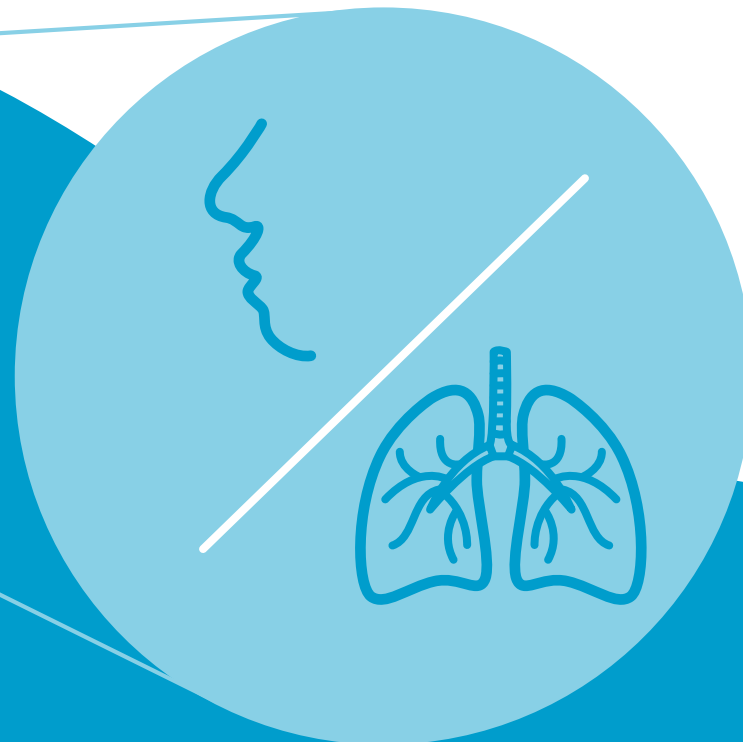


Progrès  
& dispositifs  
médicaux  
NOUVELLE ÉDITION

# INNOVATION EN RESPIRATION



LE DISPOSITIF MÉDICAL  
**snitem**  
Pour faire avancer la santé



# SOMMAIRE

LE DISPOSITIF MÉDICAL

# snitem

Pour faire avancer la santé

Maison de la Mécanique  
39, rue Louis Blanc  
CS 30080  
92038 La Défense Cedex

Directeur de la publication : Éric Le Roy

Responsable d'édition : Natalie Allard

Rédactrice : Camille Grelle

Édition déléguée : Presse Infos Plus

([www.presse-infosplus.fr](http://www.presse-infosplus.fr))

SR et édition : Studio Hartpon – Création graphique :

ArtFeelsGood – Maquette : Didier Michon

Crédits photos, tous droits réservés : Air Liquide Medical

Systems, Cidelec, Drive Devilbiss Healthcare SAS,

La Diffusion Technique Française, Invacare Poirier,

Löwenstein Medical, Medtronic, Pari GmbH, Philips France

Commercial – Respironics, Resmed, Sefam, Sleepinnov

Technology, Somnomed France, Syst'am.

Impression : Imprimerie de l'Étoile 61190 Tourouvre

Nouvelle édition - janvier 2022

ISBN : 979-10-93681-30-6

Les mots techniques ou scientifiques expliqués  
en fin de livret dans la partie glossaire sont signalés  
dans le texte par le symbole **G**

1  
2  
4  
8

PRÉFACE

INFOGRAPHIE

INTRODUCTION

ENJEUX

Penser les métiers de demain pour mieux  
accompagner

10

OXYGÉNOTHÉRAPIE

Quand respirer n'est plus possible

18

VENTILATION

Mimer la subtile mécanique

25

DÉSENCOMBREMENT

Quand la machine devient aide à la toux

28

HAUT DÉBIT

Un vaste champ des possibles

31

TROUBLES RESPIRATOIRES  
DU SOMMEIL - DIAGNOSTIC

Connaître les troubles pour pouvoir les traiter

36

PRESSIION POSITIVE CONTINUE  
ET TÉLÉSUIVI

Pour un sommeil sans apnées et sans danger

41

ORTHÈSE D'AVANCÉE MANDIBULAIRE

Jouer sur l'effet mécanique

46

AÉROSOLTHÉRAPIE

Des particules fines qui soignent

52

LE REGARD DU PATIENT

54

GLOSSAIRE

56

SOURCES

58

REMERCIEMENTS

# Santé respiratoire connectée : mieux soulager, accompagner et anticiper.

## PRÉFACE



**P' Frédéric Gagnadoux,**  
*pneumologue, CHU d'Angers*

La notion d'insuffisance respiratoire, souvent méconnue du grand public, a été brutalement mise en lumière avec la crise sanitaire liée au Covid-19 : cet épisode a révélé au monde non seulement ce que représente la défaillance respiratoire en situation aiguë mais également le rôle crucial des dispositifs médicaux pour suppléer l'appareil respiratoire défaillant.

Plus encore, ces dispositifs respiratoires ont permis de soulager les services hospitaliers grâce à des sorties anticipées de patients sous oxygène, en partenariat avec les prestataires

de soins à domicile. Cette crise a également démontré l'intérêt de l'oxygénothérapie haut-débit, qui occupe déjà une place majeure en réanimation mais pourrait également, demain, contribuer à la prise en charge à domicile de pathologies respiratoires chroniques telles que la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO).

Comme dans de nombreuses spécialités médicales, le numérique en santé a pris une place considérable dans le domaine des dispositifs médicaux dédiés à la prise en charge au domicile des pathologies respiratoires chroniques, particulièrement en ventilation non invasive et en pression positive continue. Et cette dynamique va encore s'amplifier. Le télé-suivi du patient donne accès aux cliniciens, à distance et en temps réel, à de nombreux paramètres dont le suivi rapproché permet non seulement d'optimiser le traitement, mais également de détecter précocement la survenue d'événement aigus compliquant l'évolution des pathologies respiratoires chroniques. Le télé-suivi de ces indicateurs pourrait permettre d'intervenir de manière anticipée et de prévenir certaines hospitalisations.

Si la pression positive continue et les orthèses d'avancée mandibulaire occupent une place majeure dans le traitement des apnées du sommeil, d'autres dispositifs sont en cours de validation scientifique et devraient enrichir l'arsenal thérapeutique dans les années à venir. Il s'agit notamment des dispositifs de rééducation posturale dans les apnées positionnelles et des systèmes implantables de neurostimulation du nerf hypoglosse. Pouvoir diagnostiquer et évaluer la sévérité des apnées du sommeil, en ambulatoire et sur plusieurs nuits, constitue également un enjeu pour la prochaine décennie, auquel devrait contribuer l'intelligence artificielle.

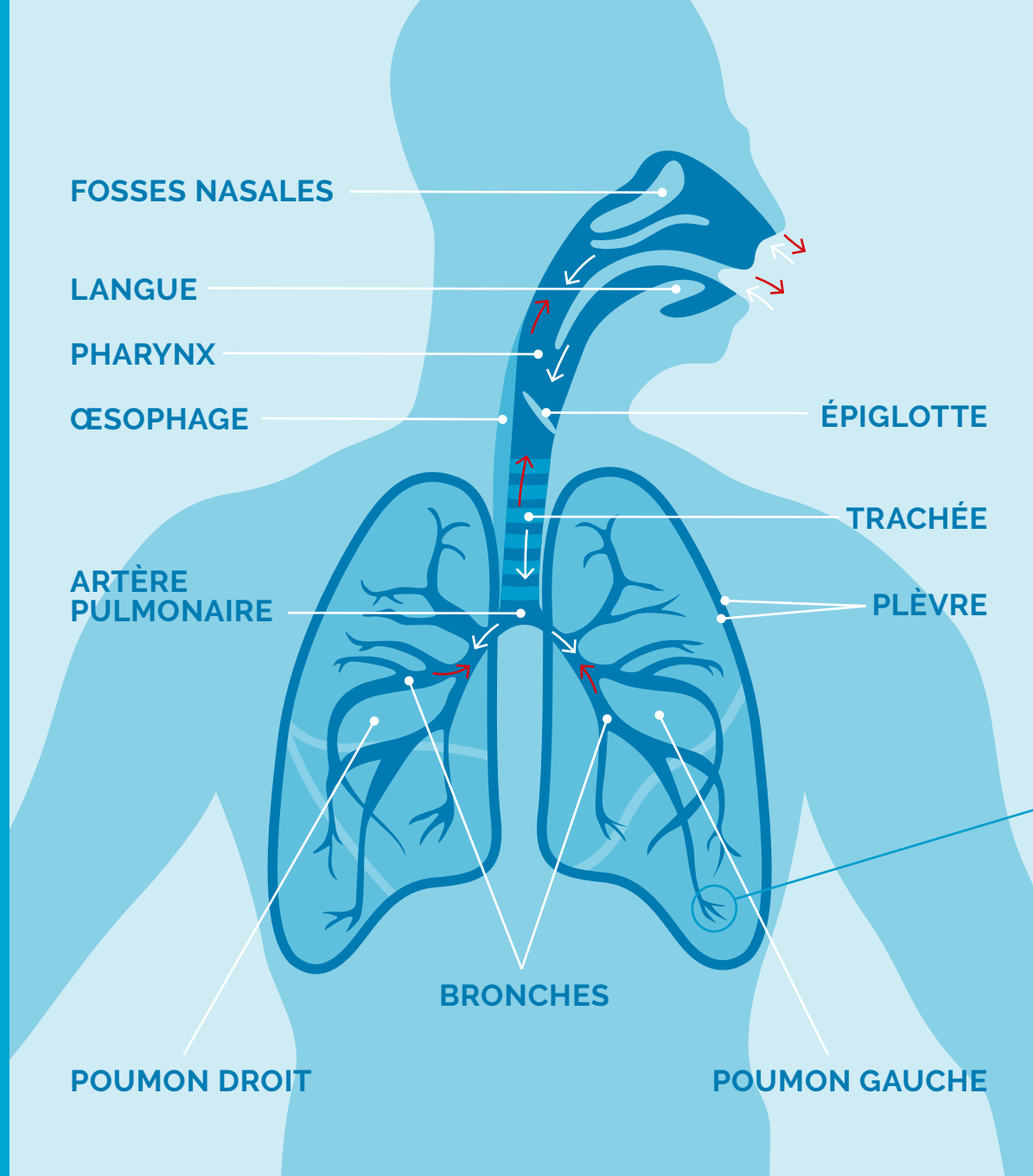
Les dispositifs médicaux dédiés au traitement de l'insuffisance respiratoire et des apnées du sommeil ont connu des progrès technologiques considérables. Ils sont toujours plus ergonomiques, miniaturisés, silencieux, confortables d'utilisation et connectés. Permettre aux patients, via une application numérique, de suivre le bon contrôle de sa maladie respiratoire et des comorbidités qui lui sont associées, c'est leur rendre acteur de sa prise en charge et améliorer son adhésion à celle-ci.

## RESPIRATION

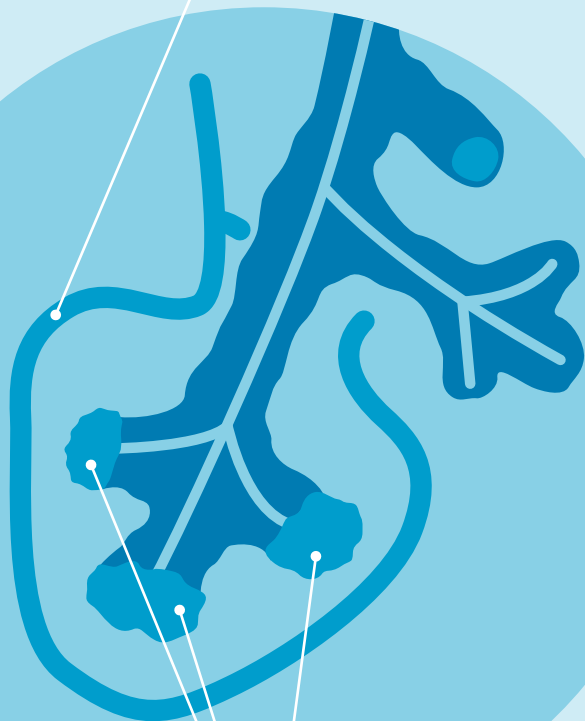
# COM- PRENDRE LE PHÉNOMÈNE RESPIRATOIRE

### LA RESPIRATION EN CHIFFRES

- **200 à 600 millions d'alvéoles pulmonaires** (dépliées, cela correspond à 200 m<sup>2</sup>, soit presque un court de tennis).
- **16 mouvements respiratoires** par minute en moyenne chez un adulte (8 inspirations et 8 expirations).
- **½ litre d'air** introduit et rejeté à chaque mouvement.
- **400 000 m<sup>3</sup>**, la quantité d'air respirée en 70 ans (l'équivalent d'un gratte-ciel).



VEINES PULMONAIRES



ALVÉOLES PULMONAIRES

## QUI SONT LES PROFESSIONNELS DE SANTÉ DES TROUBLES RESPIRATOIRES ?

- **Le pneumologue**

Médecin **spécialiste du souffle**, de l'appareil respiratoire et de ses organes.

- **Le kinésithérapeute respiratoire**

Kinésithérapeute **spécialiste des techniques respiratoires de désencombrement**, du drainage et de la mobilisation des sécrétions respiratoires et pulmonaires.

- **L'otorhinolaryngologiste (ORL)**

Médecin **spécialiste du diagnostic et du traitement des troubles du nez**, de l'oreille, du pharynx et du larynx (gorge), et de la région faciale et cervicale.

- **Le stomatologue**

Médecin **spécialiste des troubles du visage**, de la bouche et des dents. En matière de troubles respiratoires, il peut intervenir dans la prise en charge des apnées du sommeil.

- **Le cardiologue**

Médecin **spécialiste du cœur** qui peut être amené à prendre en charge des patients souffrant d'apnées du sommeil, lesquelles peuvent engendrer notamment des troubles du rythme cardiaque et de l'hypertension.

- **Le somnologue**

Médecin **spécialiste des troubles du sommeil**.

## INTRODUCTION

# POUR TOUT L'AIR DU MONDE

La respiration est une fonction vitale. Les innovations n'ont eu pour but que de trouver des solutions pour pallier ses dysfonctionnements et tenter de sauver leurs patients atteints de maladies respiratoires.

Au cours du siècle dernier, une série d'inventions ingénieuses a permis d'atteindre cet objectif pour une majorité de malades avant d'améliorer leur qualité de vie et l'efficacité des traitements. Ventilateurs, masques, oxygénothérapie et aérosols comptent parmi ces grandes avancées médicales.



Si simple en apparence, la respiration s'appuie en réalité sur une mécanique complexe à deux temps indispensable pour fournir à l'ensemble des cellules de l'organisme l'oxygène dont elles ont besoin et les débarrasser des gaz qu'elles produisent. Plusieurs organes sont mis à contribution : les poumons bien sûr, mais aussi le nez, parfois la bouche, la trachée ainsi que le diaphragme et plusieurs autres muscles commandés par des nerfs, eux-mêmes sous le contrôle du cerveau.

Lorsque tous fonctionnent normalement, l'air entre et sort automatiquement sans que cela exige un effort particulier. Mais il suffit d'un grain de sable pour gripper la machine et mettre tout l'organisme

en péril. Il y a près de 2000 ans, le père de la pharmacie, Pedanius Dioscorides, prescrivait des fumigations de soufre, et Claude Galien recommandait à ses malades d'aller respirer sur les pentes du Vésuve les fumerolles chargées de vapeurs sulfureuses pour venir à bout de leurs affections respiratoires.

Pendant plusieurs siècles, les traitements des troubles respiratoires se sont cantonnés à l'utilisation d'aérosols puis de médicaments pour contrecarrer ses effets. Lorsqu'à la suite d'une infection ou d'une séquelle de maladie, une insuffisance respiratoire grave s'installait et que le malade ne parvenait plus à respirer correctement, alors on ne pouvait plus grand-chose pour lui.

## En finir avec la fatalité

La première machine inventée en vue de rétablir la respiration, baptisée le spirophore<sup>®</sup>, date de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Mais il fallut attendre 50 ans pour voir apparaître les premiers modèles d'un équipement plus abouti : le poumon d'acier. Associé à la trachéotomie qui commençait à être pratiquée, celui-ci devint un précieux allié lors des épidémies de poliomyélite dans les années 1950. Dans des hangars furent alors alignées des centaines de ces machines métalliques dont ne sortait que la tête du malade. Ces scènes ont marqué à jamais l'imaginaire collectif, celui des familles et des soignants en particulier. Le poumon d'acier a permis à la médecine de franchir un pas considérable dans la prise en charge de l'insuffisance respiratoire, car les malades ne mouraient plus. Dès lors, les innovations s'accéléchèrent dans le champ de la ventilation mécanique mais aussi de l'oxygénothérapie : concentrateurs d'oxygène qui produisent de l'oxygène médical, ventilateurs en pression positive utilisés en réanimation puis, dans les années 1970, développement de l'oxygène liquide et ventilateurs autonomes en air.

## Le retour à domicile dope l'innovation technologique

Grâce aux progrès technologiques, il fut possible de ramener les malades chez eux. L'insuffisance respiratoire n'était plus synonyme de condamnation à mort et il importait désormais aux

soignants et aux industriels de permettre à ces malades de vivre le mieux possible avec leur handicap.

Les premières structures associatives furent créées dans les années 1950 et visaient à prendre en charge les malades porteurs de séquelles de poliomyélite. Puis, ces premiers patients cédèrent la place à d'autres cohortes d'insuffisants respiratoires chroniques porteurs de séquelles tuberculeuses, de maladies neuromusculaires et de bronchopneumopathies chroniques obstructives, notamment. Une première vague d'innovations visant la miniaturisation et l'autonomie des ventilateurs et des dispositifs d'oxygénothérapie accompagna ce retour des patients chez eux.

## Vers toujours moins d'invasivité

Les années 1980 marquèrent un tournant radical pour le secteur de la respiration. Les connaissances sur les pathologies respiratoires du sommeil s'accumulèrent. L'oxymétrie nocturne et la technologie des enregistrements polysomnographiques se développèrent. La ventilation en pression positive continue (PPC) s'imposa comme traitement de référence du syndrome d'apnées du sommeil décrit quelques années plus tôt.

La forte demande de prise en charge de ce syndrome induisit des progrès technologiques spectaculaires, qui firent le lit de la ventilation non invasive en pression positive par masque nasal.



Concentrateur mobile d'oxygène

Les progrès réalisés en matière de conception et de fabrication des masques utilisés par la PPC profitèrent rapidement à la ventilation non invasive, qui commençait à s'imposer en réanimation.

