

# Ventilation non invasive en réanimation pédiatrique : aspects pratiques

## Non Invasive Ventilation in Paediatric Intensive Care: Practical Aspects

C. Haggemacher · F. Vermeulen

Reçu le 6 juillet 2014 ; accepté le 2 novembre 2014  
© SRLF et Lavoisier SAS 2014

**Résumé** La ventilation non invasive est de plus en plus fréquemment utilisée en réanimation pédiatrique. Néanmoins, son application reste encore souvent un challenge. Ceci est dû aux spécificités anatomiques et physiologiques respiratoires de l'enfant, et au fait qu'il existe très peu de matériels adaptés à la population pédiatrique. Que ce soit en mode à pression continue ou à deux niveaux de pression, il existe trois types d'appareils disponibles disposant chacun d'un fonctionnement spécifique. Les générateurs de pression à débit fixe délivrent une pression qui varie en fonction des fuites non intentionnelles et qui est limitée par les débits maximaux de l'appareil. Ils sont indiqués chez les enfants de moins de 4 kg. Les générateurs de pression à turbine maintiennent les pressions demandées en compensant les fuites non intentionnelles, permettant une fixation douce du masque sur le visage de l'enfant. Toutefois, leur système de déclenchement est fortement influencé par de nombreux éléments tels la présence d'un filtre antibactérien ou l'ajout d'oxygène. Les respirateurs conventionnels ont quant à eux un meilleur système de déclenchement mais une moins bonne capacité de compensation des fuites. Le choix de l'interface, les réglages et les modalités de surveillance seront guidés principalement par l'utilisation du « regard clinique ».

**Mots clés** Ventilation non invasive · Enfants · Insuffisance respiratoire · Soins intensifs

**Abstract** Non invasive ventilation is increasingly used in the pediatric intensive care. However, its application still remains challenging. This is due to the unique anatomical

and physiological respiratory features in children, and the fact that there is not much suitable material available for the pediatric population. Irrespective of application of either the continuous positive pressure mode or the bi-level positive pressure mode, three types of devices are available, each playing a specific function. The devices with fixed flow generate a pressure, which is regulated by non intentional leaks and is limited by the maximal flow that can be generated. These devices are indicated in children who weigh less than 4 kg. Turbine-driven devices maintain the desired pressure by compensating the unintentional leaks, which allows a gentle fixation of the mask on the face of the child. Nevertheless, the trigger system is highly influenced by many factors such as the presence of an anti-bacterial filter or the addition of oxygen flow. Conventional ventilators have a better trigger system but are less efficient in compensating leaks. Practitioners determine the choice of interface, settings and clinical monitoring according to the needs and to the situation.

**Keywords** Non invasive ventilation · Children · Respiratory insufficiency · Intensive care unit

## Introduction

La ventilation non invasive (VNI) est utilisée en pédiatrie depuis de nombreuses années. Les premières publications début des années 1970 concernaient l'utilisation de la Pression positive continue (PPC) en néonatalogie [1]. En 1994, Padman et al. publiaient les données concernant 15 enfants en détresse respiratoire chronique évoluant favorablement sous ventilation non invasive à deux niveau de pression (VNI-2P) [2]. La VNI a été progressivement de plus en plus largement utilisée dans les services de réanimation pédiatrique pour devenir aujourd'hui une technique utilisée de manière routinière. Cependant, son application, en particulier chez le jeune enfant, reste souvent un challenge notamment par manque de matériel adapté. Le présent article a

---

C. Haggemacher  
Service des soins intensifs pédiatriques,  
hôpital universitaire des enfants Reine Fabiola,  
avenue J.-J. Crocq 15, 1020 Bruxelles, Belgique

F. Vermeulen (✉)  
Département de l'enfant et de l'adolescent,  
hôpitaux universitaires de Genève,  
rue Willy Donzé 6, 1211 Genève 14, Suisse  
e-mail : francois.vermeulen@hcuge.ch

pour but de décrire et de discuter des particularités de la VNI en réanimation pédiatrique du point de vue du matériel et de l'installation. La prise en charge des enfants hospitalisés en néonatalogie ne sera pas abordée dans le cadre de cet article.

### « L'enfant n'est pas un adulte en miniature » [3]

Les enfants présentent des particularités anatomiques et physiologiques spécifiques que le clinicien doit absolument connaître. Celles-ci vont évoluer au cours de la croissance, rapidement dans les premières années de vie, puis plus progressivement. Le comportement mécanique et physiologique du système respiratoire du jeune enfant est très différent de celui de l'adulte, déterminant à la fois des types et cinétiques d'apparition des signes respiratoires différents de l'adulte, et, du fait de ses faibles réserves métaboliques, une relation ténue entre la détresse respiratoire et le risque vital. Les problèmes respiratoires représentent d'ailleurs la première cause de décès chez le jeune enfant.

Les objectifs thérapeutiques de la VNI chez l'enfant sont assez semblables à ceux de l'adulte (Tableau 1) [4]. Néanmoins, la stabilisation de la cage thoracique représente un effet spécifique attendu chez les plus jeunes enfants. Les contre-indications sont identiques à celles de l'adulte (Tableau 2) [5].

