

## Comment régler un ventilateur ?

Dr Jesus Gonzalez-Bermejo, pneumologue

Dr Claudia LLontop, pneumologue

Dr Lila Layachi, Pneumologue

Mlle Emilie Hubert, kinésithérapeute

Unité d'Appareillage respiratoire de domicile Paris

GH Pitié Salpêtrière

Soins de suite et réadaptation respiratoire, Paris

GH Pitié Salpêtrière

## Sommaire

1. Connaissances minimales des maladies et de la séméiologie pour le choix des paramètres de VNI

2. Définitions indispensables à connaître pour régler un ventilateur

2.1 Définitions des différents paramètres

2.2 Définitions des différents types de ventilateurs

2.3 Définitions des différents modes de ventilation

a. Mode à base de volume

b. Mode à base de pression

c. Comparaison entre un mode en pression et en volume

d. Mode hybride

2.4 Définitions des modes de contrôle du cycle

a. Mode spontané (S) ou assisté (A)

b. Mode assisté contrôlé (A/C)

c. Mode contrôlé ou Timé (C et T)

d. Modes combinés

3. Réglage d'un ventilateur étape par étape

3.1 Comment choisir un ventilateur ?

3.2 Comment régler les paramètres ?

Etape 1 : choisir le mode de pressurisation volume ou pression ?

Etape 2 : Réglage du volume insufflé.

Etape 3 : Réglage du contrôle du cycle.

## Etape 4 : Réglages secondaires ;

Bibliographie

## 1. Bases de connaissances et définitions indispensables

### 1.1 Connaissances indispensables des maladies pour le choix des paramètres de VNI

Il existe assez de données maintenant dans la littérature pour confirmer l'intérêt de la ventilation non invasive (VNI) pendant le sommeil dans la prise en charge de patients avec hypoventilation alvéolaire nocturne (1). Les bénéfices de ce traitement se retrouvent sur l'amélioration de l'hypoventilation diurne mais aussi nocturne, sur l'amélioration de la qualité de vie et enfin de la qualité du sommeil (1). Ceci a été démontré tout particulièrement avec un niveau d'évidence médicale très élevé dans la sclérose latérale amyotrophique (2, 3) et élevé dans la BPCO (26)

En VNI, le choix et les réglages du ventilateur vont être influencés principalement par le type de la maladie. Pour cela il est très important de connaître la physiopathologie des maladies le plus souvent ventilées (tableau 1).

Dans le groupe des maladies neuromusculaires parmi lesquelles est la SLA, la myopathie de Duchenne ou la myopathie de Steinert pour les plus fréquentes, le problème principal est une dysfonction diaphragmatique accompagnée d'un thorax à rigidité normale. Il peut exister des diminutions de la commande centrale en ventilation spontanée notamment en sommeil et parfois une anomalie des voies aériennes supérieures (4) comme la présentation bulbaire des SLA comme chez la myotonie de Steinert ou chez certains patients atteints de myopathie de Duchenne avec macroglossie. Comme particularité pour ce groupe de maladies nous pouvons

signaler que ces malades développeront une dépendance ventilatoire et devront donc à un moment ou à un autre être sous ventilateurs à batterie.

Chez les patients avec atteinte pariétale de la cage thoracique, comme par exemple les patients atteints de cyphoscoliose, le problème principal va être la rigidité de la cage thoracique avec une diminution majeure de la compliance. Normalement il n'existe pas chez ces maladies d'anomalie du tissu pulmonaire et le contrôle central de la ventilation est considéré comme normal (5). Il faut savoir qu'il peut y avoir un effet rebond sur la paroi thoracique (« overshooting »). Comme un élastique très rigide qu'on distend trop vite, la paroi peut revenir, avant l'expiration à un volume inférieur, faisant croire au ventilateur à un passage à l'expiration.

Chez les patients atteints d'obésité, le problème principal va être une obstruction des voies aériennes supérieures avec une diminution de la compliance de la cage thoracique. Le parenchyme pulmonaire qui de base est normal, présente toutefois des atélectasies des bases dues à la respiration de petits volumes et le contrôle cérébral de la ventilation est considéré comme normal avec parfois une diminution de la commande centrale chez certains malades atteints d'obésité (6,7).

Chez les patients atteints de BPCO (broncho-pneumopathie chronique obstructive) la commande centrale est généralement très augmentée, la compliance thoracique est très diminuée, le parenchyme pulmonaire est très malade et se rajoute des problèmes de pep intrinsèque (auto-pep) (pression positive persistante en thoracique à la fin de l'expiration). Les voies aériennes sont généralement considérées comme normales chez ces malades (8).

