

Ventilation NAVA et Hernie diaphragmatique congénitale



Dr Lélia Dreyfus (PH)

Réanimation Néonatale HFME (Lyon)

Journée nationale HDC 20 juin 2022



Plan

1. Rappel: principes de la NAVA
2. NAVA et HDC
3. Notre expérience
4. Etude NAVA-DIAPH



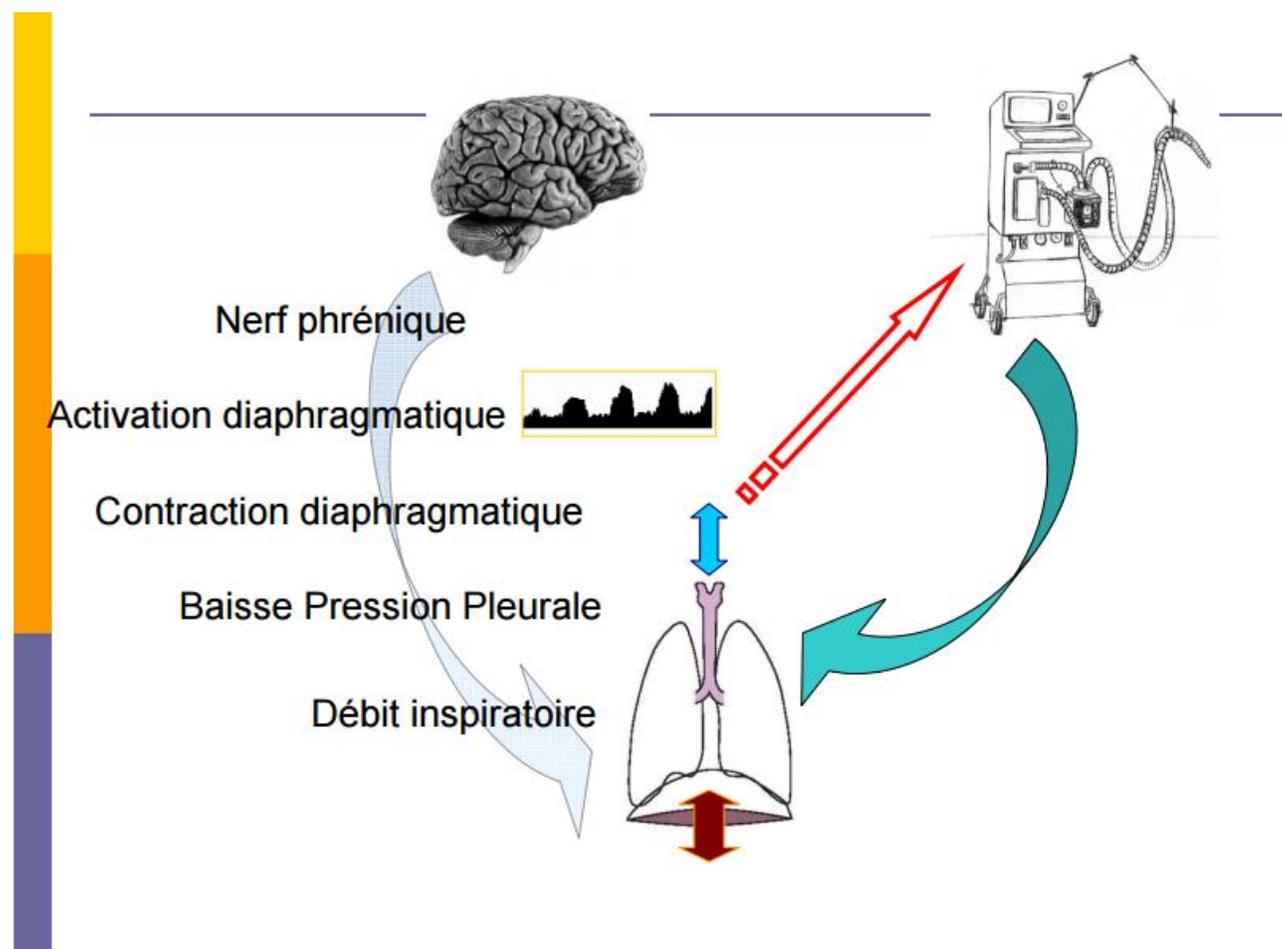
1. Principes de la NAVA

- Mode de ventilation synchronisé, proportionnel
- Outil de monitoring (Edi = signal diaphragmatique)
- Outil de recherche (WOB)

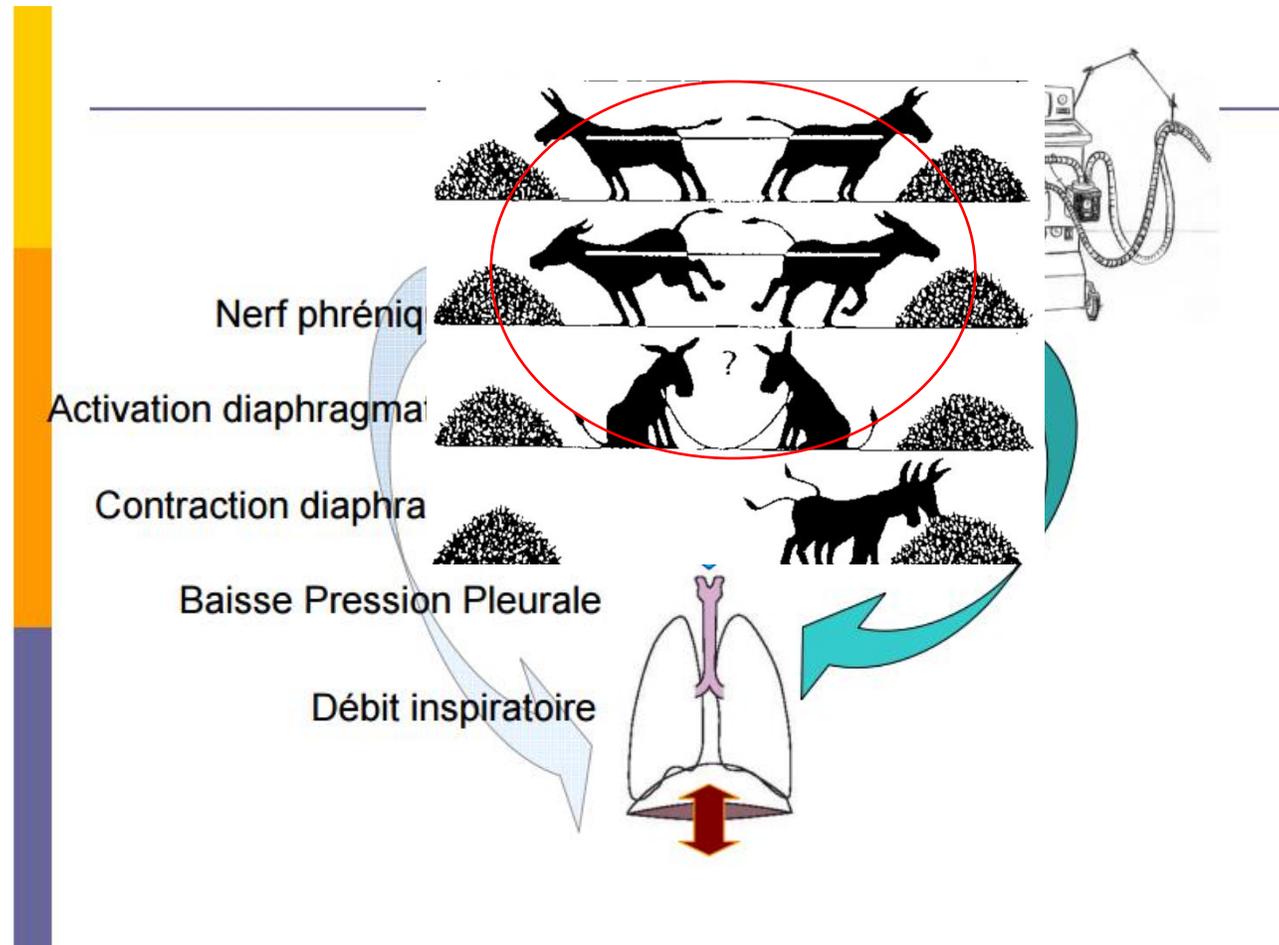


Technologie **Maquet, Getinge**® (Servo-n ou Servo-i)

