

DISPOSITIFS MÉDICAUX
& PROGRÈS EN

RESPIRATION

Sommaire

3

PRÉFACE

4

Pour tout l'air du monde

7

OXYGÉNOTHÉRAPIE

Quand l'oxygène vient à manquer

13

VENTILATION

Mimer la subtile mécanique

19

LES TROUBLES RESPIRATOIRES DU SOMMEIL

- Diagnostic. Le sommeil à la loupe p. 20
- Pression positive continue (PPC). Un rempart contre les apnées p. 23
- Orthèse d'avancée mandibulaire. Jouer sur l'effet mécanique p. 26


29

AÉROSOLATHÉRAPIE

Des particules fines qui soignent

33

GLOSSAIRE

Les mots techniques ou scientifiques expliqués sont accompagnés dans le texte du symbole 

34

SOURCES et REMERCIEMENTS

Préface

L'innovation au service de la respiration



Pr Patrick LÉVY,

*Président de l'Université Joseph Fourier,
Grenoble, France.*

Le développement de la prise en charge à domicile de l'insuffisance respiratoire a représenté dans les quarante dernières années une formidable aventure scientifique, médicale et technologique. L'aventure a été à bien des égards française du fait notamment du développement dès la fin des années soixante-dix des réseaux associatifs de prise en charge. Il faut se rappeler à quel point les services de pneumologie de l'époque étaient submergés par la tuberculose et ses séquelles pour comprendre à quel point la vision portée par quelques leaders charismatiques tels Paul Sadoul, Bernard Paramelle ou Cyr Voisin était en rupture avec l'organisation des soins de l'époque et a tracé le futur de la discipline.

L'oxygénothérapie au long cours, la ventilation assistée, la ventilation non invasive, la pression positive, autant de techniques très largement développées en France, sur des modalités originales de prise en charge globale, qui ont établi les bases d'un standard de soins très élevé dans notre pays et dont les

auteurs anglo-saxons ont largement fait la promotion. Les années quatre-vingt ont vu l'émergence des apnées comme un problème de santé publique, notamment par l'invention d'un traitement qui venait se substituer à la seule trachéotomie. Voilà plus de 30 ans en effet qu'un médecin créatif, talentueux et fort de ses convictions inventait la Pression Positive Continue. Colin Sullivan n'avait aucune idée de ce qui allait se passer ensuite. Pas plus d'ailleurs que l'un des pionniers infatigables de cette pathologie, le premier à en définir un cadre cohérent, Christian Guilleminault, Français émigré à Stanford dans les années soixante-dix, pour le plus grand bonheur de la médecine du sommeil. L'émergence d'une maladie, d'un ensemble de maladies, les troubles respiratoires au cours du sommeil, a bousculé le cadre de la connaissance médicale.

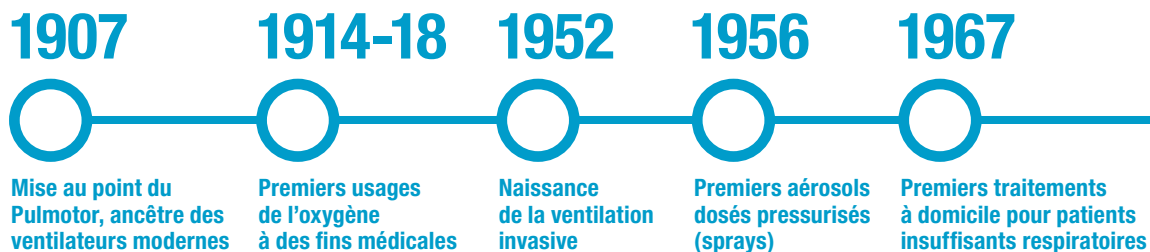
L'identification d'un facteur majeur de somnolence et de détérioration de la qualité de vie et l'émergence d'un nouveau facteur de risque cardiovasculaire sont des faits marquants de l'histoire médicale de ces trente dernières années. Là encore, des entreprises biomédicales dynamiques et inventives ont accompagné cette aventure et rendu cette thérapeutique accessible au plus grand nombre dans des conditions de confort et d'acceptabilité transformées par rapport au début de ce traitement.

Parce que la respiration est une fonction vitale, les soignants n'ont eu de cesse depuis toujours de rechercher des solutions pour pallier ses dysfonctionnements et tenter de sauver leurs patients atteints de troubles et de maladies respiratoires. Au cours du siècle dernier, une série d'inventions ingénieuses a d'abord permis d'atteindre cet objectif pour une grande majorité de malades avant de contribuer à améliorer leur qualité de vie et l'efficacité des traitements. Ventilateurs mécaniques, masques, dispositifs délivrant de l'oxygène et aérosols comptent parmi les avancées qui ont participé à ces grandes avancées médicales.

Pour tout l'air

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 2 000 ans, Pedanius Dioscorides, le père de la pharmacie, 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 d'une maladie, une insuffisance respiratoire grave s'installait et que le malade ne parvenait plus à respirer correctement, on ne pouvait plus grand-chose pour lui. La première machine inventée en vue de rétablir la respiration, baptisée le spiropore[®], date de la fin du XIX^e siècle mais il fallut attendre cinquante 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, il s'avéra être un précieux allié lors des épidémies de poliomyélite dans les années cinquante. Dans des hangars furent alors alignées des centaines de ces



du monde

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'accéléraient 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 soixante-dix, 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

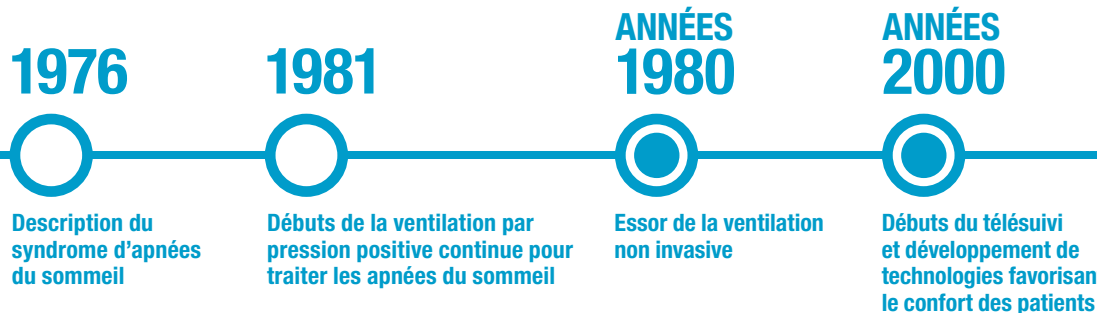


Ventilateur mixte support de vie

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 créées dans les années cinquante visaient à prendre en charge les malades

porteurs de séquelles de poliomyélite, rapporte le Pr Jean-François Muir, Chef de service de pneumologie au CHU de Rouen et Président de l'Antadir (Association nationale de traitement à domicile de l'insuffisance respiratoire). Puis, ces premiers patients ont cédé la place à d'autres cohortes d'insuffisants respiratoires chroniques porteurs de séquelles tuberculeuses, de maladies neuromusculaires et de bronchopneumopathies chroniques obstructives pour ne citer que les situations les plus fréquentes. » 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.

Les années quatre-vingt 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 (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. « Les progrès réalisés en matière de conception et de fabrication des masques >>>



>>> utilisés par la PPC ont rapidement profité à la ventilation non invasive, qui commençait à s'imposer en réanimation », témoigne le Professeur Muir. La tendance se confirma dans les années quatre-vingt-dix, 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.

SUIVI, SÉCURITÉ ET CONFORT : LES NOUVEAUX ENJEUX

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^e siècle, la technique a considérablement évolué de même que ses indications. L'apparition au milieu des années cinquante du spray a révolutionné le traitement de l'asthme. Dans les années quatre-vingt, l'amélioration des performances des nébuliseurs contribua à mieux prendre en charge la mucoviscidose et les infections pulmonaires, puis la BPCO[®]



Compresseur nébuliseur pour enfant

(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 maxillofacial pour provoquer l'ouverture des voies aériennes supérieures, se manifesta au cours de la décennie quatre-vingt. S'agissant de l'insuffisance respiratoire enfin, les premiers essais de stimulation électrique du nerf phrénique furent menés au milieu des années quatre-vingt-dix 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 encore à améliorer le rendement des appareils et le moyen d'administrer des molécules fragiles[®]. Dans les autres secteurs, si la course à la miniaturisation et à l'autonomie des dispositifs se poursuit, l'enjeu s'est déplacé au cours des années 2000 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 moins bruyants, 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. L'ergonomie des appareils évolue pour tenir compte du niveau de compréhension et de connaissance des utilisateurs, qu'ils soient professionnels de santé, prestataires ou patients. Enfin, le matériel embarque désormais des systèmes de surveillance de l'observance du traitement toujours plus perfectionnés et dotés d'alarmes en cas d'évolution anormale d'un paramètre physiologique ou défaillance technique. Le développement de l'informatique puis celui des technologies sans fil ont 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. À en croire le Professeur Muir, « il y a encore des progrès à faire pour améliorer les systèmes de suivi ». Mais le chemin déjà parcouru pour mieux traiter les pathologies respiratoires est impressionnant. ■

OXYGÉNOTHÉRAPIE

Quand l'oxygène vient à manquer

Si 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 délivrer ce qui leur fait défaut : l'oxygène.