## Quel générateur de pression pour la PPC ?

### Les générateurs de pression à débit fixe

Ces systèmes délivrent un mélange gazeux air-oxygène, réchauffé et humidifié, dont le débit est fixe (CareFusion

Infant Flow, par exemple). La pression délivrée dans les voies aériennes de l'enfant dépend du débit réglé, de la fuite intentionnelle, des fuites non intentionnelles (autour des canules nasales, autour du masque, par la bouche), et de la taille de l'enfant [6]. Un autre système, très similaire, implique que la branche expiratoire soit immergée dans une colonne d'eau (Fisher and Paykel Bubble CPAP, par exemple). Le débit étant fixe, c'est la profondeur d'immersion qui détermine alors la pression dans le système. Ces systèmes sont remarquables par leurs interfaces (canules nasales et masques nasals spécifiques) qui en permettent l'utilisation chez le nouveau-né. Le choix des canules nasales doit être bien réfléchi. Il faut des canules de diamètre suffisamment large pour limiter les fuites sur leur pourtour mais pas trop pour réduire le risque d'escarres. Celles-ci sont le plus souvent localisées dans la partie médiane des narines, au niveau du septum [7]. Le choix du masque est plus facile mais n'exclut pas le risque de lésion cutanée. Le cas échéant, elles apparaissent alors plutôt à la base du septum nasal, il est donc probablement utile d'alterner les deux interfaces [7]. L'utilisation d'un masque, plutôt que de canules, dans les 72 premières heures de traitement, semble associée à un plus faible taux d'échec [8].

Dès que l'enfant dépasse environ 4 kg, ces deux systèmes ne sont plus suffisants en raison des débits maximaux fournis et de l'absence d'interfaces de taille appropriée. Bien qu'il y ait peu de modèles commercialisés, des systèmes de PPC pneumatiques peuvent être utilisés (Dräger CF800 ou Vygon CPAP Boussignac par exemple). À défaut de masque spécifique, des masques simples d'anesthésie peuvent être utilisés. Ces systèmes ne tolèrent pas de fuites non intentionnelles, imposant l'usage de masques nasobuccaux. En cas de besoin de traitement prolongés, plusieurs heures ou jours, le

**Tableau 1** Objectifs thérapeutiques de la VNI chez l'enfant [4]

|  |
|--|
| Diminuer le travail respiratoire   |
| Décharger le diaphragme et les muscles accessoires                               |
| Diminuer la fréquence respiratoire   |
| Stabiliser la cage thoracique, diminuer le tirage                                |
| Diminuer la consommation d'oxygène liée à l'augmentation du travail respiratoire |
| Pour éviter l'hypoventilation  |
| Augmenter le volume courant et la ventilation/minute                             |
| Diminuer la PaCO <sub>2</sub>  |
| Augmenter la capacité résiduelle fonctionnelle                                   |
| Diminuer la différence alvéolo-artérielle en oxygène                             |
| Éviter les atelectasies  |
| Diminuer le phénomène d'auto-PEP   |
| Maintenir la perméabilité des voies aériennes                                    |
| Diminuer le nombre et la durée des apnées et hypopnées obstructives              |

**Tableau 2** Contre-indications à la ventilation non invasive [5]

|   |
|---|
| Environnement inadapté, expertise insuffisante de l'équipe                                  |
| Patient non coopérant, agité, opposant à la technique                                       |
| Intubation imminente (sauf VNI en pré-oxygénation)  |
| Coma (sauf coma hypercapnique de l'insuffisance respiratoire chronique)                     |
| Épuisement respiratoire   |
| État de choc, troubles du rythme ventriculaire graves                                       |
| Sepsis sévère   |
| Immédiatement après un arrêt cardiorespiratoire   |
| Pneumothorax non drainé, plaie thoracique soufflante  |
| Obstruction des voies aériennes supérieures (sauf apnées du sommeil, laryngotrachéomalacie) |
| Vomissements incoercibles   |
| Hémorragie digestive haute  |
| Traumatisme craniofacial grave  |
| Tétraplégie traumatique aiguë à la phase initiale   |

problème de l'inconfort et du risque de lésions cutanées se pose. Dans ce contexte, le passage à un générateur de pression à turbine peut représenter une alternative intéressante.

Un troisième système, les lunettes à haut débit (Fisher and Paykel Optiflow, par exemple), peut être utilisé chez le jeune enfant en détresse respiratoire [9]. En fonction du débit utilisé et du diamètre des lunettes, une pression pharyngée positive allant entre 0 et 4 cmH<sub>2</sub>O peut être générée [10]. Bien qu'il ne s'agit pas ici de PPC à proprement parler, des effets similaires ont été observés [11,12]. Un effet thérapeutique de la pression positive générée n'est dès lors pas à exclure.

### Générateurs de pression à turbine

Ces appareils sont équipés d'une turbine qui aspire l'air ambiant et le propulse dans une tubulure débouchant sur l'interface (Philips Respironics Trilogy, par exemple). La pression générée dans le circuit est donc dépendante du débit généré par la turbine – au plus celui-ci augmente, au plus la pression est élevée – et de la fuite intentionnelle. Cette dernière est indispensable à l'évacuation des gaz expiratoires et placée directement sur l'interface ou sur une pièce spécifique placée entre l'interface et la tubulure. Un algorithme qui prend en compte les mesures de pressions et de débit réalisées à l'intérieur de l'appareil, les réglages faits par le clinicien, les fuites (intentionnelles ou non) et les débits respiratoires générés par le patient, permet d'adapter la vitesse de rotation de la turbine de manière à atteindre les objectifs de pression souhaités. Ces appareils sont généralement capables de générer des débits supérieurs à 200 l/min, assurant ainsi une tolérance aux fuites involontaires et permettant l'utilisation d'interfaces nasales ou narinaires. Ce type de ventilateur a l'avantage de permettre l'application plus douce de l'interface sur le visage. Les sangles de fixation doivent être serrées à minima, assurant juste la stabilisation de l'interface. Outre le confort, cela permet une lutte efficace contre les escarres. Un certain degré de fuite non intentionnelle est tolérable, pour autant qu'elle ne soit pas orientée vers les yeux. Dans ce cas, un risque de conjonctivite consécutive à l'assèchement de l'œil est présent. L'application préventive d'un collyre hydratant peut être utile.

