



HAL
open science

4/5 Les modes spéciaux de ventilation invasive : modes proportionnels

Flore Büla, Justine Büsch, Laeticia Kern, Kathleen Grant, David Thévoz, Guillaume Carteaux, Lise Piquilloud

► To cite this version:

Flore Büla, Justine Büsch, Laeticia Kern, Kathleen Grant, David Thévoz, et al.. 4/5 Les modes spéciaux de ventilation invasive : modes proportionnels. *Oxymag*, 2016, 29, pp.29 - 31. 10.1016/j.oxy.2016.04.007 . hal-03487389

HAL Id: hal-03487389

<https://hal.science/hal-03487389>

Submitted on 20 Jul 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Dochead en fiches

Sous-dochead la ventilation

4/5 Modes spéciaux de ventilation invasive : modes proportionnels (NAVA®, PAV et PAV+®)

La ventilation

1. L'oxygénothérapie
2. La ventilation invasive en mode contrôlé
3. La ventilation invasive en mode assisté
- 4. Les modes spéciaux de ventilation invasive : modes proportionnels**
5. Les courbes du ventilateur

Flore Büla^a

Kinésithérapeute

Justine Büsch^a

Kinésithérapeute

Laeticia Kern^a

Kinésithérapeute

Kathleen Grant^a

Kinésithérapeute, cheffe de service

David Thévoz^a

Kinésithérapeute avec expertise

Guillaume Carreaux^d

Médecin réanimateur

Lise Piquilloud^{b,c*}

Médecin réanimateur

a Services de physiothérapie cardio-respiratoire, Centre hospitalier universitaire vaudois, rue du Bugnon 46, 1011 Lausanne, Suisse

*b Service de médecin intensive adulte et centre des brûlés, Centre hospitalier universitaire vaudois, rue du Bugnon 46, 1011 Lausanne, Suisse

c Département de réanimation médicale et médecine hyperbare, CHU Angers, 49933 Angers cedex 9, France

d Hôpital Albert-Chenevier, Hôpitaux universitaires Henri-Mondor, 40 rue de Mesly, 94010 Créteil cedex, France

Auteur correspondant : Adresse e-mail : Lise.Piquilloud@chuv.ch (Lise Piquilloud).

En ventilation mécanique invasive, il existe les modes conventionnels volumétriques ou barométriques délivrant une assistance respiratoire partielle ou totale. En plus des modes de ventilation conventionnels, il existe différents modes spéciaux, disponibles sur certains ventilateurs seulement.

Parmi les modes spéciaux, on peut citer, par exemple :

- ceux associant les avantages des modes en pression et en volume appelés “dual modes” ;
- les modes “intelligents” impliquant une adaptation du niveau d’assistance délivrée régulée par des algorithmes complexes ;
- ou encore les modes proportionnels [1-3].

Avec les modes de ventilation conventionnels, l’assistance délivrée par le ventilateur est déterminée par le clinicien. Elle est constante et indépendante de la demande inspiratoire du patient. Avec les modes proportionnels, au contraire, l’assistance délivrée par le ventilateur est proportionnelle à la demande du patient. Plus cette demande est élevée, plus l’assistance délivrée par le ventilateur est élevée. Au contraire, plus la demande inspiratoire du patient est faible, plus l’assistance délivrée par le ventilateur est faible. Les modes proportionnels sont nécessairement des modes de ventilation assistée puisqu’ils requièrent la présence d’une demande inspiratoire du patient (*tableau 1*).

Tableau 1. Les modes proportionnels sur le marché.

	Type de mode	Ventilateurs	Principe
NAVA®	Mode proportionnel	Maquet®	Assistance délivrée proportionnelle à l’activité électrique du diaphragme (Eadi).
PAV®	Mode proportionnel	Puritan Benett® par exemple	Assistance délivrée proportionnelle à l’effort inspiratoire du patient. Nécessite l’estimation de la compliance et de la résistance thoraco-pulmonaire.
PAV+®	Mode proportionnel	Puritan Bennett®	Assistance délivrée proportionnelle à l’effort inspiratoire du patient. Mesure intermittente et automatisée de la résistance et de compliance thoraco-pulmonaire.

T1 Neurally Adjusted Ventilatory Assist (NAVA®)

T2 Aspects théoriques

TEG1 La ventilation mécanique invasive en mode NAVA® est un mode de ventilation assistée qui nécessite la présence d’une activité respiratoire spontanée.