À QUOI ÇA SERT ?

L'oxygénothérapie est un traitement médical qui consiste à administrer de l'air enrichi en oxygène (O₂) pour corriger une hypoxémie, c'est-à-dire un déficit du volume de ce gaz dans le sang artériel. Le plus souvent, l'hypoxémie est la conséquence directe d'une insuffisance respiratoire, elle-même



Concentrateur d'oxygène portable

liée à une défaillance de la fonction ventilatoire ou à une altération des échanges gazeux au niveau des poumons. Si l'insuffisance respiratoire est sévère, l'oxygénothérapie de longue durée, à savoir plus de 15 heures par jour, s'impose le jour et la nuit. C'est notamment le cas pour les patients atteints de Broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO), de mucoviscidose, de pneumopathie interstitielle ou d'hypertension artérielle pulmonaire. D'autres pathologies peuvent provoquer une insuffisance respiratoire qui justifie aussi l'administration quotidienne d'oxygène mais en durée moindre. L'oxygénothérapie de déambulation concerne quant à elle les patients chez qui l'insuffisance respiratoire se manifeste uniquement à l'effort. Elle peut aussi compléter une oxygénothérapie de repos. Elle sert alors à réduire l'essoufflement et à faciliter l'activité quotidienne pendant la journée. Enfin, le traitement par oxygène est indiqué pour soulager les algies vasculaires de la face, de même qu'en fin de vie ou en soins palliatifs lorsque des troubles respiratoires s'installent. Dans tous les cas, l'oxygène est un médicament et, à ce titre, il doit être prescrit par un médecin.

COMMENT ÇA MARCHE ?

L'oxygène pur n'existe pas dans la nature mais il est présent dans l'air ambiant, mêlé à de l'azote et à d'autres gaz. Il est possible de l'isoler pour en disposer à des concentrations élevées entre 90 et 100 %.

>>>

>>> Les bouteilles d'oxygène contiennent jusqu'à 15 l (3 mètres cubes) de gaz comprimé. Un manodétendeur placé à la sortie permet de réduire la pression à 3 bars, ce qui rend 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.

Les concentrateurs, ou extracteurs, constituent une troisième catégorie d'appareils conçus pour délivrer

de l'oxygène. Eux ne stockent pas l'oxygène : ils l'extraient à partir de l'air ambiant prélevé dans la pièce. Cet air est d'abord comprimé par le système puis il 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. A 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 qui leur permettent de se déplacer en emportant avec 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 sont plus appropriés. En pédiatrie et pour les nouveaux-nés, la tête de l'enfant est placée sous une cloche en plexiglas.



Concentrateur d'oxygène portable



Concentrateur d'oxygène portable



Oxygénothérapie de déambulation : bouteille remplie avec station de remplissage

UNE HISTOIRE D'INNOVATIONS

L'oxygène a été découvert à la fin du XVIII^e 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. L'air particulier devint alors l'oxygène puis l'oxygène. Le mot vient du grec *oxus* (acide) et *genân* (engendrer). Lavoisier ne s'en tint pas là et démontra ensuite 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.

L'utilisation de l'oxygène à des fins médicales débuta dans les hôpitaux à l'arrière des tranchées de la Première Guerre mondiale. Il s'agissait alors de traiter la gangrène gazeuse, une maladie qui ronge les tissus blessés et qui décimait quantité de soldats. Le Professeur 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 manie-ment nécessitait un savoir-faire précis, et ne rem-

ÉCLAIRAGE

« Une oxygénothérapie personnalisée est devenue la norme »

D^r Bruno STACH,
Pneumologue libéral, membre
de la Fédération française de pneumologie.

« L'oxygène a mis du temps à sortir de l'hôpital pour entrer dans le champ du domicile. Le moment où les patients ont pu en disposer chez eux, en 1967, a marqué une grande avancée dans la prise en charge de l'insuffisance respiratoire. Certes, la bouteille de gaz de l'époque, seul matériel existant, était grosse, lourde et encombrante mais au moins, les malades pouvaient rentrer chez eux. L'oxygénothérapie était alors réservée aux cas d'insuffisance respiratoire sévère, donc essentiellement aux bronchopathes chroniques. Pour eux, l'accès à l'oxygène médical est une question de vie ou de mort.



Puis l'oxygène liquide est arrivé et, après lui, les concentrateurs. Le médecin qui les prescrivait se contentait d'indiquer le débit souhaité sans préciser le modèle et le patient se le procurait auprès d'un

prestataire. Aujourd'hui, le patient teste la machine chez lui, lors de ses différentes activités pour choisir la solution la plus adaptée à sa situation. Compte-tenu de l'offre de matériel disponible, une oxygénothérapie très personnalisée est devenue la norme. »

porta pas un grand succès thérapeutique. Par la suite et jusque dans les années soixante, l'oxygène médical fut cantonné au milieu hospitalier.

DEUX ÉTUDES PRINCEPS

L'intérêt de l'oxygénothérapie au long cours chez les malades atteints de broncho-pneumopathie chro-

nique obstructive sévère a été démontré à la fin des années soixante-dix. Deux essais anglo-saxons, 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 des patients et leur qualité de vie que le même traitement uniquement nocturne. Le second, mené par le Medical Research Council britannique, a établi que l'oxygénothérapie améliore significativement l'espérance de vie des patients insuffisants respiratoires chroniques obstructifs graves par rapport à un groupe témoin traité médicalement. Dès lors, la porte était grande ouverte pour que se développe l'oxygénothérapie au long cours. Et les technologies se devaient d'évoluer rapidement pour assurer ces durées de traitement dans les meilleures conditions de sécurité, d'ergonomie et de confort. C'est ce qu'elles firent. En 1967, sous l'impulsion des associations de patients, l'oxygène obtint des autorités sanitaires l'autorisation d'être délivré à domicile. La forme gazeuse était alors la seule disponible. Les bouteilles étaient lourdes, encombrantes et le risque d'explosion réel. L'installation et la manipulation de ces équipements requéraient beaucoup de précautions. Les patients et leur entourage devaient notamment s'abstenir de



Concentrateur d'oxygène transportable

fumer à proximité. L'arrivée des extracteurs à domicile, en 1978, marqua une première avancée en matière de sécurité dans la mesure où il n'y avait plus lieu de stocker l'oxygène lequel est extrait de l'air

ambiant. 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. A 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 peut être transféré dans de petits réservoirs, transportables en bandoulière et contenant la quantité de traitement nécessaire pour quelques

1914-1918



Premières utilisations de l'oxygène à des fins médicales au moyen d'un matériel complexe

ANNÉES
1960



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

1967



Bouteilles d'oxygène à domicile pour les patients insuffisants respiratoires (O₂ gazeux en bouteilles)

FIN DES ANNÉES
1960



Premiers concentrateurs d'oxygène

ANNÉES
1970



Développement de l'oxygénothérapie liquide et premiers appareils portatifs

100 000

En France, plus de 100 000 patients bénéficient d'une oxygénothérapie à domicile. Celle-ci est à long terme pour plus de 90 % d'entre eux (source : HAS, avril 2012).

heures. Ils pouvaient enfin déambuler plus facilement chez eux et à l'extérieur. L'oxygénothérapie dite de déambulation était lancée.

PRIORITÉ À L'AUTONOMIE

Aujourd'hui, l'oxygène gazeux en bouteille est comprimé à une pression de 200 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 3 kilos et confèrent au patient une autonomie d'environ 2 heures. Leur débit n'excède pas 3 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 9 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 leur grande capacité de stockage. A 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 quasiment en permanence, c'est-à-dire plus de 15 heures par jour, ce qui correspond à la plupart des prescriptions. Pour les situations particulières comme les urgences ou >>>



Suivi tcpO2

1978



Premiers concentrateurs à domicile

1980-1981



Études NOTT et BMR

1989



Premières utilisation d'oxygène liquide à domicile

1997



L'oxygène devient un médicament

2008



Prise en charge par l'Assurance maladie de solutions alternatives à l'oxygène liquide de déambulation

2012



Prise en charge par l'Assurance maladie des concentrateurs portables et transportables

>>> l'administration d'oxygène à haut débit, les masques sont mieux adaptés. Ceux à 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. 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.

