux bronchodilatateurs longue durée d'action et corticostéroïde inhalé + β 2 longue action peut tenir compte des éosinophiles sanguins