TEG1 Le NAVA® est un mode de ventilation proportionnelle. L’assistance délivrée est, tout au long de l’inspiration, proportionnelle à l’intensité de l’activité électrique du diaphragme (Eadi) enregistrée en temps réel au moyen d’électrodes situées dans la paroi d’une sonde nasogastrique dédiée (*figure 1*).

TEG1 Si l’Eadi (signal électrique) est de mauvaise qualité (par exemple de faible amplitude avec de nombreux artefacts) ou n’est plus détecté (déplacement de la sonde nasogastrique), le ventilateur passe spontanément du mode NAVA® en mode aide inspiratoire standard (signal pneumatique). Si le patient ne respire plus spontanément (aucun signal électrique et aucun signal pneumatique perçus), la ventilation d’apnée s’active et une ventilation contrôlée en pression est délivrée. Les réglages des modes aide inspiratoire et pression contrôlée de relais sont à effectuer de manière conventionnelle au moment de la mise en route du NAVA®.

T2 Réalisation de la ventilation en NAVA® et réglages

TEG1 Le clinicien pose la sonde naso-gastrique dédiée de manière à ce que les électrodes centrales se trouvent en regard du diaphragme. Ceci nécessite la mesure de la distance entre le nez, le lobe de l'oreille et le processus xyphoïde pour le positionnement initial de la sonde. Le positionnement est ensuite affiné au moyen d'un système dédié disponible sur le ventilateur utilisant l'enregistrement concomitant de l'Eadi et du signal électrocardiographique.

TEG1 Le clinicien règle les différents paramètres du mode NAVA® :

- **Seuil de déclenchement inspiratoire "trigger Eadi" (μV)** : il s'agit d'un seuil d'augmentation d'amplitude de l'Eadi à partir duquel le ventilateur initie une pressurisation. Ce seuil est pré-réglé à $0,5 \mu\text{V}$ mais peut être adapté par le clinicien en présence par exemple d'artefacts. À noter que la pressurisation débute lorsque le seuil de "trigger Eadi" est atteint ou lorsqu'une variation de débit ou de pression (trigger pneumatique comme en aide inspiratoire) est détectée dans le circuit. Le premier signal (Eadi ou pneumatique) détecté par le ventilateur initie la pressurisation [4] (principe du "premier arrivé premier servi").

- **Niveau NAVA® ou gain NAVA® ($\text{cmH}_2\text{O}/\mu\text{V}$)** : il s'agit d'un facteur de proportionnalité entre l'amplitude de l'Eadi mesurée et la pression délivrée par le ventilateur. La valeur du gain NAVA® correspond à la proportion par laquelle est amplifiée l'amplitude de l'Eadi mesurée. Usuellement, le gain NAVA® initial est réglé de manière à obtenir une pression de crête semblable à la pression maximale préalablement obtenue en aide inspiratoire.

- **PEP (cmH_2O)** : son réglage dépend de la situation clinique et est à discuter avec le médecin en charge. L'intérêt de régler une PEP est d'éviter le collapsus alvéolaire en fin d'expiration.

- **FiO_2 (%)** : elle est à régler en fonction de la cible de saturation pulsatile en oxygène (SpO_2). Une cible de pression partielle en oxygène (PaO_2) peut également être retenue même si cette valeur n'est corrélée qu'à la fraction dissoute d' O_2 dans le sang.

TEG1 Paramètres non réglables

- **Cyclage** : correspond à l'interruption de la pressurisation délivrée par le ventilateur. Ce paramètre n'est pas réglable en mode NAVA®. Le cyclage survient lorsque le signal Eadi décroît et atteint 70 % de la valeur maximale de l'Eadi atteinte au cours du même cycle respiratoire.

TEG1 Paramètres monitorés

- **Pression de crête (cmH_2O)** : pression maximale mesurée à l'entrée des voies aériennes. Dépend de l'amplitude de l'Eadi, du gain et de la mécanique respiratoire du patient.

- **Volume courant (mL)** : dépend de la demande inspiratoire du patient.

- **Fréquence respiratoire (cycles par min)** : correspond à la fréquence respiratoire totale délivrée par le ventilateur.

- **Ventilation minute (L/min)** : produit entre la fréquence respiratoire et le volume courant.

- **Eadi maximal ou "Eadi de crête"** est la valeur la plus élevée du signal Eadi au cours d'un cycle respiratoire.

- **Eadi min** : est la valeur minimale du signal Eadi au cours d'un cycle respiratoire. Elle correspond à l'expiration.