UNE NOUVELLE GÉNÉRATION DE CONCENTRATEURS PORTABLES

A ce stade, 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. L'innovation la plus récente concerne la mise au point de concentrateurs à la fois portables et transportables qui sont l'aboutissement d'une course à la miniaturisation.

À SAVOIR

QUID DU CAISSON HYPERBARE ?

Une autre approche de l'oxygénothérapie 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 surpressurisé à l'aide d'un masque pendant au moins 90 minutes. Les prémices de l'oxygénothérapie hyperbare remontent à la fin du XVII^e siècle mais l'utilisation scientifique des chambres hyperbares débute réellement dans les années cinquante. 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. A la différence de

l'oxygénothérapie normobare[®] 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.

Alors que les concentrateurs classiques s'apparentent à de petits meubles sur roulettes d'un poids compris entre 14 et 30 kilos, ceux-ci pèsent 4 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'oxy-

gène en continu, à débit moindre si tel est le besoin du patient. La petite machine capable de délivrer de l'oxygène à haut débit en continu, voilà ce que les industriels voudraient à présent pouvoir proposer aux malades. Dans les années qui viennent, ils espèrent aussi trouver une alternative au lithium, en équipant ces extracteurs d'une batterie solaire par exemple. voire remplacer la zéolithe, dont la ressource naturelle s'épuise, par un matériau de synthèse. ■

VENTILATION

Mimer la subtile mécanique

L'histoire de la ventilation mécanique moderne démarre dans les années cinquante 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.

À QUOI ÇA SERT ?

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. A domicile, elle concerne les patients en insuffisance respiratoire chronique en raison d'une maladie neuromusculaire, d'une maladie de la cage thoracique, d'une Bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) ou d'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

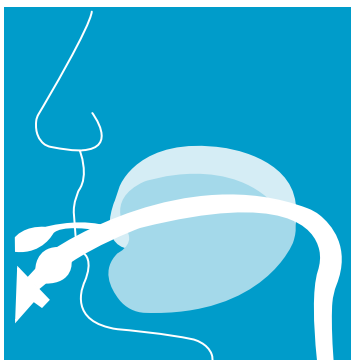
modes de ventilation mécanique : l'invasive et la non invasive, complémentaires l'une de l'autre. La ventilation non invasive est souvent proposée aux personnes les moins lourdement touchées, la trachéotomie⁶ étant réservée à des patients insuffisants respiratoires aigus et à ceux dont la durée de ventilation atteint 24 heures par jour du fait de la sévérité de leur maladie. Les deux approches 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.



Ventilateur support de vie et son masque

COMMENT ÇA MARCHE ?

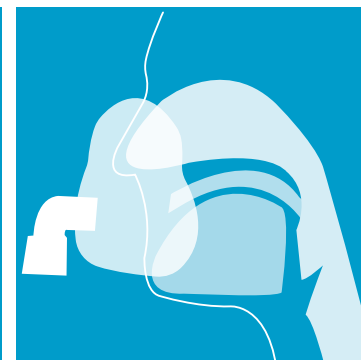
Tout système de ventilation mécanique se compose d'une machine, le ventilateur, et d'une interface pour délivrer l'air dans les poumons du patient et d'un système de raccordement. Dans le cas d'une ventilation non invasive, l'air est délivré par l'intermédiaire d'un masque nasal ou d'un masque facial 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.



Ventilation invasive (intubation)



Ventilation invasive (trachéotomie)



Ventilation non invasive.
Masque sans fuite intentionnelle



Ventilation invasive

UNE HISTOIRE D'INNOVATIONS

Spirophore, Pulmotor, Engström 150..., ces noms sont étroitement liés aux débuts de la ventilation mécanique, évoquant une succession d'inventions ingénieuses destinées à rétablir la fonction respiratoire lorsque les organes dévolus à cette tâche n'en sont plus capables. En 1876, Eugène Wolliez,

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*

1876



Invention du spirophore

1952



Premières ventilations mécaniques par voie endotrachéale pratiquées au Danemark

1960



Premier ventilateur en pression positive utilisé en réanimation

1967



Prise en charge de l'assistance respiratoire à domicile

ANNÉES
1970



Apparition des ventilateurs barométriques

1979



Premier ventilateur autonome en air

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. » Quelque cinquante ans plus tard, naquit le poumon d'acier qui repose sur le même principe. Le patient est allongé dans la machine. La variation de pression à l'intérieur est obtenue grâce à un soufflet. Quand la pression descend en dessous de celle des poumons, l'air extérieur est aspiré par les voies aériennes supérieures. On parle alors de pression négative. « Il est juste de rappeler que cet 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 », souligne le P^r Claude Chopin, ancien Chef de service de réanimation au CHRU de Lille. Dans les années cinquante, 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 mala-

die jusqu'à ce qu'un médecin danois 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. Au début des années soixante, une autre étape fut franchie lorsque fut mis au point l'Engström 150, premier ventilateur en pression positive ainsi dénommé car il délivrait une pression d'air prééglée supérieure à celle qui règne dans les poumons. Les premiers appareils du genre 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 terme de qualité de vie. Dans les années soixante-dix, 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 – 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 >>>

**DÉBUT DES ANNÉES
1980**



Naissance de la ventilation non invasive (au masque)

1996



Débuts de la stimulation phrénique en France

**FIN DES ANNÉES
1990**



Essor de la ventilation non invasive en réanimation

**ANNÉES
2000**



Essor de la ventilation non invasive à domicile

2006



La HAS publie ses recommandations sur les modalités pratiques de la ventilation non invasive à domicile dans les maladies neuromusculaires

>>> la décennie fut également marquée par la mise sur le marché, en 1979, du premier ventilateur autonome en air. L'appareil n'avait pas besoin d'être branché sur le secteur électrique, ce qui facilitait grandement son utilisation à domicile. 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 ont été effectués au milieu des années soixante mais ne sont pas poursuivis du fait de l'absence de masques adaptés pour le long terme. De même, la ventilation par embout buccal ou pipette est restée confidentielle tout au long des années soixante-dix* », raconte le Pr Jean-François Muir. Les choses changèrent radicalement au début des années quatre-vingt.

Alors que le Professeur Sullivan mit au point en Australie un dispositif de pression positive continue⁶ ou PPC, l'équipe du D^r 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 est née à ce moment-là* », insiste le D^r Jésus Gonzalez-Bermejo, pneumologue à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière à Paris. Dans les années qui suivirent, tandis que la pression positive continue s'imposait comme le traitement de référence du syndrome des apnées du sommeil, la ventilation non invasive se développa d'abord dans les services de réanimation où elle était de plus en plus utilisée pour les patients atteints de Bronchopneumopathie obstructive (BPCO). A domicile, elle concernait uniquement les patients atteints d'une myopathie de Duchenne et ceux qui présentaient des séquelles d'une poliomyélite. La

60 000

C'est, en France, en 2011, le nombre de patients traités par ventilation mécanique à domicile.

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.



Respirateur à domicile



Ventilateur mixte



Ventilateur support de vie



Ventilateur interventions mobiles

DES APPAREILS PLUS SÛRS ET PLUS ERGONOMIQUES

Au tournant du siècle, les indications de la ventilation non invasive à domicile évoluèrent. Elle fut utilisée massivement chez trois nouvelles populations de patients en France : ceux atteints de BPCO, les obèses et, à partir de 2006, les patients souffrant de sclérose latérale amyotrophique. Aujourd'hui, les machines sont plus petites et moins lourdes. La miniaturisation est passée par là. Les batteries actuelles 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. Qui plus est, l'ergonomie des appareils a été améliorée afin d'en faciliter la prise en main par les médecins. « *Compte tenu du nombre de patients concernés, la ventilation non invasive n'est plus, désormais, un traitement d'expert. Elle doit être accessible à tous les pneumologues. Pour cela il faut des interfaces plus conviviales et intuitives, lesquelles commencent à arriver* », explique le Docteur Gonzalez-Bermejo.

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'effi- >>>

ÉCLAIRAGE

« Les indications de la stimulation phrénique sont en train de s'étendre »

Dr Jésus GONZALEZ-BERMEJO, Pneumologue à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière (Paris), responsable des appareillages respiratoires.