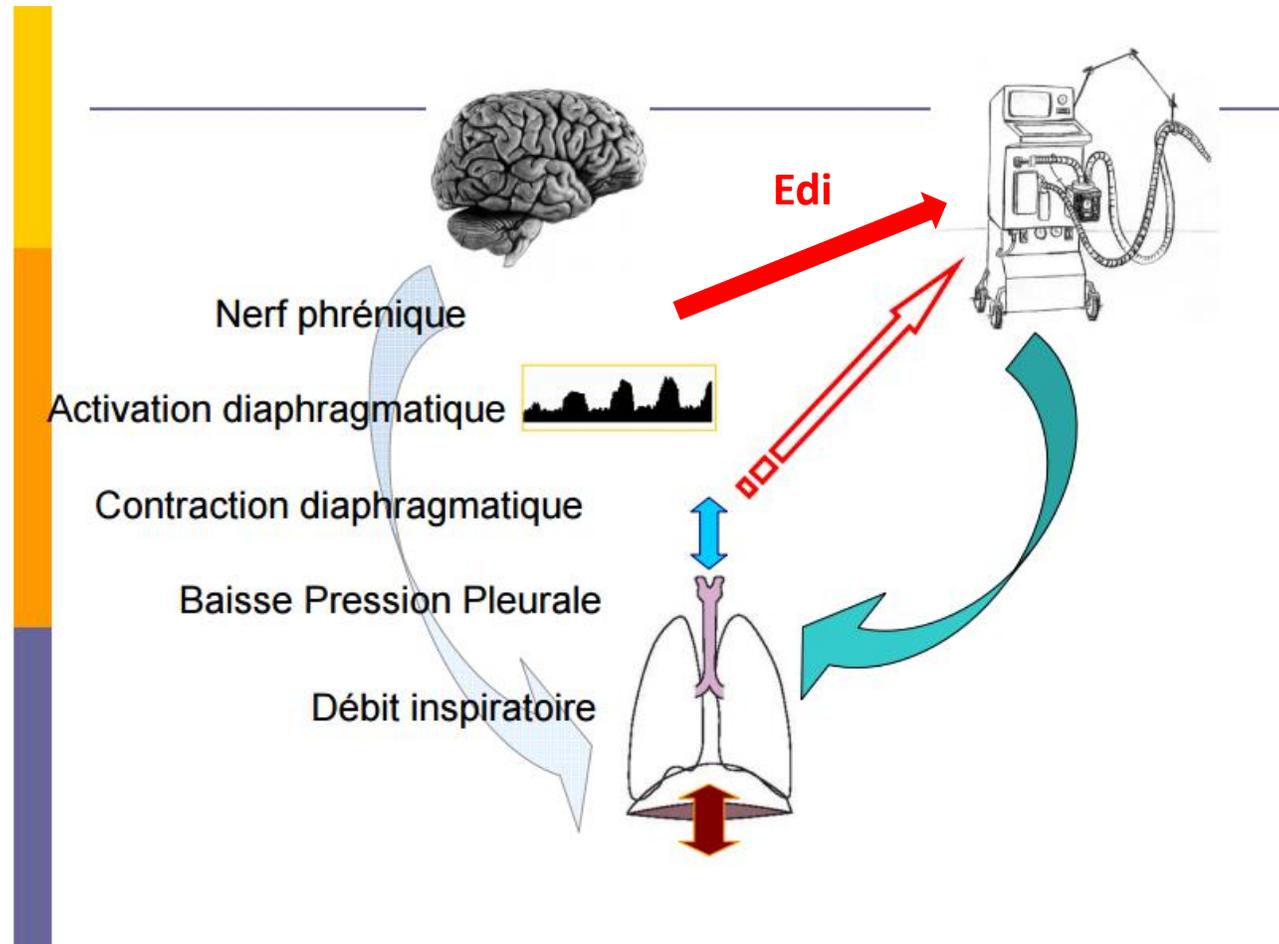
Interaction patient-ventilateur



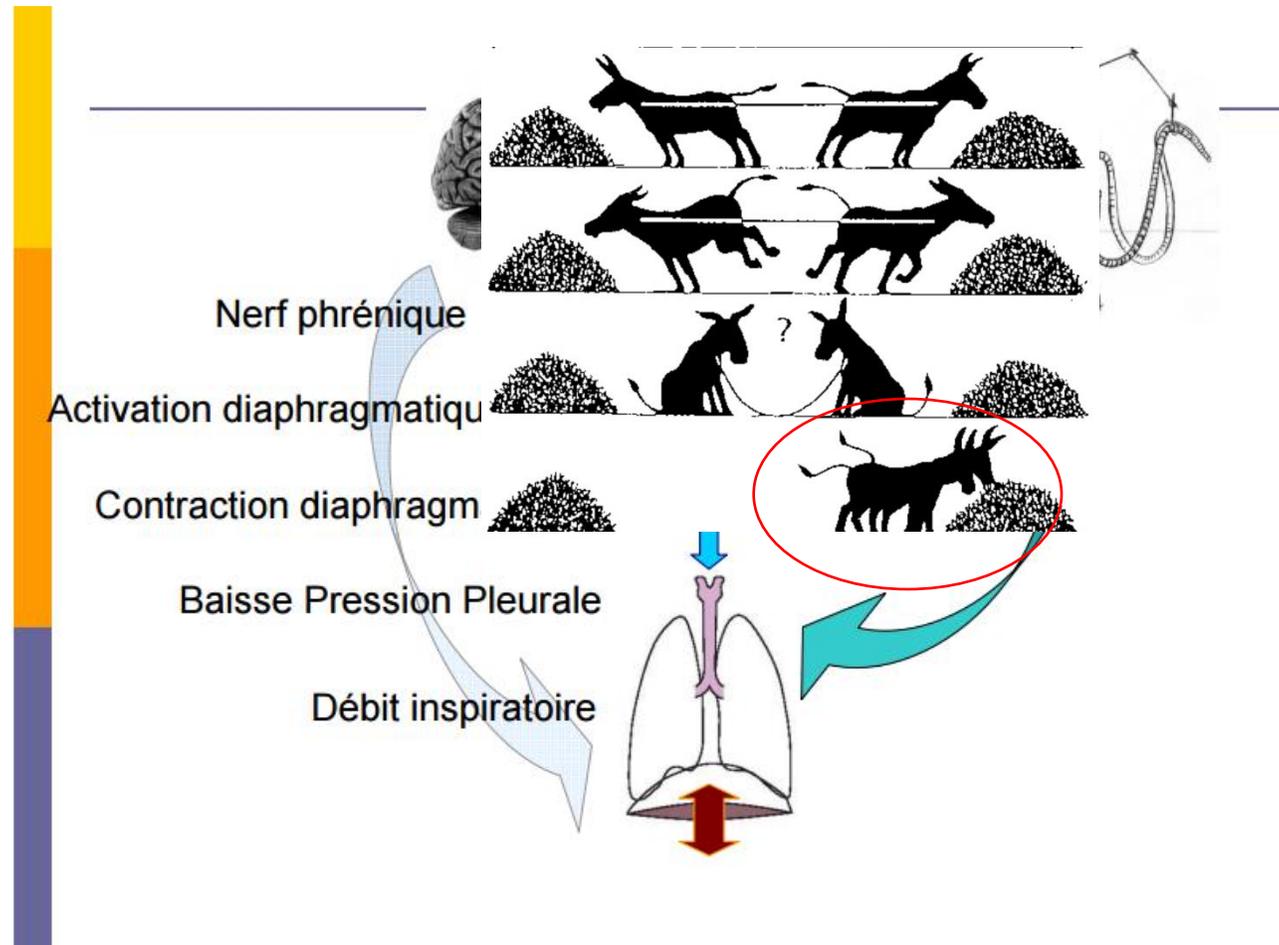
Interaction patient-ventilateur



Interaction patient-ventilateur



Interaction patient-ventilateur





Trigger diaphragmatique

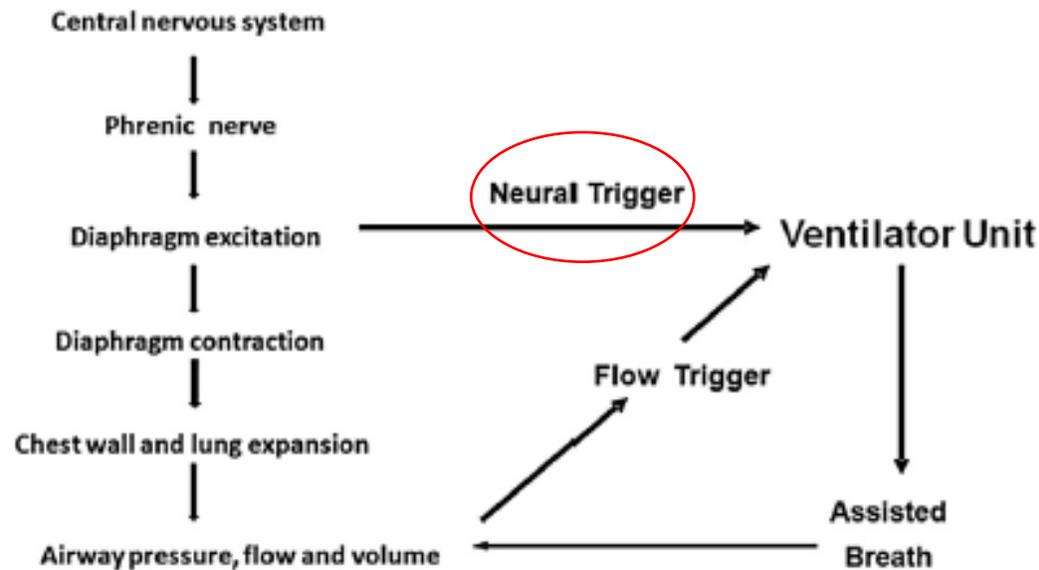


Fig. 3. Neuroventilatory cascade with the flow trigger and neural trigger. (Reprinted with permission from Sinderby et al. [14]).

Application of neurally adjusted ventilatory assist in neonates[☆]

Howard Stein^{a,*}, Kimberly Firestone^b

^a Department of Neonatology, Toledo Children's Hospital, Toledo, OH 43606, USA

^b Department of Neonatology, Akron Children's Hospital, Akron, OH 44308, USA



Trigger classiques = débit, pression

Difficulté ++ chez petits poids:

- auto-trigger
- délai de réponse
- compensation des fuites
- échec

Intérêt ++ du trigger électrique=

Reflet de la commande centrale (nerf phrénique)

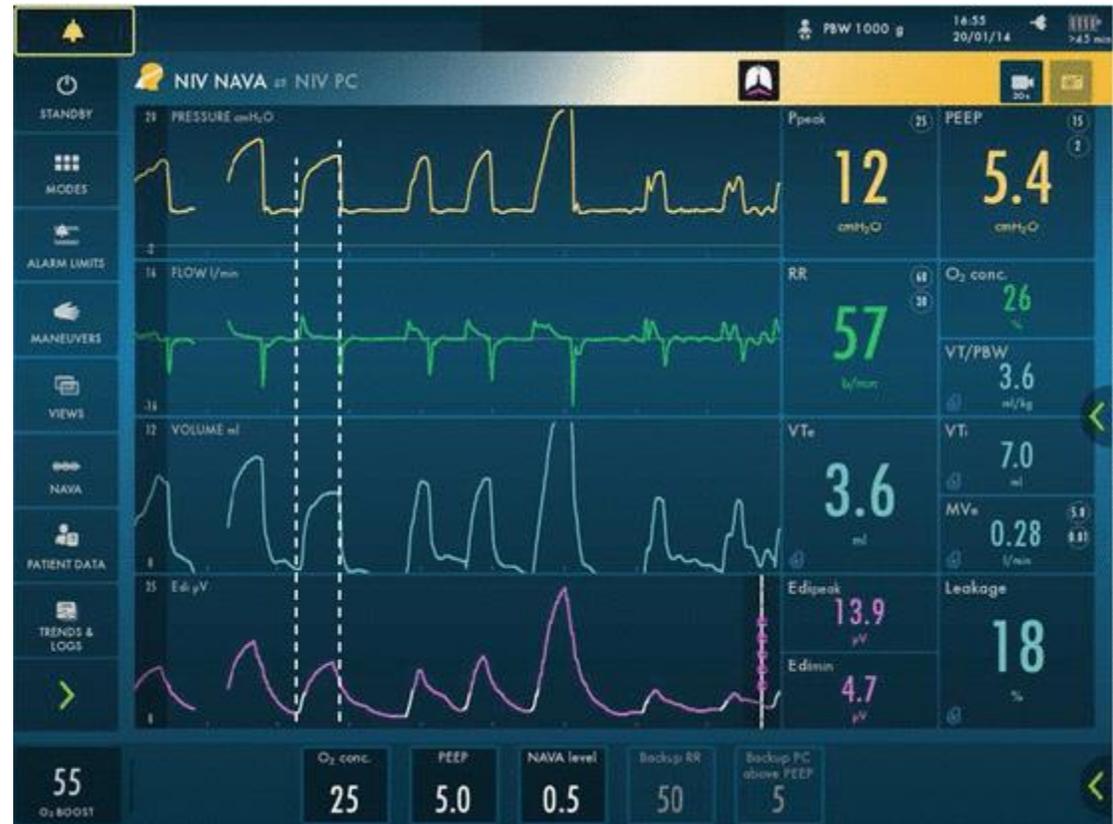
Reflet de la demande ventilatoire du patient

Terminologie

- **Trigger Edi** = l'activité électrique minimale détectée comme un signal de respiratoire et non comme bruit de fond
- **Edi peak (max)** = effort inspiratoire nerveux responsable de la taille et de la durée de la respiration.
- **Edi min** = activité tonique spontanée du diaphragme empêchant le dé-recrutement des alvéoles durant l'expiration.
- **Niveau NAVA (cmH2O/mV)** = facteur de conversion entre le signal Edi et la pression de ventilation.

$$P = \text{NAVA level} \times (\text{Edi max} - \text{min}) + \text{PEEP}$$

Exemples courbes



Ventilation « intelligente »

Le ventilateur assiste la ventilation du patient en délivrant une pression directement proportionnelle au signal Edi.