Il est à noter qu'à ce jour, aucun générateur de pression à turbine n'est conçu pour un usage chez le nourrisson. Les problématiques spécifiques à l'utilisation de ce type d'appareil chez le jeune enfant sont abordées plus loin dans le texte.

### Ventilateurs conventionnels

Actuellement, pratiquement tous les ventilateurs de réanimation disposent d'une option VNI, incluant plusieurs modes. Cette option se distingue des modes invasifs par une certaine tolérance aux fuites. Le circuit de ventilation doit cependant être théoriquement étanche. Ce dernier point

représente la différence importante entre les ventilateurs à turbine et conventionnels.

## Quel générateur de pression pour la VNI-2P ?

### Générateur de pression à débit fixe

Ces appareils (CareFusion SiPAP, par exemple) délivrent une pression assistée de maximum 4 à 5 cmH<sub>2</sub>O au-dessus du niveau de la pression expiratoire positive (PEP) soit de manière imposée soit de manière synchrone via un patch abdominal détectant les mouvements respiratoires de l'enfant. Leur efficacité est toutefois limitée par leurs débits maximaux et leur intolérance aux fuites comme décrit plus haut.

### Générateurs de pression à turbine

Dans le cadre d'un VNI-2P, l'efficacité en termes de soutien ventilatoire de ce type d'appareil doit être déterminée au regard de deux éléments importants : 1/ les faibles débits inspiratoires et expiratoires générés par le très jeune enfant ; 2/ le fait que les capteurs du système de déclenchement soient localisés à l'intérieur de l'appareil. Fauroux et al. [13] ont montré qu'il existait une certaine hétérogénéité concernant les performances des appareils lorsqu'ils étaient soumis à des configurations pédiatriques.

Le système de déclenchement se trouve à l'intérieur de l'appareil, soit à une extrémité du circuit, tandis que l'enfant se trouve à l'autre extrémité du circuit. Différents éléments présents entre ces deux points sont susceptibles de modifier l'interaction entre l'appareil et l'enfant :

- le filtre antibactérien. Il est souvent placé à la sortie de l'appareil afin d'éviter les infections croisées puisque ces appareils sont utilisés successivement pour plusieurs patients [14]. La résistance au débit gazeux dépend des caractéristiques physiques du filtre. Il n'existe pas à notre connaissance d'étude s'étant intéressée à l'impact de la présence d'un filtre antibactérien sur la sensibilité des systèmes de déclenchement des générateurs de pression à turbine ;
- les résistances liées à la tubulure. Lors du passage des gaz à travers la tubulure, le débit gazeux est modifié par la résistance intrinsèque de celle-ci. La résistance est donc dépendante du débit gazeux, de la longueur et du diamètre de la tubulure ;
- l'humidificateur chauffant. Le passage à travers l'humidificateur ajoute une source de résistance supplémentaire aux gaz.

La somme des résistances générées par ces trois premiers éléments représente potentiellement une source de perturbation de la transmission du signal entre l'enfant et l'appareil.

Cependant, à notre connaissance, aucune étude ne s'est intéressé de manière extensive à ces différents points dans des configurations pédiatriques.

- L'apport d'oxygène. Le plus souvent, l'oxygène est amené directement sur le circuit ou sur l'interface. Dans les cas où une  $FiO_2$  élevée est nécessaire, le débit important d'oxygène, non pris en compte par les algorithmes des systèmes de déclenchement de l'appareil, peut être une source potentielle de perturbation de ces derniers. Une diminution de la sensibilité des systèmes de déclenchement, et donc un moins bon asservissement de l'appareil à l'enfant, peut alors être observé. Sur certains appareils, l'apport d'oxygène se fait via un port à l'arrière de l'appareil. Le gaz est dilué dans l'air avant passage dans l'appareil et ne perturbe donc alors pas les algorithmes de l'appareil ;
- la fuite intentionnelle. Les algorithmes des fabricants sont conçus pour un usage avec une fuite connue, le plus souvent incluse dans les interfaces de la même marque. Cependant, en pratique clinique, il arrive fréquemment de monter des circuits comprenant des matériels de marques différentes. Les caractéristiques du circuit, y compris la fuite, ne sont donc plus identiques aux données attendues par l'algorithme. Sur un banc d'essai, mimant des conditions de type adulte, Borel et al. [15] n'observaient pas d'effet négatif de la fuite sur les capacités de déclenchements inspiratoire et expiratoire des appareils testés, à l'exception de la configuration mimant un patient obstructif. Par contre, ils rapportaient une diminution de la capacité de pressurisation du système lorsque le débit de la fuite dépasse 40 l/min. Ferreira et al. observaient le même type de résultats en testant plusieurs appareils avec différents niveaux de fuite [16]. Ces derniers ont un impact variable et souvent significatif sur la sensibilité du système de déclenchement et sur les modalités de pressurisation. À notre connaissance, cette question n'a pas été étudiée dans un contexte pédiatrique ;
- les volumes internes des interfaces utilisées chez le jeune enfant sont souvent importants au regard de leurs volumes courants. La question du risque de ré-inhalation de  $CO_2$  peut donc être posée. Saatci et Schettino ont montré que le volume interne du masque n'était pas corrélé avec l'espace mort [17]. Ceci s'expliquait par le fait que le débit passant à travers le masque assurait un renouvellement suffisant des gaz et donc une évacuation efficace du  $CO_2$ . Afin d'assurer le renouvellement gazeux au cours de la phase expiratoire, l'utilisation d'une pression expiratoire minimale a été proposée [18]. Cependant, à notre connaissance, aucune valeur seuil n'a été clairement définie.