## 2. Définitions indispensables à connaître pour régler un ventilateur

### 2.1 Définitions des différents paramètres

La ventilation en pression positive est maintenant la modalité ventilatoire la plus utilisée. Les paramètres que nous allons développer dans le chapitre suivant ne concernent que ce type de ventilation (voir figure 1).

**Pressions inspiratoire (PI) :** c'est la pression positive dans la voie aérienne fournie par le ventilateur durant une inspiration. Son objectif est de majorer et d'entraîner une augmentation de la ventilation avec pour objectif final de diminuer l'hypoventilation alvéolaire et donc la PaCO<sub>2</sub>. Malheureusement, il existe pour cette pression inspiratoire différents noms et appellation selon les fabricants : IPAP (Inspiratory Positive Airway Pressure), PI (Pression Inspiratoire), PS (Pression de Support correspondant à la différence entre la pression inspiratoire et la pression expiratoire (il est très important de connaître cette définition car il peut y avoir des confusions non négligeables entre la IPAP et cette pression de support qui peut s'appeler aussi AI : aide inspiratoire)). Dans le texte nous choisirons d'appeler ce terme PI.

**Pression expiratoire :** c'est la pression positive dans les voies aériennes maintenue par le ventilateur à la fin de l'expiration. Son objectif est multiple :

- Eviter le collapsus des voies aériennes supérieures à l'expiration.
- Eviter la ré-inhalation de CO<sub>2</sub> avec les masques à fuite intentionnelle.

- Recruter des territoires alvéolaires collapsés (surtout utile dans le cadre des insuffisances respiratoires hypoxémiques en Réanimation) ou recruter les territoires collapsés (chez les obèses).
- Lutter contre la PEP intrinsèque et les patients atteints de BPCO.
- Améliorer la phonation chez les patients trachéotomisés (9).

Malheureusement ce paramètre est aussi appelé différemment selon les fabricants : EPAP (Expiratory Positive Airway Pressure), PE (Pression Expiratoire), PEEP (Positive and Expiratory Pressure), PEP (Pression Expiratoire Positive). Dans ce texte nous choisirons d'appeler ce terme PE.

**Fréquence respiratoire** de “sécurité” ou “minimale” (“Back up”) : il s’agit du nombre de cycles ventilatoires produits par le ventilateur en 1 mn sachant que le malade a la possibilité dans certains réglages d’avoir une fréquence supérieure spontanée s’il le souhaite. Selon les fabricants cette fréquence s’appellera aussi différents : FR (Fréquence Respiratoire), FR mini (Fréquence respiratoire minimum) ou Fréquence respiratoire Back up (Fréquence Respiratoire de sécurité).

**Rapport inspiration / expiration (I/E)** : il s’agit de la proportion entre le temps inspiratoire et expiratoire. Ceci permet, en cas de contrôle par le ventilateur, de réguler le temps inspiratoire et le temps expiratoire à chaque cycle. Selon le fabricant de ventilateur, ces termes s’appelleront ou se régleront différents : I/E (Rapport Inspiration / Expiration),  $T_i + FR$  (Réglage temps inspiratoire + Fréquence Respiratoire),  $T_i / T_{tot}$  (Réglage du temps inspiratoire sur le temps total),  $T_i$  et  $T_e$  (réglage du Temps inspiratoire et réglage du Temps expiratoire). Tous ceci ne sont que des manières différentes d’exprimer la même chose et peuvent prêter à confusion. La physiologie que nous connaissons parle principalement de

répartition Temps Inspiratoire et Expiratoire et nous savons que physiologiquement ceci est compris entre 1/2 et 1/3.

**Pente inspiratoire (Rise time)** : il s'agit du temps en milliseconde que le ventilateur va mettre pour atteindre la pression inspiratoire établie pour chaque cycle. Cette pente inspiratoire n'est pas disponible sur tous les ventilateurs et selon les ventilateurs ce terme va aussi s'appeler différemment et l'unité va aussi être différente. Il serait plus logique de la nommer à chaque fois en millisecondes mais certains fabricants de ventilateurs le nomme avec des chiffres et généralement plus grand est le chiffre et plus long est la pente. Il ne faut pas confondre cela avec une « rampe de confort » qui est très utilisée dans les machines produisant une pression positive continue et qui s'exprime en minute. Il s'agit dans ce cas d'un temps mis par la machine pour atteindre le réglage réglé par le prescripteur afin d'offrir au patient un confort supplémentaire. Ce paramètre ne devrait pas être utilisé en VNI bien qu'il puisse se trouver en option chez certains ventilateurs. Il faudra dans ce cas absolument vérifier que la rampe n'est pas réalisée sur la pression inspiratoire mais seulement sur la pression expiratoire. Dans les pays de langue espagnole, ceci prête à confusion car la pente inspiratoire se nomme « rampe » et dans certains ventilateurs en France aussi. La plus grande vigilance doit être maintenue.