La tendance se confirma dans les années 1990, au détriment des techniques invasives dont les indications se restreignirent. La ventilation au masque focalisa l'attention d'un nombre croissant de professionnels de santé et d'industriels qui tentèrent d'améliorer les performances des masques et d'affiner la technologie des ventilateurs. La PPC auto-pilotée et la ventilation auto-asservie firent leurs débuts dans le traitement des apnées du sommeil. L'oxygénothérapie profita aussi de cette période de forte innovation technologique avec le développement de l'oxygène liquide pour délivrer des débits plus élevés et de solutions mobiles qui facilitèrent les déplacements des patients. >>>

1914-1918

Premiers usages de l'oxygène à des fins médicales

1952

Naissance de la ventilation invasive

1956

Premiers aérosols dosés pressurisés (sprays)

1967

Premiers traitements à domicile pour patients insuffisants respiratoires

1976

Description du syndrome d'apnées du sommeil

## Années 1980 : la BPCO et la mucoviscidose en ligne de mire

Les spectaculaires progrès de la ventilation mécanique ne sauraient faire oublier les autres pans du traitement des affections respiratoires, à commencer par l'aérosolthérapie. Depuis l'invention du premier nébuliseur à usage médical au XIX<sup>e</sup> siècle, la technique a considérablement évolué de même que ses indications. L'apparition au milieu des années 1950 du spray a révolutionné le traitement de l'asthme. Dans les années 1980, l'amélioration des performances des nébuliseurs contribua à mieux prendre en charge la mucoviscidose et les infections pulmonaires, puis la BPCO (broncho-pneumopathie chronique obstructive).

Dans le domaine des pathologies respiratoires du sommeil, un regain d'intérêt pour les orthèses d'avancée mandibulaire, qui jouent sur la mécanique de l'appareil maxillo-facial pour provoquer l'ouverture des voies aériennes supérieures, se manifesta au cours de la décennie 1980.

S'agissant de l'insuffisance respiratoire, enfin, les premiers essais de stimulation électrique du nerf phrénique furent menés au milieu des années 1990 et véhiculèrent l'espoir qu'une assistance respiratoire sans trachéotomie ni masque serait possible un jour.

Aujourd'hui, les ventilateurs, les enregistreurs de paramètres physiologiques pendant le sommeil, les machines de PPC, les masques, le matériel d'oxygénothérapie et les nébuliseurs ont atteint une maturité technique suffisante pour contribuer efficacement au traitement d'un grand nombre de pathologies respiratoires, notamment à domicile. En aérosolthérapie, on cherche à améliorer toujours plus le ciblage des molécules administrées.

## Le pari de la sécurité et du confort relevé

Depuis les années 2000, les innovations portent vers plus de confort d'une part, plus de sécurité et un meilleur suivi du patient d'autre part. L'objectif n'est plus de ramener le patient chez lui mais de

l'y maintenir le mieux et le plus longtemps possible. Les équipements sont beaucoup plus silencieux, ce qui augmente les qualités de sommeil et de vie des utilisateurs et de ceux qui partagent leur quotidien. Des efforts ont été faits sur le design et les matériaux ; les systèmes de raccordement sont moins visibles et les masques plus ajustés et plus ergonomiques. Certaines orthèses d'avancée mandibulaire, aujourd'hui conçues numériquement et donc sur-mesure, sont une autre illustration de l'innovation au service du patient. Les techniques de haut-débit et d'humidification permettent de limiter les désagréments (gêne, sécheresse voire lésions) de l'oxygénothérapie ou de la ventilation mécanique, participant ainsi à la tolérance du traitement – et donc à l'observance du patient.

## Le numérique révolutionne le suivi des patients

L'ergonomie des appareils évolue pour tenir compte du niveau de compréhension et de connaissance des utilisateurs – professionnels de santé, patients



1981

Débuts de la ventilation par pression positive continue (PPC)

Années  
1980

Essor de la ventilation non invasive

Années  
2000

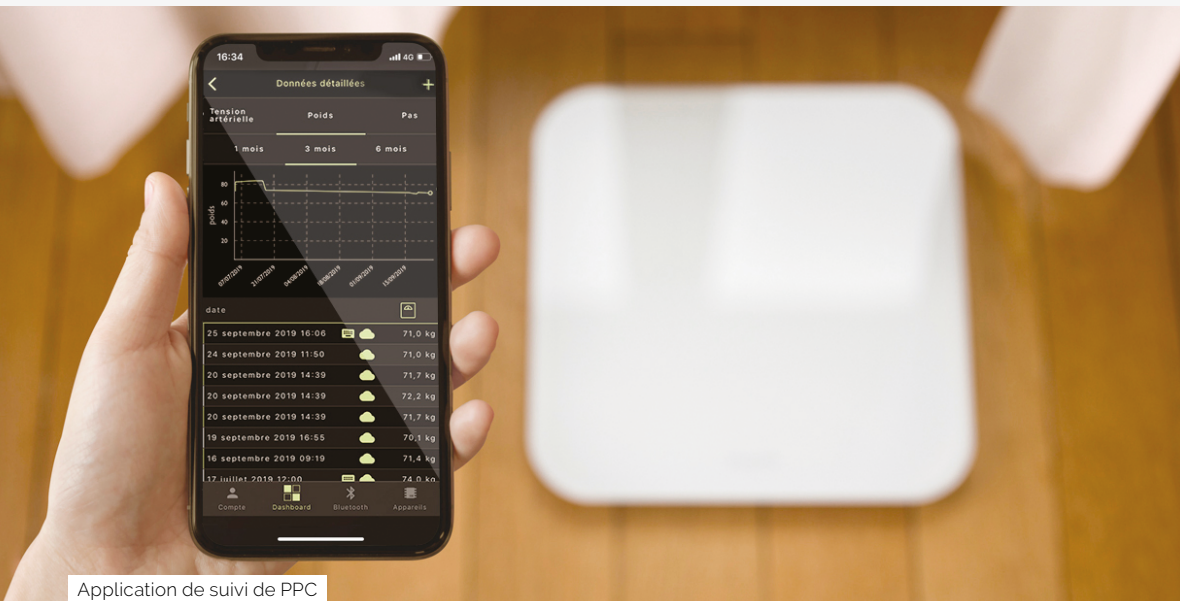
Débuts du télé-suivi

2018-2021

Reconduction du programme ETAPES pour la télésurveillance des patients

2022

Fin du programme ETAPES et entrée de la télésurveillance dans le droit commun



Application de suivi de PPC

ou prestataires. Et plus encore, l'avènement des technologies numériques ces dernières années révolutionnent le suivi à distance des patients insuffisants respiratoires. Le matériel embarque des systèmes de surveillance de l'observance du traitement et de suivi des paramètres physiologiques ou de défaillance technique.

Le développement de l'informatique puis celui des technologies sans fil ont en effet permis de concevoir des systèmes de recueil de données pour un suivi à distance des patients. Le médecin peut modifier à distance les réglages de la machine et est renseigné sur l'observance du traitement, ce qui peut s'avérer utile pour en évaluer l'efficacité.

60 000

### Chiffre clé

C'est le nombre de personnes appareillées à leur domicile pour une insuffisance respiratoire chronique en France.

Source : Giphar, juin 2020.

## ENJEUX

# PENSER LES MÉTIERS DE DEMAIN POUR MIEUX ACCOMPAGNER

Le numérique, la connectique et les technologies associées ont pris, ces dernières années, une place de plus en plus importante dans le diagnostic, le traitement et le suivi des pathologies de l'appareil respiratoire. Et ce mouvement ne cesse de s'accélérer, ouvrant des perspectives toujours plus larges.

C'est la véritable révolution – récente, actuelle et à venir – du secteur. L'irruption du numérique et du digital fait bouger les lignes, tant pour les professionnels de santé que pour les patients, les industriels et les prestataires de services. Depuis quelques années, la télésurveillance et le télésuivi des maladies chroniques respiratoires se développent, notamment via l'expérimentation ETAPES (lire sur le sujet le chapitre Ventilation).

« Cet accompagnement à distance permet une optimisation de la prise en charge des patients, explique le Dr Frédéric Le Guillou, pneumologue au Pradet et président de l'association Santé Respiratoire France. L'expérimentation ETAPES avait ses limites, de par sa complexité de mise en œuvre et ses limitations induites par un cahier des charges restrictif en termes de patients ciblés et restreint au suivi machine.

Grâce aux dispositifs médicaux connectés actuellement disponibles, qui transmettent des données toujours plus nombreuses et précises (débit, saturation, température corporelle, fréquence respiratoire, etc.), on peut suivre tout patient et surtout adapter son traitement à distance, voire procéder à des titrations<sup>®</sup>. Le professionnel de santé peut réagir en temps réel. Et cela nous amène vers une pratique plus collaborative avec le patient, qui devient encore plus acteur de sa pathologie, en déclenchant lui-même une alerte en cas d'anomalie, par exemple. »

## Le numérique pour instaurer un cercle vertueux global

Au-delà de la prise en charge individuel, la transformation numérique se révèle vertueuse pour



l'ensemble du système de santé, et notamment des parcours de soins, souligne encore l'expert : « *Couplée à ce télésuivi, la téléconsultation est également cruciale. Cela permet de hiérarchiser l'urgence des demandes et de répondre à un premier besoin le cas échéant, évitant ainsi des déplacements au cabinet voire des passages aux urgences inutiles.* »

Plus encore, à moyen terme, les progrès engendrés par le numérique devraient permettre de prévenir certains événements indésirables sur la base de paramètres annonciateurs transmis par le dispositif médical en amont de l'incident. « *Cette prédiction réduira nécessairement les durées d'hospitalisation, voire les évitera*, se réjouit le Dr Le Guillou. *Le service rendu en termes médico-économiques est loin d'être négligeable.* »

## Du chemin à parcourir

Mais si les technologies existent et sont opérationnelles, « *il reste certains blocages à lever* », reconnaît le Dr Le Guillou, qui précise : « *Le cadre réglementaire mérite d'être assoupli, la question du financement et de la rémunération de la télésurveillance réglée. Et, bien sûr, l'organisation humaine doit également évoluer. De nouveaux métiers sont à inventer, d'autres à adapter. Une culture commune doit être construite. Mais cela existe déjà, par exemple en cardiologie. Et de très nombreux professionnels de santé, notamment paramédicaux, sont demandeurs, à l'hôpital comme en ville. Tout cela montre que nous avançons dans la bonne voie!* » (lire sur le sujet le focus ci-contre).

## FOCUS

### Penser les métiers de demain pour l'accompagnement des patients insuffisants respiratoires

**Pour être pleinement bénéfique pour les patients et le système de santé dans son ensemble, l'innovation technologique numérique doit nécessairement s'accompagner d'une évolution des métiers, du côté des personnels de santé comme des prestataires de services de santé.**

Avec l'avènement du télésuivi respiratoire, le patient est suivi selon ses besoins et les consultations et contrôles n'ont lieu que si nécessaire. Ainsi, en cardiologie où la télésurveillance se développe depuis plusieurs années, les données recueillies dans le dispositif médical connecté du patient sont transmises à une plateforme sécurisée et traitées par des infirmiers spécifiquement formés. Selon les situations, ils peuvent questionner le patient par téléphone ou contacter le médecin généraliste ou spécialiste pour organiser une éventuelle consultation et/ou adapter la stratégie thérapeutique, voire un établissement de soins dans le cas d'une éventuelle hospitalisation, sans passage par les urgences. Le médecin reste donc le responsable médical.

Du côté des prestataires de santé à domicile (PSDM), leur expertise technique et technologique reste nécessaire, notamment pour le paramétrage de la machine, la formation du patient à son usage et la maintenance. Comme les industriels, les PSDM doivent eux aussi s'emparer de la question numérique et s'acculturer à la transmission des données pour laquelle ils pourraient, grâce à leur connaissance de l'insuffisance respiratoire que n'ont pas les prestataires informatiques, jouer un rôle clé.

# OXYGÉNOTHÉRAPIE

## QUAND RESPIRER N'EST PLUS POSSIBLE

Près de 10 millions de Français souffrent d'une pathologie respiratoire chronique (asthme, BPCO, fibrose pulmonaire, etc.). Si, parmi eux, quelque 500 000 patients insuffisants respiratoires ne succombent plus à leur maladie et peuvent aujourd'hui vivre normalement à domicile, c'est notamment grâce aux progrès des dispositifs médicaux destinés à produire et à délivrer ce qui leur fait défaut : l'oxygène.



Concentrateur stationnaire d'oxygène

### DE LA THÉORIE...

L'oxygénothérapie est un traitement médical qui consiste à administrer de l'air enrichi en oxygène ( $O_2$ ) pour en corriger le déficit dans le sang artériel. Ce manque, appelé hypoxémie, est le plus souvent la conséquence directe d'une insuffisance respiratoire causée par une défaillance de la fonction ventilatoire ou une altération des échanges gazeux au niveau des poumons. L'oxygénothérapie peut également être nécessaire en cas d'excès de dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) dans le sang, appelé hypercapnie.

En cas d'insuffisance respiratoire sévère, l'oxygénothérapie est dite de longue durée (plus de 15 heures par jour) et s'impose le jour et la nuit. C'est notamment le cas pour les patients atteints de bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), de mucoviscidose, de pneumopathie interstitielle ou d'hypertension artérielle pulmonaire. D'autres pathologies peuvent provoquer une insuffisance respiratoire qui justifie également une administration quotidienne d'oxygène mais en durée moindre. L'oxygénothérapie de déambulation, quant à elle, concerne les patients dont l'insuffisance respiratoire se manifeste uniquement à

# 1914-1918

Premières utilisations de l'oxygène à des fins médicales

Années  

# 1960

Premières oxygénothérapies à l'hôpital pour des patients atteints de poliomyélite

# 1967

Bouteilles d'oxygène à domicile pour les patients insuffisants respiratoires (O<sub>2</sub> gazeux en bouteilles)

Fin des années  

# 1960

Premiers concentrateurs d'oxygène

l'effort. Elle vient parfois compléter une oxygénothérapie de repos et sert alors à réduire l'essoufflement et à faciliter l'activité quotidienne pendant la journée.

Enfin, ce traitement peut être indiqué pour soulager les algies vasculaires de la face, en fin de vie ou en soins palliatifs lorsque des troubles respiratoires s'installent. Mais, dans tous les cas, l'oxygène est un médicament et, à ce titre, il doit être prescrit par un médecin.

## À LA PRATIQUE

L'oxygène pur n'existe pas dans la nature : il est mêlé dans l'air ambiant à de l'azote et à d'autres gaz. Il est toutefois possible de l'isoler pour en disposer à des concentrations élevées (entre 90 et 100 %). Il peut être comprimé dans des bouteilles d'une capacité pouvant aller jusqu'à quinze litres (3 m<sup>3</sup>). Un manodétendeur placé à la sortie permet de réduire la pression à trois bars, rendant ainsi l'oxygène respirable.

L'oxygène pur peut aussi être stocké sous forme liquide à -183°C dans des réservoirs. Ce système

permet de conserver une très grande quantité d'oxygène sous un faible volume. Lorsque la bouteille ou le réservoir est vide, il faut le remplir, ce qui nécessite l'intervention d'un prestataire de santé.

Enfin, les concentrateurs, ou extracteurs, ne stockent pas l'oxygène mais l'extraient à partir de l'air ambiant prélevé dans la pièce. Cet air est d'abord comprimé par le système puis est filtré au travers d'une couche de zéolithe, une matière naturelle qui a la propriété de retenir l'azote et de laisser passer l'oxygène. À la différence des bouteilles et des réservoirs qui fonctionnent en autonomie dès lors qu'ils sont remplis, les extracteurs doivent être branchés sur le courant électrique.

La qualité thérapeutique de l'oxygène est identique quelle que soit sa source mais selon l'usage qui en est fait et les préférences individuelles, certains dispositifs conviennent mieux que d'autres. Ces différentes sources d'oxygène à domicile requièrent des installations fixes. Pour permettre aux personnes de rester mobiles malgré tout, des systèmes portables ont été mis au point ; ils leur permettent de se déplacer en emportant avec >>>



Concentrateur mobile d'oxygène

Années  
1970

Développement de l'oxygénothérapie liquide et premiers appareils portatifs

1978

Premiers concentrateurs à domicile

1980-1981

Études NOTT et BMR

1989

Premières utilisations d'oxygène liquide à domicile



Stations d'oxygène fixe et mobile

»»» elles soit une réserve d'oxygène, soit un petit concentrateur.

Pour délivrer cet oxygène au patient, différents moyens de raccordement existent. Les lunettes nasales, qui sont aujourd'hui les plus utilisées, se placent sous le nez et délivrent un flux d'oxygène directement dans les narines. Dans certains cas

exceptionnels, une sonde nasale, un masque à oxygène ou un cathéter positionné dans la trachée est plus approprié. En pédiatrie et pour les nouveau-nés, la tête de l'enfant est placée sous une cloche en plexiglas.

## UNE HISTOIRE D'INNOVATION

L'oxygène a été découvert à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle par Joseph Priestley, chimiste anglais, qui étudia la nature et le comportement du dégagement gazeux produit lorsque l'on chauffe de l'oxyde de mercure. Il le baptisa d'abord « air particulier » car il avait noté que ce gaz est légèrement plus dense que l'air, qu'une bougie brûle mieux en sa présence qu'avec de l'air pur et qu'en le respirant, les souris deviennent plus actives.

Par la suite, Antoine Laurent de Lavoisier comprit que ce gaz a également la propriété d'oxyder les métaux pour les transformer en acides. Il qualifia sa découverte de « principe oxygène », lequel fut rebaptisé « oxygène » par Antoine-François Fourcroy peu après. Mais Lavoisier ne s'en tint pas là et démontra que la respiration – qui consomme de

l'oxygène, dégage du gaz carbonique et produit de la chaleur – repose sur le même principe que la combustion du carbone.

Il fallut attendre la Première Guerre mondiale pour que l'oxygène soit utilisé à des fins médicales dans les hôpitaux à l'arrière des tranchées. Il s'agissait alors de traiter la gangrène gazeuse, une maladie qui rongait les tissus blessés et décimait quantité de soldats. Le P<sup>r</sup> Vignat, médecin-chef d'une ambulance, utilisait l'oxygène gazeux chaud sous pression pour obtenir un dessèchement des plaies. Le protocole requérait toutefois un matériel adapté dont le maniement nécessitait un savoir-faire précis, et ne remporta pas un grand succès thérapeutique. Par la suite, et jusque dans les années 1960, l'oxygène médical fut cantonné au milieu hospitalier.

## Deux études princeps

L'intérêt de l'oxygénothérapie au long cours chez les malades atteints de bronchopneumopathie chronique obstructive sévère a été démontré au début des années 1980. Deux essais anglo-saxons,

# 1997

L'oxygène devient un médicament

Dès la fin des années

# 2000

Développement des dispositifs d'oxygénothérapie portables et ambulatoires

# 2018

Développement des téléconsultations

Années

# 2020

Développement de la télésurveillance et du télésuivi



Concentrateur mobile d'oxygène

# 5,5 millions

## Chiffre clé

Le nombre de Français atteints de BPCO.