La pression inspiratoire est maintenue jusqu'à ce que le signal électrique diminue de 30%.

Table 1

Comparison between conventional ventilation and neurally adjusted ventilatory assist (NAVA).^a

Controls	Conventional ventilation	NAVA ventilation
Patient controls using flow trigger	Initiation of breath Rate (in some modes)	Initiation of breath Rate Inspiratory time Peak pressure (tidal volume) Breath termination
Ventilator controls	PEEP FiO ₂ Peak pressure or tidal volume Inspiratory time Minimum rate Breath termination (expiratory time)	PEEP FiO ₂ NAVA level Apnea time Peak pressure limit
Synchrony	Initiation of breath	Initiation of breath Size of breath Termination of breath

PEEP, positive end-expiratory pressure; FiO₂, fraction of inspired oxygen.

^a Adapted and reprinted with permission from Stein et al. [35].

En NAVA, le patient détermine:

- sa PI
- son Ti et son Te
- sa fréquence respiratoire.

Interprétation de l'Edi-max = « effort inspiratoire »

Table. Edi Peak, Edi Min, Respiratory Rate, and Heart Rate, Overall and During Various Feeding and Activity States

	Edi Peak (μV)	Edi Min (μV)	Respiratory Rate (breaths/min)	Heart Rate (beats/min)
Total	11 \pm 5	3 \pm 2	53 \pm 16	142 \pm 13
Pre-prandial	14 \pm 7*	4 \pm 3	52 \pm 15*	147 \pm 15
Feeding	13 \pm 4*	4 \pm 2	55 \pm 13	149 \pm 10
Post-prandial	11 \pm 4	4 \pm 2	59 \pm 12	143 \pm 12
Awake	16 \pm 6†	5 \pm 2†	53 \pm 11	149 \pm 11
Sleep	10 \pm 4	3 \pm 2	53 \pm 17	141 \pm 2

Data are presented as mean \pm SD

* $P < .05$ compared to post-prandial.

† $P < .05$ compared to sleep.

Edi peak = peak electrical activity of the diaphragm

Edi min = minimum electrical activity of the diaphragm

Stein HM, Respir Care 2012:

nouveau-nés à terme sans pathologie respiratoire

Edi max = 6-16 μV

Comment l'interpréter?