T2 Précautions et alarmes

Le NAVA® est un mode proportionnel durant lequel la pression d'insufflation varie, en lien avec les variations du signal Eadi, au cours des différents cycles respiratoires. Il en résulte une

variation du volume courant et de la pression à l'entrée des voies aériennes. Le monitoring de ces éléments est donc important.

T1 Proportionnal Assist Ventilation (PAV et PAV +®)

T2 Définitions

TEG1 Résistance : (cmH₂O/L/s) : représente les forces résistives liées au passage de l'air dans le circuit du ventilateur et les voies aériennes. Elle se calcule grâce à la formule suivante :

Résistance (R) = Δ Pression /débit.

TEG1 Compliance thoraco-pulmonaire (mL/cmH₂O) : désigne la capacité de la cage thoracique et du poumon à s'expandre lorsque l'air y est insufflé. Elle se calcule grâce à la formule suivante :

Compliance (C) = Δ Volume/ Δ Pression = Volume courant/(Pplat-PEP totale). L'élastance est l'inverse de la compliance : Elastance (E) = 1/C.

T2 Aspects théoriques

La ventilation mécanique invasive en mode PAV ou PAV+® est une ventilation assistée qui nécessite la présence d'une activité respiratoire spontanée et d'un effort inspiratoire du patient.

TEG1 Les modes PAV et PAV+® sont des modes de ventilation proportionnelle. L'assistance délivrée est proportionnelle à l'intensité de l'effort inspiratoire généré par le patient. Afin de comprendre le fonctionnement des modes PAV et PAV+®, il est nécessaire de revoir l'équation du mouvement du système respiratoire sur laquelle ces modes sont fondés [5].

TEG1 En l'absence d'activité musculaire respiratoire, la pression totale du système respiratoire (P tot) correspond à la pression des voies aériennes (Paw) délivrée par le respirateur. Elle est égale à la somme de la pression mesurée avant le début de l'insufflation (P0), de la pression résistive et de la pression élastique. L'équation du mouvement du système respiratoire s'écrit alors : $P_{tot} = P_{aw} = P_0 + (P_{résistive}) + (P_{élastique})$, ou encore $P_{tot} = P_{aw} = P_0 + (R \times V') + (E \times V)$ où R est la résistance, V' est le débit instantané, E l'élastance et V le volume instantané (figure 2a).

TEG1 En présence d'une activité musculaire inspiratoire, la P tot correspond à la somme de la Paw et de la pression musculaire générée par les muscles respiratoires du patient (Pmus). Elle reste égale à la somme de la pression mesurée avant le début de l'insufflation (P0), de la pression résistive, de la pression élastique (figure 2b). L'équation du mouvement du système respiratoire s'écrit alors : $P_{tot} = P_{aw} + P_{mus} = P_0 + (R \times V') + (E \times V)$ (équation 1).

TEG1 Au cours de la ventilation en modes PAV et PAV+®, le respirateur dispose des mesures de résistance et de compliance du système respiratoire (renseignées par le clinicien en PAV, automatiquement mesurées en PAV+). En mesurant le débit et le volume instantané, le respirateur peut, à chaque instant du cycle respiratoire, calculer la valeur de la P tot et délivrer une assistance en pression (Paw) en permanence réajustée pour correspondre à une proportion donnée de la pression totale (P tot). Cette proportion correspond au facteur de proportionnalité (ou gain) qui est réglé par le clinicien (figure 3): $P_{aw} = \text{gain} (\%) \times P_{tot}$ (équation 2).

TEG1 En combinant les équations 1 et 2, on obtient : $P_{aw} = P_{mus} \times \text{Gain} / (1 - \text{Gain})$. Ainsi, l'assistance délivrée est directement proportionnelle à la Pmus. Par exemple, si le gain est réglé à

75 %, la Paw délivrée par le ventilateur est à tout moment de l'insufflation égale à 3 fois la Pmus générée par les muscles inspiratoires du patient. En d'autres termes, dans cette situation, le ventilateur fait 75 % du travail et le patient 25 % du travail (*figure 3*).

T2 Réalisation de la ventilation en PAV et PAV+® et réglages

TEG1 En PAV et en PAV+®, les paramètres suivants doivent être réglés sur le respirateur : la sensibilité du seuil de déclenchement inspiratoire (déclenchement sur la base d'un signal pneumatique comme en aide inspiratoire), I_a PEP et la FiO₂. Le degré d'assistance inspiratoire souhaité doit être réglé par l'intermédiaire du réglage du gain, qui peut varier entre 0 et 100 %.