Source : « *Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) - Epidemiology* », Niharika Dandamudi, Datamonitor Healthcare, janvier 2019.

l'un aux États-Unis et l'autre en Angleterre, ont ainsi jeté les bases des indications actuelles de l'oxygène médical. Le premier en date, baptisé NOTT (*Nocturnal Oxygen Therapy Trial*), mit en évidence l'intérêt d'une prise d'oxygène aussi prolongée et régulière que possible, en établissant qu'une oxygénothérapie de près de 24 heures sur 24 améliore davantage l'espérance de vie et la qualité de vie des patients que le même traitement uniquement nocturne. Le second, mené par le Medical Research Council (MRC) britannique, établit que l'oxygénothérapie améliore significativement l'espérance de vie des patients insuffisants respiratoires chroniques obstructifs graves par rapport à un groupe témoin traité médicalement.

À partir de ce moment-là, si la porte était grande ouverte pour que se développe l'oxygénothérapie au long cours, les technologies se devaient d'évoluer rapidement pour assurer ces durées de traitement dans les meilleures conditions de sécurité, d'ergonomie et de confort. Et c'est ce qu'elles firent. >>>

### Des dispositifs qui s'adaptent au domicile

En effet, si l'oxygène obtint des autorités sanitaires l'autorisation d'être délivré à domicile dès 1967 sous l'impulsion des associations de patients, la forme gazeuse était alors la seule disponible. Les bouteilles étaient lourdes et encombrantes, et le risque d'explosion réel. L'installation et la manipulation de ces équipements requéraient beaucoup de précautions. Les patients comme leur entourage devaient notamment s'abstenir de fumer à proximité.

L'arrivée des extracteurs à domicile, en 1978, marqua une première avancée en matière de

sécurité : l'oxygène, extrait de l'air ambiant, n'était plus stocké à domicile. Mais l'appareil de la taille d'un petit meuble restait encombrant et ne se déplaçait pas facilement. Il fallait se trouver à portée de flexible pour l'utiliser. Les patients insuffisants respiratoires les plus gravement atteints pouvaient certes vivre chez eux mais étaient contraints à une vie sédentaire. Qui plus est, les extracteurs d'alors généraient un débit d'oxygène limité, ce qui restreignait leur portée et les rendait inadaptés pour le traitement des insuffisances respiratoires chroniques très graves. À l'époque, l'oxygène liquide, qui délivre l'oxygène à haut débit, existait déjà mais il n'était disponible qu'à l'hôpital.

Les choses changèrent en 1989, date à laquelle l'oxygène liquide devint accessible à domicile. Les patients qui le pouvaient s'équipèrent, par l'intermédiaire de prestataires, de ces grosses bonbonnes qu'il fallait brancher sur le secteur et remplir régulièrement. Non seulement ils disposaient ainsi d'un débit d'oxygène élevé, mais ils jouissaient enfin d'une plus grande liberté de mouvement. Car l'oxygène liquide pouvait être transféré dans de petits réservoirs, transportables en bandoulière et contenant la quantité de traitement nécessaire pour quelques heures. Ils pouvaient enfin déambuler plus facilement, chez eux comme à l'extérieur. L'oxygénothérapie dite de déambulation était lancée.

### Zoom sur l'oxygénothérapie hyperbare

Une autre approche de l'oxygénothérapie, dite hyperbare, consiste à administrer de l'oxygène médical par voie respiratoire à une pression supérieure à la pression atmosphérique. La personne est alors placée dans un caisson (ou chambre) hyperbare d'acier ou de polymère et inhale l'oxygène sur-pressurisé à l'aide d'un masque pendant au moins 90 minutes.

L'utilisation scientifique des chambres hyperbares<sup>©</sup> débute réellement dans les années 1950. Les progrès de la discipline doivent beaucoup au

développement de la plongée sous-marine et des connaissances acquises sur la physiologie de l'organisme humain en milieu subaquatique. À la différence de l'oxygénothérapie normobare<sup>©</sup> qui vise à rétablir dans les poumons une pression partielle d'oxygène normale, le but du traitement hyperbare est de l'augmenter temporairement de manière importante. Cela a pour conséquence d'élever le taux d'oxygène dissous dans le sang et de mieux distribuer ce gaz dans les tissus qui en ont été privés. Elle constitue ainsi une réponse

d'urgence à certaines pathologies comme l'intoxication au monoxyde de carbone, l'embolie gazeuse mais aussi l'accident de décompression dont sont parfois victimes les plongeurs remontés trop vite à la surface.

Les séances en caisson hyperbare favorisent également la cicatrisation, une propriété aujourd'hui mise à profit pour soigner les ulcères du pied chez le patient diabétique.



## Priorité à l'autonomie

Aujourd'hui, l'oxygène gazeux en bouteille est comprimé à une pression de deux-cents bars. Les grands obus installés à domicile sont utilisés en secours en cas de panne du concentrateur ou de coupure de courant. D'autres, moins volumineux, peuvent être placés sur un chariot et suivre les déplacements du patient chez lui. Les plus petits pèsent environ trois kilos et confèrent au patient une autonomie d'environ deux heures. Leur débit n'excède pas trois litres par minute. Celui des concentrateurs classiques n'est guère plus élevé mais il existe désormais des concentrateurs haut débit susceptibles de fournir jusqu'à neuf litres d'oxygène par minute. Quant à l'oxygène liquide stocké au froid, il reste une bonne option pour les patients très dépendants en raison de la grande capacité de stockage. À ce matériel fixe est toujours associé un réservoir portable que le patient remplit lui-même à partir de la source fixe. Les modèles actuels de réservoirs portables permettent de délivrer l'oxygène soit en débit continu, soit en mode pulsé, c'est-à-dire à la demande lors de l'inspiration, afin d'économiser l'oxygène. Selon le débit prescrit, ils procurent jusqu'à 7 heures d'autonomie.

Du côté des patients, les attentes portent également sur ce qui permet de rendre le système d'administration le plus discret possible. C'est particulièrement important pour ceux qui doivent porter un masque ou une lunette à oxygène



Concentrateur mobile d'oxygène

quasiment en permanence, c'est-à-dire plus de 15 heures par jour, ce qui correspond à la plupart des prescriptions (voir à ce sujet le focus page 17).

## Une nouvelle génération de concentrateurs portables

Au milieu des années 2010, la recherche d'une meilleure autonomie pour les patients dépendants de l'oxygène médical reste une priorité. Des solutions alternatives à l'oxygène liquide, et surtout moins onéreuses, commencent à s'imposer. Sont ainsi apparus il y a quelques années des systèmes

qui couplent un compresseur à un concentrateur portable en bandoulière ou sur caddie. Le patient peut remplir lui-même ses bouteilles. Les modèles actuels confèrent de 2 à 5 heures d'autonomie.

Une innovation récente concerne la mise au point de concentrateurs à la fois portables et transportables qui sont l'aboutissement d'une course à la miniaturisation. Alors que les concentrateurs classiques s'apparentent à des petits meubles sur roulettes avec un poids compris entre quatorze et trente kilos, ceux-ci pèsent quatre kilos et fonctionnent avec des batteries au lithium comme les téléphones portables. Ils se rechargent sur >>>

»»» L'allume-cigare d'une voiture et peuvent être utilisés en avion. Des perspectives s'ouvrent ainsi aux patients sous oxygène, désormais à même de voyager avec leur équipement. Leur autonomie est maximale en mode pulsé mais ils peuvent aussi délivrer de l'oxygène en continu, à débit moindre si tel est le besoin du patient.

### Toujours plus miniaturisés

Enfin, il existe désormais des systèmes mixant oxygène liquide et gazeux et des machines à débit inspiratoire propulsant de l'oxygène pulsé, comme l'explique le Dr Frédéric Le Guillou, pneumologue libéral et président de l'association Santé Respiratoire France : « Destinés à l'ambulatoire, ils sont de plus petite taille tout en ayant la même

*autonomie. Le patient peut sortir de son domicile, ce qui améliore grandement la qualité de vie. Toutefois, leur poids (entre deux et trois kilos) peut rester encore trop important pour des graves insuffisants respiratoires. »*

Les industriels du secteur cherchent également une alternative au lithium qui compose les batteries des extracteurs en les remplaçant par une batterie solaire, voire en remplaçant la zéolithe, dont la ressource naturelle s'épuise, par un matériau de synthèse. Et, si les machines d'oxygénothérapie constituent encore à ce jour un encombrement, la miniaturisation continue, si bien qu'aujourd'hui, le projet thérapeutique d'un patient sous oxygénothérapie est de plus en plus positif. Là où ce traitement était originellement prescrit pour soulager le malade (lequel a une

bien meilleure espérance de vie), il est désormais la thérapie d'une maladie chronique.

### La révolution du télésuivi en marche

Pour autant, les insuffisants respiratoires restent des personnes d'une grande fragilité. Le télésuivi, impulsé par la révolution du numérique en santé, représente donc pour eux un enjeu d'autant plus important. « Les dispositifs connectés permettent de mieux suivre les patients à distance », confirme le Dr Le Guillou pour qui « la télésurveillance permettrait de s'assurer de l'observance des patients, un enjeu crucial en oxygénothérapie. Ils pourraient ainsi fournir à leurs professionnels de santé des données sur leur expérience en termes d'usage ».

## Comprendre la BPCO

La bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) est, selon l'Inserm, « une maladie chronique inflammatoire des bronches, le plus souvent associée à d'autres maladies. Elle se caractérise par un rétrécissement progressif et une obstruction permanente des voies aériennes et des poumons, entraînant une gêne respiratoire ». La maladie provoque une inflammation du tissu pulmonaire et des voies aériennes, un épaississement de leurs parois, une hypersécrétion de mucus et une destruction des

alvéoles pulmonaires. Cette maladie chronique respiratoire a pour principale cause le tabagisme (plus de 80% des cas). Les autres facteurs de risque sont la pollution (intérieure et extérieure), l'exposition à des poussières ou substances chimiques (silice, charbon, moisissures, etc.), le tabagisme *in utero* et des infections des voies respiratoires inférieures fréquentes dans l'enfance. Si la BPCO ne peut être guérie à ce jour, sa prise en charge (arrêt du tabac, médicaments

bronchodilatateurs et/ou corticoïdes, exercice physique, réhabilitation respiratoire) permet d'en ralentir les symptômes. Les formes les plus sévères entraînent une insuffisance respiratoire ; une oxygénothérapie dite de longue durée (au moins 15 heures par jour) doit être administrée, parfois complétée par une ventilation invasive ou non (*lire à ce sujet le chapitre Ventilation*).

Une surveillance et un accompagnement d'autant plus cruciaux que le premier mois est essentiel pour installer des bonnes habitudes, notamment en matière de déambulation qui est une des clés du succès du traitement.


*« La crise de 2020-2021 liée à la Covid-19 a accéléré ce déploiement avec les patients sortant d'hospitalisation mais nécessitant une oxygénothérapie à domicile, poursuit Frédéric Le Guillou. Les dispositifs permettent le suivi global de leur état de santé et de leurs paramètres vitaux à distance. D'autant que ces patients doivent avoir une baisse progressive de l'oxygène, qui peut aussi être réglée et surveillée à distance. Au-delà de cet épisode, cela ouvre de vastes possibilités ! »*

Enfin, le suivi du patient et de son observance à distance permet de prédire les éventuels épisodes de dégradation : *« L'idée sera de savoir à quel moment et comment il faut adapter un traitement en amont de l'événement délétère, illustre le D<sup>r</sup> Le Guillou. On entrera alors pleinement dans l'ère de la médecine prédictive. »*

## FOCUS

### Consommables : un enjeu pour l'observance

L'oxygène peut être délivré au moyen d'un masque facial, d'un masque à haute concentration ou par lunettes nasales. Le choix du consommable dépend de chaque situation et de chaque patient à qui il doit s'adapter et correspondre au mieux. C'est en effet une des clés de la bonne observance de l'oxygénothérapie.

Par exemple, pour les situations particulières comme les urgences ou l'administration d'oxygène à haut débit, les masques sont mieux adaptés. Les masques venturi  permettent de délivrer une pression très précise d'oxygène. Les masques à haute concentration, équipés de valves, chassent l'air expiré de sorte que le patient inhale toujours le débit de gaz frais. Les masques permettent de délivrer un débit élevé de manière efficace, mais ils sont souvent perçus comme peu confortables et peu discrets.

La lunette à oxygène, ou canule nasale, se présente quant à elle sous la forme d'une tubulure munie de deux orifices à embout à placer au niveau des narines. La tubulure passe derrière les oreilles, ce qui assure la fixation de l'ensemble. Au fil des années, le dispositif a gagné en flexibilité. Sa taille a été réduite. Aujourd'hui, elle ne se tord plus et ne comprend plus ni latex ni bisphénol. Des accessoires ont ainsi vu le jour, permettant de la masquer au mieux, en la fixant sur des montures de lunettes par exemple. Elle est également appréciée des patients pour le confort qu'elle offre pour parler et manger.

## VENTILATION

# MIMER LA SUBTILE MÉCANIQUE

L'histoire de la ventilation mécanique moderne démarre dans les années 1950 avec les grandes épidémies de poliomyélite. Support de vie pour les uns, aide respiratoire pour les autres, elle est le fruit d'une série d'innovations qui ont contribué à mettre à la portée des patients à domicile des ventilateurs de plus en plus adaptés à leurs besoins.



Ventilateur portable

### DE LA THÉORIE...

La ventilation mécanique consiste à suppléer ou à assister la respiration naturelle de la personne à l'aide d'un dispositif médical : le ventilateur (ou respirateur).

Dans les services d'urgence et de réanimation, on y a recours de manière transitoire pour traiter les épisodes d'insuffisance respiratoire aiguë. À domicile, elle concerne les patients en insuffisance

respiratoire chronique causée par une maladie neuromusculaire, une maladie de la cage thoracique, une bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) ou une obésité massive. Pour certains de ces patients, le ventilateur est un véritable support de vie et leur sert jour et nuit. D'autres, moins dépendants, l'utilisent par intermittence. On distingue deux modes de ventilation mécanique : invasif et non invasif. La ventilation non invasive est souvent proposée aux personnes

# 1876

Invention du spirophore

# 1952

Premières ventilations mécaniques par voie endotrachéale

# 1960

Premier ventilateur en pression positive utilisé en réanimation

# 1967

Prise en charge de l'assistance respiratoire à domicile

les moins lourdement touchées, la trachéotomie étant réservée à des patients insuffisants respiratoires aigus et à ceux dont la durée de ventilation atteint 24 heures par jour du fait de la sévérité de leur maladie.

Cependant, les deux approches sont complémentaires et partagent les mêmes objectifs : diminuer le travail des muscles respiratoires, corriger les anomalies de la commande ventilatoire centrale, supprimer les événements obstructifs des voies aériennes supérieures et ainsi favoriser la normalisation des gaz du sang.

## À LA PRATIQUE

Tout système de ventilation mécanique se compose d'une machine, le ventilateur, et d'une interface pour délivrer l'air dans les poumons du patient et d'un système de raccordement.

Dans le cas d'une ventilation non invasive (VNI), l'air est délivré par l'intermédiaire d'un masque, nasal ou facial, ou d'un embout buccal. Pour une ventilation invasive par voie endotrachéale, l'air insufflé par le respirateur arrive directement dans la trachée

par le biais d'une canule de trachéotomie. Dans de nombreux cas, un système d'humidification est également nécessaire (*voir à ce sujet l'encadré page 24*).

## UNE HISTOIRE D'INNOVATION

Spirophore, Pulmotor, Engström 150... Ces noms incarnent les débuts de la ventilation mécanique au XIX<sup>e</sup> siècle et évoquent une succession d'inventions ingénieuses destinées à rétablir la fonction respiratoire lorsque les organes n'en sont plus capables. Ainsi, dès 1876, Eugène Woillez, un médecin français, expérimentait sur lui-même le principe du spirophore qu'il venait de mettre au point. Il pensait en effet qu'une dépression extérieure appliquée sur les parois thoraciques pour obtenir leur dilatation serait un bon moyen de rétablir la respiration chez les asphyxiés: « *Je me suis placé à l'intérieur de l'appareil, expliquait-il. Ma poitrine étant au repos, après une expiration et ma glotte restant ouverte, je fais signe de l'œil pour qu'on fasse l'inspiration. Aussitôt, je fais malgré moi une inspiration brusque, bruyante et quand on relève le levier, je fais de même une expiration involontaire.* »

Il s'agissait des prémisses du poumon d'acier qui naquit quelque 50 ans plus tard. Le patient était allongé dans la machine et la variation de pression à l'intérieur était obtenue grâce à un soufflet. Quand la pression descendait en dessous de celle des poumons, l'air extérieur était aspiré par les voies aériennes supérieures. C'est ce que l'on appelle la pression négative. L'appareil dut sa promotion à Lord Nuffield, constructeur automobile et généreux donateur, qui consacra sa fortune de milliardaire à équiper en « *iron lung* » la quasi-totalité des hôpitaux américains.

Au début des années 1950, lors des épidémies de poliomyélite qui touchèrent l'Amérique et l'Europe, des milliers de malades bénéficièrent de ce traitement lourd et coûteux. La majorité succomba toutefois à la maladie jusqu'à ce qu'un médecin danois, Bjorn Ibsen, eût l'idée de libérer les voies aériennes en pratiquant une trachéotomie. En quelques mois, la mortalité chuta. En France notamment, la ventilation par voie endotrachéale, ou ventilation invasive, devint alors la règle pour traiter les paralysies respiratoires. >>>

Années

1970

Apparition des ventilateurs barométriques

1979

Premier ventilateur autonome en air

Début des années

1980

Naissance de la ventilation non invasive (VNI)

1996

Début de la stimulation phrénique en France



Ventilateur portable

## Le retour à domicile possible grâce à la pression positive

Au début des années 1960, une autre étape fut franchie avec l'Engström 150, premier ventilateur en pression positive, ainsi dénommé car il délivrait une pression d'air préréglée supérieure à celle des poumons. Les premiers appareils étaient à soufflet

et utilisaient l'oxygène comprimé comme force motrice. Ces ventilateurs avaient certes le gabarit d'une armoire, mais l'avancée était considérable car elle permettait au patient trachéotomisé de quitter son poumon d'acier. En 1967, un enfant de sept ans ventilé de la sorte regagna son domicile, bientôt suivi par beaucoup d'autres. Un progrès énorme en termes de qualité de vie.

Dans les années 1970, les soufflets furent progressivement remplacés par des turbines. Le système était plus souple et moins bruyant. Ces années virent la mise au point de la pression expiratoire positive (PEEP, pour *Positive End-Expiratory Pressure* en anglais). Utilisés dès 1972, ces appareils améliorèrent l'efficacité de la ventilation en maintenant une pression résiduelle dans les voies aériennes pendant l'expiration.

La fin de la décennie fut également marquée par la mise sur le marché, en 1979, du premier ventilateur autonome en air. L'appareil n'avait en effet pas besoin d'être branché sur le secteur électrique, ce qui facilitait grandement son utilisation à domicile.