Par ailleurs, l'impact du volume interne sur le système de déclenchement n'est peut-être pas neutre. Lors de ses efforts ventilatoires, l'enfant doit mobiliser le volume interne du masque, entre autres, afin de transmettre le signal inspira-

toire ou expiratoire vers le ventilateur. À notre connaissance, aucune étude n'a été réalisée à ce sujet.

Il n'est pas rare d'observer que lors de l'utilisation d'un générateur de pression à turbine en mode VNI-2P chez le très jeune enfant en détresse respiratoire importante, l'appareil reconnaît les efforts inspiratoires de l'enfant et y est asservi. Plusieurs études ont d'ailleurs montré les effets positifs de ce type d'appareil dans ces conditions [19-22]. Très empiriquement, nous avons pu observer à plusieurs reprises que, chez le nourrisson, lorsque l'enfant se calme et que ses efforts ventilatoires deviennent moins intenses, l'appareil ne les reconnaît plus. Ceci laisse à penser que dans ces conditions, nous sommes à la limite des capacités des générateurs de pression à turbine lors d'une utilisation en mode à deux niveaux de pression.

Si l'appareil ne reconnaît pas la fin de l'effort inspiratoire de l'enfant, l'ajustement des deux paramètres,  $T_{i,min}$  (Temps inspiratoire minimum) et  $T_{i,max}$  ( $T_i$  maximum) peut représenter une solution. Le principe est de créer une « fenêtre de cyclage » afin d'amener l'appareil à assurer le cyclage au plus près de la fin de l'effort inspiratoire du patient, limitant ainsi l'asynchronie expiratoire. Une surveillance rapprochée, notamment durant les premiers temps du traitement, est nécessaire afin d'ajuster les temps en fonction de l'évolution de l'enfant. À notre connaissance, cette méthode n'a pas fait l'objet de publications.

### Ventilateurs conventionnels

Compte tenu des problèmes évoqués, l'utilisation de ventilateurs conventionnels peut représenter une alternative intéressante. En effet, du fait de leurs capacités mécaniques et de leurs algorithmes, il peut être attendu une meilleure sensibilité de déclenchement et une bonne capacité d'administration du soutien ventilatoire. À ce jour, la plupart des ventilateurs conventionnels disposent de modes adaptés à la VNI. Cette adaptation est le plus souvent matérialisée par une tolérance aux fuites. Néanmoins, la capacité de compensation des fuites est généralement bien inférieure à celle des générateurs de pression à turbine. Il est donc malgré tout nécessaire d'utiliser des interfaces sans fuites. Concrètement, la plupart du temps, des masques nasobuccaux sont utilisés. Pour limiter les fuites non intentionnelles, ces masques doivent être serrés sur le visage de l'enfant, plus que ne le sont les masques utilisés avec les générateurs de pression à turbine. Ceci peut engendrer un inconfort plus important, notamment en cas de VNI prolongée (plusieurs heures, plusieurs jours) et un risque plus important de lésions cutanées. En outre, la pression appliquée par le masque au niveau de la mandibule peut avoir pour effet de la déplacer légèrement vers l'arrière, provoquant une obstruction partielle de voies aériennes supérieures par déplacement de la base de la langue vers la paroi pharyngée postérieure.

## Générateur de pression à turbine ou ventilateur conventionnel ?

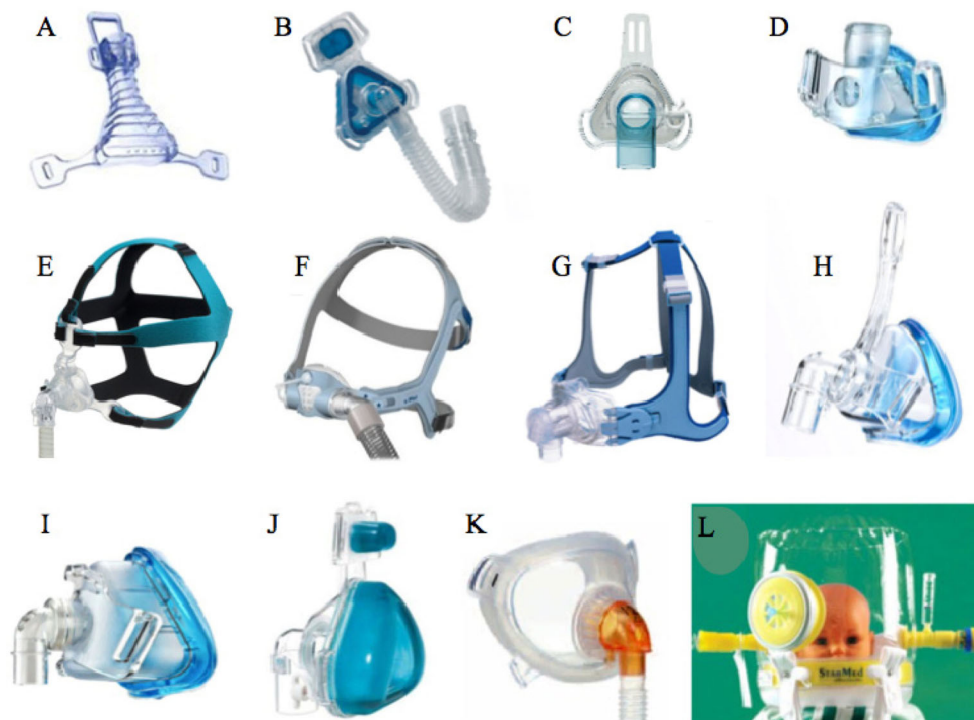
Sur banc d'essai et avec des patients adultes, Cardeaux et al. ont montré qu'en présence de fuites sur le circuit, les asynchronies patient-machine étaient moins fréquentes avec les générateurs de pression à turbine qu'avec les ventilateurs conventionnels, et ce même lors de l'utilisation de modes dédiés à la VNI [23]. Dans des conditions expérimentales reproduisant des configurations ventilatoires pédiatriques, Oto et al. ont observé une certaine disparité à la fois entre les ventilateurs conventionnels et à turbine et à l'intérieur des deux groupes [24]. Les éléments liés à une mauvaise qualité de déclenchement étaient la petite taille du patient, un déficit obstructif et un haut taux de fuite. Ces derniers engendraient des problèmes de retard de déclenchement, auto-déclenchement, ou absence de déclenchement non négligeables.