TEG1 En PAV, le clinicien doit également renseigner la résistance et la compliance. En PAV+®, au contraire, la mesure de la compliance et de la résistance se fait de manière automatisée par la réalisation de micro-occlusions télé-inspiratoires itératives.

T1 Avantages des modes proportionnels

Par rapport à l'aide inspiratoire, les modes proportionnels NAVA® et PAV+® améliorent la synchronisation patient-ventilateur [6-10]. Ils augmentent également la variabilité du pattern respiratoire [11-12]. En délivrant une assistance proportionnelle, les modes NAVA® et PAV+® semblent limiter la surassistance et la survenue d'hyperinflation dynamique [13]. En PAV+®, il est possible de personnaliser le niveau d'assistance délivrée en fonction de l'intensité de l'effort respiratoire du patient [14]. À l'heure actuelle, un avantage de l'utilisation des modes proportionnels sur le devenir des patients n'a cependant pas encore pu être démontré. n

Déclaration de liens d'intérêts : Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

- [1] Coisel Y, Conseil M, Clavieras N, Jung B, Chanques G, Verzilli D, Jaber S. Ventilation artificielle : les fondamentaux. Le congrès Médecins Les essentiels ; Sfar 2013.
- [2] Jaber S, Jung B, Chanques G. (2010). Les nouveaux modes ventilatoires. <http://icarweb.fr/IMG/pdf/17-14.pdf>
- [3] Wallet F, Gherardini G., Bernet C, Mottard N, Figgeri A, Tassin C, Piriou V. Sevrage par le respirateur, comment ça marche ? Le congrès, infirmiers et infirmières de réanimation, Sfar 2013.
- [4] Maquet Critical Care, Manuel d'utilisation (2010).
- [5] Carteaux G, Brochard L. (2011). Nouveaux modes ventilatoires : PAV+ et NAVA. Réanimation 2011; 20 : 41-8.
- [6] Colombo D, Cammarota G, Bergamaschi V, De Lucia M, Corte FD, Navalesi P (2008). Physiologic response to varying levels of pressure support and neurally adjusted ventilatory assist in patients with acute respiratory failure. Intensive Care Medicine 2008;34(11):2010-18.
- [7] Piquilloud L, Vignaux L, Bialais E, Roeseler J, Sottiaux T, Laterre PF, Tassaux D. . Neurally adjusted ventilatory assist improves patient-ventilator interaction. Intensive Care Medicine 2011; 37(2):263-71.
- [8] Spahija J, de Marchie M, Albert M, Bellemare P, Delisle S, Beck J, Sinderby C. (2010). Patient-ventilator interaction during pressure support ventilation and neurally adjusted ventilatory assist. Critical Care Medicine 2010;38(2):518-26.
- [9] Costa R, Spinazzola G, Cipriani F, Ferrone G, Festa O, Arcangeli A, Antonelli M, Proietti R, Conti G. (2011). A physiologic comparison of proportional assist ventilation with load-adjustable

gain factors (PAV+) versus pressure support ventilation (PSV). *Intensive Care Medicine*, 37, 1494-1500.

[10] Xirouchaki N, Kondili E, Vaporidi K, Xirouchakis G, Klimathianaki M, Gavriilidis G, Alexandropoulou E, Plataki M, Alexopoulou C, Georgopoulos D. Proportional assist ventilation with load-adjustable gain factors in critically ill patients: comparison with pressure support. *Intensive Care Medicine* 2008;34:2026-2034.

[11] Schmidt M, Demoule A, Cracco C, Gharbi A, Fiamma MN et al. Neurally adjusted ventilatory assist increases respiratory variability and complexity in acute respiratory failure. *Anesthesiology* 2010;112(3):670-81.

[12] Wrigge H, Golisch W, Zinserling J, Sydow M, Almeling G, Burchardi H. (1999). Proportional assist versus pressure support ventilation: effects on breathing pattern and respiratory work of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Intensive Care Medicine* 1999 ;25(8) :790-98.

[13] Schmidt M, Kindler F, Cecchini J, Poitou T, Morawiec E, et al. (2015). Neurally adjusted ventilatory assist and proportional assist ventilation both improve patient-ventilator interaction. *Critical Care* 2015; 19:56.

[14] Carteaux G, Mancebo J, Mercat A, Dellamonica J, Richard JC, et al. (2013), Bedside adjustment of proportional assist ventilation to target a predefined range of respiratory effort. *Crit Care Med* 2013; 41(9):2125-32.