**Rampe expiratoire** : c'est le temps en millisecondes mis par le ventilateur pour atteindre la EPAP. A ce jour, un seul ventilateur propose cette rampe. Son utilité n'est pas encore très claire (confort ? lutte contre l'auto-PEP chez les BPCO ? éviter la fermeture des voies aériennes supérieures ? tout est à démontrer).



**Déclenchement inspiratoire (“*Trigger*” inspiratoire) :** il s’agit du mécanisme choisi par le ventilateur pour reconnaître le début de l’inspiration du malade et déclencher le cycle ventilatoire. Ce *Trigger* peut être déclenché après une variation du débit inspiratoire ou une variation de la pression inspiratoire (actuellement en moyenne utilisation) ou il s’agit parfois d’un algorithme mathématique qui mélange plusieurs mesures et dont les détails ne sont pas clairs. Plus le signal mesuré sera faible plus sensible sera le *Trigger*. Malheureusement ceci peut aussi entraîner de l’auto-déclenchement. Il n’y a aucune règle de dénomination pour les *Trigger* inspiratoires et nous ne pouvons faire aucune recommandation de réglage.

Le bon sens et la présence fréquente d’autodéclenchements actuellement nous fait recommander de régler systématiquement les *triggers* inspiratoires au réglage « moyen » puis de l’adapter selon les besoins du patient.

**« Cyclage » ou « trigger expiratoire » :** Il s’agit du moment où le ventilateur comprend qu’il y a eu un changement entre inspiration et expiration pour le patient. La méthode de détection du passage à l’expiration est pour le ventilateur la détection d’une chute du débit par rapport au débit de pointe maximum (« débit de pointe », ou « pic de débit »). Là non plus, il n’y a aucune règle d’appellation commune à tous les fabricants. Elle peut être en chiffre, en flux. Toutefois, une dénomination parfaitement logique serait de l’exprimer en pourcentage de chute du débit inspiratoire maximum. Par exemple « passer à l’expiration après une chute de 20 % du flux du débit maximum de pointe » sera plus sensible que « passer à l’expiration après une chute de 90 % du flux ».

ATTENTION : Il est important toutefois de noter que chez certains fabricants qui expriment ce cyclage en pourcentage, il s’agit du débit inspiratoire atteint.

Pour cette raison, il est proposé de régler d'entrée le trigger expiratoire sur 50% (soit « moyen »). Il s'agit d'un réglage ni trop sensible, ni trop dur et il n'y a pas de risque ainsi d'erreur.

**Volume courant :** C'est le volume désiré qui se règle en mode de pressurisation par volume ou qui va être visée en mode hybride. Sa dénomination internationale est  $V_T$  pour *Tidal Volume*.

## 2.2 Définitions des différents types de ventilateurs

Les ventilateurs sont différents selon les pays du monde. Toutefois, ils pourraient être classés selon leurs caractéristiques en 3 niveaux (dont 2 niveaux correspondent à une classification internationale selon la norme ISO).

Niveau 1 (ISO 10651-6) (10) : Il s'agit de ventilateurs utilisés pour des malades avec nécessité de ventilation inférieure à 8 heures. Ceux sont des ventilateurs simples, silencieux, sans batterie et bon marché. Avec ces ventilateurs, pourront être ventilés des patients nécessitant uniquement de la ventilation nocturne comme les patients atteints de syndrome obésité / hypoventilation, de BPCO, de cyphoscoliose ou de maladies neuromusculaires à leur phase initiale.

Exemples de ventilateurs de niveau 1 :

Harmony 2, BiPAP ST, BiPAP AVAPS, PR System one BiPAP ST (Philips Respironics), VS serena, VPAP III, IV ST (Resmed), S9 VPAP ST (Resmed), Isleep 22-25-20i (Breas), Vivo 30 (Breas), Breas PV 101 – 102, Monnal T30 (Air liquid Medical Systems), Somnovent AutoST

(Weinmann), Prisma (Weinmann), Bilevel ST (Devilbiss), 425 ST (Sefam), Dreamstar Duo ST (Sefam).