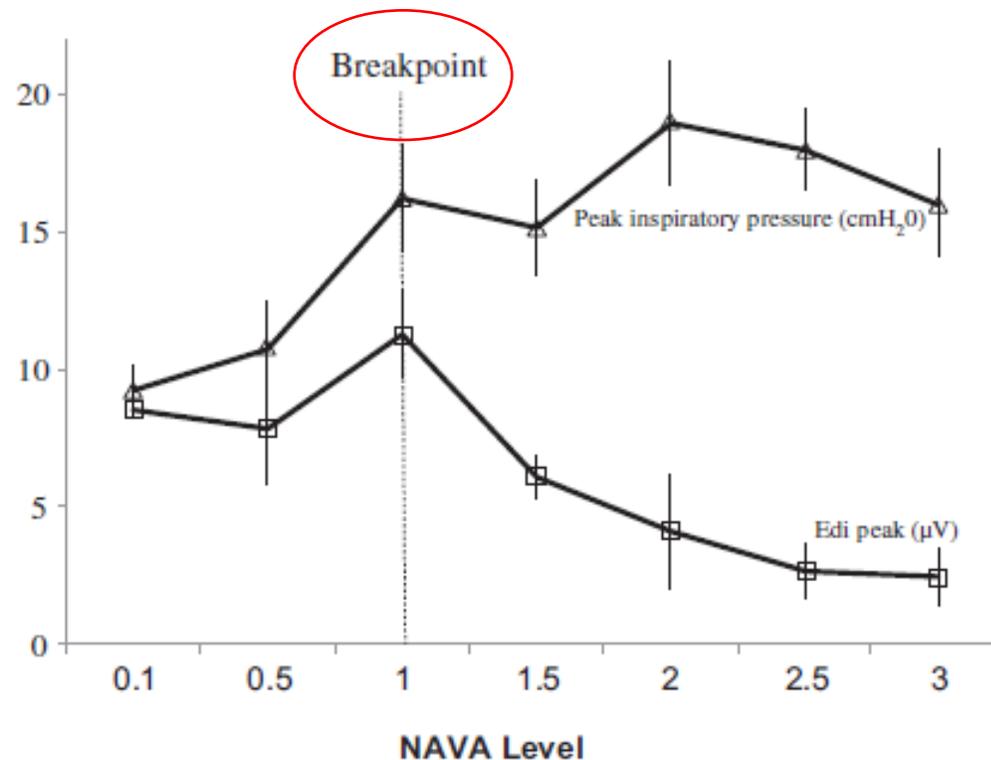
Edi max trop haut = patient « pas assez aidé » → monter niveau

Edi max trop bas = patient « trop aidé » → baisser niveau

Protection pulmonaire/barotraumatisme?

1. Bien régler la Pmax

1. Notion de **breakpoint**: plus le niveau NAVA augmente, plus le patient va diminuer son Edi



Interprétation de l'Edi min

- Activité du diaphragme en fin d'expiration pour maintenir **CRF** // en lien avec **PEEP**
 - Si Edi min trop bas ($<1 \mu\text{V}$), PEEP probablement trop élevée
 - Si Edi min trop haut (4-5 μV), PEEP probablement trop basse

Donc analyses et interprétation des données +++ pour comprendre **physiologie respiratoire**.

Bénéfices

- **Néonatalogie** = prématuré, BPD...
- **Pédiatrie** = bronchiolite, cardiopathies, BPD...
- Avantages:
 - Diminution des **pressions de ventilation** et donc le risque de barotraumatisme
 - Diminution du **travail respiratoire**
 - Amélioration de la **synchronisation**
 - Amélioration des échanges gazeux

Bénéfices

Neurally adjusted ventilatory assist (NAVA) in preterm newborn infants with respiratory distress syndrome—a randomized controlled trial

Merja Kallio^{1,2}  · Ulla Koskela^{1,2} · Outi Peltoniemi^{1,2} · Tero Kontiokari¹ · Tytti Pokka^{1,2} · Maria Suo-Palosaari^{3,4} · Timo Saarela^{1,2}

- **Néonatalogie** = prématuré, BPD
- **Pédiatrie** = bronchiolite, cardiopathies, BPD...
- Avantages:
 - Diminution des **pressions de ventilation** et donc le risque de barotraumatisme
 - Diminution du **travail respiratoire**
 - Amélioration de la **synchronisation**
 - Amélioration des échanges gazeux

Evaluating peak inspiratory pressures and tidal volume in premature neonates on NAVA ventilation

Alison P. Protain^{1,2} · Kimberly S. Firestone² · Neil L. McNinch^{2,3} · Howard M. Stein^{4,5} 



entilatory assist (NAVA) in preterm newborn tory distress syndrome—a randomized

• Outi Peltoniemi^{1,2} · Tero Kontiokari¹ ·
ri^{3,4} · Timo Saarela^{1,2}

- **Pédiatrie** = bronchiolite, cardiopathies, BPD...
- Avantages:
 - Diminution des **pressions de ventilation** et donc le risque de barotraumatisme
 - Diminution du **travail respiratoire**
 - Amélioration de la **synchronisation**
 - Amélioration des échanges gazeux



Neurally adjusted ventilatory assist (NAVA) in preterm newborns with respiratory distress syndrome—a randomized controlled trial

Evaluating peak inspiratory pressure in preterm neonates on NAVA ventilation: A prospective crossover comparison of neurally adjusted ventilatory assist and pressure-support ventilation in a pediatric and neonatal intensive care unit population*

Alison P. Protain^{1,2} · Kimberly S. Firestone¹

Cormac Breatnach, MRCPI;¹ Niamh P. Conlon, FCARCSI;¹ Maria Stack, MRCPI; Martina Healy, FFARCSI; Brendan P. O'Hare, MRCPI, FFARCSI

- **Pédiatrie = k**

- Avantages:

- Diminution des **pressions de ventilation** et donc le risque de barotraumatisme
- Diminution du **travail respiratoire**
- Amélioration de la **synchronisation**
- Amélioration des échanges gazeux



Evaluating peak inspiratory neonates on NAVA ventilation

A prospective crossover comparison of neurally adjusted
ventilatory assist and pressure-support ventilation in a pediatric

Alison P. Protain^{1,2} · Kimberly S. Firestone^{1,2}

Eur J Pediatr (2016) 175:1175–1183
DOI 10.1007/s00431-016-2758-y



Neurally adjusted ventilatory assist (NAVA) in preterm newborn infants with respiratory distress syndrome—a randomized controlled trial

Merja Kallio^{1,2}  · Ulla Koskela^{1,2} · Outi Peltoniemi^{1,2} · Tero Kontiokari¹ ·
Tytti Pokka^{1,2} · Maria Suo-Palosaari^{3,4} · Timo Saarela^{1,2}

Sandeep Shetty¹ · Katie Hunt¹ · Janet Peacock^{2,3} · Kamal Ali⁴ · Anne Greenough^{1,3,5} 

neurally





ventilatory assist (NAVA) in preterm newborn
tory distress syndrome—a randomized

Evaluating peak inspirato
neonates on NAVA ventilat

A prospective crossover comparison of neurally adjusted

Alison P. Protain^{1,2} · Kimberly S. Firest ventilatory assist and pressure-support ventilation in a pediatric

Eur J Pediatr (2016) 175:1175–1183
DOI 10.1007/s00431-016-2758-y



ORIGINAL

ORIGINAL
ARTICLES

www.jpeds.com • THE JOURNAL OF PEDIATRICS

Neural
infants
contro

Randomized Crossover Study of Neurally Adjusted Ventilatory Assist in Preterm Infants

Merja Kalli
Tytti Pokka

Juyoung Lee, MD, Han-Suk Kim, MD, PhD, Jin A. Sohn, MD, Jin A. Lee, MD, PhD, Chang Won Choi, MD, PhD,
Ee-Kyung Kim, MD, PhD, Beyong Il Kim, MD, PhD, and Jung-Hwan Choi, MD, PhD

2. NAVA et HDC

- Littérature

→ 1 case report 2011 (*Durrani NU J Coll Physicians Surg Pak (2011)*)

→ 1 étude chez 12 patients (*Gentili A. J Matern Fetal Neonatal Med (2013)*):