Une solution pourrait être l'utilisation du mode NAVA. Récemment, Vignaux et al. ont étudié l'intérêt de ce mode en VNI dans une population pédiatrique [25]. Ils ont observé une meilleure synchronisation avec le patient grâce à ce mode plutôt qu'avec un mode classique en pression assistée. D'autres études devront poursuivre l'exploration de cette piste.

## Quelle interface ?

L'adéquation entre l'interface et le patient est fondamentale. Le premier élément qui détermine le choix de l'interface est le type de générateur de pression utilisé. Dans le cas des ventilateurs conventionnels, c'est assez simple. Les masques simples utilisés en anesthésie sont disponibles en plusieurs tailles. Une sangle en caoutchouc permet la fixation. Pour les générateurs de pression à turbine, c'est plus complexe. Il existe en effet peu de modèles pédiatriques, et ceux-ci sont essentiellement nasaux (Fig. 1). Les modèles commercialisés ont souvent des volumes internes relativement grands au regard des enfants auxquels ils sont destinés, soutenu par des structures rigides encore souvent assez imposantes. Un modèle de masque nasal, développé par C. Sullivan, est disponible depuis peu. Entièrement en silicone, il est exempt de structure rigide. Par ailleurs, son poids est très faible et son volume interne réduit.

En cas de détresse respiratoire d'intensité telle que l'enfant respire à la fois par le nez et par la bouche, un masque nasobuccal pourra être utilisé. À notre connaissance, il n'existe pas de modèle de masque spécifique pour les jeunes enfants. Deux solutions existent alors : 1/ l'utilisation de masques nasaux adultes en tant que masques nasobuccaux ; 2/



**Fig. 1** Exemples d'interfaces pour un usage avec des ventilateurs à turbine. A : MaskMedic Paediatric Concept™ Nasal Mask ; B : Philips Respironics Small Child Profile Lite ; C : Philips Respironics Small Child Contour ; D : Sleepnet MiniMe Nasal Mask ; E : Air Liquide Respireo SOFT Baby NIV Mask ; F : ResMed Pixi™ ; G : ResMed Mirage Kidsta ; H : Sleepnet MiniMe 2 Nasal Pediatric ; I : Sleepnet IQ Nasal Mask ; J : Mask Philips Respironics Profile Lite Youth ; K : Philips Respironics FitLife ; L : StarMed CaStar Helmet of infants

l'utilisation de masque d'anesthésie. Dans ce cas, il ne faut pas oublier de placer une fuite intentionnelle (Philips Respironics Whisper Swivel, par exemple) entre le masque et la tubulure. Dans ces deux cas, le volume et la structure du masque sont souvent disproportionnés par rapport aux caractéristiques de l'enfant. Cependant, ils permettent l'utilisation de la VNI et de diminuer le recours à l'intubation.

Depuis peu, un casque et un masque facial sont disponibles. Le casque a fait l'objet de quelques publications montrant son intérêt chez des enfants, et ce en mode PPC ou VNI-2P [26]. Chidini et al. comparaient l'usage du casque et du masque naso-buccal pour délivrer une PPC à une série d'enfants hypoxémiques de moins de 24 mois [27]. Ils observaient une supériorité du casque concernant le nombre d'échecs de traitement, le confort du patient et le recours à la sédation.

Le masque facial est disponible depuis peu en très petites tailles. À ce stade, il n'a pas à notre connaissance fait l'objet de publications scientifiques.

Enfin, certains auteurs ont décrit l'utilisation avec succès d'un tube nasopharyngé. Velasco Arnaiz et al. utilisaient cet interface avec un générateur de pression à turbine et un ventilateur conventionnel [28]. Dans leur discussion, ils précisait que le choix du ventilateur jouait un rôle important par leur capacité de compensation des fuites. Dans cette étude, cette interface n'était pas comparée à d'autres modèles d'interface.

### L'approche clinique

Le succès de la VNI va dépendre de plusieurs facteurs dont notamment la réalisation d'un examen clinique basé sur l'évaluation des signes décrits dans le Tableau 3. Les conclusions d'un examen clinique réalisé par un clinicien aguerri sont indispensables lors de la décision de mettre sous ventilation invasive ou non invasive, dans le choix du mode et des réglages, lors de la surveillance, et lors de l'adaptation de sa

|   |
|---|
| <p><b>Tableau 3</b> Éléments à évaluer lors de l'examen clinique d'un enfant</p> <p>Rythme et fréquence respiratoire<br/>         Utilisation des muscles accessoires<br/>         Tirage intercostal, sus-sternal et/ou sous-sternal<br/>         Ampliation et symétrie du mouvement thoracique<br/>         Répartition des temps inspiratoire et expiratoire au cours du cycle ventilatoire<br/>         Bruits respiratoires audibles à la bouche : stridor, grunting<br/>         Signes détresse respiratoires : gasping, bobing, battement des ailes du nez, cyanose<br/>         Posture prise spontanément par l'enfant<br/>         Confort, agitation<br/>         Degré d'éveil et d'attention</p> |
|---|

ventilation. Essouri et al. montraient que l'amélioration du travail inspiratoire était parfaitement corrélée avec l'amélioration clinique de la fréquence respiratoire et du tirage et qu'il n'y avait aucune différence entre les réglages faits sur base des paramètres physiologiques et ceux sur base des paramètres cliniques [29].