Niveau 2 (ISO 10651-6) (10): Pour des patients se ventilant entre 8 et 16 heures. Ce sont des ventilateurs un peu plus sécurisés avec des possibilités d'avoir 2 types de réglages diurne et nocturne et surtout avec une batterie interne qui dure au moins 2 heures. Dans la majorité, ceux-ci seront utilisés pour des patients qui ont des gros besoins de VNI mais qui ne sont pas considérés comme patients dépendants de la VNI (supérieur à 16 heures). Parmi eux, nous pourrions citer les patients atteints de SLA, d'autres maladies neuromusculaires à forme plus avancées ou de toute insuffisance respiratoire plus avancées.

Exemples de ventilateurs de niveau 2 :

Stellar 100, 150 (Resmed), Vivo 40, Vivo 40 Pearl (Breas), A40 (Phillips Respironics), Monal T 40 (Air liquid Medical systems), Smartair Plus (Covidien), Synchrony 2 (Phillips Respironics), PR 1 Bipap AVAPS, BIPAP A30, A40 (Phillips Respironics), VPAP III ST A (Resmed), Hélios S (Resmed), Ventilologic Plus (Weinmann), Ventimotion (Weinmann).

Niveau 3 (ISO 10651-2) (11) : Il s'agit de ventilateurs utilisés pour la ventilation supérieure à 16 heures ou pour des malades totalement dépendants. Ce sont des ventilateurs qui possèdent les mêmes caractéristiques que les niveaux précédents mais en plus d'avoir une batterie interne qui dure plus de 2 heures, ils peuvent avoir une batterie externe, des contrôles de sécurité, des contrôles du volume expiré. Dans certains Pays comme la France, il est obligatoire, pour un patient qui est supérieur à 16 heures d'avoir 2 ventilateurs réglés de la même manière avec tout en double : circuit, masque ou trachéotomie.

Exemples de ventilateurs de niveau 3:

Trilogy 100 (Phillips Respironics); Astral, Elisée 150, HéliA 1 et 2, VS Ultra, Integra, VS III, Eole 3 (Resmed), Legendair, Puritan Bennett 560 (Covidien), Ventilologic LS (Weinmann), Monal T 50 (Air liquid Medical systems), iVent 101, Vivo 50 et Vivo 60 (Breas).

### 2.3 Définitions des différents modes de ventilation

Le terme « mode » est malheureusement utilisé pour décrire la méthode de pressurisation, et la méthode de contrôle du cycle. Ceci peut donc prêter à confusion. Nous commencerons ici par le « mode de pressurisation ».

#### a. Mode de pressurisation en volume (ou débit)

Dans ce mode, le ventilateur va produire un volume fixe sur un temps fixe. La pression générée pour atteindre ce volume dépendra de la compliance du thorax du malade. Le volume distribué sera toujours le même, ne tenant jamais compte de la contribution du patient à la ventilation. La pression dans les voies aériennes supérieures ne sera jamais constante. Elle sera le résultat de l'interaction entre les paramètres du ventilateur, la compliance (C), la résistance du système (R) et l'effort du malade (4). Ce mode peut être appelé indifféremment « volumétrique » ou (plus pertinemment) « à débit ». Ce mode peut être comparé à une machine à saucisse qui produirait (voir figure) des saucisses de volume toujours identique (VT) avec une longueur de saucisse toujours identique (TI) et une fréquence de sortie d'une saucisse de l'appareil toujours constante (FR). La machine ne tiendra pas compte de l'appétit plus ou moins grand du consommateur en face et ne peut donc, pas s'y adapter. Il recevra

toujours la même quantité de saucisse avec les avantages et les inconvénients que cela peut comporter (figure 2).

L'avantage principal de ce mode est qu'il offre au patient de manière stricte toujours le volume pré déterminé en l'absence de fuite sans être influencé par la résistance ou la compliance.

L'inconvénient est que si le patient change sa demande, ce mode n'ajustera jamais le volume insufflé. Le patient réalisera un effort pour avoir plus de volume mais il n'en aura pas plus, ce qui peut entraîner de l'inconfort.

Enfin le défaut majeur est l'incapacité de ce mode à compenser les fuites, ce qui en fait un mode peu adapté à la VNI.

Ce mode est en perte de vitesse par rapport à un mode en pression, notamment sur le confort du malade et de la compensation de fuites, surtout en VNI. Pour ce mode, il sera absolument nécessaire au minimum d'ajuster le volume courant et le temps inspiratoire.