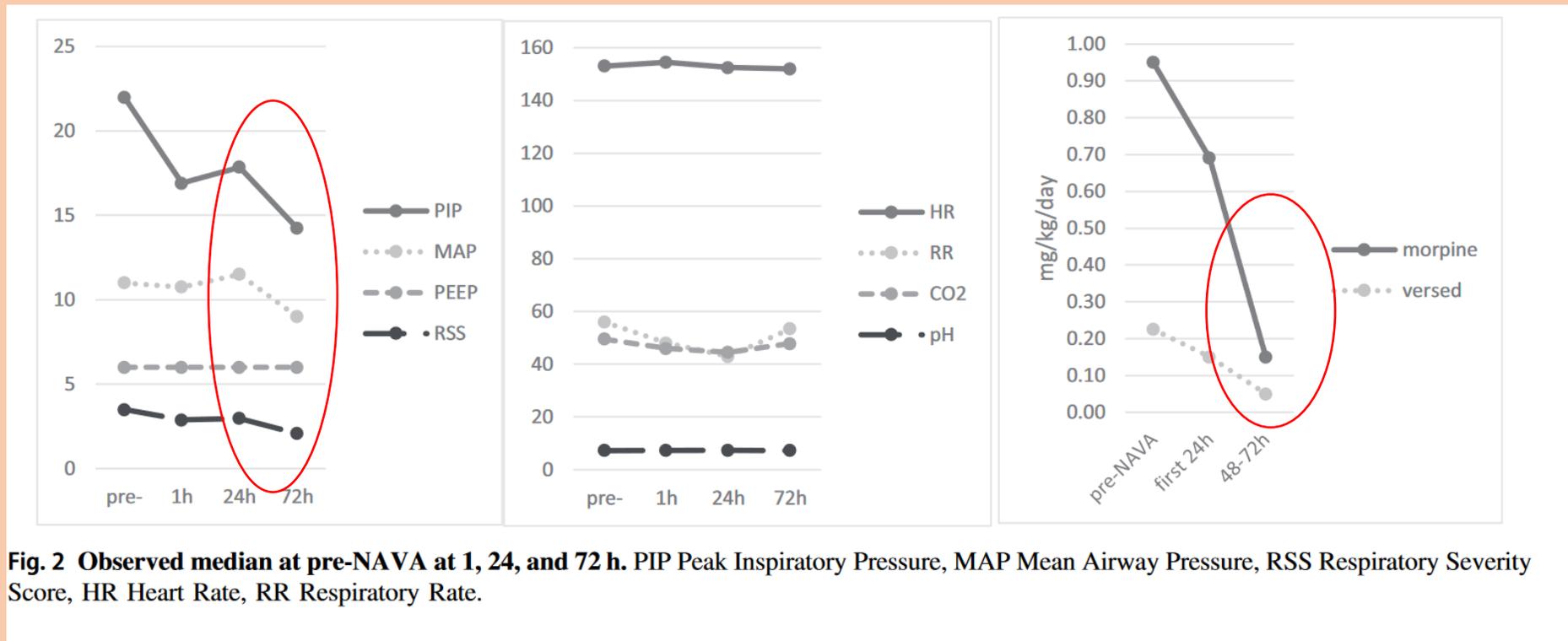
- **Signal Edi correctement capté** sauf chez 2 patients avec agénésie totale d'un héli-diaphragme
- **Diminution pressions de ventilation et paCO₂, amélioration index d'oxygénation**

→ Série de cas (6 cas) (*Oda A. Acta Paediatrica (2018)*)

- Faisabilité de la **VNI-NAVA** en sevrage ventilatoire (7 cas) (*Amin R. Journal of Pediatric Surgery (2018)*)

2. NAVA et HDC

→ Neurally adjusted ventilatory assist in neonates with congenital diaphragmatic hernia (Kurland et al. Journal of Perinat. 2021 (cohorte rétrospective 16 cas))



2. NAVA et HDC

→ Neurally-Adjusted Ventilatory Assist Can Facilitate Extubation in Neonates With Congenital Diaphragmatic Hernia, Meinem et al. Respiratory care 2021 (cohorte rétrospective 10 cas)

Neonatal CDH Respiratory Management Strategy:

PC-SIMV from birth through surgery



Convert to I-NAVA 24-72 h after surgery



Wean I-NAVA level to ~ 1.0



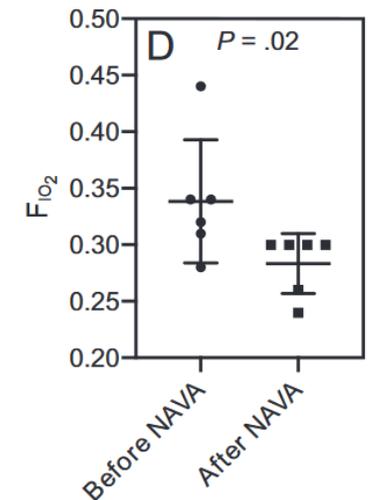
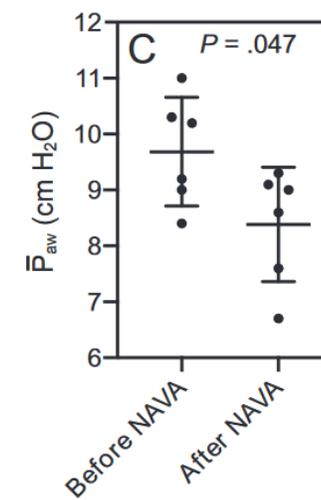
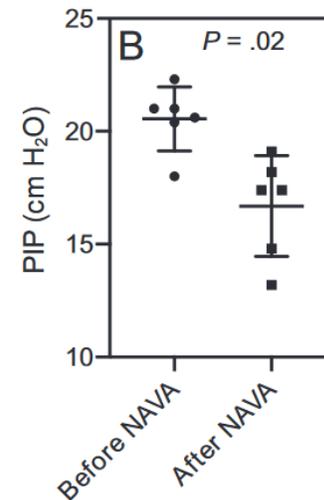
If tolerated, extubate to NIV-NAVA level ~2.0



Wean to NIV-NAVA level ~ 1.0



Transition to nasal CPAP or high-flow nasal cannula

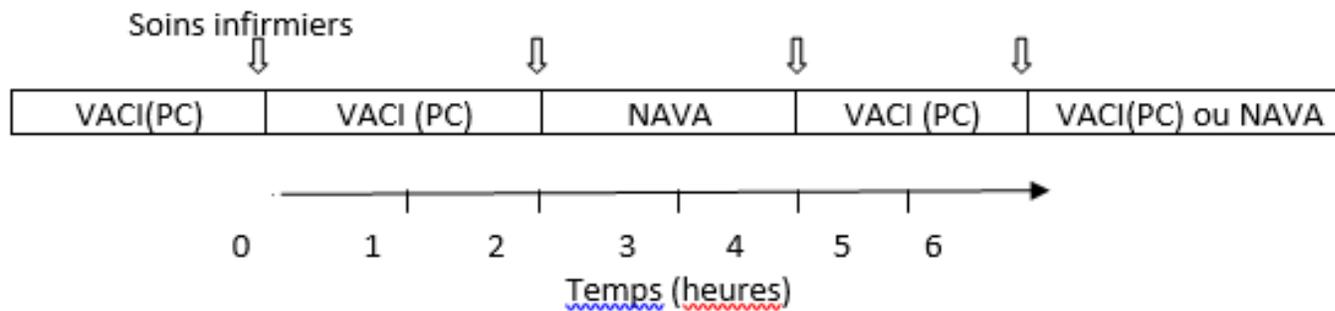


3. Notre expérience

- Utilisation courante de la NAVA depuis **2013-2014**
(prématuré, dysplasie broncho-pulmonaire, hernie diaphragmatique, insuffisance respiratoire chronique...)
- Respirateurs: 2 servo-i, 3 servo-n
- VI et VNI
- Satisfaction: signal Edi facilement capté, baisse rapide des sédations, confort, extubation facilitée...
- Idée de NAVA-DIAPH, bourse FIMATHO 2017, début inclusion août 2018