## La révolution de la ventilation non invasive

Pour autant, pneumologues et réanimateurs ne s'en tinrent pas là et cherchèrent des alternatives à la ventilation invasive, toujours seule en lice. De fait, l'ouverture endotrachéale limite la parole, gêne la déglutition et l'intubation favorise les infections. Les premiers essais de ventilation non invasive par masque furent effectués au milieu des années 1960 mais ne furent pas poursuivis en raison de l'absence de masques adaptés pour le long terme. De même, la ventilation par embout buccal ou pipette resta confidentielle tout au long des années 1970.

Les choses changèrent radicalement au début des années 1980. Tandis que le Pr Colin Sullivan mettait au point en Australie un dispositif de pression positive continue (PPC), l'équipe du Dr Yves Rideau à Poitiers fut la première à apposer un masque à un patient atteint d'une myopathie de Duchenne pour le ventiler. « *La ventilation non invasive (VNI) est née à ce moment-là* », explique

Fin des années  
1990

Essor de la VNI en réanimation

Années  
2000

Essor de la VNI à domicile

2006

Recommandations de la HAS pour la VNI à domicile dans les maladies neuromusculaires

2017

Début du déploiement du programme ETAPES en ventilation



70 000  
patients

### Chiffre clé

Le nombre de patients sous ventilation non invasive (VNI) régulièrement suivis à domicile.

Source : Cnam, 2018.

Le Pr Jésus Gonzalez-Bermejo, pneumologue et responsable de l'unité fonctionnelle SSR respiratoire à l'hôpital de la Pitié Salpêtrière à Paris.

Dans les années qui suivirent, tandis que la PPC s'imposait comme le traitement de référence du syndrome des apnées du sommeil, la ventilation non invasive se développa dans les services de réanimation où elle était de plus en plus utilisée pour les patients atteints de BPCO. À domicile, elle concernait uniquement les patients atteints d'une myopathie de Duchenne et ceux qui présentaient des séquelles d'une poliomyélite. La ventilation mécanique était alors de moins en moins vue comme une prothèse ventilatoire et de plus en plus comme un support à la ventilation naturelle.

Aussi le développement visait-il à trouver un moyen d'améliorer la synchronisation entre l'effort du patient et l'insufflation du ventilateur. Les appareils commencèrent à être équipés de dispositifs d'aide inspiratoire, comme les valves : plus l'effort du malade pour inspirer était important, plus la valve s'ouvrait, augmentant ainsi le débit d'air.

>>>

### Des appareils plus sûrs

Au tournant du siècle, les indications de la VNI à domicile évoluèrent. Elle fut utilisée massivement chez trois nouvelles populations de patients en France : ceux atteints de BPCO, les patients souffrant d'obésité et, à partir de 2006, les patients souffrant de sclérose latérale amyotrophique.

### Une ventilation invasive améliorée pour les patients les plus graves

Si la VNI s'est beaucoup répandue, la ventilation invasive n'a pas dit son dernier mot, loin de là. Elle est toujours indiquée pour les insuffisants respiratoires les plus gravement touchés qui doivent être ventilés en continu. Les canules de trachéotomie sont plus petites mais aussi moins voyantes qu'auparavant et leur système d'étanchéité a été renforcé. Des valves de phonation ont été imaginées pour que ces patients puissent parler sans avoir à boucher l'orifice dans leur trachée. Leur clapet automatique se ferme quand le patient expire, de sorte que l'air s'échappe par le larynx et peut faire vibrer les cordes vocales.

Les machines sont également devenues plus petites et moins lourdes. La miniaturisation est passée par là. Les batteries au lithium confèrent une autonomie de plusieurs heures voire d'une journée complète. Les ventilateurs, équipés de systèmes d'alarme, sont plus sûrs. Autant d'évolutions qui impactent directement la qualité de vie des patients insuffisants respiratoires chroniques devenus beaucoup plus mobiles, qu'ils soient trachéotomisés ou ventilés par masque.

Au cours des années 2000, alors que le marché de la PPC explosait, les masques s'améliorèrent et la ventilation non invasive profita de ces évolutions. Les industriels développèrent des systèmes pour compenser les fuites d'air et assurer ainsi l'efficacité de la ventilation, en particulier chez les patients entièrement dépendants de leur machine. Ils s'adjoignirent les compétences de spécialistes en dynamique des fluides pour concevoir des turbines plus petites et plus efficaces sur les appareils barométriques. Ces équipements finirent par supplanter les appareils volumétriques, sauf dans certains cas particuliers.

La ventilation mixte associant les modes volumétriques et barométriques vit le jour afin de combiner les avantages des deux techniques et de s'adapter au mieux à la demande du patient.

### Mobilité et multifonctionnalité


Cette dernière décennie, les solutions ventilatoires sont devenues plus transportables, améliorant



Ventilateur portatif

encore la mobilité des patients. Il existe désormais des dispositifs de voyage miniaturisés, capables de résister aux chocs et donc rendant possibles les sports extrêmes, le camping ou les excursions en montagne par exemple.

Cela est loin d'être accessoire. En effet, tous les patients sous ventilateurs sont chroniques et vont être amenés à utiliser leur dispositif pendant très longtemps. La taille, le poids, l'ergonomie, l'autonomie de la batterie sont donc des enjeux cruciaux. Et aujourd'hui, être sous ventilateur n'est plus une fatalité.

Les ventilateurs ont également bénéficié des évolutions de l'informatique et du développement de l'électronique, embarquant des systèmes de monitoring, de mesure de la saturation du sang en oxygène doublée d'une alarme ou de surveillance non invasive de la pression partielle en CO<sub>2</sub> (capnie transcutanée) . À tel point que certains ventilateurs d'aujourd'hui, dotés de nombreuses fonctionnalités, assurent plusieurs



fonctions (VNI, ventilation invasive, haut-débit, aide à la toux) intégrées en un unique appareil. Et ceux dont ce n'est pas le cas restent communicants et interopérables via le Bluetooth.

Les écrans des ventilateurs sont également plus grands, plus perfectionnés et ergonomiques. Les réglages et la lecture y sont simplifiés et l'interface est personnalisée selon le besoin ventilatoire du patient et les habitudes et pratiques du médecin. Tout cela participe activement à l'observance des patients sous ventilation.

Enfin, un effort particulier a été apporté au niveau sonore de ces appareils utilisés la nuit voire 24 heures sur 24. Miniaturisées, les turbines sont désormais silencieuses.

## La révolution numérique

Depuis les années 2010, alors que la technique et la mécanique des ventilateurs sont donc au point, c'est désormais une autre révolution qui se joue, celle du numérique. « *L'arrivée de la télésurveillance et de la télécommunication marque une véritable rupture avec des machines de plus en plus capables d'adapter la ventilation au malade, confirme le Pr Jésus Gonzalez-Bermejo. Les réglages automatiques et le monitoring devraient permettre d'adapter et changer les réglages en fonction des besoins du patient, résolvant de nombreux problèmes des pneumologues (fuites, obstructions, variations, etc.).* »

Si cette voie doit encore être évaluée, la télécommunication des machines est, elle, bien réelle depuis bientôt une décennie. « *Non seulement* >>>

## FOCUS

### Le programme ETAPES pour la télésurveillance de la ventilation

Lancé en 2014 et entré dans le droit commun en 2022, le programme ETAPES (Expérimentation de télémédecine pour l'amélioration des parcours en santé) encourage, notamment financièrement, des projets de télémédecine. Il porte sur cinq pathologies : le diabète, les prothèses cardiaques implantables et les insuffisances cardiaques, rénales chroniques et respiratoires chroniques. Le Dr Arnaud Prigent, pneumologue à la polyclinique Saint-Laurent à Rennes, fait le point.

« ETAPES a permis de propulser la ventilation dans la télémédecine. Le programme concernant l'insuffisance respiratoire chronique a été lancé en 2017 et contient deux volets : l'accompagnement thérapeutique et la télésurveillance de la ventilation. Le principal défi a été organisationnel : définition et mise au point des critères de suivi, des alertes, des messageries et plateformes sécurisées en conformité avec la CNIL ; identification des patients et centralisation de leurs données de télésuivi, etc. Il n'y avait pas, dans le domaine de la respiration, les infrastructures technologiques nécessaires, contrairement à la cardiologie, par exemple, où le télésuivi existe de longue date. Désormais, grâce au

développement des données polygraphiques détaillées et des rapports des machines de plus en plus précis dans les années 2010-2020, nous vivons une double révolution en matière de télésurveillance avec la capacité non seulement d'interroger à distance les données des ventilateurs mais également de pouvoir en changer les paramètres. Cela change complètement la donne en matière d'habitudes, de procédures, de protocoles et de prise en charge des patients grâce au télésuivi, voire à la téléconsultation. Bien sûr, les outils technologiques (gestion des alertes, accès aux données, gestion d'importantes files actives de patients, logiciels, etc.) ne sont pas complètement aboutis aujourd'hui, mais ils ont énormément progressé ces dernières années. Et cela entraîne également un bouleversement organisationnel, tant pour les prestataires, qui doivent embrasser un nouveau rôle, notamment pour la gestion des alertes, que pour les médecins ou les patients. Ces derniers ne sont d'ailleurs pas encore assez impliqués. Ils reçoivent des données mais ne peuvent pas abonder le logiciel avec d'autres données qui leur semblent importantes. »

## Zoom sur l'humidification, essentielle en ventilation

Il est nécessaire d'humidifier les voies aériennes d'un patient intubé et sous ventilation mécanique (ou invasive). L'humidification permet en effet de prévenir l'apparition de lésions épithéliales bronchiques et alvéolaires ainsi que la constitution de bouchons muqueux. Cela peut également être le cas en ventilation non invasive. En effet, la capacité du nez à réchauffer et humidifier l'air inspiré peut être dépassée, et l'air ambiant brassé par le ventilateur peut être trop froid ou trop sec, entraînant une gêne et une sécheresse. À domicile, l'humidification participe à la tolérance de la ventilation et au confort du patient et, donc, à son observance. En pratique, l'humidificateur, dont on peut régler la température, consiste en un réservoir d'eau, laquelle est chauffée afin d'humidifier les gaz brassés durant la ventilation. À noter qu'aujourd'hui, de nombreux ventilateurs sont dotés d'un humidificateur intégré.



Station connectée de ventilation

« Les ventilateurs peuvent désormais remonter à distance les difficultés rencontrées par un patient, mais ils permettent également d'en avoir une vision très globale grâce aux données qu'ils remontent en masse », poursuit le P<sup>r</sup> Gonzalez-Bermejo. « La télémédecine pour la ventilation non invasive des insuffisants respiratoires chroniques a été amorcée dès 2017 avec le programme ETAPES », explique le D<sup>r</sup> Arnaud Prigent, pneumologue à la polyclinique Saint-Laurent à Rennes.

La crise sanitaire liée à la Covid-19 en a accéléré le déploiement. « Il manque encore quelques outils pour réaliser en télésurveillance tout ce l'on peut faire et récolter comme informations en consultation

physique, mais nul doute que cela sera très bientôt le cas », prévoit le P<sup>r</sup> Gonzalez-Bermejo qui alerte toutefois : « Cette e-médecine nécessite du temps médical qui doit être pris en compte. L'innovation technologique existe et est opérationnelle, il faut désormais ajuster son financement. » À quoi s'ajoute une nécessaire réorganisation des ressources humaines impliquées (médecins donc, mais également kinés, infirmiers en pratique avancée, prestataires de santé, etc.) et un accompagnement pédagogique des patients. « Les acteurs sont intéressés. Il reste maintenant à pérenniser, par un cadre et une organisation adéquats, le cercle vertueux installé de fait par la crise sanitaire », conclut-il.

# DÉSENCOMBREMENT

## QUAND LA MACHINE DEVIENT AIDE À LA TOUX

Les dispositifs d'aide à la toux et de mobilisation thoracique, souvent couplés à la kinésithérapie respiratoire, viennent compléter les techniques de ventilation pour les patients qui présentent un déficit de mobilisation thoracique.



Dispositif de désencombrement

### DE LA THÉORIE...

Le drainage bronchique « *peut potentiellement concerner toutes les pathologies respiratoires, qu'elles soient associées à une hypersécrétion ou, au contraire, à un défaut d'évacuation des sécrétions* », explique Jean-Christian Borel, directeur scientifique du groupe associatif AGIR à dom. Cette pratique s'adresse en effet à des patients dans l'incapacité de mobiliser le volume d'air suffisant pour tousser et expectorer naturellement.

Chez ces patients, en effet, la stagnation du mucus bronchique dans les voies aériennes augmente le risque d'infection pulmonaire, d'exacerbation et, donc, d'hospitalisation. Le but est ainsi d'aider au drainage, d'améliorer l'efficacité de la toux et d'optimiser la ventilation des zones pulmonaires qui ne le sont pas ou mal.

### À LA PRATIQUE

Il est donc nécessaire de recourir à un dispositif et/ou des techniques manuelles (la plupart du temps, les deux de manière complémentaire) afin d'aider mécaniquement les patients à maintenir une bonne mobilité thoracique, à inspirer et à tousser. Le relaxateur de pression (ou IPPB) permet une rééducation respiratoire en mobilisant la cage thoracique et les poumons afin de maintenir une certaine souplesse, même en l'absence de sécrétions. L'appareil délivre, via un masque ou une canule de trachéotomie, un débit d'air continu jusqu'à atteindre une pression prédéfinie dans les voies aériennes et qui permet de remplir les poumons du patient comme une inspiration profonde. Dès que la pression définie est atteinte dans les voies aériennes, l'expiration se fait ensuite librement. >>>

### «Tous les utilisateurs – patients, aidants, professionnels – doivent être formés»

Jean-Christian Borel, directeur scientifique du groupe AGIR à dom

«La régularité d'utilisation, sans laquelle on a tendance à oublier comment se servir des dispositifs de désencombrement et d'aide à la toux, est cruciale. Une des clés de l'observance réside donc dans la formation. Celle des patients, en premier lieu, qui doivent savoir utiliser correctement leur dispositif. Mais il est également fondamental de former les proches, les aidants, notamment pour les patients atteints de pathologies neuromusculaires et paralytiques. En effet, si les kinés ont un rôle clé, le désencombrement bronchique ne leur est pas réservé. De nombreux aidants, familiaux ou professionnels, doivent également le pratiquer. Or trop peu sont complètement rompus à l'utilisation de ces dispositifs dont il existe en outre de très nombreux modèles. Le rôle des prestataires de santé est donc essentiel dans la formation (et son entretien) des différents utilisateurs.»

»» En fin d'insufflation, le patient peut aussi tous- ser s'il a un bon contrôle de sa glotte et des muscles expirateurs suffisamment efficaces.

Si la toux est inefficace, on peut avoir recours en revanche à un in-exsufflateur qui imite une toux physiologique et fonctionne donc par cycle : grâce à un masque ou un embout buccal, la machine délivre au patient une pression positive pendant l'inspiration. Puis, une fois le volume inspiratoire maximal atteint, le dispositif bascule en pression négative en phase expiratoire, aspirant l'air voire les sécrétions dans les voies aériennes.

Aujourd'hui, «seules deux catégories de patients bénéficient du remboursement de cette prise en charge: les patients adultes paralytiques en situation chronique (post-traumatique ou en raison d'une pathologie neuromusculaire) et les enfants atteints de pathologies neuromusculaires», précise Jean-Christian Borel.

## UNE HISTOIRE D'INNOVATION

Il faut remonter à la Seconde Guerre mondiale pour retrouver l'origine du relaxateur. Forrest Morton Bird, un jeune pilote de chasse de l'U.S. Air Force, mit au point la première machine à pression positive pour éviter aux pilotes l'hypoxie, c'est-à-dire la baisse de l'oxygène disponible dans l'air. Ce dispositif fut ensuite l'objet d'études entre la fin des années 1940 et le début des années 1950. Mais il fallut attendre le début des années 1960 pour que soit réellement abouti le premier relaxateur, le Bird Mark VIII, tandis que son inventeur s'était

lui-même reconverti dans la médecine à la suite d'un accident oculaire. Au fil des décennies, et jusqu'à sa mort en 2015, le Dr Bird n'eut de cesse de développer son dispositif: modèle transportable (initié pour les évacuations sanitaires au Vietnam), ventilation percussive, réanimation pédiatrique, etc.

## L'essor des in-exsufflateurs

Si les premiers in-exsufflateurs datent également de la vague de polio des années 1950, leur implantation mit plus de temps. N'ayant pas été l'objet de recherches avancées, ces dispositifs étaient souvent mal réglés voire mal utilisés. Il fallut donc attendre la fin des années 1970 puis les années 1980 pour qu'ils redeviennent dignes d'intérêt. Jusqu'à être aujourd'hui très largement utilisés.

## Des fonctionnalités au service de l'observance

Ces dernières années, de nouvelles fonctionnalités ont été intégrées afin de répondre à certaines problématiques. Il existe ainsi des dispositifs proposant une fonction de coaching afin de motiver les patients et de favoriser leur observance. D'autant que les patients, dont de nombreux enfants, les utilisent quotidiennement. Les entreprises cherchent donc depuis plusieurs années à rendre ce traitement plus facile voire ludique pour les patients les plus jeunes, grâce à des machines plus petites, légères et ergonomiques.

Seconde Guerre mondiale

Premières expérimentations de Forrest Morton Bird

Début des années  
1960

Premier relaxateur, le Bird Mark VIII

Années  
1980

Essor des in-exsufflateurs

Années  
2000-2010

Développement de fonctionnalités associées

Années  
2020

Début du télésuivi



À noter qu'il existe également aujourd'hui des ventilateurs intégrant des fonctions d'aide à la toux, évitant ainsi la démultiplication des appareils au domicile du patient.

## La perspective du télésuivi et du télésoin

L'éducation du patient, mais aussi des aidants naturels et professionnels, est essentielle chez ces patients. Si, en matière de désencombrement, le télésuivi n'est pas aussi avancé que dans d'autres domaines (comme la ventilation ou les apnées du sommeil, par exemple), « *la perspective est réelle avec des DM de plus en plus communicants*, affirme Jean-Christian Borel. *Ils permettront non seulement de récolter et de transmettre des données mais également, grâce au télésoin, la formation des aidants et des professionnels de santé, son suivi et son maintien, ce qui est un véritable enjeu!* » (lire à ce sujet l'encadré page 26). Enfin, d'autres recherches en cours portent sur des dispositifs d'aide au désencombrement à destination des patients atteints de mucoviscidose, de BPCO ou encore de bronchectasies<sup>6</sup>.

1%

### Chiffre clé

C'est la part (en constante augmentation depuis 2006) des montants pour la mobilisation et l'aide à la toux présentés au remboursement dans les dépenses pour le respiratoire relevant de la Liste des produits et prestations remboursables (LPPR).

Source : « Mobilisation thoracique et aide à la toux - Forfait hebdomadaire » (date de validation par la CNEDIMTS : novembre 2014).

## HAUT DÉBIT

# UN VASTE CHAMP DES POSSIBLES

Le haut débit nasal connaît un essor important depuis le début du XXI<sup>e</sup> siècle. S'il a largement fait ses preuves en matière d'insuffisance respiratoire aiguë, ses indications et perspectives dans l'insuffisance respiratoire chronique en complément de la ventilation non invasive et à domicile sont encore à l'étude.