#### b. Mode en pression

Dans ce mode, le ventilateur va offrir un débit d'air générant une pression pré déterminée (parfois sur un temps déterminé, mais pas toujours). Le volume produit est variable, dépendant de l'interaction entre la pression, l'effort du malade et la caractéristique du système respiratoire et le temps inspiratoire. L'effort du patient est compensé cycle à cycle offrant ainsi au patient un confort important et surtout l'avantage de compenser les fuites puisque la machine, en cas de fuites, va avoir un changement de pressurisation et la turbine va tourner plus vite pour compenser ces fuites (12 ; 13). L'inconvénient théorique est que le volume insufflé n'est jamais garanti.

### c. Comparaison entre un mode en pression et un volume :

Les modes en pression sont actuellement les plus utilisés en Europe. Au fur et à mesure des années, les prescripteurs sont passés de mode en ventilation volumétrique vers des ventilations en pression (14.15). Toutefois ceci correspond aussi à l'apparition de la ventilation non invasive où le mode en pression a largement un avantage en rapport avec la compensation des fuites.

De nombreuses études ont comparé l'efficacité de ces deux modes en pression et en volume sur du court terme (16.17) ou sur du long terme (18.19) sans démontrer de différence. Une conclusion récente et quasi définitive dans la sclérose latérale amyotrophique (20) a montré qu'il n'existe aucune différence de survie entre les malades ventilés en volumétrique ou en pression, par ailleurs traités exactement de la même manière pour le reste.

En ce qui concerne les courbes présentées par les deux modes (tableau 2), sur un mode en pression la courbe de pression sera de forme carré et sera identique d'un cycle à un autre si le ventilateur arrive à bien pressuriser (ce qui parfois n'est pas le cas lors d'évènements sévères). En ce qui concerne un mode en volume, la courbe de pression va varier à chaque cycle, dépendant de l'effort du patient et des fuites. En ce qui concerne la courbe de volume, elle sera strictement constante et de forme assez carrée pour les modes en volume et elle sera variable pour les modes en pression. L'évolution des courbes permet de reconnaître d'un simple coup d'œil comment est réglé le ventilateur.

### d. Mode hybride

Ces modes combinent en théorie les avantages et les inconvénients des modes en pression et en volume. Ce sont des modes en pression mais dont le réglage va être changé

automatiquement par le ventilateur sur des intervalles de temps différents selon les fabricants afin d'atteindre un volume réglé par le médecin. Quelques ventilateurs ajustent leur volume à chaque cycle respiratoire. Certains ventilateurs visent le volume en augmentant le TI et sont mal tolérés. Les nouveaux ventilateurs arrivent à monter la pression extrêmement rapidement et semblent mieux tolérés. Sinon, la majorité des ventilateurs règlent le volume sur un objectif de plusieurs minutes, jusqu'à parfois 10 min selon les modes. Ainsi, ces modes hybrides ne peuvent pas affirmer complètement leur sécurité par rapport à un vrai mode en volumétrie notamment sur un obstacle aigu en ventilation sur trachéotomie. Ces modes hybrides ont été étudiés largement chez des patients avec syndrome obésité / hypoventilation avec des études positives (21) et d'autres plutôt négatives (22). Ainsi, comme leur amélioration de l'efficacité de ventilation n'est pas prouvée (23), la conclusion actuelle est plutôt que ces modes sont de l'ordre du gadget et surtout très difficiles à régler (24).

#### 2.4 Définitions des « modes de contrôle du cycle »

Le contrôle du cycle fait référence à qui commande le déclenchement et la fin des cycles ventilatoires. Ceci se règle principalement selon la situation clinique du patient. Si le malade est parfaitement réveillé, conscient et qu'il participe à la ventilation il pourra commencer et terminer les cycles selon ses désirs. Il pourra être ventilé avec un mode "en liberté totale" (modes « *spontané* » ou « *assisté* ») ou en liberté semi-conditionnelle (mode « *spontané/contrôlé* »). A l'inverse et à l'extrême, si il s'agit d'un patient complètement sédaté ou sans aucune autonomie ventilatoire et ne pouvant déclencher les cycles respiratoires, le ventilateur contrôlera tous les cycles (mode « *contrôlé* »). Pour la suite, nous détaillerons les différentes modalités de cyclages (tableau 3).

#### a. Mode spontané (S) (ou assisté (A))

Sur ce mode, le patient contrôle le début et la fin de l'inspiration. Il déclenche le ventilateur pour commencer l'inspiration. Le ventilateur fournit la pression pré déterminée et réglée pendant tout le temps que le patient désire inspirer. Le ventilateur passe à l'expiration lorsqu'il détecte une chute du débit inspiratoire de pointe.