4. NAVA-DIAPH

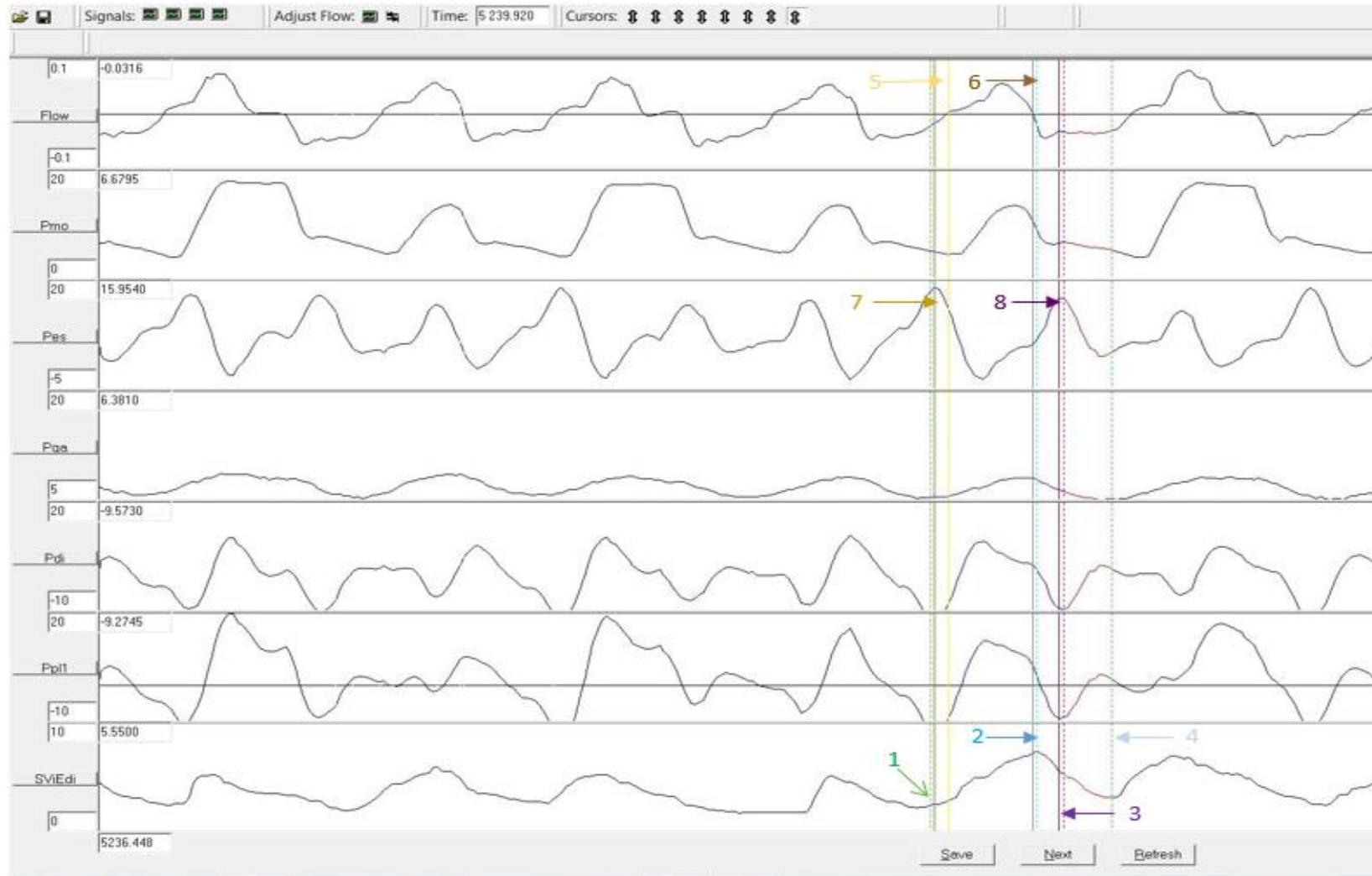
- Inclusions août 2018- mars 2020
- Critère inclusion: Patient > 34SA- HDC opérée- en période de sevrage ventilatoire
- Mise en place de la sonde de mesure de **pression œsophagienne et gastrique**
- Mesures pendant 6h:



- **Pressions des voies aériennes**: récupérées depuis le respirateur connecté à un système d'acquisition des données.
- **Pressions œsophagiennes, gastriques et diaphragmatiques** : sonde de mesure de pression œsophagienne

Estimation du travail respiratoire: produit pression x temps diaphragmatique (PTPdi) et œsophagien (PTPes) (par cycle et par minute).

Principaux résultats



Exemple de courbe analysée:
marquage de 100 cycles /
période (x3) / patient

Principaux résultats

N°	GA (weeks)	BW (grams)	Side of the hernia	Liver herniation	LHR O/E	Surgical technic	Age at surgery (day)	MV duration (day)	HFO duration (day)	SIMV duration (day)	NAVA duration (day)	NICU LOS (day)
1	37.7	2990	left	non	60	primary repair	1	8.9	0	8.8	0.1	18
2	38.6	3020	left	no	58	primary repair	1	6	0.4	2.6	3	10
3	41.7	3650	left	yes	46	patch repair	1	28.1	7.6	6.5	14.	39
4	39.9	2060	left	no	30	primary repair	1	3.3	0.6	1.4	1.3	6
5	38.7	3400	left	no	42	patch repair muscle flap	2	75	31.5	15.9	27.6	76
6	40	3320	right	- data not available	- data not available	primary repair	2	6.4	0.5	4.3	1.6	33
7	38.6	3000	left	no	45	patch repair	1	3.4	0	2.6	0.8	10
8	35.6	2340	right	yes	37	primary repair	1	6.5	0	5.6	0.9	8
Median	38.6	3010			45		1	6.4	0.45	4.95	1.4	14
[IQR]	[38.4- 39.9]	[2827- 3340]			[43-55]		[1- 1.25]	[5.3-13.7]	[0-2.35]	[2.6-7.1]	[0.9-5.7]	[9.5-34.5]

Principaux résultats

	VACI1	NAVA	VACI2	p
RR	74 [70-82]	72 [70-83]	81 [73-82]	0,565
Pmoy	12,1 [10,5-12,9]	10,6 [10-12,4]	12,3 [10,3-13,2]	0,368
SwingPdi	7,6 [7,3-11,1]	7,3 [6,2-9,6]	7,4 [6,7-10]	1
Delta EDI	6,4 [4,8-11,5]	9,9 [3,7-10,9]	4,6 [3,8-8,9]	0,867
PTPeso_min	115 [85-173]	64 [60-170]	107 [76-216]	0,651
PTPdi_min	155 [126-275]	119 [112-194]	149 [72-203]	0,651

Données cliniques: SpO2, pCO2 et COMFORT-B
→ Pas de différence significative

Mesures: exclusion patient 6 (non interprétable)

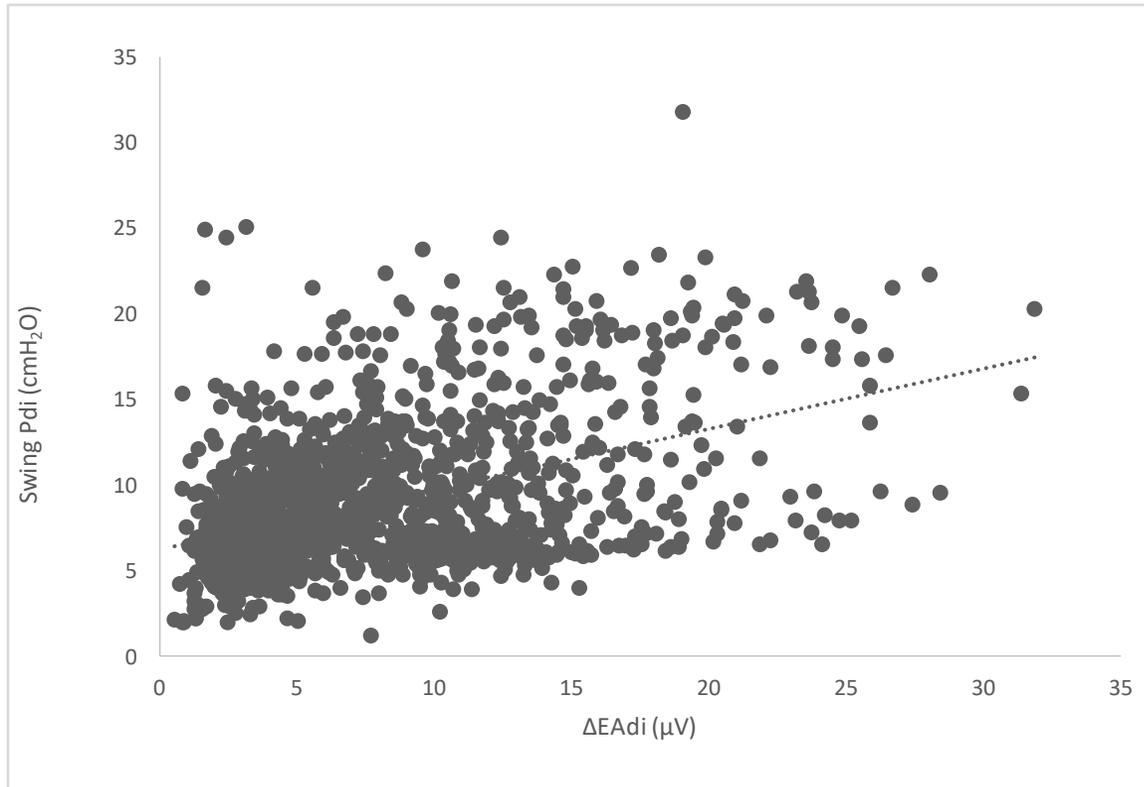
Paramètres physiologiques (sur 100 cycles par période) :