Dispositif de haut débit nasal

### DE LA THÉORIE...

Le haut débit nasal est souvent utilisé pour les patients souffrant d'insuffisance respiratoire hypoxémique (c'est-à-dire un manque de dioxygène dans l'organisme). « Cette modalité d'administration d'oxygène procure un meilleur confort et de meilleurs résultats cliniques que le masque ou les lunettes, particulièrement chez les patients en réanimation », assure Mathieu Delorme, kinésithérapeute libéral en région bordelaise et doctorant en Sciences. S'il est très souvent associé à l'oxygénothérapie, « le haut débit peut néanmoins fonctionner sans oxygène

et pourrait donc être associé à d'autres thérapies », nuance le spécialiste.

### À LA PRATIQUE

Le haut débit nasal est la conjonction de trois éléments : un débit élevé (entre vingt et soixante litres par minute) de gaz administré au patient, au sein duquel on règle la concentration d'oxygène délivré (de 21 à 100% selon les besoins des patients) ainsi que la température du gaz délivré par un système d'humidification ultra-performant. « Une humidification adéquate des gaz respiratoires est

Années  
2000

Essor du haut débit nasal  
en réanimation adulte

Années  
2010

Utilisation du haut débit  
nasal hors réanimation

Années  
2020

Études sur le haut débit  
nasal à domicile

HAUT DÉBIT

un point central de l'efficacité, de la tolérance et du confort de cette thérapie, notamment en réanimation, mais également dans toutes les situations où l'on rencontre une inflammation ou une hyperréactivité bronchique, accompagnée parfois de sécrétions difficiles à mobiliser comme dans la mucoviscidose, les dilatations de bronches ou pour certains patients atteints de bronchite chronique, par exemple», insiste Mathieu Delorme.

L'interface du dispositif de haut débit consiste en des canules nasales, d'un diamètre supérieur à celui des canules utilisées en oxygénothérapie standard. Non invasif, il participe également à l'efficacité et au confort, le patient pouvant notamment parler et se nourrir sans avoir à retirer un masque. «À noter qu'il existe également des interfaces compatibles avec les canules de trachéotomies, ce qui peut être particulièrement intéressant chez ces patients pour qui la gestion de l'humidification est une problématique majeure», ajoute Mathieu Delorme.

## UNE HISTOIRE D'INNOVATION

Utilisé depuis de nombreuses années en néonatalogie, notamment aux États-Unis, l'usage du haut débit nasal pour les adultes est beaucoup plus récent. «Entre le milieu et la fin des années 2000, il a connu un essor considérable dans les services de réanimation où il a montré ses bénéfices dans de nombreuses indications aiguës», explique Mathieu Delorme. On utilisait alors les gaz médicaux de source murale associés à un système d'humidification et un circuit chauffant extérieur. >>>



Interface du dispositif de haut débit

3<sup>e</sup> rang

### Chiffre clé

C'est le rang qu'occupe la BPCO dans les causes de mortalité dans le monde.

Source : OMS, 2021.

### Au-delà de la réanimation...

Depuis une dizaine d'années, les dispositifs médicaux à haut débit ont évolué, permettant aujourd'hui de se passer des gaz muraux grâce à une turbine qui prélève directement l'air ambiant. « *Affranchi des contraintes techniques liées à l'administration de gaz médicaux, le haut débit nasal a pu s'étendre à d'autres services hospitaliers*, constate Mathieu Delorme. *Et des études cliniques sont même en cours pour en étudier l'efficacité au domicile des patients chroniques.* »

### Une solution alternative pour certains patients

Techniquement faisable au domicile, le haut débit nasal pourrait y trouver différentes indications : désencombrement pour des patients atteints de mucoviscidose, de dilatations de bronche voire de BPCO grâce à l'humidification des gaz qui améliore la clairance mucociliaire<sup>Ⓞ</sup>, traitement complémentaire à l'oxygénothérapie pour certains patients atteints de BPCO ou de fibrose pulmonaire, ou encore traitement de certaines insuffisances respiratoires chroniques hypercapniques<sup>Ⓞ</sup>. « *Mais cela reste à confirmer avec les études cliniques*, tempère Mathieu Delorme. *D'autant que l'amplitude de l'amélioration de la capnie avec le haut débit ne saurait probablement pas être aussi élevée qu'avec une ventilation non invasive (VNI)*. En l'état actuel des connaissances, il ne pourrait donc être un traitement de première intention mais une alternative,



Dispositif de haut débit nasal

*potentiellement moins efficace mais parfaitement envisageable, pour des patients ne tolérant pas la VNI.* »

### De nombreuses perspectives

Reste que, pour l'instant, l'humidification passe nécessairement par un système chauffant fixe. « *Une piste d'amélioration est donc la mise au point d'un dispositif médical toujours aussi performant en termes d'humidification mais transportable afin d'améliorer l'autonomie et la mobilité des patients* », espère Mathieu Delorme. Les acteurs travaillent

également à l'optimisation du monitoring de la ventilation du patient au cours du haut débit, ainsi qu'à l'amélioration de l'humidification sur les ventilateurs qui proposent cette fonction.

Enfin, l'accès aux données à distance, pour l'instant limité dans le haut débit nasal, est toutefois « *amené à se développer dans les années à venir*, assure Mathieu Delorme. *Tout comme le développement de dispositifs intelligents, capables d'autoréguler le débit de gaz administré ou la concentration d'oxygène en fonction de la saturation du malade afin de réduire son effort ventilatoire tout en préservant son confort et en limitant les effets secondaires.* » L'aventure continue.



## TROUBLES RESPIRATOIRES DU SOMMEIL - DIAGNOSTIC

# CONNAÎTRE LES TROUBLES POUR POUVOIR LES TRAITER

L'exploration des troubles du sommeil d'un individu passe par l'enregistrement de ses paramètres respiratoires tout au long de la nuit. Longtemps effectués dans un laboratoire du sommeil, les enregistrements respiratoires susceptibles d'orienter le diagnostic d'apnée sont désormais possibles au domicile grâce aux progrès des dispositifs médicaux.



### DE LA THÉORIE...

La détection et le diagnostic des troubles respiratoires du sommeil reposent sur l'observation durant la nuit de la respiration du patient, des difficultés qu'il rencontre et de leurs répercussions sur l'oxygénation et le sommeil. Deux examens sont indiqués pour cette exploration nocturne. La polygraphie ventilatoire mesure uniquement les paramètres liés à la respiration au cours du sommeil. Lorsque le sommeil est continu, puisque le dormeur ne se réveille pas, elle suffit pour révéler un syndrome d'apnées-hypopnées **Ⓢ** du sommeil (SAHOS).

En revanche, si le sommeil est de mauvaise qualité ou que le syndrome est léger, seule une polysomnographie sera à même de le mettre en évidence. Outre les données respiratoires, cet examen pratiqué dans un laboratoire du sommeil recueille d'autres types de signaux comme l'activité du cerveau, le mouvement des yeux ou le tonus musculaire. En fonction des troubles suspectés, il explore aussi parfois le mouvement des jambes, l'évolution de la température corporelle ou la pression intrathoracique.

La polysomnographie donne accès à une analyse plus fine du sommeil qui permet non seulement de détecter les apnées du sommeil de tous types >>>

### Comprendre les apnées du sommeil

Il existe trois types d'apnées du sommeil :

- **Les apnées obstructives**, les plus fréquentes, sont causées par l'obstruction des voies aériennes supérieures. Elles se manifestent par un arrêt du flux aérien doublé d'une conservation des mouvements thoraciques et abdominaux. L'air ne passe pas malgré d'importants efforts pour respirer, qui provoquent un éveil brusque et soudain. Parmi ces apnées, les apnées obstructives dites positionnelles surviennent principalement dans la position dorsale durant le sommeil. Leur traitement consiste essentiellement en des dispositifs (coussin dorsal ou appareil thoracique vibrant) qui incitent le patient à changer de position lorsqu'il se trouve en position dorsale.

- **Les apnées centrales**, rares, se caractérisent par un arrêt de la commande respiratoire et des mouvements thoraciques et abdominaux, si bien qu'aucun volume d'air ne passe par les poumons. Elles peuvent être provoquées par des pathologies telles que l'insuffisance cardiaque, l'insuffisance rénale ou un AVC.

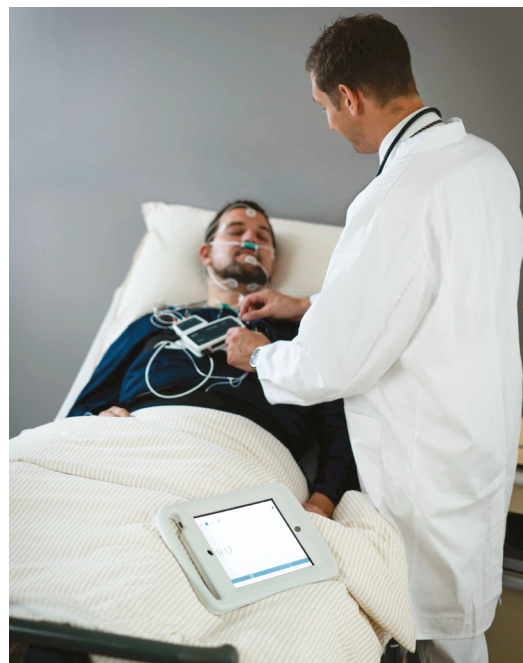
- **Les apnées mixtes** combinent les deux autres. Elles débutent par une apnée centrale à laquelle succède une apnée obstructive.

»»» mais aussi d'autres troubles du sommeil (hypersomnies, insomnies, mouvements anormaux...) liés à des anomalies cardiaques ou neurologiques. Par son approche globale, la polysomnographie est l'examen de référence dans le cadre de la recherche sur le sommeil.

### À LA PRATIQUE

La polygraphie respiratoire est souvent réalisée au domicile du patient, sur qui sont posés plusieurs capteurs (corps et visage). L'un d'eux, placé sous le nez, détecte le flux de l'air qui passe par les narines, voire par la bouche également. Il s'agit soit d'un système sensible aux variations de température entre l'air inspiré et l'air expiré soit, plus fréquemment, d'un capteur de débit couplé à des lunettes nasales. Un capteur de son fixé à la base du cou analyse le ronflement et un capteur de position précise si les événements respiratoires surviennent dans une position particulière. Un oxymètre est placé au bout d'un doigt pour mesurer le taux d'oxygène sanguin, lequel a tendance à baisser lorsque la respiration se fait mal. Des ceintures abdominales et thoraciques suivent les mouvements respiratoires et renseignent sur l'existence éventuelle d'une difficulté à faire entrer de l'air dans les poumons.

Pour savoir si la personne dort ou pas, un actimètre est parfois utilisé. Tous ces capteurs sont reliés par des fils à un petit boîtier qui tient sur une table de nuit et stocke les données respiratoires (débit,



Polysomnographie à l'hôpital

mouvements et taux d'oxygène donc, mais également fréquence cardiaque et ronflement) avant leur transfert le lendemain vers un ordinateur.

La polysomnographie, qui englobe de nombreux autres examens supplémentaires (électroencéphalogramme, électro-oculogramme, électromyogramme mentonnier, signaux cardiaque et respiratoire), requiert nécessairement plus de matériel. Elle a donc souvent lieu dans un centre d'exploration du sommeil où la personne est accueillie pendant une nuit.

Années  
1950

Identification des différentes phases de sommeil

Années  
1980

Début de la miniaturisation des dispositifs

Années  
1990

Développement de la polygraphie à domicile

Années  
2000

Les dispositifs de diagnostic se dotent de nouvelles fonctionnalités

Années  
2010

Développement de la polysomnographie ambulatoire



2,5  
millions

### Chiffre clé

C'est le nombre de personnes souffrant d'un syndrome d'apnée obstructive du sommeil en France (soit 5% des adultes).

Source : « Apnée du sommeil », FFAAIR, 2021.

## UNE HISTOIRE D'INNOVATION

Pendant longtemps, le seul moyen dont disposaient les médecins pour appréhender le sommeil de leurs patients était de les regarder dormir. Sur la base de leurs observations cliniques, ils pensaient qu'à l'exception des fonctions vitales, tout s'arrêtait pendant le sommeil. Il a fallu que soit mise en évidence l'activité électrique du cerveau pour que l'on remarque l'existence de variations pendant cet état. L'intérêt pour le sommeil était alors exclusivement l'affaire de quelques neurologues. À la fin des années 1950, ces derniers identifièrent les différentes phases du sommeil que l'on connaît actuellement : sommeil lent composé d'une phase de transition (stade N1), sommeil léger (stade N2), sommeil progressivement plus profond (stade N3), et enfin sommeil paradoxal (stade R). On commença à partir de ce moment à placer d'autres capteurs sur le corps des dormeurs pour étudier les fluctuations de leur rythme cardiaque, leurs mouvements respiratoires ainsi que leur activité musculaire. La polysomnographie était lancée. >>>

» À mesure que de nouveaux appareils de mesure donnèrent accès à de nouvelles données physiologiques, et dès lors que celles-ci renseignaient sur l'activité de l'organisme pendant le sommeil, les neurologues en équipèrent leurs enregistreurs, les rendant ainsi plus performants pour le diagnostic des troubles du sommeil... mais également de plus en plus intransportables.

### La miniaturisation en marche

À partir des années 1980, les connaissances sur la physiologie des apnées du sommeil se sont accumulées, de même que les bons résultats obtenus chez les patients traités par le tout nouveau traitement par pression positive continue au cours de la nuit. La miniaturisation des appareils de polysomnographie commença.

Apparut alors l'idée qu'il était possible de ne conserver que les paramètres respiratoires pour déceler un syndrome d'apnées du sommeil. L'innovation consista à déployer des dispositifs simplifiés. Ces derniers étant moins encombrants, il devenait possible de les utiliser au lit du patient et même à son domicile.

L'enregistrement à visée diagnostique, qui se déroule pendant toute la durée de la nuit, continuait néanmoins d'avoir lieu à l'hôpital et restait l'examen de référence. La mise sur le marché des premiers enregistreurs portables commença à la fin des années 1980 pour se développer pleinement au cours des années 1990. Ces appareils étaient petits et pouvaient être utilisés à domicile, offrant enfin une alternative à la nuit d'examen à l'hôpital, souvent contraignante pour la vie quotidienne. L'avantage était

aussi économique, une polygraphie respiratoire à domicile étant moins onéreuse qu'une nuit passée à l'hôpital. Enfin, l'outil portable rendit le diagnostic des apnées du sommeil accessible aux pneumologues de ville.

### Toujours plus sophistiqués

Au cours des années 2000-2010, les évolutions continuèrent dans le sens de la miniaturisation avec des appareils de plus en plus compacts et réduits à la taille d'un petit livre. Leur sophistication s'est également poursuivie. Un capteur relève plusieurs signaux, à l'instar de l'oxymètre qui embarque un logiciel de mesure de la fréquence cardiaque. Les capteurs de flux d'air des débuts, placés sous les narines et relativement fragiles, ont cédé la place à des lunettes nasales à usage

## De « la tombée de la lnette » au syndrome de Pickwick

Au XVIII<sup>e</sup> siècle, des écrits médicaux mentionnent, sous l'appellation « tombée de la lnette », un syndrome qui associe une lnette enflée, un manque de sommeil et une santé générale altérée. D'illustres personnages en auraient souffert, comme Napoléon 1<sup>er</sup>, réputé se lever plusieurs fois par nuit et dormir peu. Ses somnolences répétées pendant la journée, l'altération de ses capacités intellectuelles et une prise de poids

importante dans les dernières années de sa vie suggèrent qu'il aurait été sujet aux apnées obstructives du sommeil.

En 1956, aux États-Unis, des médecins remarquèrent par ailleurs que certains de leurs patients obèses se plaignaient de fatigue extrême et s'assoupissaient involontairement. Ils furent frappés par la ressemblance avec ce que vit Pickwick, un personnage du romancier Charles Dickens ayant

pour caractéristique de s'endormir debout. Ils donnèrent à ce tableau clinique le nom de « syndrome de Pickwick ».

Enfin, en 1965, un spécialiste de l'épilepsie, Henri Gastaut, observa chez des patients endormis atteints du syndrome de Pickwick des arrêts répétés de la respiration, qu'il nomma « apnées ». Depuis, la lnette est tombée aux oubliettes et Pickwick a tiré sa révérence.



Polysomnographie à domicile

unique et moins chères. À noter que la qualité de l'enregistrement dépend toujours de la manière dont les capteurs sont posés et attachés, ainsi que de l'adhésion du patient qui doit accepter de bouger le moins possible.

Enfin, pour tenter de s'abstraire de la contrainte des fils reliés aux capteurs d'un côté, à l'enregistreur de l'autre, les technologies sans fil commencèrent à être mises à contribution.

## La polysomnographie à domicile

Ces dernières années, c'est au tour de la polysomnographie d'avoir connu un virage ambulatoire. Grâce à des dispositifs miniaturisés, cet examen pourtant complexe peut désormais se réaliser à domicile. Une fois équipé par son médecin au cours d'un rendez-vous en fin de journée, le

## Le saviez-vous ?

On appelle « micro-éveil » un éveil court (entre 3 et 15 secondes) et inconscient de l'organisme à la suite et en réaction à une apnée du sommeil. Si la personne se réveille effectivement, elle n'en a pas le souvenir le lendemain. Ces micro-éveils empêchent les stades de sommeil réparateur qui correspondent normalement à une succession de trois à six cycles de 60 à 120 minutes chacun et composé d'une alternance de sommeil lent et paradoxal. Ils sont à l'origine d'une grande fatigue au réveil.

patient rentre chez lui, muni du dispositif médical, lequel tient dans une petite pochette. Les données sont ensuite traitées, analysées et transférées au médecin.

Une avancée qui se fait au bénéfice du patient et qui a été rendue possible grâce aux innovations en matière de numérique : en effet, les dispositifs de polysomnographie enregistrent les signaux mais ne les interprètent pas. Ils le sont par des logiciels d'analyse, aujourd'hui très performants, puis par le médecin qui interprète et pose le diagnostic.

## PRESSION POSITIVE CONTINUE ET TÉLÉSUIVI

# POUR UN SOMMEIL SANS APNÉES ET SANS DANGER

PPC : à elles seules, ces trois lettres (pour pression positive continue) ont changé la vie des très nombreuses personnes sujettes à de fréquentes apnées obstructives du sommeil. Aujourd'hui, ce sont quelque 1,2 million de patients qui bénéficient de cette thérapie.



Dispositif de PPC

### DE LA THÉORIE...

Normalement, durant le sommeil, les muscles qui contrôlent la langue et le voile du palais maintiennent ouvertes les voies aériennes supérieures. Mais si la gorge est particulièrement étroite ou si les muscles se relâchent trop, les voies aériennes peuvent se fermer et empêcher la respiration. Ce phénomène porte un nom : le syndrome d'apnées (interruptions de la respiration) hypopnées (réductions de la respiration) obstructives du sommeil (SAHOS).