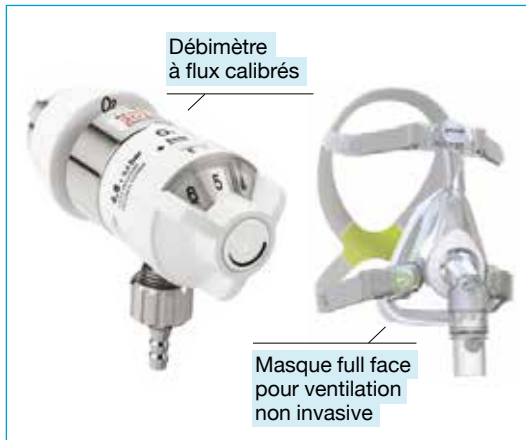
« *La stimulation phrénique consiste à implanter au niveau du nerf phrénique un stimulateur électrique commandé depuis un boîtier externe, de manière à déclencher les mouvements du diaphragme, principal muscle respiratoire. La technique a commencé à être pratiquée en France au milieu des années quatre-vingt-dix à la demande de chirurgiens-orthopédistes qui voyaient beaucoup de blessés médullaires. Elle est actuellement validée dans cette indication et en cas d'hypoventilation d'origine centrale (syndrome d'Ondine). Actuellement, deux types de dispositifs existent pour stimuler le nerf phrénique : la voie thoracique et la voie laparoscopique. Ils diffèrent par leur prix et leur voie d'abord mais leurs indications et contre-indications sont les mêmes. L'évaluation effectuée par la Haute autorité de santé (HAS) en 2012 montre que la stimulation phrénique permet d'obtenir une ventilation aussi efficace*



que la ventilation mécanique externe. Pour autant, les dispositifs de stimulation phrénique n'incluent pas d'alarme d'efficacité du stimulateur. Les patients implantés ne peuvent donc pas encore se

passer complètement de leur trachéotomie. Trois études sont en cours, dont une à la Pitié-Salpêtrière, sur des patients atteints de sclérose latérale amyotrophique pour voir si la stimulation phrénique est en mesure de ralentir la dégradation du muscle diaphragmatique. Par ailleurs, des travaux récents menés à Paris sur des brebis ont montré que la stimulation appliquée lors d'une ventilation mécanique maintient une bonne activité du diaphragme. Ces résultats ouvrent des perspectives pour l'utilisation de la stimulation phrénique dans le champ de la réanimation. Enfin, si on parvient à développer des voies d'abord plus simples, via la veine cave notamment, la technique pourrait constituer une solution de ventilation temporaire en post opératoire. »

>>> cacité de la ventilation, en particulier chez les patients entièrement dépendants de leur machine. Ils s'adjoignent 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. Les ventilateurs ont également bénéficié des évolutions de l'informatique et du développement de l'électronique puisque les modèles actuels embarquent 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



ÉCLAIRAGE

« Réduire au maximum l'asynchronisme malade-machine »

Pr **Jean-François MUIR**,

Chef du service de pneumologie et de l'unité de soins intensifs respiratoires du CHU de Rouen.

« Le groupe de recherche EA 3830 de l'Université de Rouen dont je fais partie s'intéresse aux interactions entre le patient sous ventilation non invasive et sa machine, et plus particulièrement aux asynchronismes qui peuvent être à l'origine de dysfonctionnements comme un délai de déclenchement du respirateur à l'inspiration, une insufflation trop longue ou au contraire trop courte de la machine. Ces travaux effectués en collaboration avec des physiologistes consistent à analyser automatiquement les signaux ventilatoires



recueillis sur le circuit de VNI chez des patients insuffisants respiratoires chroniques pendant le sommeil. Nous avons ainsi pu identifier en temps réel certains asynchronismes et mettre en évidence quatre catégories

d'interactions entre le patient et son ventilateur, selon qu'elles sont liées ou non à l'existence de fuites au niveau du masque. A partir de là, on peut envisager de rétro-agir pour rétablir une synchronisation optimale entre le patient et sa machine. »

CO₂ (capnie transcutanée). Pour autant, 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 bou-

cher 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. A l'avenir, plusieurs projets de téléalarme verront probablement le jour dans le but d'intervenir plus rapidement en cas d'évolution défavorable de l'un ou l'autre des paramètres ventilatoires. Car l'enjeu est vital pour ces patients entièrement dépendants. ■

Les troubles respiratoires du sommeil

Il y a cinquante ans, on pensait que les arrêts respiratoires pendant le sommeil étaient des événements normaux. Du diagnostic des pathologies du sommeil à la mise au point de traitements efficaces, les innovations technologiques ont considérablement facilité la prise en charge des patients apnéiques.

■ **DIAGNOSTIC - P. 20**

■ **PRESSION POSITIVE CONTINUE (PPC) - P. 23**

■ **ORTHÈSE D'AVANCÉE MANDIBULAIRE (OAM) - P. 26**



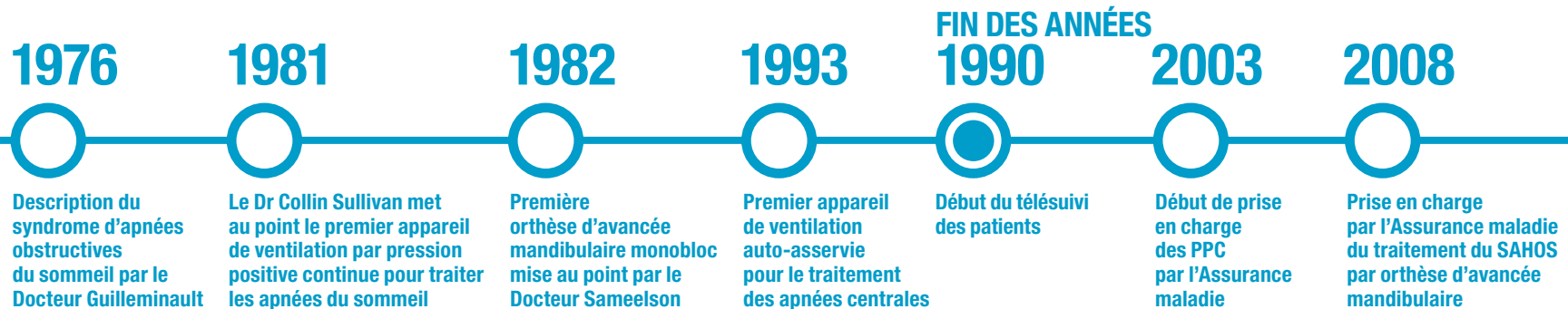
Diagnostic



PPC



OAM



DIAGNOSTIC

Le sommeil à la loupe

L'exploration des troubles du sommeil d'un individu passe par l'enregistrement de ses paramètres respiratoires tout au long de la nuit. Examen de référence, la polysomnographie doit être effectuée dans un laboratoire du sommeil. Aussi, des dispositifs plus légers ont-ils été mis au point pour faciliter les enregistrements respiratoires à domicile susceptibles d'orienter le diagnostic d'apnée du sommeil.

À QUOI ÇA SERT ?

Deux examens sont indiqués pour explorer le sommeil et mettre en évidence d'éventuelles anomalies respiratoires pendant cette période particulière de repos. 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'apnée du sommeil. 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



Dépistage des trouble du sommeil respiratoire

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

COMMENT ÇA MARCHE ?

Pour une polygraphie respiratoire, on pose plusieurs capteurs sur le corps et le visage du dormeur. L'un placé sous le nez détecte le flux de l'air qui passe par les narines, voire aussi par la bouche. 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 avant leur transfert le lendemain vers un ordinateur. La polygraphie respiratoire peut avoir lieu à domicile. Parce qu'elle requiert plus de matériel, la polysomnographie a lieu dans un centre d'exploration du sommeil où la personne est accueillie pendant une nuit. Des électrodes sont alors collées sur le cuir chevelu pour capter l'activité électrique du cerveau, au bord des yeux (mouvements des yeux) et au niveau du menton (tonus musculaire).

UNE HISTOIRE D'INNOVATIONS

« Pendant longtemps, le seul moyen à la disposition des médecins pour appréhender le sommeil de leurs patients était de les regarder dormir, raconte le Dr Sylvie Royant-Parola, psychiatre spécialiste des troubles du sommeil. 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 est alors exclusivement l'affaire de quelques neurologues. À la fin des années cinquante, ils ont identifié les différentes phases du sommeil que l'on connaît actuellement. « Dès lors, poursuit le Docteur Royant-Parola, on a commencé à placer d'autres capteurs sur le corps des dor-

ÉCLAIRAGE

« La numérisation des enregistreurs a permis de simplifier le diagnostic »

Dr Sylvie ROYANT-PAROLA,
Présidente du réseau Morphée.