Il est très important de noter que ce mode spontané ne peut pas exister en volume car en mode volumétrique, comme nous l'avons mentionné avant, il est absolument nécessaire d'avoir un temps inspiratoire réglé. Effectivement, lorsqu'un ventilateur débute un cycle en volume il doit savoir, afin de régler son débit, en combien de temps il va devoir fournir ce volume.

Malheureusement, il existe de nombreuses appellations pour ce mode spontané selon les fabricants : PS (Pression Supportée), AI (Aide Inspiratoire), PSV (Pression Support Ventilation), S (Spontanée), PA (Pression Assistée).

#### b. Mode « semi contrôlé »

Ce mode est aussi un mode assisté mais le temps inspiratoire est contrôlé. Il y a deux manières à ce jour de contrôler le temps inspiratoire :

Quelques fabricants proposent une fenêtre de temps inspiratoire. Ainsi le patient a une certaine liberté mais il est borné par un temps inspiratoire minimum ( $T_i$  mini) et un temps inspiratoire maximum ( $T_i$  max).

Certains fabricants appellent ce mode S/T (Spontaneous time) tout en sachant que ce même nom S/T peut être un autre mode pour d'autres fabricants (voir intra).



Plus classiquement, en mode assisté/contrôlé, le  $T_i$  sera fixe. De cette manière le malade déclenche le cycle mais le  $T_i$  sera imposé par le ventilateur. De la même manière et malheureusement, les dénominations de ce mode sont différentes selon le fabricant. En pression, il existe le mode PAC (Pression Assistée Contrôlée), PACV (Assiste Contrôle Pression Ventilation), PCV(A) (Pression Contrôle). En volume, pour certains fabricants cela s'appellera VAC (Ventilation Assistée Controlée), VACV (Volume Assisté Contrôlé Ventilation), VCA, VCV(A).

#### c. Mode contrôlé ou Timé (C et T)

Ce mode contrôlé peut aussi parfois être appelé contrôlé par le temps, mode T. Le ventilateur contrôle et impose le début du cycle, la fin du cycle, la fréquence respiratoire et le temps inspiratoire. En conséquence, le ventilateur remplace le centre de commande ventilatoire du malade qui est obligé de suivre les paramètres imposés par le ventilateur. Avec ce mode, c'est le ventilateur qui fait tout le travail respiratoire. Sans surprise, selon les fabricants, ce mode a aussi différentes appellations en pression : PC (Pression Contrôle), P (Pression), T (Timed), en volume : VC (Volume Contrôlé) ou C (Contrôle).

#### d. Modes combinés

Généralement, il s'agit d'un mode de ventilation en pression qui combine un mode de contrôle uniquement assisté et qui passe en mode contrôlé en cas de sécurité. Le patient peut passer en expiration quand il le désire, quand c'est lui qui déclenche. Par contre, si il descend en dessous d'une certaine fréquence de sécurité, la machine passe à un mode contrôlé. Toutes

les combinaisons de tous les modes sont possibles et selon les fabricants, la plus classique est celle d'un mode en pression et spontané. La machine passe en contrôlé soit en volume soit en pression quand le malade descend en dessous d'une certaine fréquence respiratoire pré déterminée. Là encore, selon les fabricants, les dénominations sont différentes. En pression cela s'appelle parfois PA/PC (Pression Assistée / Pression Contrôlée) ou S/T (Spontanée Timed) pour certains fabricants ou AI / FR (Aide inspiratoire / Fréquence Respiratoire) et en volume (VAC / VC (Volume Assisté Contrôlé / Volume Contrôlé). Il existe aussi des modes en combinaison de pression assistée et de volume en contrôlé AI / VC (Aide Inspiratoire / Volume Contrôlé), etc, etc, etc. La liste ici ne peut pas être exhaustive.

### 3. Réglage d'un ventilateur étape par étape

#### 3.1. Comment choisir le ventilateur ?

Afin de choisir un ventilateur, plusieurs paramètres doivent être pris en compte : La pathologie du malade, les caractères physiopathologiques de son atteinte, la nécessité en nombre d'heures de ventilation du malade, mais aussi bien évidemment le confort et quelques autres paramètres.

Les critères principaux sont la qualité, la sécurité et le nombre d'heures nécessaires pour le malade qui permettront de choisir le ventilateur selon les 3 modes précédemment cités. A ce jour, on peut noter que la qualité de ventilation de tous les appareils est assez identique si le personnel médical et paramédical est bien entraîné et connaissent le ventilateur correctement (25).