- Pressions moyennes
- Contraction diaphragmatique
- Amplitude de l'Edi
- Travail respiratoire
- Travail diaphragmatique

→ Pas de différence significative entre les deux périodes

Tendance: ↓ travail respiratoire alors que Edi ↑
→ moins barotraumatisme? Principe du « breakpoint »

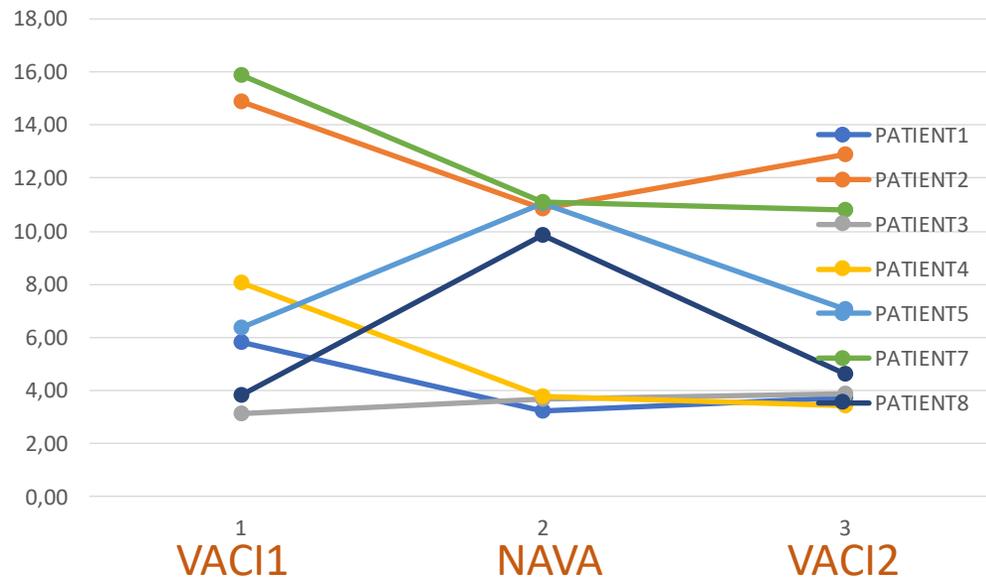
Principaux résultats



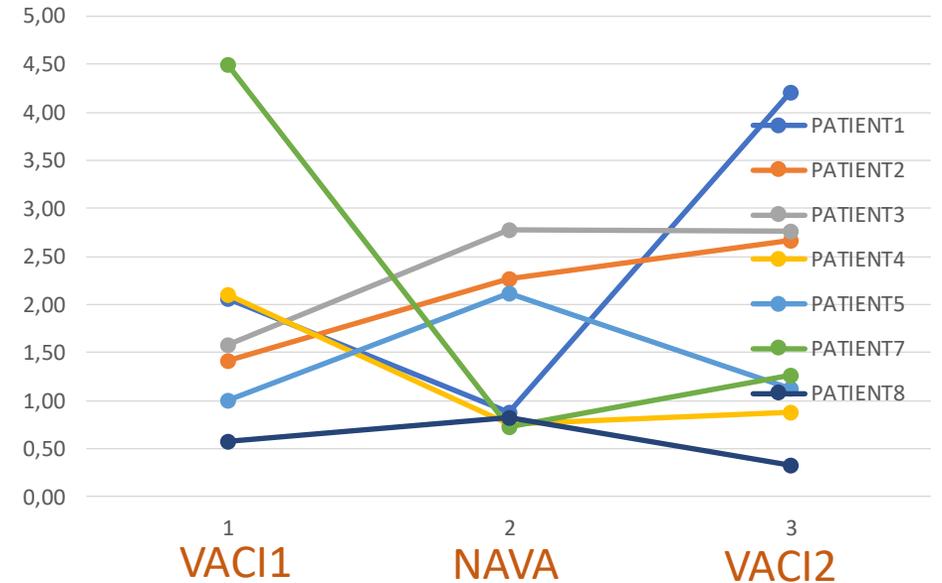
Corrélation entre Edi et contraction musculaire du diaphragme (quelque soit le mode ventilatoire)

= concept de « **training diaphragmatique** »

Principaux résultats



Variation Edi



Variation PTP oeso (travail respiratoire)

2 profils de patients: ceux qui augmentent leur travail respiratoire et ceux qui le diminuent en NAVA... Pourquoi? Sur-assistance en conventionnelle?