« Au début de la polysomnographie, l'enregistrement ne pouvait être effectué qu'avec une machine de la taille d'une commode qui déroulait 450 mètres de papier au pied du lit du malade. L'encre avait tendance à baver et il fallait veiller à remplir les cartouches tout au long de la nuit. Une surveillance physique était indispensable tout au long de l'examen pour s'assurer que le papier se déroulait correctement, que le patient ne bougeait pas trop et que le tracé sur l'enregistrement était lisible. Déjà pas simple à organiser à l'hôpital, ce type d'examen était totalement inenvisageable au domicile... La numérisation des signaux et la disparition



du papier a permis de s'affranchir de ces contraintes, d'autant plus qu'elles se sont accompagnées d'une miniaturisation des ordinateurs et des têtes. Pour l'instant, une connexion filaire entre les capteurs

et l'enregistreur demeure nécessaire car les technologies sans fil génèrent encore des pertes de signal. L'enjeu actuel consiste à mettre au point un système pour le domicile qui perturbe moins le sommeil du patient tout en conservant une qualité d'enregistrement optimale. »

meurs 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 ont équipé leurs enregistreurs, les rendant ainsi plus performants pour le

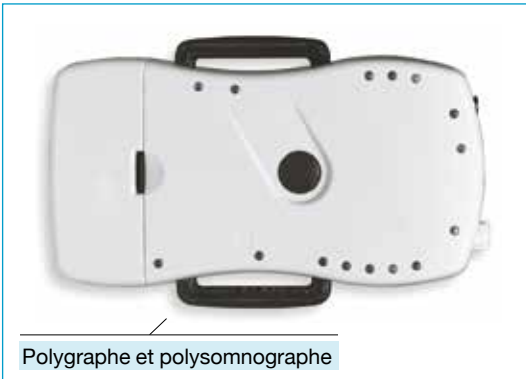
diagnostic des troubles du sommeil... et de plus en plus intransportables.

À partir des années quatre-vingt, 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 >>>

5 à 7%

Le syndrome d'apnées du sommeil, d'origine obstructive ou centrale, touche 5 à 7 % de la population générale, et 15 % de la population âgée de plus de 70 ans (source HAS).

>>> polysomnographie commença. « Apparut alors l'idée qu'il est possible de ne conserver que les paramètres respiratoires pour déceler un syndrome d'apnées du sommeil », souligne la spécialiste. L'innovation a consisté à déployer des dispositifs simplifiés. Comme ils sont moins encombrants, il devenait possible de les utiliser au lit du malade et même au domicile des patients. L'enregistrement à visée diagnostique, qui se déroule pendant toute la durée de la nuit, continue néanmoins d'avoir lieu à



Polygraphe et polysomnographie

l'hôpital et reste l'examen de référence. La mise sur le marché des premiers enregistreurs portables commença à la fin des années quatre-vingt pour se développer pleinement au cours des années quatre-vingt-dix. Ces appareils sont petits et peuvent être utilisés à domicile. Finie la nuit d'examen à l'hôpital où l'on n'a pas la possibilité de sacrifier à toutes ses habitudes quotidiennes. L'avantage est aussi économique car une polygraphie respiratoire chez soi coûte moins chère qu'une nuit passée à l'hôpital. Enfin, l'outil portable rend le diagnostic des apnées du sommeil accessible aux pneumologues de ville.

Les évolutions actuelles vont dans le sens d'une miniaturisation avec des appareils de plus en plus compacts et réduits à la taille d'un petit livre. Leur sophistication se poursuit. 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 sous les narines des débuts, relativement fragiles, ont aujourd'hui cédé la place à des lunettes nasales à usage unique et moins chères. 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 sont mises à contribution. Pour l'heure, elles restent encore peu répandues. Du reste, 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. ■

À SAVOIR

DE « LA TOMBÉE DE LA LUETTE » AU SYNDROME DE PICKWICK

Au XVIII^e siècle, des écrits médicaux mentionnent sous l'appellation « tombée de la luette » un syndrome qui associe une luette enflée, un manque de sommeil et une santé générale altérée. D'illustres personnages en auraient souffert, comme Napoléon 1^{er}, 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 ait été sujet aux apnées obstructives du sommeil. En 1956, aux États-Unis, des médecins remarquèrent que certains de leurs patients obèses se plaignaient de fatigue extrême et s'assoupièrent involontairement. Frappés par la ressemblance avec ce que vit Pickwick, un personnage mis en scène par le romancier Charles Dickens qui avait pour caractéristique de s'endormir debout, ils donnèrent à ce tableau clinique le nom de « syndrome de Pickwick ». Troisième épisode en 1965, lorsqu'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 lors, la luette est tombée aux oubliettes et Pickwick a tiré sa révérence.

PRESSION POSITIVE CONTINUE (PPC)

Un rempart contre les apnées

PPC : à elles seules, ces trois lettres ont changé la vie de milliers de personnes sujettes à de fréquentes apnées obstructives du sommeil.

À QUOI ÇA SERT ?

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 bloquer et empêcher la respiration. Ce phénomène porte un nom : le Syndrome d'apnées hypopnées 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 : 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. Entre 5 à 15 % de la population serait concernée, principalement des hommes au-delà de 40 ans mais aussi des femmes de tous âges, des enfants et des nouveaux-nés. 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.

COMMENT ÇA MARCHE ?

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. Le générateur 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 (naso buccal). La pression de l'air agit comme une attelle pneumatique afin d'empêcher la fermeture des voies aériennes supérieures, donc la survenue des apnées ou des hypopnées. Les réglages de la pression et du débit sont réglés selon les besoins spécifiques du patient. Un humidificateur peut être ajouté au système pour réchauffer l'air pressurisé et éviter d'assécher les muqueuses sur son trajet respiratoire. >>>



PPC auto-piloté

UNE HISTOIRE D'INNOVATIONS

La ventilation par PPC est née entre les mains expertes d'un médecin australien à la fin des années soixante-dix. Le Dr Colin Sullivan 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 Docteur 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 fin des années quatre-vingt-dix fut marquée par la mise au point de machines de PPC dites auto-pilotées. La précédente génération d'appareils, dits en pression



PPC auto pilotée et son masque

fixe, nécessitait au préalable un réglage manuel de la pression impérativement effectué dans un laboratoire du sommeil. L'arrivée des ventilateurs auto-pilotés, 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^④. En outre, l'appareil auto-piloté 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 peut désormais être initié à domicile, ce qui contribue au fort développement des appareils auto-pilotés, aujourd'hui largement majoritaires. Les années 2000 sont aussi 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. Actuellement, ils occupent la place d'un radio-réveil, les tuyaux sont moins voyants et leur niveau sonore est tombé à 25 dB. Outre cette miniaturisation des appareils, les fabricants ont doté les appareils de PPC d'humidificateurs chauffants. Les modèles externes ont progressivement laissé la place aux humidificateurs intégrés à la PPC. Enfin, de plus en plus d'appareils fonctionnent avec deux niveaux de pression : 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, comme une fibrose pulmonaire idiopathique, 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 est lui aussi un objet d'innovation. Ceux des années quatre-vingt et quatre-vingt-dix 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

Solution
de télé suivi
multi PPC



À SAVOIR

APNÉES CENTRALES : QUAND LA COMMANDE RESPIRATOIRE DÉFAILLE

Moins répandues que les apnées obstructives, les apnées centrales du sommeil correspondent à un arrêt respiratoire provoqué par une défaillance de la commande ventilatoire au niveau du système nerveux central. Dans ces situations, les poumons fonctionnent normalement et les voies respiratoires sont ouvertes. On parle alors de respiration périodique ou de Cheyne-Stokes, du nom des deux médecins qui l'ont identifiée et décrite au XIX^e siècle. Irrégulière et cyclique, elle comprend des périodes d'arrêt respiratoire d'environ 15 secondes et provoque d'importantes variations de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle. Aussi les apnées centrales sont-elles souvent associées à des pathologies cardiovasculaires. Le traitement

de ces événements respiratoires, qui intéresse non seulement les pneumologues et les neurologues mais aussi de plus en plus les cardiologues, nécessite un matériel de PPC particulier. La machine doit être capable de détecter l'arrêt respiratoire et de prendre la main afin de redéclencher artificiellement la respiration du patient. On parle alors de ventilation auto-asservie, sous la direction d'un algorithme mathématique complexe. Les premiers appareils de ventilation auto-asservie ont été commercialisés en 1993 dans le but de traiter les apnées centrales et, ce faisant, de diminuer leurs effets cardiovasculaires délétères. Pour savoir si cet objectif est atteint, une étude de grande envergure baptisée SERVE-HF a été lancée à l'échelle européenne auprès d'insuffisants cardiaques apnéiques.