Piquilloud-fig1

© Piquilloud/ Elsevier Masson SAS

Figure 1. Courbes du respirateur en aide inspiratoire et en mode NAVA®.

Piquilloud-fig2

© Piquilloud/ Elsevier Masson SAS

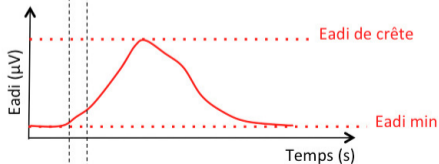
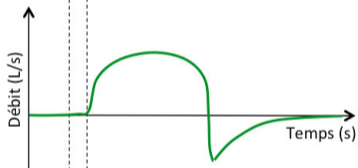
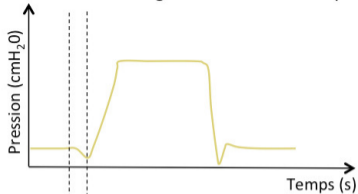
Figure 2 (ab). a. Équation du mouvement du système respiratoire. b. Autre équation du mouvement du système respiratoire.

Piquilloud-fig3

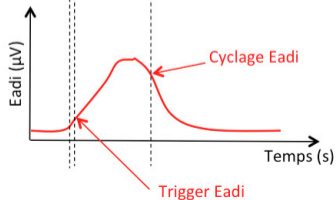
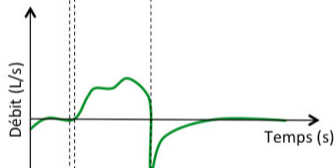
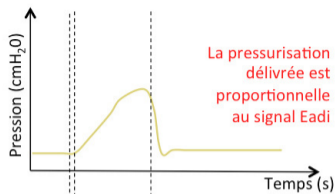
© Piquilloud/ Elsevier Masson SAS

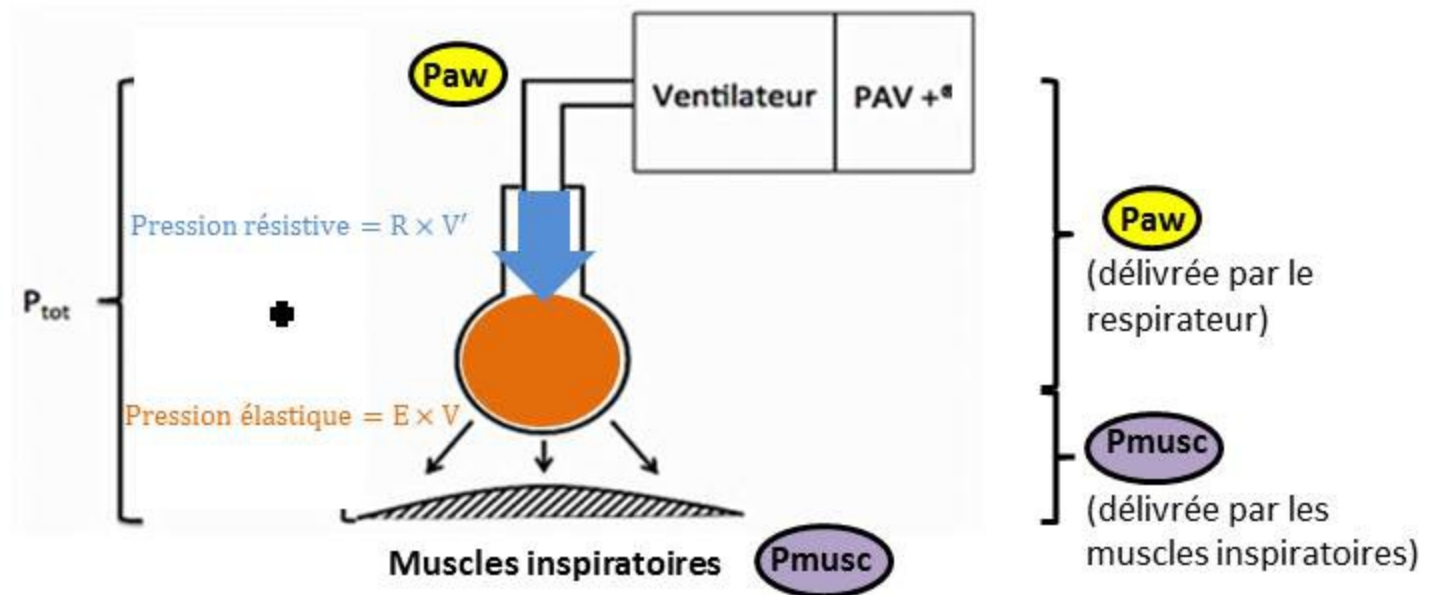
Figure 3. Facteur de proportionnalité.