#### 3.2. Comment régler les paramètres ?

### **Etape 1 : choisir le mode de pressurisation volume ou pression ?**

Il faut d'abord choisir si le patient va être ventilé en volume ou en pression. Il n'y a aucune différence de qualité de ventilation entre les deux modes (voir précédemment) par contre il serait préférable de recommander un volume chez des patients trachéotomisés car en cas d'obstruction de la voie aérienne ou de la canule de trachéotomie (par exemple par une sécrétion), le ventilateur montera la pression afin de vaincre l'obstacle et d'envoyer le volume prescrit quand même, jusqu'à déclencher l'alarme de haute pression. A l'inverse, la ventilation en mode en pression sera préférablement choisie pour la majorité des patients sous VNI.

### **Etape 2 : Réglage du volume insufflé.**

L'étape suivante est de régler le volume qui va être insufflé au malade afin de corriger l'hypoventilation. Dans un mode en volume, ce réglage sera facile puisque le VT sera réglé directement (autour des 8 à 10 ml/kg du poids idéal, comme chez un sujet normal). En mode en pression, le VT sera obtenu indirectement et sera seulement estimé. C'est la pression inspiratoire qui sera réglée (généralement entre 10 à 15 cm d'eau au dessus de la PEP) avec l'objectif d'obtenir 8 à 10 ml/kg du poids idéal. A moins d'avoir un malade ventilé par voie invasive et sans fuites, il faudra garder à l'esprit que c'est un volume uniquement estimé par le ventilateur et qui ne correspondra pas exactement au véritable VT pris par le malade.

Particularité : Sur des études réalisées sur des patients BPCO à l'état stable nécessitant une VNI, il a été démontré qu'une ventilation de haute intensité avec des pressions inspiratoires autour de 22 cmH<sub>2</sub>O améliore la survie chez les malades hypercapniques (26).

Sur des modes spontanés, le patient a totale liberté de choisir les autres réglages. Le réglage de la pression ou du volume et du temps inspiratoire pourrait suffire à lui seul, et le réglage d'un ventilateur pourrait s'arrêter là.

Par contre, en cas de patients nécessitant un certain contrôle de cycle il faudra aller plus loin au niveau des réglages.

### **Étape 3 : Réglage du contrôle du cycle.**

Comme nous l'avons vu précédemment, il existe plusieurs manières de contrôler le cycle allant de la liberté totale donnée au malade sur les modes spontanés, jusqu'au contrôle total.

En mode spontané, il suffira d'ajuster la pression inspiratoire et la sensibilité des triggers inspiratoire et expiratoire.

En mode assisté / contrôlé, il faudra régler : la pression inspiratoire ou le volume courant, la sensibilité du trigger inspiratoire et la durée du temps inspiratoire (et chez certains fabricants une fréquence respiratoire minimum sera obligatoire, mais elle ne serait en théorie pas nécessaire pour ce mode).

En mode contrôlé seront réglés : la pression inspiratoire, le volume courant, un  $T_i$  fixe et une fréquence respiratoire fixe. Les triggers inspiratoires et expiratoire ne seront pas réglés.

Le truc pour reconnaître le mode de contrôle du ventilateur.

Certains noms de mode de ventilateur sont obscurs et ne permettent pas de reconnaître si le patient est réglé en mode spontané, assisté/contrôlé ou purement contrôlé. Il suffit de regarder les paramètres afin de trouver le mode.

En mode spontané il y aura toujours un trigger inspiratoire à régler et il n'y aura jamais de fréquence respiratoire ou de temps inspiratoire à régler.

En mode contrôlé il y aura toujours un temps inspiratoire et une fréquence respiratoire à régler. Il n'y aura jamais de trigger inspiratoire.

En mode semi contrôlé il y aura à la fois le trigger inspiratoire à régler et à la fois un temps inspiratoire et une fréquence respiratoire.

Nous allons voir maintenant comment régler chacun de ces paramètres permettant de contrôler les cycles :

- Fréquence respiratoire : nous proposons de régler une fréquence respiratoire légèrement inférieure à la respiration spontanée (excepté si le patient est ventilé en situation de décompensation, ce qui entraînerait le réglage d'une fréquence respiratoire extrêmement élevée), la fréquence respiratoire est réglée généralement entre 12 et 20 c/min en se réglant en fonction de la pathologie et de la tolérance du malade.

Par exemple, il a été démontré que dans les SOH, des fréquences respiratoires élevées sont préférables (27) (entre 16 et 20 c/min), approchant ainsi les modes contrôlés ce qui diminuerait les asynchronismes et les apnées obstructives (effectivement le malade ne fera plus d'effort et n'entraînera pas de collapsus des VAS). A l'inverse, dans la BPCO, une fréquence respiratoire très basse permettant une expiration plus longue est préférée (28) (entre 8 et 10 c/min) par les médecins réanimateurs, mais une FR élevée (16/mn) a montré son intérêt dans la ventilation du BPCO au long cours (26)

- Rapport I/E : généralement un rapport I/E compris physiologiquement entre 1/2 et 1/3 est visé.