### Mise en route

Il peut sembler logique de considérer qu'une VNI sera d'autant plus efficace qu'elle est instaurée précocement. Démontrer ce postulat s'avère techniquement difficile et n'a pu être fait à ce jour. Dans notre expérience quotidienne, nous nous fixons néanmoins cet objectif. Les critères de mise en route vont principalement dépendre de la clinique de l'enfant et pas exclusivement des résultats de la gazométrie sanguine. En effet, des paramètres gazométriques montrant une légère hypercapnie non compensée peuvent sembler acceptable alors même que l'évaluation clinique peut inciter à débiter une VNI afin d'éviter une dégradation rendant l'intubation nécessaire. Des facteurs d'échec de VNI chez l'enfant ont été décrits et sont résumés dans le Tableau 4 [30-35].

En termes de réglage de pression(s), une gamme de valeurs relativement semblable à celle observée chez l'adulte pourra être utilisée. Concernant la PPC, les auteurs proposent de débiter à une pression de 6 cmH<sub>2</sub>O. Pour la VNI-2P, un réglage initial de 7 cmH<sub>2</sub>O de pression expiratoire et de 14 cmH<sub>2</sub>O de pression inspiratoire (pression maximale) peut être proposé. Un temps de montée en pression relativement court (100 msec) est souvent nécessaire pour répondre rapidement aux sollicitations inspiratoires de l'enfant. L'ajustement de la sensibilité des systèmes de déclenchement inspiratoires et expiratoires se feront, comme chez l'adulte, avec l'objectif de limiter au maximum les asynchronies inspiratoires et

|  |
|--|
| <p><b>Tableau 4</b> Facteurs prédictifs de l'échec de la ventilation non invasive (VNI) chez l'enfant. PELOD : <i>Pediatric Logistic Organ Dysfunction</i> ; PRISM : <i>Pediatric Risk of Mortality</i> [30-35]</p> <p><b>Avant mise en route de la VNI :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Score PRISM élevé</li> <li>• Score PELOD élevé</li> <li>• Instabilité hémodynamique sévère</li> </ul> <p><b>Au cours des deux heures suivant la mise en route de la VNI :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Persistance d'un pH inférieur à 7,25</li> <li>• Absence de diminution de la PCO<sub>2</sub></li> <li>• Absence de diminution de la fréquence respiratoire</li> <li>• Absence de diminution de la fréquence cardiaque</li> <li>• Persistance d'une FiO<sub>2</sub> supérieure à 0,8</li> <li>• Besoin d'une pression moyenne de ventilation supérieure à 11,5 cmH<sub>2</sub>O</li> </ul> |
|--|

expiratoires. Dans tous les cas, les valeurs données sont purement indicatives et devront être titrées précocement après l'installation de la VNI en fonction des objectifs recherchés et des effets cliniques observés.

En cas d'utilisation d'un mode incluant une fréquence respiratoire minimale, le réglage de ce paramètre sera toujours fondé sur l'examen clinique. Une valeur-seuil minimale devra être déterminée en fonction des objectifs recherchés et de la tolérance que l'on s'autorise en termes de risque d'hypoventilation. Les  $T_{i,min}$  et  $T_{i,max}$  devront être ajustés afin d'éviter, ou de limiter autant que possible, les asynchronies entre le patient et l'appareil.

Lors de l'installation de la VNI chez le jeune enfant, il est important d'appliquer immédiatement le soutien ventilatoire le plus efficace possible afin qu'il en ressente rapidement les bénéfices et se laisse aider par l'appareil. Le fait que le jeune enfant respire préférentiellement par le nez permet, avec les systèmes à débit fixe et à turbine, une utilisation par défaut du masque nasal. Outre le confort, ceci permet à l'enfant de garder éventuellement sa tétine, facteur facilitant la mise en œuvre du traitement. Chez le plus grand enfant, les réglages pourront être adaptés en concertation avec lui, ceci permettant d'optimiser les réglages et le confort de l'enfant afin d'améliorer l'adhérence au traitement.

Le fait que l'enfant se calme sous VNI est un excellent critère subjectif d'efficacité du traitement. L'utilisation d'une sédation partielle lors de la mise en route devrait être évitée autant que possible. Cependant, dans certains cas (œdème laryngé post-extubation chez un enfant très agité, par exemple), une légère sédation (Midazolam, 0,05 mg/kg/h ou du Prazépam, 3x1 mg/kg par jour, par exemple) peut permettre de calmer l'enfant et ainsi éviter, dans cet exemple, des dépressions intralaryngées importantes qui peuvent péjorer l'œdème. La transmission des pressions de ventilation en sera dès lors facilitée.

Le clinicien doit être attentif au maintien de la perméabilité des voies aériennes supérieures. La position de la tête et l'éventuelle pression antéropostérieure du masque sur la mandibule peuvent aggraver de manière non négligeable les résistances au passage de l'air dans cette zone.