Prévisualisation signal Eadi en aide inspiratoire



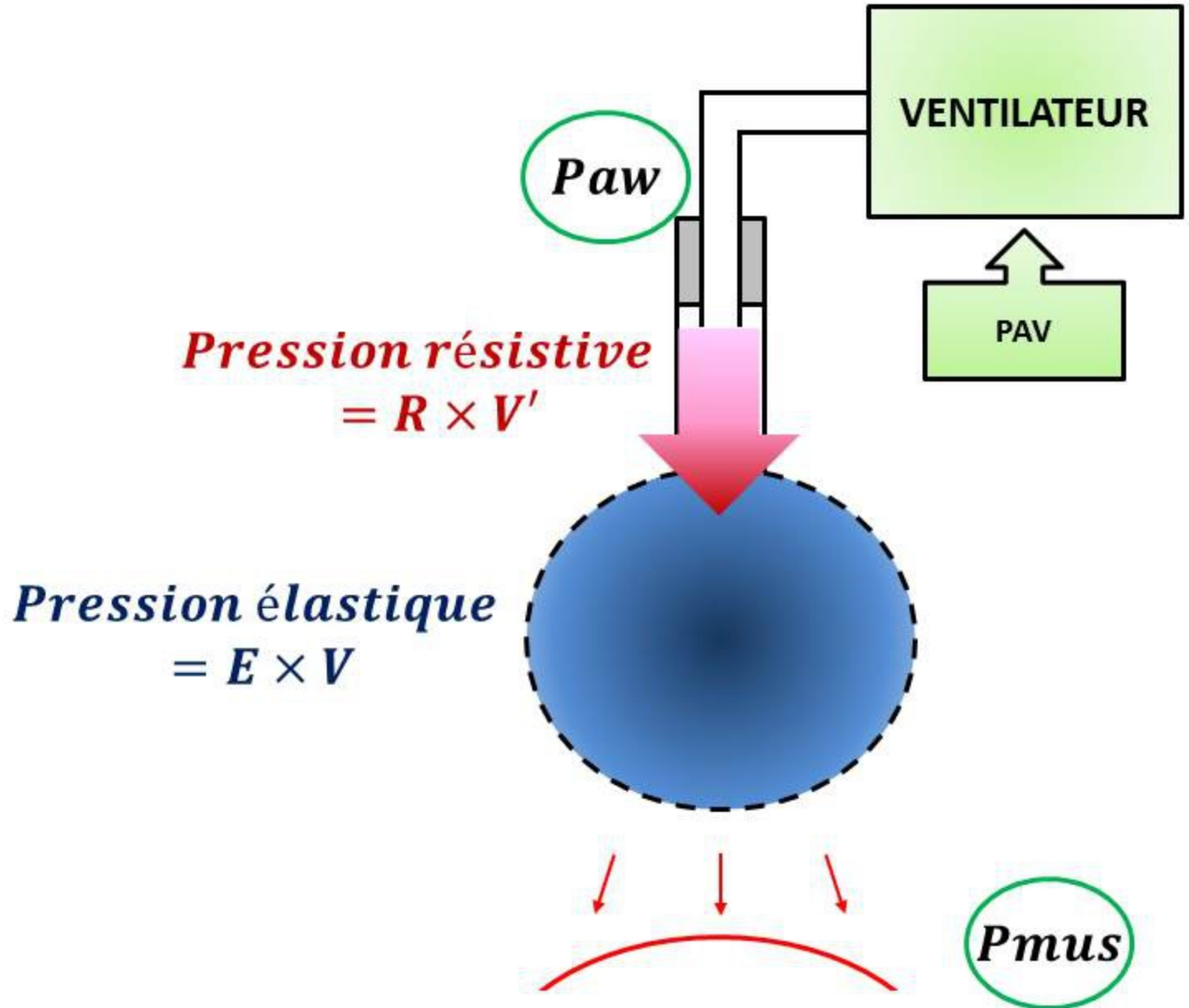
Ventilation invasive en mode NAVA®





$$P_{tot} = P_{aw} + P_{mus} = P_0 + R \times V' + E \times V$$

$$P_{tot} = P_{aw} + P_{mus} = P_0 + R \times V' + E \times V$$



$$P_{aw} = \text{gain (\%)} \times P_{tot}$$