Sur certains ventilateurs, il n'est pas possible de régler directement le rapport I/E mais il faut régler le temps inspiratoire et la fréquence respiratoire afin d'obtenir le I/E désiré. Ceci bien évidemment revient au même mais nécessite quelques calculs. A titre d'exemple, avec une fréquence respiratoire à 12 c/min, chaque cycle durera 5 s (60 s / 12 de fréquence respiratoire). Pour un rapport I/E désiré à 1/2 le  $T_i$  sera de 1.7s, pour un rapport I/E de 1/3 le  $T_i$  sera de 1.3s (tableau 3). Un I/E entre 1/1 et 1/2 sera choisi chez les patients qui nécessitent un temps inspiratoire plus long par exemple des patients avec une compliance très abaissée comme les pathologies restrictives. A l'inverse on choisira un I/E plus proche de 1/3 chez les patients pour lesquels l'expiration veut être favorisée comme par exemple les malades atteints de BPCO.

- Temps inspiratoire minimum et maximum : sur certains ventilateurs, il faut régler une plage de  $T_i$ . Il n'y a pas de recommandation physiologique pour ces  $T_i$  variables. La seule règle à respecter est que le  $T_i$  minimum doit être toujours supérieur à la pente (29). En général, le  $T_i$  est compris entre 0.8 comme minimum et 2 s comme maximum. Chez les patients qui passent en expiration trop tôt avec des cycles inspiratoires très courts comme les patients bulbaires atteints de SLA il est possible de forcer le  $T_i$  minimum au-dessus de 1 s.

- Trigger inspiratoire : Il s'agit de la sensibilité qu'il faudra régler pour que le patient puisse déclencher le ventilateur. En général, chez les patients présentant une BPCO nous choisirons un trigger très sensible afin de diminuer l'effort du patient mais il est à noter que sur les ventilateurs récents il y a beaucoup d'auto-déclenchements, à savoir que le ventilateur déclenche des cycles de manière répétée sans que le malade n'ait voulu respirer. À l'inverse, un trigger moins sensible entrainera un effort du patient trop important et augmentera le travail respiratoire. Il est impossible de faire une recommandation sur les

triggers inspiratoires à régler car ceux-ci sont différents d'un ventilateur à l'autre. Il est proposé de commencer par un réglage « moyen » et d'adapter secondairement.

- Trigger expiratoire (cyclage) : le cyclage devrait s'exprimer en pourcentage de chute du débit de pointe (tout en rappelant que certains ventilateurs expriment le pourcentage de débit chuté, il faut être vigilant à cela). Un trigger expiratoire sera réglé plus ou moins sensible selon la durée du cycle que nous voulons obtenir. Par exemple, un patient avec cyphoscoliose sur un thorax très rigide aura un effet rebond avec une chute rapide du débit de pointe, qui peut tromper le ventilateur, pour augmenter le temps inspiratoire, un cyclage plus dur sera donc choisi. A l'inverse chez les patients pour qui nous voulons privilégier l'expiration et avoir une inspiration courte, un cyclage sensible sera privilégié comme les patients atteints de BPCO. Là encore malheureusement la nomenclature sur le cyclage dépend de chaque fabricant. Toutefois, le plus logique est de calculer selon le pourcentage de chute du débit. Il est proposé de commencer par un réglage « moyen » et d'adapter secondairement.

#### **Etape 4 : Réglages secondaires :**

Pression Expiratoire (PE): La PE se règle généralement entre 4 et 10 cmH<sub>2</sub>O avec une tendance à utiliser une PE élevée en cas d'obstruction des voies aériennes supérieures comme le syndrome d'apnée du sommeil, ou en cas d'auto-PEP comme dans la BPCO. On peut noter que chez les patients sous ventilation par trachéotomie à fuite une PE élevée peut être utilisée pour améliorer la phonation.

Pente de pressurisation : C'est un réglage typiquement de confort pour le malade. Plus la pente sera lente plus le confort sera important. Toutefois, une autre règle est que si la demande du patient est importante il faudra mettre une pente rapide. Ainsi, les patients avec

une BPCO préfèrent une pente rapide (entre 0 et 100 ms), ceci permet aussi de raccourcir le temps inspiratoire et de prolonger le temps expiratoire.