d'un travail de technicien. Aujourd'hui, deux technologies tiennent le haut du pavé : le masque nasal en gel de polyuréthane, confortable et peu irritant pour le nez, et le masque narinaire, très compact. La tendance est au plus petit, au plus léger et au moindre bruit dû aux fuites d'air. Commencent également à apparaître des modèles sans appui frontal incluant un nouveau 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. Des gammes de masques narinaires compacts se développent, certaines proposant des embouts en gel. Les dernières innovations en date sur les appareils de PPC concernent la gestion des données collectées par la machine. Les progrès de l'informatique et le développement de la télémédecine aidant, le suivi du traitement et la surveillance du patient peuvent aujourd'hui être effectués à distance. Les premiers appareils étaient simplement équipés d'un compteur destiné à quantifier le nombre d'apnées survenant au cours du sommeil. Les suivants ont été dotés de mémoire pour extraire des données d'observance telles que le nombre d'apnées par heure, la pression

moyenne d'air délivré etc. Autant d'informations qu'il fallait relever au lit du patient. Non seulement les PPC de dernière génération embarquent des systèmes capables de détecter des événements plus fins tels que les fuites de masques ou les dyspnées⁶ mais elles sont aussi capables d'envoyer ces données vers un prestataire ou un professionnel de santé. Celui-ci les collecte, en tire les enseignements

quant au suivi et à l'efficacité du traitement, et peut modifier à distance les réglages de la machine le cas échéant. Un dispositif d'alarme se déclenche en cas d'anomalie respiratoire constatée chez le patient ou de dysfonctionnement de la machine, ce qui permet d'intervenir. En pratique, cette surveillance a vocation à compléter celle opérée à date fixe par le prestataire de santé et le médecin. ■

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.

À QUOI ÇA SERT ?

Il arrive que des patients souffrant d'un syndrome d'apnée du sommeil sévère refusent d'emblée la ventilation par PPC qu'ils jugent trop contraignante. D'autres, environ 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'Orthèse d'avancée mandibulaire (OAM) peut alors leur être proposée comme une alternative thérapeutique, afin de limiter les risques cardiovasculaires, d'Accident vasculaire cérébral (AVC) et d'hypertension artérielle associés au syndrome. L'efficacité de l'OAM dans cette indication est aujourd'hui démontrée, selon le Pr Jean-Claude Meurice, pneumologue au CHU de Poitiers : 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 moins élevé que la PPC comptent également parmi les atouts des OAM actuelles.

COMMENT ÇA MARCHE ?

L'effet de l'OAM est mécanique et lié à la morphologie de l'appareil maxillofacial. Lorsqu'on se couche sur le dos, la langue tombe en arrière. Elle a alors tendance à obstruer l'espace appelé rétrobasilignal situé au fond de la bouche, donc les voies aériennes supérieures. L'orthèse empêche cette obstruction. Composée de deux arcades en résine souple moulées sur mesure à partir d'empreintes de



Patient sain
(voies aériennes ouvertes)



Patient SAOS non traité
(voies aériennes fermées - apnées)



Patient traité avec
orthèse

48 000 et 72 000 patients

La population cible des orthèses d'avancée mandibulaire pourrait être estimée entre 48 000 et 72 000 patients (source HAS).

la denture du patient et reliées entre elles par une bielle rigide, elle se positionne dans la bouche à la manière d'un appareil dentaire amovible. Le dispositif propulse la mâchoire inférieure vers l'avant, ce qui pour effet d'avancer aussi 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. L'ouverture de la bouche et le degré d'avancée mandibulaire dépendent de la taille de la bielle utilisée et des réglages effectués à son niveau. L'orthèse doit être portée toute la nuit. Elle a une durée de vie de deux à trois ans.

UNE HISTOIRE D'INNOVATIONS

« Les premiers modèles d'orthèses dans les années quatre-vingt étaient rigides, difficiles à tolérer et d'une efficacité médiocre. Celles d'aujourd'hui n'ont plus rien à voir », affirme le Professeur Meurice. Les premiers modèles d'orthèses étaient monobloc. Dans les années trente, leur emploi était recommandé afin d'élargir les voies aériennes supérieures des enfants dotés d'une mâchoire inférieure



Orthèse d'avancée mandibulaire

anormalement petite. Par la suite, l'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. Au début des années quatre-vingt, alors que la ventilation PPC commençait à se déployer,

les orthèses d'avancée mandibulaire disponibles étaient en métal et d'un seul bloc. Très inconfortables, elles étaient donc peu utilisées.

Il a fallu attendre la mise au point de modèles biblocs au tournant de ce siècle et le remplacement du métal par de la résine pour que ces dispositifs, devenus beaucoup plus confortables, trouvent >>>



Orthèse d'avancée mandibulaire



Orthèse d'avancée mandibulaire

ÉCLAIRAGE

« L'état dentaire du patient est décisif »

Pr Jean-Claude MEURICE,
Chef du service de pneumologie
au CHU de Poitiers.

« Les orthèses d'avancée mandibulaire actuelles sont moulées sur mesure par un stomatologue qui connaît parfaitement l'appareil maxillo-facial. Leurs arcades sont en résine, un matériau à la fois souple et résistant. Surtout, elles sont reliées entre elles par une bielle rigide qui permet de définir avec précision l'avancée de la mandibule pour la rendre à la fois efficace et tolérable. Au préalable, une consultation auprès d'un stomatologue est indispensable pour vérifier l'état dentaire du patient et effectuer des soins préalables si nécessaire. In fine, un tiers des patients ne peuvent pas être équipés d'une



orthèse en raison d'un état dentaire insuffisant. Le stomatologue apprécie aussi la capacité d'avancée mandibulaire du patient car dès le début du traitement, l'orthèse est réglée de

manière à atteindre entre 50 et 80 % de cette avancée. Puis celle-ci augmente de semaines en semaines. Le contrôle de l'état clinique du patient, l'avis du conjoint et un nouvel enregistrement des paramètres respiratoires au cours du sommeil permettent d'évaluer l'efficacité du traitement à trois mois. »

>>> grâce aux yeux des prescripteurs, notamment les ORL et les pneumologues, et des patients. Portée par ses succès obtenus dans le traitement des ronflements, l'OAM s'est progressivement perfectionnée, tirant profit de l'arrivée de nouveaux matériaux biocompatibles, souples et résistants et de nouvelles méthodes de fabrication. Grâce aux technologies numériques, l'étape de fabrication est

de moins en moins artisanale et de plus en plus industrielle. Les orthèses actuelles sortent de machines de frittage. Déjà la prochaine étape se profile, directement inspirée des technologies d'impression 3D et qui permettra de se passer de la prise d'empreintes en travaillant à partir d'images obtenues par scanner. ■

AÉROSOLTHÉRAPIE

Des particules fines qui soignent

Apparus dans les années trente, les aérosols obtenus par nébulisation constituent aujourd'hui un traitement de référence pour l'asthme, la Broncho-pneumopathie 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.

À QUOI ÇA SERT ?

La nébulisation est un procédé qui 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 entrer en contact direct et rapide avec les voies aériennes. En cela, elle constitue une alternative intéressante à l'injection. Les principales indications actuelles de l'aérosolthérapie par nébulisation concernent ainsi essentiellement la pneumologie. Elle est préconisée pour le traitement de l'asthme, de la Broncho-pneumopathie obstructive (BPCO) mais aussi de la mucoviscidose. 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 rhinosinusites. Quant à la possibilité d'y avoir recours pour administrer des vaccins, de l'insuline ou encore certains anticancéreux, elle est actuellement à l'étude.

COMMENT ÇA MARCHE ?

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. Les particules plus grosses ($>10 \mu\text{m}$) s'arrêtent dans la sphère ORL, les fosses nasales. Celles de taille intermédiaire ($1 \text{ à } 5 \mu\text{m}$) gagnent les poumons et sédimentent au niveau des bronches. Quant aux plus fines ($<1 \mu\text{m}$), elles atteignent les alvéoles pulmonaires. Le médicament ainsi délivré présente l'avantage d'agir 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'INNOVATIONS

Utiliser le pouvoir thérapeutique de particules en suspension inhalées est une idée très ancienne, qui a notamment accompagné le développement de la médecine thermale. 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^e siècle.