Les pressions délivrées peuvent entraîner une ouverture du cardia et une insufflation gastrique [36]. L'inconfort et le risque élevé de vomissement qui en résultent peuvent diminuer l'efficacité de la ventilation. La mise en place d'une sonde gastrique sera à envisager lorsque les pressions inspiratoires sont supérieures à 20 cmH<sub>2</sub>O. Chez le jeune enfant, la sonde nasogastrique peut obstruer une bonne partie d'une narine, limitant la ventilation et pouvant être source d'inconfort lors de l'utilisation d'une interface nasale. Il est donc parfois préférable de placer la sonde en position orogastrique.

L'humidification et le réchauffement des gaz inhalés sont primordiaux. La ventilation avec des gaz froids et secs

génère une inflammation locale et altère le drainage bronchique. Les enfants ayant des voies aériennes supérieures de petites tailles et hautement résistantes, toute réduction de diamètre par un mauvais drainage des sécrétions va entraîner une augmentation importante des résistances et donc du travail respiratoire. L'humidification et le réchauffement des gaz inhalés sont donc indispensables (classiquement à 34°C). Parmi les deux types d'humidification qui existent : humidificateur chauffant ou filtre, le seul qui n'augmente pas le travail respiratoire chez l'enfant est l'humidificateur chauffant.

En fonction des respirateurs utilisés, les surveillances et les modalités d'application sont différentes. Le personnel soignant doit y être spécifiquement formé. Comme décrit plus haut, les respirateurs conventionnels avec module non invasif disposent entre autres d'une surveillance plus précise de la  $FiO_2$  et des volumes délivrés. Néanmoins, il convient d'être attentif au fait que la mesure des volumes et les alarmes peuvent être perturbées par des fuites inévitables. Pour les mêmes raisons, des asynchronies enfant-machine peuvent être observées.

Concernant les générateurs de pression à turbine, à part sur quelques modèles où l'on peut ajouter un oxymètre sur le circuit, la  $FiO_2$  n'est pas mesurée. L'oxygène peut être délivré à différents endroits du circuit, déterminant un impact différent sur la  $FiO_2$  [37]. L'apport d'oxygène à la sortie de l'appareil permet un bon mélange des gaz et évite de devoir placer une tubulure supplémentaire près de l'enfant. Enfin, avec ce type d'appareil, la nébulisation pourra être idéalement réalisée avec un nébuliseur méché. Outre la qualité de la nébulisation, cela évite l'ajout d'un débit gazeux supplémentaire sur le circuit. [38]

## Conclusion

L'application de la VNI chez l'enfant en situation critique, bien que de plus en plus fréquemment utilisée, représente encore un réel challenge technique. Plusieurs types de générateurs de pression peuvent être utilisés, chacun ayant ses spécificités. Un nombre croissant d'interface est disponible mais de manière encore insuffisante (à la fois en quantité et en qualité) pour couvrir correctement toutes la gamme d'âges. En conséquence, l'équipe en charge de l'enfant doit avoir des connaissances et compétences spécifiques en pédiatrie ainsi qu'une bonne faculté d'adaptation aux contraintes matérielles et cliniques. Désigner un petit groupe de personne ressources au sein d'un service de réanimation pédiatrique, se tenant informé des avancées dans ce domaine et assurant la formation du personnel soignant, est sûrement un gage d'efficacité pour ce type de prise en charge.