Au bout d'un certain temps, le cerveau est averti du manque d'oxygène et envoie un signal au corps pour qu'il se réveille. Ce cycle peut se reproduire plusieurs centaines de fois au cours de la nuit, perturbant gravement le sommeil et

réduisant la quantité d'oxygène délivrée dans l'organisme. La santé, l'humeur et la qualité de vie des apnéiques s'en trouvent généralement altérées, avec notamment les symptômes suivants : ronflements, réveils fréquents et sensation d'étouffement la nuit, somnolence, manque d'énergie, maux de tête au réveil et troubles de la concentration ou de la mémoire la journée.

Environ 2,5 millions de Français seraient concernés, principalement des hommes au-delà de 40 ans, mais aussi des femmes de tous âges, des enfants et des nouveau-nés. Un chiffre qui ne cesse d'augmenter au fil des ans.

La ventilation par pression positive continue (PPC) est, avec les mesures hygiéno-diététiques, au cœur du traitement des patients atteints des formes modérées à sévères de ce syndrome.

## À LA PRATIQUE

Un dispositif de PPC se compose d'une machine à turbine placée au chevet du patient, d'un masque et d'un tuyau pour les relier. La turbine envoie de l'air à une pression déterminée vers le masque. Muni d'un harnais pour garantir sa stabilité, il peut être narinaire, nasal ou facial (nasal-buccal). La pression de l'air agit comme une attelle pneumatique afin d'empêcher la fermeture des voies aériennes supérieures et, donc, la survenue des apnées ou des hypopnées. Les réglages de la pression et du débit sont réalisés selon les besoins spécifiques du patient. Un humidificateur peut être ajouté pour réchauffer l'air pressurisé et éviter d'assécher les muqueuses sur son trajet respiratoire.

## UNE HISTOIRE D'INNOVATION

La ventilation par PPC naquit entre les mains expertes d'un médecin australien, le Dr Colin Sullivan, à la fin des années 1970. Il s'intéressa alors aux apnées du sommeil décrites quelque dix années plus tôt, qu'il étudia d'abord chez les chiens. Pour les traiter, il eut l'idée d'utiliser un masque qui pompe l'air ambiant et augmente la pression dans la gorge pour l'empêcher de se resserrer.

Chez l'homme, à l'époque, la chirurgie était la seule option thérapeutique offerte aux patients qui souffraient d'apnées du sommeil sévères. Dans les cas les plus graves, la trachéotomie, qui consiste à percer un orifice permanent dans la gorge afin que l'air pénètre dans les poumons sans passer par les

voies aériennes supérieures, était de mise. En 1980, un patient sévèrement apnéique du Dr Sullivan refusa d'être trachéotomisé. Ce dernier lui proposa de tester la machine à pression bricolée par ses soins à partir d'un moteur d'aspirateur et d'un masque de plongée. Cette nuit-là, la machine parvint à prendre la main sur les apnées du patient. La technique était prometteuse.

La ventilation par PPC n'a pas cessé d'évoluer depuis. En l'espace de quelques années, elle est devenue le traitement de référence du SAHOS. Ses performances thérapeutiques se sont affinées au rythme des innovations technologiques.

## La révolution des dispositifs autopilotés

La fin des années 1990 fut marquée par la mise au point de machines de PPC dites autopilotées. La précédente génération d'appareils, dits en pression fixe, nécessitait au préalable un réglage manuel de la pression impérativement effectué dans un laboratoire du sommeil. L'arrivée des ventilateurs autopilotés, qui analysent en temps réel le débit respiratoire du patient et adaptent automatiquement la pression de l'air délivré, a supprimé cette étape manuelle de titration. En outre, l'appareil autopiloté ne fournit que la pression nécessaire, les besoins en pression variant en fonction du stade du sommeil et de la position. Plus facile à mettre en œuvre, le traitement pouvait désormais être initié à domicile, ce qui contribua au fort développement des appareils autopilotés, aujourd'hui largement majoritaires.

## Plus d'ergonomie et de fonctionnalités pour le confort du patient

Le début des années 2000 furent celles de l'avènement des technologies augmentant encore le confort d'utilisation ou l'ergonomie des dispositifs. Les premiers générateurs de pression, semblables par la taille à un réfrigérateur de 100 litres, nécessitaient une installation dans une pièce annexe de la chambre à coucher, voire à la cave tant ils étaient bruyants. Désormais, ils occupent la place d'un radio-réveil, les tuyaux sont moins voyants et leur niveau sonore est tombé à 25 décibels.

Outre cette miniaturisation des appareils (permettant même au patient de partir en voyage), les fabricants ont doté les appareils de PPC d'humidificateurs chauffants. Les modèles externes >>>



Dispositif de PPC avec masque et humidificateur

### Les autres traitements des apnées du sommeil

Tout patient souffrant d'apnées du sommeil se verra dans un premier temps recommander des règles hygiéno-diététiques qui peuvent suffire pour les formes les plus légères de ce trouble : perte de poids en cas de surpoids ou d'obésité, activité physique régulière, arrêt du tabac, réduction de la consommation d'alcool, suppression de médicaments aggravant les apnées (anxiolytiques, morphiniques, etc.). La position pour dormir (sur le côté plutôt que sur le dos) joue également un rôle. Les orthèses d'avancée mandibulaire sont également un dispositif de référence pour les apnées de moyenne gravité ou les patients en situation d'échec thérapeutique avec la PPC (*lire sur le sujet le chapitre Orthèse d'avancée mandibulaire*). Enfin, l'intervention chirurgicale n'est aujourd'hui indiquée qu'en cas d'échec des autres solutions thérapeutiques. Elle est soumise à des critères ORL et maxillo-faciaux bien définis : l'intervention peut porter sur le voile du palais et les amygdales, le maxillaire inférieur ou le nez.

» ont peu à peu laissé la place aux humidificateurs intégrés à la PPC.

Enfin, de plus en plus d'appareils proposent un confort expiratoire : la pression s'abaisse à chaque expiration, rendant cette dernière plus facile. Ceci suppose un haut niveau de synchronisation de la machine avec la respiration du patient afin de détecter automatiquement l'inspiration ou l'expiration et d'adapter le niveau de pression en conséquence. Ce type de traitement convient aux personnes souffrant également de maladies pulmonaires et qui ont besoin de niveaux de pression très élevés, ou qui ont du mal à expirer contre une pression fixe.

À l'autre extrémité du dispositif, au contact avec le visage du patient, le masque fut lui aussi un objet d'innovation. Ceux des années 1980 et 1990 comportaient un coussin de silicone, aussi appelé bulle. Ils étaient conçus sur-mesure à partir de nombreuses pièces détachées. Associer la bonne taille au bon harnais et au bon système de fuite relevait d'un travail de technicien. Or, le masque est l'une des clés de l'observance du patient sous PPC. Conscients de cette exigence, les industriels ont diversifié et amélioré les masques depuis plus d'une décennie, les rendant plus petits, plus légers et plus silencieux en cas de fuites d'air. Il en existe désormais une large gamme afin de s'adapter au mieux aux besoins de chaque patient et favoriser son observance et son adhésion au traitement : masque nasal en gel de polyuréthane, confortable et peu irritant pour le nez ; masque narinare, très compact, doté parfois d'embout en gel ;

Fin des années

1970

Expérimentations  
du Dr Colin Sullivan  
sur la PPC

1980

Première  
ventilation  
par PPC

modèle sans appui frontal incluant un dispositif de harnais pour le stabiliser, qui dégagent le champ de vision de celui qui le porte et n'empêchent pas de lire avant de s'endormir.

### La révolution de la téléobservance et du suivi à distance

À la fin des années 2000, l'innovation sur les appareils de PPC concerne la gestion des données collectées par la machine, désormais dite « intelligente ». Les progrès de l'informatique et le développement de la télémédecine aidant, le suivi du traitement et la surveillance du patient peuvent désormais être effectués à distance.

Les premiers appareils étaient simplement équipés d'un compteur destiné à quantifier le nombre d'heures d'utilisation. Les suivants ont été dotés de mémoire pour extraire des données d'observance plus précises : le nombre d'apnées par heure, la pression moyenne d'air délivré... Autant d'informations qu'il fallait relever au lit du patient.



Années  
1990

Machines de PPC  
autopilotées

Années  
2000

Miniaturisation des  
dispositifs de PPC

Années  
2010

Développement du télé-suivi  
et du télé-réglage

2018

Introduction dans la  
nomenclature du remboursement  
et généralisation du télé-suivi



Dans les années 2010, un travail collégial entre autorités de tutelle, professionnels de santé, prestataires et associations de patients aboutit à un décret en décembre 2017 : « *Au-delà de la seule notion de l'observance, le texte met en avant l'importance du télé-suivi* », souligne le D<sup>r</sup> Carole Philippe, spécialiste des pathologies du sommeil à l'hôpital de la Pitié Salpêtrière (AP-HP).

Désormais capables d'envoyer les données d'observance récoltées, « *les appareils relèvent* »



Dispositif de PPC avec application de suivi à distance

30

## Chiffre clé

C'est le nombre d'apnées-hypopnées par heure d'enregistrement (ou indice d'apnées-hypopnées - IAH) au-dessus duquel une apnée est qualifiée de sévère.

Source : « *Le traitement de l'apnée du sommeil* », Ameli.fr.

» également d'autres informations, telles que les fuites d'air ou les index d'apnées-hypopnées, détaille le Dr Philippe. C'est d'un grand intérêt pour les professionnels de santé, afin qu'ils puissent évaluer l'efficacité du traitement. »

Transmises via des plateformes et messageries sécurisées, toutes ces données sont ensuite analysées par le professionnel de santé qui peut, si le prestataire lui en a ouvert les droits, modifier à distance les réglages de la machine en accord avec le patient.

### Mieux soigner, mais aussi prévenir

Ces dernières innovations présentent de nombreux bénéfices, pour les patients comme pour les professionnels de santé et les prestataires. « Comme les machines sont interrogeables à distance, un passage annuel est désormais possible pour procéder aux vérifications d'usage, souligne le Dr Philippe. Durant les périodes de confinement liées à la crise sanitaire de 2020-2021, on a constaté une augmentation du nombre de connections des prestataires et des médecins sur les plateformes fabricants. » Preuve que le télésuivi est d'une grande utilité, en contexte tendu mais aussi en routine. « Je suis environ 2000 patients, poursuit le spécialiste. Le télésuivi fait aujourd'hui pleinement partie de ma pratique quotidienne. En cas de doute, il suffit de se connecter à la machine du patient, de vérifier les données, de les analyser et de modifier les réglages si besoin en prévenant le patient et le prestataire. »



Données patient d'un dispositif de PPC

En ce qu'il permet aussi de maintenir le lien avec le patient entre deux consultations, « le suivi à distance est en train de bouleverser les pratiques en la matière, poursuit le Dr Philippe. Cela nécessite un travail et des discussions pluridisciplinaires avec les autres professionnels de santé qui interviennent dans le suivi du patient. Ainsi, l'index d'apnées-hypopnées résiduel sous PPC pourrait être un paramètre supplémentaire participant au suivi rapproché de patients fragiles, tels que les patients insuffisants cardiaques. J'ai par exemple eu le cas d'un patient qui avait fait un arrêt cardio-respiratoire récupéré.

En consultant les données de la machine, j'ai pu constater que son index d'apnées-hypopnées avait progressivement augmenté quelques jours auparavant. Un seuil d'alerte un peu plus précis aurait permis de prendre en compte ce signe avant-coureur et de prévenir l'événement indésirable ». Une amélioration à laquelle travaillent d'ailleurs de nombreux industriels, afin de rendre la prise en charge de ce syndrome toujours plus interactif, notamment du côté des patients qui pourraient, à terme, renseigner eux aussi des informations relatives à leur maladie qu'ils connaissent souvent (très) bien.

# ORTHÈSE D'AVANCÉE MANDIBULAIRE

## JOUER SUR L'EFFET MÉCANIQUE

D'abord utilisée pour venir à bout des ronflements sans avoir recours à la chirurgie, l'orthèse d'avancée mandibulaire (OAM) s'impose progressivement dans le traitement des apnées obstructives du sommeil grâce à une série d'innovations techniques façonnant un objet de haute précision.



### DE LA THÉORIE...

L'orthèse d'avancée mandibulaire (OAM) est le traitement de première intention en cas d'indice d'apnées-hypopnées (IAH) compris entre 15 et 30, et en l'absence de signe de gravité associé (comme une insuffisance cardiaque symptomatique, une maladie coronaire à haut risque, un antécédent d'AVC, une BPCO sévère, un asthme mal contrôlé, etc.). L'OAM est indiquée en deuxième intention pour les patients souffrant d'une apnée obstructive sévère (indice d'apnées-hypopnées

supérieur à 30). En effet, il arrive également que certains de ces patients (environ 10%) refusent d'emblée la ventilation par PPC qu'ils jugent trop contraignante. D'autres (entre 20% à 30% des apnéiques sévères) s'y essaient mais ne la tolèrent pas, malgré toutes les tentatives pour augmenter le niveau de confort du traitement. L'OAM peut alors leur être proposée comme alternative thérapeutique, afin de limiter les risques cardiovasculaires, notamment d'hypertension artérielle très souvent associée au syndrome, mais aussi d'insuffisance coronaire, d'infarctus du myocarde... >>>

## «La surveillance à long terme, essentielle pour l'efficacité de l'OAM»

**Dr Marie-Françoise Vecchierini,**  
spécialiste des troubles du sommeil au  
Centre du sommeil de l'Hôtel-Dieu (AP-HP)

«Jusqu'à récemment, nous disposions de quantités importantes de données sur l'efficacité à court et moyen termes mais pas sur le long terme. Or, cette surveillance à long terme de l'évolution du patient sous orthèse est également essentielle. En effet, des études récentes et en cours montrent qu'un suivi rigoureux permet de voir les modifications induites par les OAM elles-mêmes et de dépister l'évolution de la morphologie du sujet. Il faut en effet être très attentif à tous les signes cliniques, même les plus modestes, qui montrent que le dispositif perd de son efficacité. Cette surveillance subtile et constante est nécessaire pour l'efficacité de l'OAM qui peut et doit se maintenir à long terme. Il ne faut pas non plus hésiter, au cours du suivi, à contrôler à nouveau cette efficacité par un enregistrement de la respiration au cours du sommeil, en cas de besoin.»

Années

1930

Premiers modèles d'orthèse mandibulaire en maxillo-facial pédiatrique

Fin des années

1970

Dispositif d'OAM de Samelson en cire d'abeille

Début des années

2000

Premier modèle bi-bloc ; dispositifs en résine

»» L'efficacité de l'OAM est aujourd'hui démontrée: son port régulier diminue de moitié le nombre d'apnées par heure chez les deux tiers des patients appareillés. La bonne tolérance dont elle bénéficie doublée d'une bonne observance du traitement, ainsi que son coût moindre, font que ce dispositif a désormais toute sa place dans l'arsenal thérapeutique pour les apnées du sommeil, notamment aux côtés de la PPC. Il reste toutefois moins prescrit que cette dernière, souvent à cause de préjugés concernant son efficacité et d'une plus grande complexité du parcours de soins.

## À LA PRATIQUE

L'effet de l'OAM est mécanique et lié à la morphologie de l'appareil maxillo-facial: en effet, lorsque l'on se couche sur le dos, la langue tombe en arrière. Elle a alors tendance à obstruer l'espace appelé rétrobasilingual situé au fond de la bouche, donc les voies aériennes supérieures. L'orthèse sur mesure empêche cette obstruction: elle est composée de deux arcades moulées sur mesure

à partir d'empreintes de la denture du patient et se positionne dans la bouche à la manière d'un appareil dentaire amovible.

Le dispositif propulse la mâchoire inférieure vers l'avant, ce qui a aussi pour effet d'avancer la langue. Résultat: celle-ci ne s'affaisse plus à l'entrée de la gorge et laisse l'air circuler librement dans les voies aériennes. Le bénéfice est ainsi double: d'une part, le risque d'obstruction (partielle ou totale) des voies aériennes supérieures diminue, réduisant le nombre d'apnées; d'autre part, la vitesse de l'air inspiré étant moindre, les vibrations des parties souples du pharynx, responsables des ronflements, décroissent. Le degré d'avancée mandibulaire est réglable ou titrable selon l'OAM, soit par des biellettes ou des bandelettes de tailles différentes, soit par un système de vérins réglables.

L'orthèse doit être portée toute la nuit. Garantie trois ans, elle est réalisée sur-mesure par un chirurgien-dentiste ou un ORL expérimenté et nécessite un suivi dentaire régulier (généralement tous les 6 mois).

Années  
2010

Début des dispositifs  
sur-mesure

2014

La HAS reconnaît l'efficacité  
des OAM

2016

Définition du parcours de  
soins du patient sous OAM

Années  
2020

Numérisation des empreintes  
dentaires



Patiente utilisant une OAM

17 068

### Chiffre clé

C'est le nombre de nouveaux patients traités par OAM en France en 2019 (contre 300 000 par PPC), soit 5,7 % des patients.

Source : Cham, LPP 2019.

## UNE HISTOIRE D'INNOVATION

Les premiers modèles d'orthèse mandibulaire, monoblocs, étaient utilisés dans les années 1930 afin d'élargir les voies aériennes supérieures des enfants dotés d'une mâchoire inférieure anormalement petite. Il fallut attendre les années 1970 pour que soit mis au point le premier modèle pour lutter contre les ronflements.

La première orthèse dentaire fut en effet expérimentée à la fin des années 1970 par le Dr Charles Samelson, un psychiatre de Chicago, pour guérir son problème de ronflement qui gênait profondément son épouse. Il fabriqua des moules de sa langue en cire d'abeille qui permettaient de garder les voies respiratoires ouvertes par un phénomène de succion. Par la suite, cet objet a commencé à intéresser les médecins ORL à la recherche de solutions thérapeutiques contre les ronflements autres que la chirurgie. Avec la complicité de prothésistes dentaires, certains ont commencé à fabriquer ce type d'orthèses pour leurs patients ronfleurs.

>>>

### Vers plus de confort

Dans les années 1980, alors que la ventilation par pression positive continue (PPC) commençait à se déployer, les orthèses restaient rigides, difficiles à tolérer et d'une efficacité médiocre... Les OAM disponibles étaient en effet en métal et d'un seul bloc. Très inconfortables, elles étaient donc peu utilisées. Il a fallu attendre la mise au point de modèles bi-blocs au tournant de ce siècle et le remplacement du métal par de la résine pour que ces dispositifs, devenus beaucoup plus

confortables, trouvent grâce aux yeux des prescripteurs, notamment les ORL et les pneumologues, et des patients.

Portée par les succès obtenus dans le traitement des ronflements, l'OAM s'est progressivement perfectionnée, tirant profit de l'arrivée de nouveaux matériaux biocompatibles, plus souples et résistants, de nouvelles méthodes de fabrication et de nouvelles façons de propulser et/ou d'ajuster la propulsion, selon les modèles d'OAM.