Le premier nébuliseur à usage médical est né en 1858 entre les mains du pneumologue Jean Sales-Giron, 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, raconte le Dr Jean-François Dessanges, physiologiste membre de la Société de pneumologie de langue française (SPLF), 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. A l'époque, de nombreux médecins ont alors mis en doute l'efficacité de ces thérapeutiques. »

La découverte de l'adrénaline et de l'éphédrine au début du XX^e 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 devient rapidement un traitement de choix des allergologues et des urgentistes contre l'oedème de Quincke. « *Ces inhalations étaient administrées le plus souvent par de petits appareils type vaporisateur à parfum* », poursuit le Docteur Dessanges. En 1940, Robert Tiffeneau mit au point un générateur d'aérosol qu'il décrit dans une note à l'Académie des Sciences. Le nébuliseur pneumatique, aujourd'hui encore le plus répandu, était né. Il sera notablement perfectionné par la suite. Le principe est simple : un compresseur ou un branchement sur



une prise d'oxygène mural 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 Etats-Unis dix ans plus tard. Aussi encombrant que son équivalent pneumatique, le nébuliseur ultrasonique a toutefois un avan-

1858

Premier nébuliseur à usage médical mis au point par le Docteur Sales-Girons

1940

Prototype d'aérosol pneumatique inventé par le Professeur Tiffeneau

1949

Naissance du nébuliseur ultrasonique d'abord utilisé comme humidificateur

1956

Premiers aérosols doseurs pressurisés (sprays)

1960

Invention française des aérosols soniques à visée sinusienne

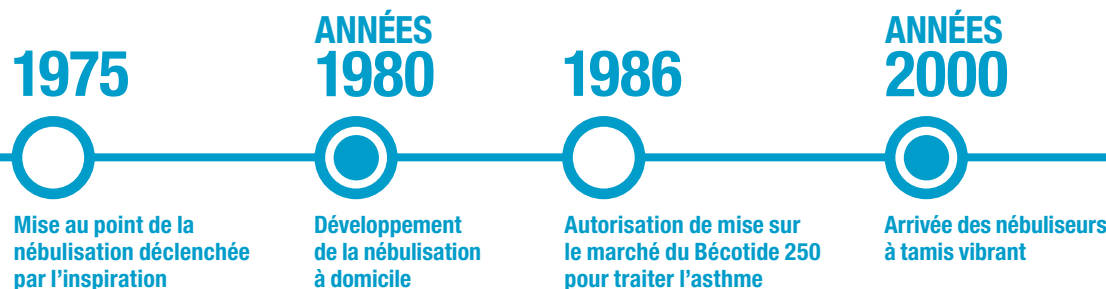
75%

des patients atteints de mucoviscidose reçoivent des aérosols au long cours. A savoir, ce que l'on a d'abord nommé brume, brouillard, fumée ou fumigation a pris le nom d'aérosol en 1932.

tage sur celui-ci : il est silencieux. La préparation est nébulisée sous l'effet d'ondes ultrasoniques générées par un cristal piezzo-électrique qui vibre à haute fréquence (2MHz). D'abord utilisé pour humidifier les voies aériennes, en cas de trachéotomie notamment, l'appareil attire l'attention des médecins qui cherchent à produire des aérosols thérapeutiques. Hélas, toutes les molécules ne résistent pas à un tel traitement vibratoire et à l'augmentation de température, ce qui rend le matériel inadéquat pour la plupart des traitements à aérosols.

En 1956 apparut un autre type de dispositif permet-

tant 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 », souligne le Docteur Dessanges. S'ensuit 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. Il fallut attendre les années quatre-vingt pour voir apparaître de nouveaux traitements par voie inhalée et, avec eux, un regain d'intérêt pour les dispositifs de nébulisation. La période est celle du début de l'épidémie de Sida. Beaucoup de patients séropositifs au VIH contractent en effet des infections pulmonaires contre lesquelles l'inhalation de pentamidine s'avère efficace à condition que l'aérosol pénètre suffisamment profondément les poumons. Il fallut donc trouver le moyen d'obtenir les gouttelettes les plus fines possibles. Par ailleurs, les rejets de pentami- >>>



ÉCLAIRAGE

« L'arrivée des sprays a révolutionné la vie des asthmatiques »

Dr Jean-Pierre CHAUMUZEAU,
Pneumologue libéral.

« Je me souviens de l'année 1986, quand a été commercialisé le premier corticoïde en spray suffisamment actif et dosé pour mettre les patients asthmatiques à l'abri pour crises et retrouver une vie normale, raconte le Dr Jean-Pierre Chaumuzeau, pneumologue de ville. Quatre à six bouffées quotidiennes de corticoïdes suffisaient. Enfin un traitement simple et à la portée de tous les malades ! N'oublions pas que jusqu'en 2004, les ampoules de médicaments pour la nébulisation n'étaient pas disponibles en ville. Il fallait aller à la pharmacie centrale des hôpitaux pour se les procurer. Les premières générations d'aérosols doseurs pressurisés n'étaient pas parfaites, c'est vrai. Leur usage nécessitait de bien coordonner la pression du pouce avec l'inspiration. Les chambres d'inhalation qui permettent de stocker temporairement la bouffée avant l'inhalation, puis les systèmes autodéclenchés qui coordonnent la bouffée avec le début de l'inspiration ont permis ensuite de contourner en partie le problème. »

>>> dine étant toxiques pour l'entourage, il importait de réussir à filtrer l'air expiré. Ces deux contraintes poussèrent chercheurs et industriels à améliorer les performances des nébuliseurs pneumatiques. A 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 quatre-vingt-dix, 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 peut toutefois pas être administrée par nébuliseur ultrasonique. On se tourna alors vers les appareils pneumatiques pour améliorer les performances et développer les compresseurs. La génération des nébuliseurs à double venturi, qui créent une double dépression d'air, donc une plus grande quantité d'aérosol, apparut au début des années 2000. Ces nébuliseurs, également dits à venturi actifs, présentent ainsi l'avantage de délivrer plus de produit à l'inspiration qu'à l'expiration, évitant de diffuser dans l'atmosphère une partie du médicament. Parallèlement, les améliorations ont porté 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 eux aussi 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 nasal ou du masque. Alors que le défi des années quatre-vingt 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. Ainsi les systèmes intermittents ou à chambre ont-ils été conçus pour ne produire l'aérosol qu'à l'inspiration. Par ailleurs, bon nombre de travaux actuels explorent les usages possibles de l'aérosolthérapie au-delà des seules affections respiratoires. Des essais sont menés en thérapie génique, en vaccination, en antibiothérapie ou pour l'administration de traitements anti-can-

À SAVOIR

AU TEMPS DES CIGARETTES ANTI-ASTHMATIQUES

Au I^{er} siècle après J.C., Claude Galien recommandait déjà à ses malades d'aller respirer sur les pentes du Vésuve les fumerolles chargées de vapeurs sulfureuses. Pendant des siècles, on a eu recours à la pipe pour inhaler des substances à visée hallucinogène. Tous les sorciers du monde connaissaient les effets psychotropes de certaines plantes comme le *Datura stramonium*. Les fameux « calumets de la paix » des Indiens d'Amérique du Nord en contenaient. En France, au XIX^e siècle, les cigarettes médicinales ont été largement utilisées pour traiter les patients asthmatiques. Marcel Proust et Armand Trousseau, pour ce citer qu'eux, en étaient des consommateurs notoires. En 1973, le Vidal proposait encore cinq sortes de cigarettes anti-asthmatiques. Elles ont toutes été retirées du marché en 1992 suite à des usages abusifs et mortels.

céreux notamment par le CEPR Inserm de l'Université de Tours. Autant de pistes qui consistent à administrer des doses précises de molécules fragiles, ce qui suppose d'innover encore en matière de technologies. ■

GLOSSAIRE

Bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO)

Affection de longue durée caractérisée par des accès de toux productive survenant presque tous les jours, au moins trois mois par an, pendant au moins deux années consécutives.

Dyspnée

Gêne respiratoire ressentie par un malade, qu'elle soit constatée ou non par le médecin.

Masque Venturi

Équipement délivrant de l'oxygène à une concentration fixe et pré-déterminée grâce à des orifices d'entraînement d'air. Tire son appellation de l'effet décrit par le physicien italien Venturi qui décrit le principe de dépression ici mis à profit.

Molécule fragile

Qui est détériorée par le procédé de nébulisation. Exemples : anticorps ou séquences géniques

Normobare

Se dit d'une pression égale à la pression atmosphérique normale ou d'une solution de même densité que le liquide céphalorachidien qui, notamment, entoure tout le système nerveux.