**Liens d'intérêts :** C. Hagggenmacher et F. Vermeulen déclarent n'avoir aucun lien d'intérêt.

## Références

- Gregory GA, Kitterman JA, Phibbs RH, et al (1971) Treatment of the idiopathic respiratory-distress syndrome with continuous positive airway pressure. *N Engl J Med* 284:1333-40
- Padman R1, Lawless S, Von Nessen S (1994) Use of BiPAP by nasal mask in the treatment of respiratory insufficiency in pediatric patients: preliminary investigation. *Pediatr Pulmonol* 17:119-23
- Claparède E (1917) La psychologie de l'intelligence. *Scientia* 22:253-68
- Teague WG (2003) Noninvasive ventilation in the pediatric intensive care unit for children with acute respiratory failure. *Pediatr Pulmonol* 35:418-26
- SFAR, SRLF, Conférence de Consensus (2006) Ventilation Non Invasive au cours de l'insuffisance respiratoire aiguë (nouveau-né exclu), S. SFAR, SRLF Eds Paris
- Locke RG, Wolfson MR, Shaffer TH, et al (1993) Inadvertent Administration of Positive End-Distending Pressure During Nasal Cannula Flow. *Pediatrics* 91:135-8
- Yong SC, Chen SJ, Boo NY (2005) Incidence of nasal trauma associated with nasal prong versus nasal mask during continuous positive airway pressure treatment in very low birthweight infants: a randomised control study. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 90:F480-3
- Kieran EA, Twomey AR, Molloy EJ, et al (2012) Randomized Trial of Prongs or Mask for Nasal Continuous Positive Airway Pressure in Preterm Infants. *Pediatrics* 130:e1170-6
- Lee JH, Rehder KJ, Williford L, et al (2013) Use of high flow nasal cannula in critically ill infants, children, and adults: a critical review of the literature. *Intensive Care Med* 39:247-57
- Kubicka ZJ, Limauro J, Darnall RA (2008) Heated, Humidified High-Flow Nasal Cannula Therapy: Yet Another Way to Deliver Continuous Positive Airway Pressure? *Pediatrics* 121:82-8
- Milési C, Baleine J, Matecki S, et al (2013) Is treatment with a high flow nasal cannula effective in acute viral bronchiolitis? A physiologic study. *Intensive Care Med* 39:1088-94
- Lavizzari A, Veneroni C, Colnaghi M, et al (2014) Respiratory mechanics during NCPAP and HHFNC at equal distending pressures. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 99:F315-20
- Fauroux B, Leroux K, Desmarais G, et al (2008) Performance of ventilators for noninvasive positive pressure ventilation in children. *Eur Respir J* 31:1300-7
- Singh A, Sterk PJ (2008) Noninvasive ventilation and the potential risk of transmission of infection. *Eur Respir J* 32:816
- Borel JC, Sabil A, Janssens JP, et al (2009) Intentional leaks in industrial masks have a significant impact on efficacy of bilevel noninvasive ventilation: a bench test study. *Chest* 135:669-77
- Ferreira JC, Chipman DW, Hill NS, Kacmarek RM (2009) Bilevel vs ICU ventilators providing noninvasive ventilation: effect of system leaks: a COPD lung model comparison. *Chest* 136:448-56
- Schettino GP, Chatmongkolchart S, Hess DR, Kacmarek RM (2003) Position of exhalation port and mask design affect CO2 rebreathing during noninvasive positive pressure ventilation. *Crit Care Med* 31:2178-82
- Lofaso F, Brochard L, Touchard D, et al (1995) Evaluation of carbon dioxide rebreathing during pressure support ventilation with airway management system (BiPAP) devices. *Chest* 108:772-8
- Vermeulen F, de Halleux Q, Ruiz N, et al (2003) Ventilation non invasive en réanimation pédiatrique : un début d'expérience. *Ann Fra Anesth Rea* 22:716-20
- Javouhey E, Barats A, Richard N, et al (2008) Non-invasive ventilation as primary ventilatory support for infants with severe bronchiolitis. *Intensive Care Medicine* 34:1608-14
- Stucki P, Perez MH, Scalfaro P, et al (2009) Feasibility of non-invasive pressure support ventilation in infants with respiratory failure after extubation: a pilot study. *Intensive Care Med* 35:1623-7
- Mayordomo-Colunga J, Medina A, Rey C, et al (2010) Non invasive ventilation after extubation in paediatric patients: a preliminary study. *BMC Pediatr* 10:29
- Carteaux G, Lyazidi A, Cordoba-Izquierdo A, et al (2012) Patient-ventilator asynchrony during noninvasive ventilation: a bench and clinical study. *Chest* 142:367-76
- Oto J, Chenelle CT, Marchese AD, Kacmarek RM (2014). A comparison of leak compensation during pediatric noninvasive ventilation: a lung model study. *Respir Care* 2014:2
- Vignaux L, Grazioli S, Piquilloud L, et al (2013) Patient-Ventilator Asynchrony During Noninvasive Pressure Support Ventilation and Neurally Adjusted Ventilatory Assist in Infants and Children. *Pediatr Crit Care Med* 14:e357-64
- Piastra M, Antonelli M, Chiaretti A, et al (2004) Treatment of acute respiratory failure by helmet-delivered non-invasive pressure support ventilation in children with acute leukemia: a pilot study. *Intensive Care Medicine* 30:472-6
- Chidini G, Calderini E, Pelosi P (2010) Treatment of acute hypoxemic respiratory failure with continuous positive airway pressure delivered by a new pediatric helmet in comparison with a standard full face mask: a prospective pilot study. *Pediatr Crit Care Med* 11:502-8
- Velasco Arnaiz E, Cambra Lasasosa FJ, Hernández Platero L, et al (2014) Is a nasopharyngeal tube effective as interface to provide bi-level noninvasive ventilation? *Respir Care* 59:510-7
- Essouri S, Durand P, Chevret L, et al (2008) Physiological effects of noninvasive positive ventilation during acute moderate hypercapnic respiratory insufficiency in children. *Intensive Care Med* 34:2248-55
- Bernet V, Hug MI, Frey B (2005) Predictive factors for the success of noninvasive mask ventilation in infants and children with acute respiratory failure. *Pediatr Crit Care Med* 6:660-4
- Essouri S, Chevret L, Durand P, et al (2006) Noninvasive positive pressure ventilation: five years of experience in a pediatric intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med* 7:329-34
- Pancera CF, Hayashi M, Fregnani JH, et al (2008) Noninvasive ventilation in immunocompromised pediatric patients: eight years of experience in a pediatric oncology intensive care unit. *J Pediatr Hematol Oncol* 30:533-8
- Mayordomo-Colunga J, Medina A, Rey C, et al (2009) Predictive factors of non invasive ventilation failure in critically ill children: a prospective epidemiological study. *Intensive Care Med* 35:527-36
- Muñoz-Bonet JI, Flor-Macián EM, Brines J, et al (2010) Predictive factors for the outcome of noninvasive ventilation in pediatric acute respiratory failure. *Pediatr Crit Care Med* 11:675-80
- Dohna-Schwake C, Stehling F, Tschiedel E, et al (2011) Non-invasive ventilation on a pediatric intensive care unit: feasibility, efficacy, and predictors of success. *Pediatr Pulmonol* 46:1114-20
- Koetter RP, Maleck WH, Roetter RP (1995) Assessment of pulmonary mechanics and gastric inflation of pressure during mask ventilation. *Prehosp Disaster Med* 10:101-5
- Thys F, Liistro G, Dozin O, et al (2002) Determinants of FiO2 with oxygen supplementation during noninvasive two-level positive pressure ventilation. *Eur Respir J* 19:653-7
- Michotte JB1 Jossen E, Roeseler J, et al (2014) In Vitro Comparison of Five Nebulizers During Noninvasive Ventilation: Analysis of Inhaled and Lost Doses. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv* [Epub ahead of print]