Grâce aux technologies numériques, l'étape de fabrication devient de moins en moins artisanale

et de plus en plus industrielle, avec la possibilité de produire davantage et plus rapidement, dans l'intérêt des patients.

### Une efficacité prouvée

En 2014, l'évaluation menée par la Haute Autorité de santé (HAS) confirme l'efficacité des orthèses d'avancée mandibulaire pour réduire l'indice d'apnées-hypopnées et en clarifie les indications: « Certes, pour les apnées du sommeil, les OAM sont un peu moins efficaces que la PPC, mais cette faiblesse est largement contrebalancée par une tolérance et une observance supérieures, explique le Dr Marie-Françoise Vecchierini, spécialiste des troubles du sommeil au Centre du sommeil de l'Hôtel-Dieu (AP-HP). Cette balance efficacité-efficience intéressante a permis de faire des orthèses le traitement de seconde intention des formes modérées du syndrome d'apnée obstructive du sommeil avec somnolence diurne sévère et des formes sévères d'apnée du sommeil (en cas de refus ou d'intolérance du malade à la PPC). Leur efficacité a également été prouvée pour réduire la somnolence diurne, améliorer la vigilance et la conduite automobile, diminuer la pression artérielle et améliorer la qualité de vie à un niveau semblable à celui observé avec la PPC. »


Combinant ainsi efficacité et observance, l'efficacité est en effet recherchée pour chaque patient apnéique, permettant de lui proposer le meilleur traitement possible selon son profil et dans son intérêt.

Empreintes dentaires d'OAM



## Le parcours de soins du patient balisé

Les années 2010 sont également marquées par la volonté de faciliter et d'améliorer le parcours de soins des patients. En 2016, la HAS en précise les contours : *« Il repose sur la synergie entre le patient, le somnologue et le spécialiste dentaire qui forment un trio complémentaire et vont agir en bonne entente, détaille le D<sup>r</sup> Vecchierini. Cette collaboration entre deux spécialistes est peu fréquente. Mais dans ce cas précis, il y a un véritable contrat de soins avec des rôles partagés, une responsabilité commune et individuelle, une information mutuelle et du patient. »*

Ainsi, le somnologue pose le diagnostic du traitement par orthèse. Une visite chez le spécialiste dentaire vient ensuite poser un bilan global de l'appareil manducateur  afin de s'assurer que la pose de l'orthèse est possible. Sans contre-indication et après des éventuels soins dentaires, une empreinte de la denture du patient est réalisée et le spécialiste du sommeil reprend le relais. Il faut en effet un contrôle de l'efficacité de l'orthèse via un enregistrement objectif, dans les 3 mois suivant la pose puis à moyen et long termes (tous les 6 mois pour le spécialiste dentaire, tous les ans pour le somnologue).

*« Ce suivi à long terme est à la fois très nouveau et très important, souligne le D<sup>r</sup> Vecchierini (lire à ce sujet l'encadré page 42). Il permet de détecter rapidement les éventuels effets délétères de l'orthèse sur l'appareil mandibulaire et les premiers*

*signes de perte d'efficacité. Et donc de réajuster au plus vite. »*

## Numérisation complète de la chaîne

Depuis plusieurs années, les orthèses d'avancée mandibulaire sont donc bi-blocs, sur-mesure et ajustables. *« La personnalisation des dispositifs s'est en effet totalement répandue, constate le D<sup>r</sup> Vecchierini. Mais ce qui est très nouveau, c'est que certains fabricants les conçoivent aujourd'hui de façon entièrement numérique. »*

Une technologie de pointe qui participe à l'efficacité des orthèses d'avancée mandibulaire et qui peut même porter sur la prise de l'empreinte dentaire : le bilan dentaire, réalisé avec un scanner intra-oral numérique, est envoyé directement (sans les éventuels aléas liés au transport) au fabricant qui vérifie la cohérence des empreintes et lance la production quasi-instantanément. Grâce à la précision et à la finesse de l'empreinte numérique, l'orthèse épouse parfaitement la mâchoire du patient.

Pour l'instant, peu de dentistes et encore moins d'ORL sont toutefois équipés : *« C'est encore peu répandu car cela nécessite un scanner intraoral relativement coûteux et compatible avec le fabricant, relate le spécialiste. Il faut également de la méthode et une certaine habitude pour réaliser des empreintes numériques de qualité. Cette personnalisation entraîne sans nul doute un gain de temps, de précision et une facilitation de pose pour le praticien. »*

## FOCUS Observance : un big data de l'OAM à construire

Le chantier des données de santé permettant un suivi à distance et une évaluation de l'observance n'est cependant pas encore aussi avancé en France que pour la PPC, la ventilation ou l'oxygénothérapie par exemple. Certains appareils (encore rares !) sont dotés d'une puce permettant une observance dite objective.

La numérisation des données relatives au syndrome d'apnée du sommeil et, surtout, à ses complications via un carnet de suivi du patient permettrait également de construire un véritable big data de l'OAM. Une perspective très prometteuse pour le dépistage et le suivi des patients apnéiques, mais également pour améliorer la prévention.

# AÉROSOLTHÉRAPIE

## DES PARTICULES FINES QUI SOIGNENT

Apparus dans les années 1930, les aérosols obtenus par nébulisation constituent aujourd'hui un traitement de référence pour l'asthme, la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) et la mucoviscidose.

L'évolution des procédés de nébulisation a largement contribué à augmenter l'efficacité de ces traitements et à faciliter leur utilisation par les patients.



### DE LA THÉORIE...

La nébulisation consiste à transformer une solution liquide, par exemple un médicament, en un aérosol constitué de gouttelettes suffisamment fines pour rester en suspension dans un élément gazeux. Cet aérosol peut alors être inhalé, c'est-à-dire inspiré par le patient, et ainsi entrer en contact direct et rapide avec les voies aériennes. En cela, elle constitue une alternative intéressante à l'injection. Les principales indications de l'aérosolthérapie par nébulisation concernent ainsi essentiellement la pneumologie. Elle est préconisée pour le traitement

de l'asthme, de la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) mais aussi de la mucoviscidose (*lire à ce propos l'encadré page 51*). Plusieurs catégories de médicaments peuvent être administrées de la sorte : bronchodilatateurs, fluidifiants, corticoïdes, anti-inflammatoires non stéroïdiens et antibiotiques. L'aérosolthérapie a également fait ses preuves pour soigner l'hypertension artérielle pulmonaire primitive et prévenir certaines infections pulmonaires. En ORL, elle est indiquée dans le traitement de plusieurs formes de laryngites et de rhino-sinusites.



## À LA PRATIQUE

Pour produire un aérosol à visée médicale, plusieurs types de nébuliseurs existent qui se distinguent par leur technologie, leur rendement et leur capacité à conserver le pouvoir thérapeutique du médicament. Inhalées à l'aide d'un embout buccal ou d'un masque, les gouttelettes de l'aérosol cheminent à travers les voies respiratoires où elles pénètrent plus ou moins profondément selon leur diamètre. En fonction des zones à traiter visées, les particules peuvent mesurer plus de dix micromètres (souvent pour la sphère ORL et les fosses nasales), entre un et cinq micromètres (pour les poumons et les bronches) ou moins de un micromètre (pour les alvéoles pulmonaires).

Le médicament ainsi délivré agit donc directement sur l'organe cible et ce, en quelques minutes. L'âge du patient, l'état de ses poumons ainsi que les paramètres respiratoires pendant l'inspiration ont également une incidence sur la pénétration de l'aérosol et son efficacité thérapeutique.

## UNE HISTOIRE D'INNOVATION

Utiliser le pouvoir thérapeutique de particules en suspension inhalées est une idée très ancienne, qui a notamment accompagné le développement de la médecine thermique. Pour autant, l'histoire de la nébulisation est marquée par une alternance de périodes d'engouement et de désintérêt jusqu'à ce qu'elle parvienne à confirmer sa place


dans la pharmacopée au cours du XX<sup>e</sup> siècle. Le premier nébuliseur à usage médical est né en 1858 entre les mains du pneumologue Jean Sales-Girons, qui le baptisa « instrument pulvérisateur des liquides médicamenteux ». Cet appareil à air comprimé utilisé dans les stations thermales formait un fin brouillard administré aux malades pulmonaires. Malheureusement, on ajoutait à ces eaux minérales des substances telles que la térébenthine et le pétrole, qui sont des produits dangereux puisqu'ils provoquent des pneumopathies interstitielles. On ignorait que de telles substances huileuses augmentent la taille des particules qui deviennent alors irrespirables. Ce qui, à l'époque, mit en doute l'efficacité de ces thérapeutiques.

## Du nébuliseur au spray

La découverte de l'adrénaline et de l'éphédrine au début du XX<sup>e</sup> siècle contribua à donner un nouvel élan à la nébulisation. Efficace contre les crises d'asthme (son utilisation première), l'inhalation de ces produits s'avère également capable d'enrayer les réactions allergiques graves, si bien qu'elle devint rapidement un traitement de choix des allergologues et des urgentistes contre l'œdème de Quincke. Ces inhalations étaient administrées le plus souvent par de petits appareils de type vaporisateur à parfum.

En 1940, Robert Tiffeneau mit au point un générateur d'aérosol qu'il décrivit dans une note à l'Académie des Sciences. Le nébuliseur pneumatique, aujourd'hui encore le plus répandu, était né.

S'il sera notablement perfectionné par la suite, le principe, simple, reste le même : un compresseur ou un branchement sur une prise d'oxygène murale génère dans le nébuliseur un flux d'air qui atomise le médicament et crée l'aérosol.

Une seconde catégorie de nébuliseurs, dits ultrasoniques, fut inventée aux États-Unis dix ans plus tard. Aussi encombrant que son équivalent pneumatique, il présentait toutefois un avantage sur celui-ci : être silencieux. La préparation est nébulisée sous l'effet d'ondes ultrasoniques générées par un cristal aux propriétés piézoélectriques  qui vibre à haute fréquence (2 MHz). >>>



Nébuliseur portable à tamis

### «Construire une culture de l'aérosolthérapie»

**P<sup>r</sup> Virginie Escabasse**, Service d'ORL et de chirurgie cervico-faciale, Centre hospitalier intercommunal de Créteil (CHIC)

« Très impliquée dans l'aérosolthérapie depuis de nombreuses années, j'ai assisté à son évolution en ORL. Même si un article et des recommandations, auxquels j'ai participé, ont été émis sur l'usage de l'aérosolthérapie à visée sinusienne par l'Association française de rhinologie, la connaissance du dispositif à utiliser avec un embout nasal et les thérapeutiques utilisables ne sont pas encore complètement acquises par l'ensemble des praticiens: dispositif inadapté, dilution du produit actif, durée de l'aérosol, mélanges de molécules thérapeutiques qui en altèrent l'efficacité... Une information sur l'aérosolthérapie à visée sinusienne adaptée aux pathologies sinusiennes est capitale dans les congrès et formation DPC. Enfin, afin d'optimiser le soin des voies aériennes supérieures et inférieures dans les pathologies respiratoires inflammatoires et infectieuses, une collaboration étroite entre les ORL et les pneumologues dans la prise en charge des patients est essentielle. »



Appareil d'aérosolthérapie avec nébuliseur

»» D'abord utilisé pour humidifier les voies aériennes, en cas de trachéotomie notamment, l'appareil attira l'attention des médecins qui cherchaient à produire des aérosols thérapeutiques. Hélas, toutes les molécules ne résistant pas à un tel traitement vibratoire et à l'augmentation de température, le matériel s'avéra inadéquat pour la plupart des traitements à aérosols. Puis en 1956 apparut un autre type de dispositif permettant

1858

Invention du premier nébuliseur à usage médical

1940

Premier prototype d'aérosol pneumatique

de délivrer un aérosol: l'aérosol-doseur pressurisé ou spray. Ces appareils petits, peu onéreux et théoriquement faciles à mettre en œuvre ont conquis le monde médical en faisant tomber en désuétude les nébuliseurs bruyants et peu efficaces de l'époque. S'ensuivit une longue période creuse pour les nébuliseurs, peu propice à l'innovation. Du reste, les médicaments administrables sous la forme d'aérosols étaient encore peu nombreux, ce qui limitait la portée de l'aérosolthérapie.

### Le retour en grâce de la nébulisation

Il fallut attendre les années 1980 pour voir apparaître de nouveaux traitements par voie inhalée et, avec eux, un regain d'intérêt pour les dispositifs de nébulisation. À cette époque marquant le début de l'épidémie de Sida, beaucoup de patients séropositifs au VIH contractaient des infections pulmonaires contre lesquelles l'inhalation de pentamidine s'avérait efficace à condition que l'aérosol pénètre suffisamment profondément les poumons. Il fallut donc trouver le moyen

# 1950

Apparition des nébuliseurs ultrasoniques

# 1956

Premiers aérosol-doseurs pressurisés (ou sprays)

Années  

# 1980

Développement de la nébulisation à domicile

Années  

# 2000

Arrivée des nébuliseurs à double venturi




Nébuliseur pour enfant

# 4 millions

## Chiffre clé

Nombre de personnes souffrant d'asthme en France. 3,5 millions sont atteintes de BPCO et 7280 de mucoviscidose.

Source : Santé publique France, association Santé Respiratoire France, Registre français de la mucoviscidose (2010, 2019, 2021).

d'obtenir les gouttelettes les plus fines possibles. Par ailleurs, les rejets de pentamidine étant toxiques pour l'entourage, il était nécessaire de réussir à filtrer l'air expiré. Ces deux contraintes poussèrent chercheurs et industriels à améliorer les performances des nébuliseurs pneumatiques. À la même période, la prise en charge de la mucoviscidose s'améliora et la nébulisation fit ses preuves pour traiter par antibiotiques certaines infections pulmonaires chez ces patients. Enfin, cette décennie fut celle du développement de la nébulisation à domicile lié à celui de petits appareils ultrasoniques simples et faciles d'utilisation. La logique se répéta dans les années 1990, lorsqu'une molécule aux propriétés mucolytiques  obtenue par génie génétique, la rhDNase, offrit de nouvelles perspectives pour fluidifier les sécrétions des patients atteints de mucoviscidose.

Très fragile, elle ne pouvait toutefois pas être administrée par nébuliseur ultrasonique. On se tourna alors vers les appareils pneumatiques pour améliorer les performances et développer les compresseurs.

»»»

### Toujours moins de pertes résiduelles

Les nébuliseurs à double venturi apparurent au début des années 2000. Cette technique consiste à créer une double dépression d'air qui augmente la quantité d'aérosol. Non seulement la nébulisation est plus rapide mais la quantité de produit délivré est plus importante à l'inspiration qu'à l'expiration, ce qui diminue la diffusion de médicament dans l'atmosphère. Parallèlement, des améliorations furent apportées sur la réduction du volume résiduel, rendant inutile la dilution du médicament et réduisant la durée de la séance.

Les premiers nébuliseurs à tamis vibrants firent irruption dans le paysage à la même période. Ces appareils petits, transportables, très silencieux et qui fonctionnent sur batterie signèrent une véritable révolution technologique dans le monde de l'aérosolthérapie. Le tamis dont ils sont équipés est percé de milliers de trous par centimètre carré, ce qui permet d'obtenir des particules parfaitement calibrées avec très peu de pertes résiduelles. Pour administrer une dose d'aérosol, il ne faut plus que 3 minutes, contre 10 avec un appareil pneumatique.

En revanche, les nébuliseurs à tamis vibrants sont plus fragiles et surtout beaucoup plus chers. Dès lors, les améliorations apportées aux nébuliseurs, toutes technologies confondues, ont concouru à atteindre trois objectifs : augmenter la performance des appareils, réduire les pertes de produits et éviter les fuites au niveau de l'embout



Système de nébulisation pneumatique avec compresseur

nasal ou du masque. Alors que le défi des années 1980 consistait à maîtriser la taille des particules et à rejeter le moins de produit possible dans l'atmosphère, il s'agit désormais de rendre disponible toute la dose pour le patient et d'optimiser le rendement de l'appareil.

### Toujours plus précis et ciblé

Ainsi des nébuliseurs ont-ils été conçus pour ne produire l'aérosol qu'à l'inspiration, ce qui limite encore les pertes de médicaments. C'est le cas des systèmes dosimétriques qui permettent de quantifier de manière précise la dose effectivement

délivrée aux patients. Toutefois, ces dispositifs présentent certains inconvénients : ils allongent la durée des séances de nébulisation et sont complexes, notamment en termes d'entretien, et onéreux.

Des recherches portent également sur des nébuliseurs extrêmement précis, permettant de délivrer directement des particules fines dans des zones difficiles d'accès (nez, sinus) de manière ciblée. Ces innovations ouvrent des pistes extrêmement intéressantes, notamment en neurologie pour le traitement de pathologies cérébrales ou neurodégénératives, comme les migraines sévères ou la maladie d'Alzheimer par exemple.

## Améliorer l'observance et faciliter la vie des patients

Aujourd'hui, les industriels sont toujours aussi mobilisés pour améliorer la prise en charge des patients sous aérosolthérapie, notamment en matière d'observance. C'est dans cette optique qu'il existe désormais des systèmes combinant nébuliseurs et médicaments. Le patient reçoit ainsi directement à domicile une solution tout en un avec la bonne quantité de substance thérapeutique dans le bon dispositif pour sa pathologie. Certains nébuliseurs sont également dotés d'accessoires permettant de combiner la nébulisation à d'autres traitements ou à des séances de kiné par exemple, ou encore de capturer l'aérosol expiré

pour éviter sa propagation, préservant ainsi proches et aidants. Une des perspectives à ce titre concerne les nébuliseurs journaliers qui peuvent être utilisés plusieurs fois dans la même journée avant d'être jetés, évitant les étapes de nettoyage et de stérilisation contraignantes pour de nombreux patients, et notamment les jeunes atteints de mucoviscidose.

Enfin, en matière de transformation numérique, force est de constater que le gain est à ce jour relativement moindre que dans d'autres domaines respiratoires. Cela s'explique probablement par la courte durée des séances qui favorise l'observance. Ce qui n'empêche cependant pas les fabricants de développer des dispositifs connectés capables d'enregistrer des données dans



une optique de suivi pulmonaire global, afin d'en augmenter l'efficacité en s'assurant à distance par exemple que le dispositif médical est utilisé conformément à la prescription.

## Comprendre la mucoviscidose

La mucoviscidose est la plus fréquente des maladies génétiques et héréditaires létales. Elle est due à une anomalie du gène codant la protéine CFTR. Celle-ci est chargée d'assurer la fluidité du mucus sécrété par les cellules de revêtement des organes creux (bronches, tube digestif, canaux biliaires du foie ou du pancréas). En cas d'altération de cette protéine, le mucus est anormalement épais et collant. En raison de son importante viscosité, il entraîne l'obstruction des canaux au niveau des organes concernés et s'accumule dans les voies

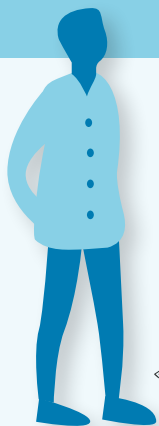
respiratoires et digestives. Au niveau pulmonaire, la mucoviscidose se manifeste par de nombreuses complications qui s'aggravent au fil du temps : toux chronique, gêne et diminution de la fonction respiratoire, BPCO, insuffisance respiratoire. L'encombrement des bronches entraînent également de fréquentes infections bactériennes et sinusites chroniques. Au niveau digestif, elle peut entraîner une obstruction des voies et canaux de l'intestin, du foie et du pancréas, provoquant une fibrose puis une insuffisance pancréatique, une malabsorption

des graisses voire des nutriments et vitamines, des troubles digestifs (stases, diarrhées, constipation, douleurs...). Un diabète peut également se développer.