Pression positive continue

Technologie qui consiste à maintenir les voies aériennes supérieures ouvertes en délivrant une pression d'air constante tout au long de la nuit. Par extension, se dit du traitement fondé sur ce principe.

Spirophore

Caisson à dépression destiné à pratiquer la respiration artificielle.

Titration

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

Trachéotomie

Intervention chirurgicale consistant à pratiquer une ouverture de la face antérieure de la trachée cervicale – entre le 3e et le 4e anneau cartilagineux – et à y placer une canule pour assurer le passage de l'air. Par extension, ce terme désigne aussi le résultat de l'intervention.

Oxygène médical

Gaz contenant presque exclusivement de l'oxygène et destiné à être inhalé à des fins de traitement médical. Ce médicament peut être extrait de l'air ambiant par un concentrateur ou extracteur.

SOURCES

Principales sources ayant contribué à la rédaction de ce document.

OUVRAGES

- « *Ventilation non invasive* », J.F. Muir, D. Robert, ed. Masson, 1996.
- « *Naissance et évolution de 15 formes pharmaceutiques* », L. Pariente, ed. L. Pariente, 1996.
- « *Algies vasculaires de la face* », H. Massiou, Encyclopédie médico-chirurgicale 17-023-A-70, ed. Elsevier, 2003.

OUVRAGES EN LIGNE

- « *Dictionnaire médical de l'Académie de médecine* » Version 2014
- « *Dictionnaire Larousse médical* » édition 2006
- Bibliothèque numérique Médic@

SITE INTERNET

- www.respiradom.fr
- www3.chu-rouen.fr/Internet/test/ventiweb/patients/guide/ventilation
- www.antadir.com/
- www.allp-sante.com
- www.reseau-morphee.fr
- www.lesouffle.org

ARTICLES ET PUBLICATIONS

- « *L'histoire de la ventilation mécanique : des machines et des hommes* », C. Chopin, Présentation au Congrès de la SRLF, 2006
- « *La ventilation à domicile en France* », J.F. Muir, éditorial de la Revue des Maladies Respiratoires; 21 : 461-4

- « *Optimisation de la phonation sous ventilation artificielle* », D^{rs} J. Gonzalez-Bermejo et H. Prigent, Rev Mal Respir 2005; 22 : 683-6
- « *La gestion de la trachéotomie chez les patients adultes sous assistance ventilatoire à domicile* », D^r F. Philit et al, Rev Mal Respir 2004 ; 21 : 1130-6
- « *Trachéotomie et maladies neuromusculaires* », fiche repère de l'Association française contre les myopathies, octobre 2007
- « *Effet des traitements sur la qualité de vie des bronchopneumopathies chroniques obstructives : oxygénothérapie et assistance respiratoire à domicile* », J.F. Muir et A. Cuvelier, congrès de la SPLF, 2001
- « *Traitement du SAHOS par ventilation en pression positive continue (PPC)* », P^r J.C. Meurice et al, Rev Mal Respir 2010; 27 : S137-S145
- Guides patients de l'Antadir : « *oxygénothérapie* », « *apnées du sommeil* », « *ventilation non invasive* », « *trachéotomie* »

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

LES PRINCIPALES SOCIÉTÉS SAVANTES EN RESPIRATION

- Société de pneumologie de langue française (SPLF).
- Fédération française de pneumologie (FFP).
- Collège des enseignants de pneumologie (CEP).
- Intergroupe francophone de cancérologie thoracique (IFCT).

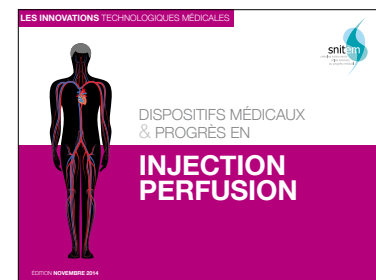
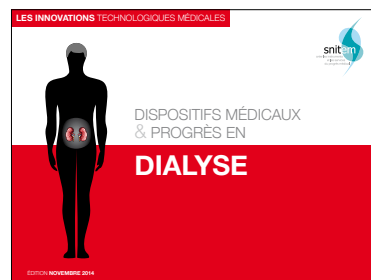
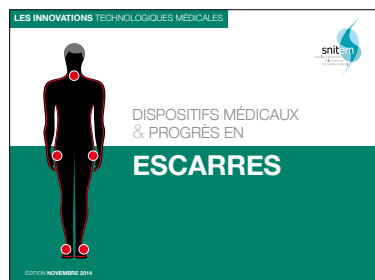
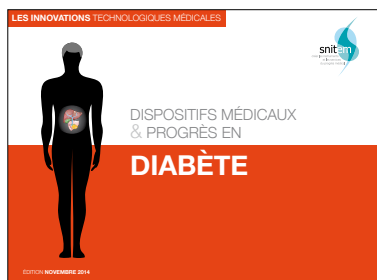
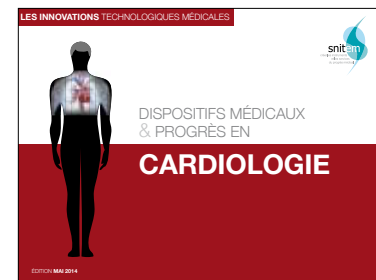
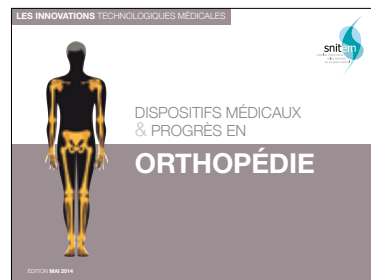
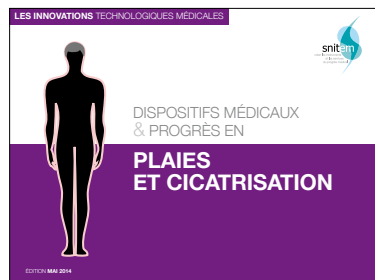
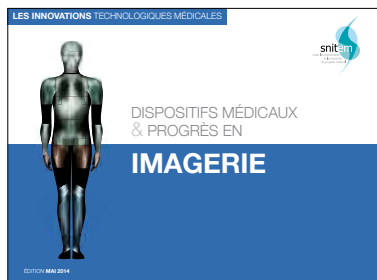
REMERCIEMENTS

La réalisation de ce document a été rendue possible grâce à la disponibilité et aux apports de nombreux acteurs. Qu'ils en soient tous ici remerciés, en particulier, par ordre alphabétique :

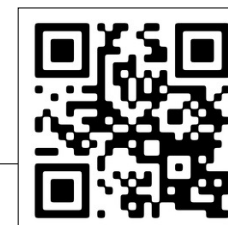
Lucile Blaise, Resmed • D^r Jean-Pierre Chaumuzeau, pneumologue libéral, membre de la SPLF • Gilles Chantrel, DFT medical - Diffusion Technique Française • D^r Jean-François Dessanges, physiologiste, membre de la SPLF • Jean-Jacques Dongay, Covidien • Jean-Marc Giner, Air Liquide Medical System • D^r Jésus Gonzalez-Bermejo, pneumologue à l'Hôpital de la Pitié-Salpêtrière, Paris (AP-HP) • Patrick Gouleme, Air Liquide Medical System • P^r Patrick Lévy, Président de l'Université de Grenoble • François Mareschal, Philips Respironics • Didier Menguy, Breas • P^r Jean-Claude Meurice, Chef du service pneumologie du CHU de Poitiers • P^r Jean-François Muir, Chef du service de pneumologie du CHU de Rouen, Président de l'Antadir • P^r David Orlikowski, neurologue au service de réanimation de l'Hôpital Raymond Poincaré, Garches (AP-HP) • D^r Sylvie Royant-Parola, psychiatre spécialiste des troubles du sommeil, Présidente du réseau Morphée • Vincent Sauvé, ResMed • Ingrid Seme, Invacare • D^r Bruno Stach, pneumologue libéral, membre de la Fédération française de pneumologie.

Dans la même collection

Documents téléchargeables sur le site du Snitem www.snitem.fr



Donnez nous votre avis sur ce document
en **répondant à notre enquête de satisfaction**
ou sur le site www.snitem.fr





Quand l'épopée de l'innovation des dispositifs médicaux se confond avec l'extraordinaire histoire de la respiration.

SNITEM

92038 Paris - La Défense cedex

Tél. : 01 47 17 63 88

Fax : 01 47 17 63 89

www.snitem.fr
info@snitem.fr