Principaux résultats: Amélioration synchronisation +++

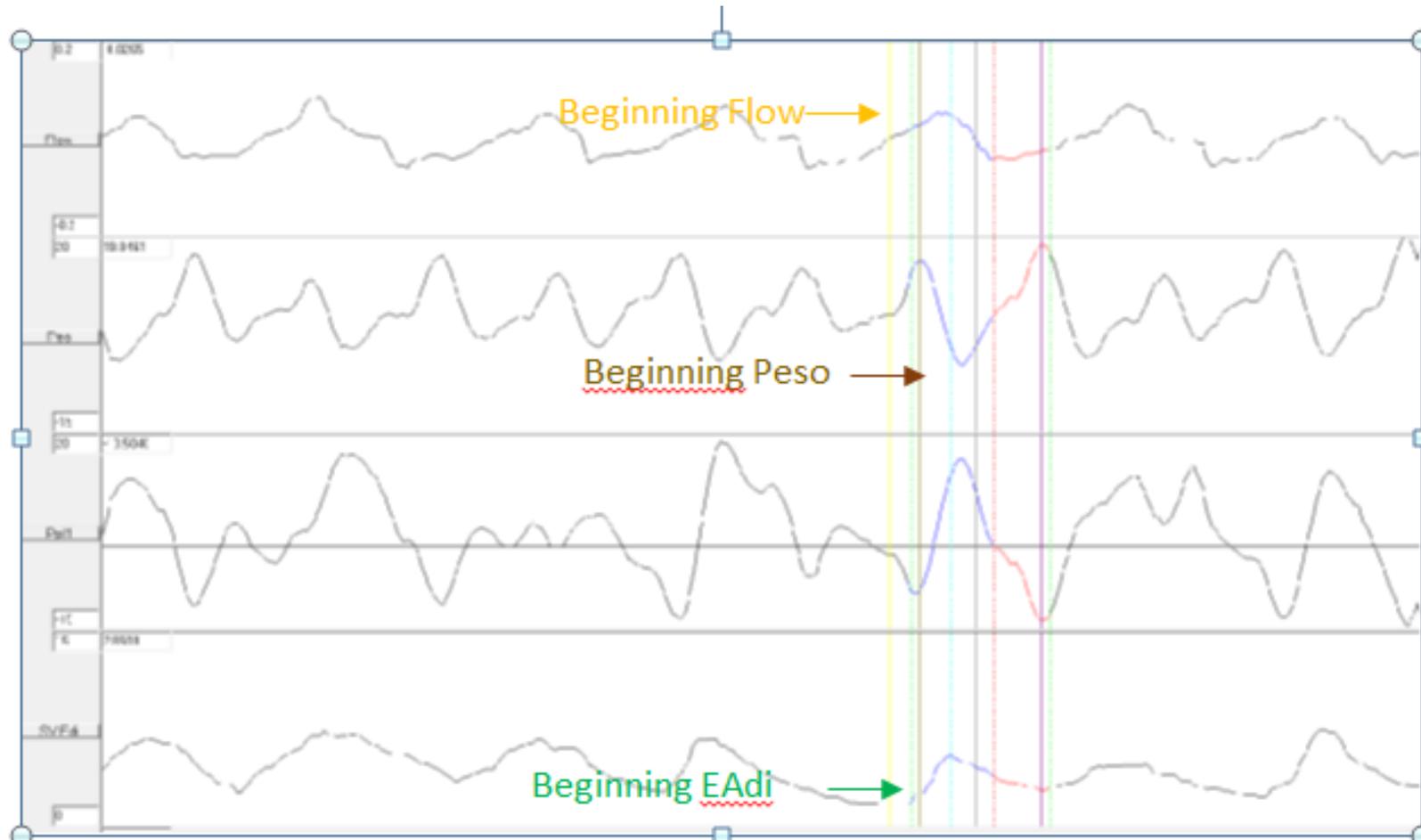


Figure 3A:
Auto-triggering
in SIMV

Principaux résultats: Amélioration synchronisation +++

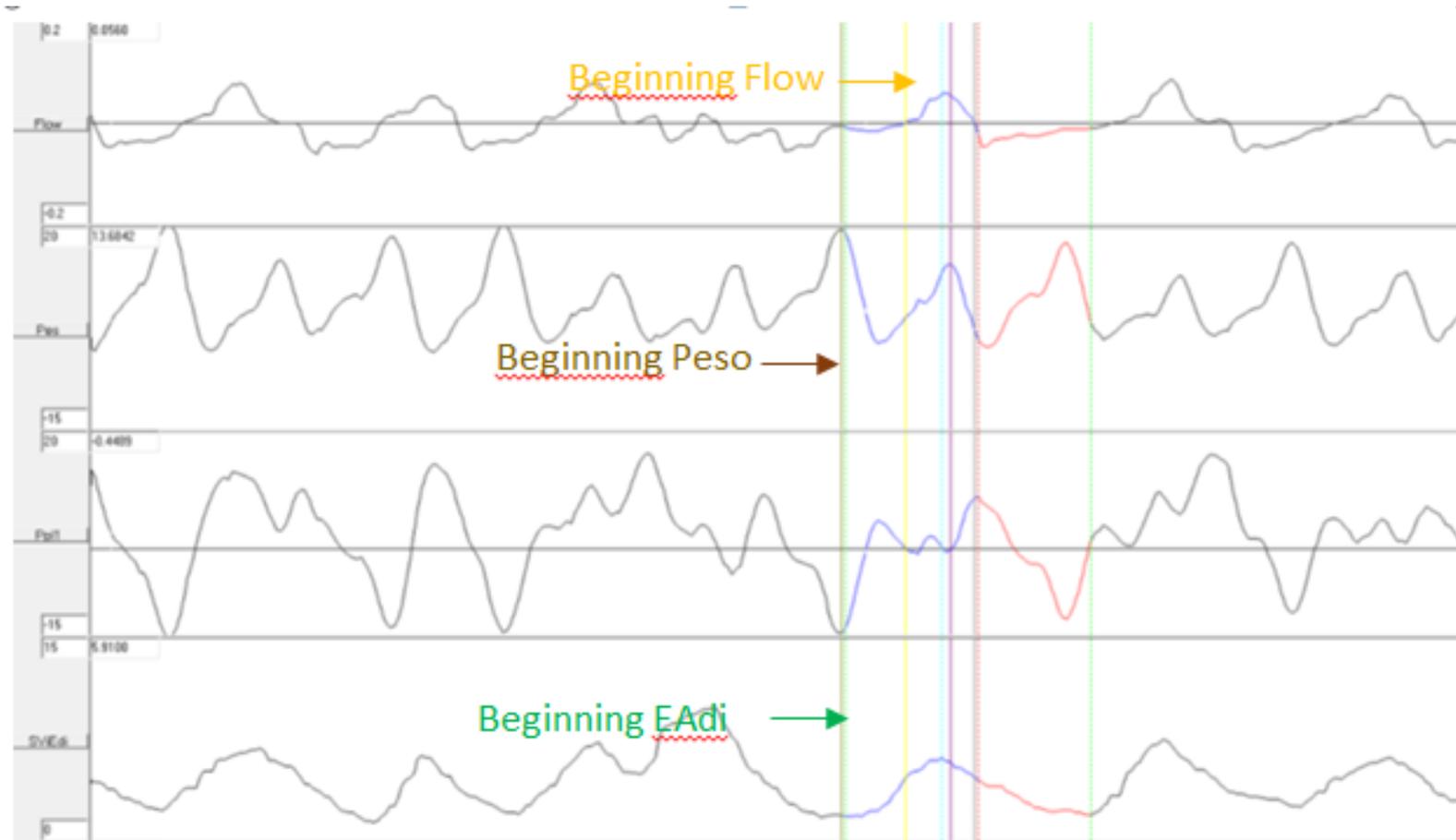


Figure 3B:
trigger-delay in
SIMV

Principaux résultats: Amélioration synchronisation +++

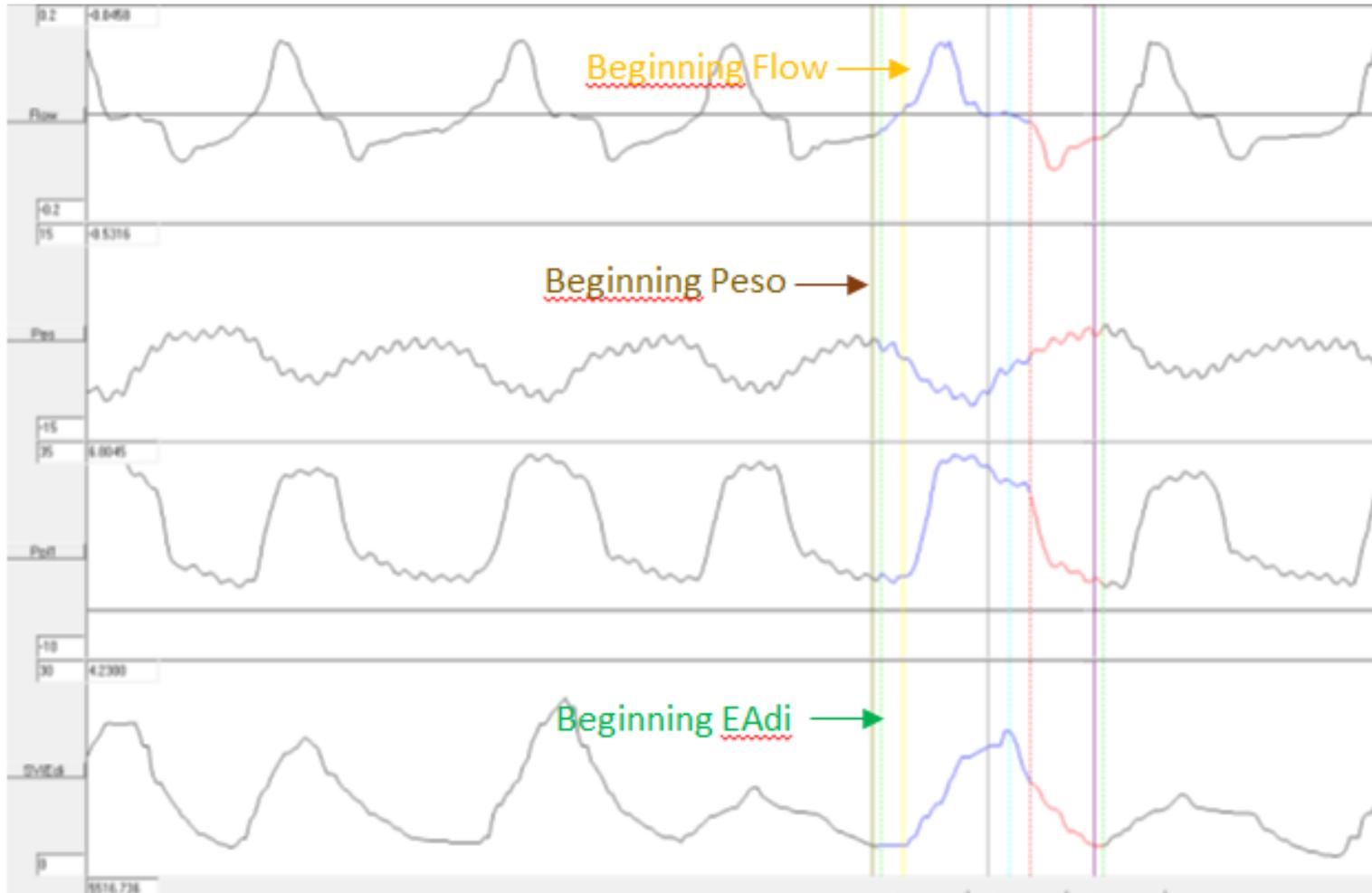


Figure 3C:
synchronisation in
NAVA

Conclusion- Discussion

- **NAVA: faisable chez HDC**
- **Mesures physiologiques fiables (1^{ère} dans cette population)**
- **Résultats non significatifs:**
 - Grande hétérogénéité de la population
 - Petit nombre
- **Corrélation Edi/contraction diaphragmatique**
- **Bénéfices?**
 - ventilation protectrice poumon/diaphragme
 - Baisse des sédations
- **Perspectives:**
 - **Soumission 28/04/22 Scientific Reports (IF 4,38)**
 - **Projet: études avec outcome clinique (durée VM, DBP)**

Merci pour votre attention!

Questions?