La prise en charge de la mucoviscidose consiste, selon les cas, en l'administration de médicaments palliant les défauts de fonctionnalité de la protéine CFTR ou de mucolytiques et fluidifiants bronchiques. Une kinésithérapie régulière permettant d'améliorer l'expectoration bronchique vient compléter l'arsenal thérapeutique.

# « Les traitements ne sont plus synonymes de conflit »

## LE REGARD DU PATIENT



Matéo est atteint de mucoviscidose. Diagnostiqué à l'âge de 2 mois, il a aujourd'hui 3 ans et demi. Après des épisodes difficiles liés à cette maladie omniprésente au quotidien, le petit garçon bénéficie aujourd'hui d'un dispositif connecté adapté à son jeune âge qui l'aide à connaître sa maladie et ses traitements, comme le raconte sa maman, Lesly.

*« La santé de notre fils étant au cœur de nos préoccupations, nous avons quitté notre Corse natale pour la région Centre-Val de Loire, afin de nous rapprocher de l'hôpital Necker, à Paris, où il doit se rendre une fois par mois. Scolarisé le matin, notre fils suit également des séances de kiné quotidiennes. Afin de traiter ses troubles de l'oralité, nous nous rendons également régulièrement dans un Centre d'action médico-sociale précoce (CAMSP). Longtemps, nous avons organisé toute notre vie autour de sa maladie, d'autant que nous ne déléguons jamais les soins de notre fils à notre entourage. Mais nous essayons à présent de nous autoriser des sorties, à la piscine ou au parc par exemple. Je ne cache pas que la prise en charge de Matéo est assez lourde. Il a en effet une pompe pour la*

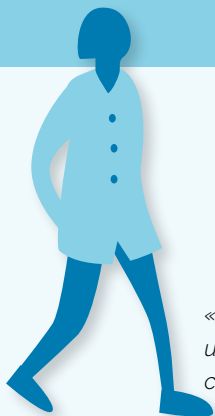
*nutrition entérale depuis qu'il est bébé (entre 800 centilitres et 1 litre aujourd'hui) et au moins quatre aérosols quotidiens par voie orale, pour la kiné et à la maison. Ce sont toujours des moments longs et compliqués pour lui, d'autant plus que l'épidémie de Covid-19 nous a obligés à faire les séances dans la voiture... Il prend un traitement à chaque repas pour aider l'assimilation des matières grasses.*

*La maladie fait partie de notre quotidien, mais les choses se sont vraiment améliorées avec l'arrivée, il y a un an et demi, de notre petit robot connecté. Ce dispositif émet une musique qui indique à Matéo que c'est l'heure de ses traitements et qui le motive. Il s'installe devant son petit robot dans la salle de sport que nous avons dédiée à ses traitements et fait ses aérosols tranquillement et entièrement, en regardant un petit*

*dessin animé pour que le temps passe plus vite. Après avoir vécu des périodes très difficiles de refus total, ce dispositif a beaucoup aidé Matéo à accepter son traitement, même du haut de ses 3 ans ! Cela a été extrêmement bénéfique pour tout le monde : les traitements ne sont plus synonymes de conflit avec notre fils et celui-ci se montre beaucoup plus motivé grâce à l'aspect ludique, et plus responsable. Désormais, il connaît bien ses traitements et comment les prendre, grâce aux explications que le robot lui donne à chaque séance. »*

# « La ventilation mécanique m'a réveillée à la vie »

## LE REGARD DU PATIENT



Sous ventilation mécanique par pression positive continue (PPC) depuis une dizaine d'années en raison d'apnées du sommeil, Michelle Violeau ne reviendrait en arrière pour rien au monde. Elle partage son histoire et sa qualité de vie retrouvée.

*« Après avoir longtemps tenu un commerce, j'ai fait une reconversion professionnelle en centre d'appels pendant 17 ans, un emploi qui n'est a priori pas éreintant physiquement. Or je me sentais perpétuellement épuisée. Je dormais mais je ne récupérais jamais, je m'essouffais vite, je m'endormais très souvent en voiture ou devant la télévision... J'avais bien un peu de surpoids mais je ne comprenais pas d'où cela venait.*

*Mon médecin traitant m'a aiguillée vers un pneumologue d'un centre du sommeil, une chance puisque ce type de structure était encore assez rare il y a une dizaine d'années. Immédiatement les apnées du sommeil ont été évoquées, une pathologie que je n'avais absolument pas envisagée. Le verdict a été sans appel : le relevé nocturne révélait un taux impressionnant. J'ai donc été placée sous ventilation nocturne par PPC et*

*recouvré rapidement le sommeil et des forces. Je ne cache pas qu'il y a une période d'acceptation : au début, ce n'est pas facile de se dire qu'on a besoin d'un appareil pour respirer et qu'on va être équipée toute sa vie. Il y a une sorte de fatalité. Mais d'une part, la solution mécanique évite de prendre des médicaments, ce qui est à mon sens toujours bon à prendre. Et d'autre part, le résultat a été tellement patent que j'ai accepté la contrainte. J'ai aussi eu l'immense chance d'avoir le soutien indéfectible de mon époux. Cela a été d'autant plus précieux que je craignais que le traitement n'abîme notre vie de couple et que l'on doive dormir séparément. Or l'appareil est discret, peu bruyant et l'on s'y habitue. Facilement transportable, on peut partir en vacances. Seule précaution : je me munis toujours d'une rallonge électrique pour être sûre de brancher facilement la pompe près du lit. C'est une habitude à prendre, comme emporter sa brosse à dents !*

*Aujourd'hui équipée d'une pompe avec une réserve d'eau, je ne fais quasiment plus d'apnées. Je garde néanmoins ce dispositif pour m'aider à ventiler en raison du surpoids. Le technicien passe tous les 3 mois pour effectuer les relevés du dispositif, relié à un système de télésurveillance pour détecter les anomalies, ce qui est très rassurant.*

*Car c'est bien de ça qu'il s'agit : je m'endors l'esprit tranquille et je ne pourrai plus m'en passer. J'ai retrouvé de la sérénité. La PPC m'a certes rendu le sommeil mais elle m'a surtout réveillée à la vie. Avant, tout devenait vite pénible, j'étais éteinte. Je craignais même de glisser vers la maladie d'Alzheimer... Maintenant, ça n'a plus rien à voir ! Même mes amies me disent que je suis beaucoup plus active. Je ne veux plus perdre de temps, j'ai envie de bouger, de m'occuper de mon jardin. Je comprends les réticences de certains patients mais je suis convaincue qu'il ne faut pas hésiter et y aller à fond. Cela permet d'être tellement bien. »*

## A

### **Algie**

Douleur, le plus souvent diffuse, sans relation définie avec une cause organique.

## B

### **Bronchectasie**

Dilatation des bronches due à une infection et une inflammation chronique.

## C

### **Capnie transcutanée**

Surveillance non invasive de la pression en dioxyde de carbone.

### **Clairance mucociliaire**

Mécanisme de nettoyage naturel de la muqueuse respiratoire réalisé par l'organisme.

## E

### **Électro-oculogramme**

Enregistrement de la position et des déplacements des globes oculaires.

### **Électromyogramme**

Enregistrement de l'activité électrique neuromusculaire.

### **Endotrachéal**

Se dit d'un dispositif destiné à être inséré dans la trachée par la bouche ou le nez.

## Épithélial

Relatif à l'épithélium, le tissu formé de cellules juxtaposées qui recouvre la surface du corps ou tapisse l'intérieur de tous les organes creux.

## Exacerbation (ici)

Aggravation des symptômes et, par conséquent, d'une pathologie.

## F

### **Frittage**

En métallurgie des poudres, procédé de chauffage visant à agglomérer les produits traités afin de leur donner une cohésion et une rigidité suffisante, sans recourir à une fusion complète.

## H

### **Hyperbare**

Se dit d'une pression supérieure à la pression atmosphérique normale.

### **Hypercapnique**

Relatif à une augmentation pathologique de la concentration de gaz carbonique dans le sang.

### **Hypersomnie**

Tendance pathologique à un sommeil anormalement prolongé ou survenant trop fréquemment.

### **Hypopnée**

Diminution de la ventilation par rapport à la ventilation de repos.

## M

### **Manducateur**

Qui intervient dans les actions mécaniques préalables à la digestion (mastication, insalivation, etc.).

### **Manodétendeur**

Dispositif permettant d'abaisser la pression d'un gaz comprimé et d'en régler l'utilisation.

### **Mucolytique**

Se dit d'un médicament capable de fluidifier les sécrétions bronchiques visqueuses en agissant directement sur le mucus et facilitant l'expectoration.

## N

### **Normobare**

Se dit d'une pression égale à la pression atmosphérique normale.

## P

### **Piézoélectrique**

Qui concerne les phénomènes électriques produits par des corps qui se déforment.

## S

### **Spirophore**

Caisson à dépression destiné à pratiquer la respiration artificielle.



**Stase**

Arrêt ou ralentissement important de la circulation du sang ou de l'écoulement d'un autre liquide organique.

**T****Titration**

Méthode de laboratoire visant à quantifier une substance chimique dans un liquide ou un gaz.

**V****Venturi (effet)**

Dépression produite par la vitesse de circulation d'un fluide. Les masques dotés de cet effet permettent une oxygénothérapie de moyenne concentration.

**Z****Zéolithe**

Silicate naturel hydraté que l'on trouve principalement dans les cratères volcaniques.

## OUVRAGES

J.-F. Muir, D. Robert, « *Ventilation non invasive* », Éditions Masson, 1996.

L. Pariente, « *Naissance et évolution de 15 formes pharmaceutiques* », Éditions L. Pariente, 1996.

H. Massiou, « *Algies vasculaires de la face* », Encyclopédie médicochirurgicale 17-023-A-70, Éditions Elsevier, 2003.

## OUVRAGES EN LIGNE

« *Dictionnaire médical de l'Académie de médecine* », édition 2014.

« *Dictionnaire Larousse médical* », édition 2006 Bibliothèque numérique Médic@.

## ARTICLES ET PUBLICATIONS

C. Chopin, « *L'histoire de la ventilation mécanique : des machines et des hommes* », présentation au Congrès de la SRLF, 2006.

J.-F. Muir, « *La ventilation à domicile en France* », éditorial de la Revue des Maladies Respiratoires, 2004.

D<sup>r</sup> J. Gonzalez-Bermejo et D<sup>r</sup> H. Prigent, « *Optimisation de la phonation sous ventilation artificielle* », Revue des Maladies Respiratoires (Rev Mal Respir), avril 2008.

D<sup>r</sup> F. Philit et al., « *La gestion de la trachéotomie chez les patients adultes sous assistance ventilatoire à*

*domicile* », Revue des Maladies Respiratoires (Rev Mal Respir), 2004.

« *Trachéotomie et maladies neuromusculaires* », fiche repère de l'Association Française contre les Myopathies, octobre 2007.

J.-F. Muir et A. Cuvelier, « *Effet des traitements sur la qualité de vie des bronchopneumopathies chroniques obstructives : oxygénothérapie et assistance respiratoire à domicile* », Congrès de la SPLF, 2001.

Pr J.-C. Meurice et al., « *Traitement du SAHOS par ventilation en pression positive continue (PPC)* », Revue des Maladies Respiratoires (Rev Mal Respir), 2010.

Guides patients de l'ANTADIR : « *Apnées du sommeil* », « *Oxygénothérapie* », « *Ventilation non invasive* », « *Trachéotomie* ».

« *Mucoviscidose – des pistes thérapeutiques encourageantes* », dossier d'information, Inserm, 2021.

« *Réponses rapides dans le cadre de la Covid-19 – Prise en charge à domicile des patients atteints de la Covid-19 et requérant une oxygénothérapie* », HAS, novembre 2020.

F. Lellouche, « *Quelle technique d'humidification pour la ventilation invasive et non invasive ?* », SRLF et Lavoisier SAS, 2015.

« *Oxygénothérapie à long terme : choisir la source la mieux adaptée* », HAS, mai 2012.

« *La télésurveillance : ETAPES* », Ministère des Solidarités et de la Santé

J.-D. Ricard, B. Sztrymf, J. Messika, R. Miguel Montanes, S. Gaudry, D. Dreyfuss,

« *Oxygénothérapie haut débit, intérêt et limites* », Urgences 2012.

« *Procédure d'acquisition et d'analyse des paramètres respiratoires au cours d'un enregistrement de sommeil nocturne* », Recommandation SFRMS de Bonnes Pratiques Cliniques N°4 (R4), 2010.

## RAPPORTS D'ÉVALUATION DE LA HAS

« *Oxygénothérapie à domicile* », avril 2012.

« *Ventilation mécanique à domicile* », novembre 2012.

« *Stimulation phrénique implantée* », mai 2009.

« *Systèmes de nébulisation pour aérosolthérapie* », janvier 2007.

AVIS DE LA CNEDiMITS du 21 mai 2019 sur les OAM « Oniris Pro ».

« *Mobilisation thoracique et aide à la toux* », Révision de catégories homogènes de dispositifs médicaux, novembre 2014.

## SITES INTERNET

Respir@dom : [www.respiradom.fr](http://www.respiradom.fr)

Association Nationale pour les Traitements  
À Domicile, les Innovations et la Recherche  
(ANTADIR) : [www.antadir.com](http://www.antadir.com)

Réseau Morphée : [www.reseau-morphee.fr](http://www.reseau-morphee.fr)

Fondation du Souffle : [www.lesouffle.org](http://www.lesouffle.org)

Fédération française des associations et amicales  
des malades, insuffisants ou handicapés  
respiratoires (FFAAIR) : [www.ffaair.org](http://www.ffaair.org)

Fondation Sommeil : [www.fondationsommeil.com](http://www.fondationsommeil.com)

Association Vaincre la mucoviscidose :  
[www.vaincrelamuco.org](http://www.vaincrelamuco.org)

## LES PRINCIPALES SOCIÉTÉS SAVANTES EN RESPIRATION

Société de pneumologie de langue française  
(SPLF) : <https://splf.fr>

Fédération française de pneumologie (FFP) :  
<http://www.ffpneumologie.org>

Collège des enseignants de pneumologie (CEP) :  
<http://cep.splf.fr>

Intergroupe Francophone de Cancérologie  
Thoracique (IFCT) : <https://www.ifct.fr>

# REMERCIEMENTS

---

**Lucile Blaise**, Vice-Présidente Europe de l'Ouest de ResMed

**Jean-Christian Borel**, Directeur R&D de l'association AGIR à dom.

**Gilles Chantrel**, co-gérant de Diffusion Technique Française

**D<sup>r</sup> Jean-Pierre Chaumuzeau**, pneumologue libéral, membre de la SPLF

**D<sup>r</sup> Bertrand Delaisi**, pneumologue au Centre de Pneumologie de l'Enfant, Boulogne-Billancourt

**Mathieu Delorme**, kinésithérapeute, MSc Doctorant, Hôpital Raymond Poincaré, Garches (AP-HP)

**D<sup>r</sup> Jean-François Dessanges**, physiologiste, membre de la SPLF

**Marie Ertzbischoff**, Responsable Marketing chez Pari-PulmoMed

**P<sup>r</sup> Virginie Escabasse**, médecin ORL, Service d'ORL et de chirurgie cervico-faciale du CHU de Créteil

**Cédric Freycenon**, Président de CIDELEC SA

**D<sup>r</sup> Jésus Gonzalez-Bermejo**, pneumologue à l'Hôpital de la Pitié Salpêtrière, Paris (AP-HP)

**Christophe Hentzé**, Directeur général chez Löwenstein Medical France

**Anne Josseran**, Directrice Accès au marché Europe de l'Ouest de ResMed

**Sébastien Lecomte**, Régional Director South Europe chez SomnoMed

**D<sup>r</sup> Frédéric Le Guillou**, pneumologue à La Rochelle, Président de l'Association Santé Respiratoire France et Président de l'Association BPCO

**P<sup>r</sup> Patrick Lévy**, Président de l'Université de Grenoble

**P<sup>r</sup> Jean-Claude Meurice**, Chef du service de pneumologie, CHU de Poitiers

**P<sup>r</sup> Jean-François Muir**, Chef du service de pneumologie, CHU de Rouen, et Président de l'Antadir

**P<sup>r</sup> David Orlikowski**, neurologue au service de réanimation de l'Hôpital Raymond Poincaré, Garches (AP-HP)

**D<sup>r</sup> Carole Philippe**, Unité des pathologies du sommeil, Hôpital de la Pitié Salpêtrière, Paris (AP-HP)

**D<sup>r</sup> Arnaud Prigent**, pneumologue à la Polyclinique Saint-Laurent, Rennes

**D<sup>r</sup> Sylvie Royant-Parola**, psychiatre spécialiste des troubles du sommeil, Présidente du Réseau Morphée

**Philippe Salamitou**, Président de SRETT

**D<sup>r</sup> Bruno Stach**, pneumologue libéral, membre de la Fédération française de pneumologie

**D<sup>r</sup> Marie-Françoise Vecchierini**, Hôtel Dieu, Paris (AP-HP)

**Marie Vergnes**, Marketing Group Leader Home Healthcare, Air Liquide





AIDE A LA PRÉVENTION DES ESCARRES	ANESTHÉSIE - RÉANIMATION	APPAREIL DIGESTIF	AUDIOLOGIE	CARDIOLOGIE	CONTACTOLOGIE
DIABÈTE	DIALYSE	HANDICAP MOTEUR	IMAGERIE	INJECTION - PERFUSION	NEUROLOGIE
NUMÉRIQUE EN SANTÉ	OPHTALMOLOGIE	ORTHÈSES	ORTHOPÉDIE	PATHOLOGIES VEINO-LYMPHATIQUES	PLAIES ET CICATRISATION
RESPIRATION	ROBOTIQUE	SANTÉ BUCCO- DENTAIRE	SANTÉ DE LA FEMME	UROLOGIE	

Tous les livrets sont téléchargeables sur le site du Snitem : [www.snitem.fr](http://www.snitem.fr)



Quand l'épopée de l'innovation  
des dispositifs médicaux  
se confond avec l'extraordinaire histoire  
de l'innovation en santé respiratoire.

**SNITEM**

92038 Paris - La Défense cedex

Tél. : 01 47 17 63 88 - Fax : 01 47 17 63 89

[www.snitem.fr](http://www.snitem.fr)

[info@snitem.fr](mailto:info@snitem.fr)

 [@snitem](https://twitter.com/snitem)

