

Les bases de la ventilation mécanique

JM Constantin, M.D. Ph.D.

Département de Médecine Périopératoire
Responsable des Réanimations
CHU Clermont-Ferrand



GREC
CNRS 6293
INSERM U1103



ventilation mécanique

Vital (très souvent)

Délétère (souvent)

Mortel (parfois)

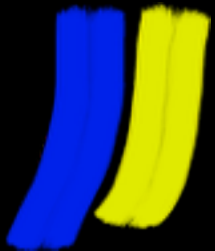


ventilation mécanique

1/3 de Prescription

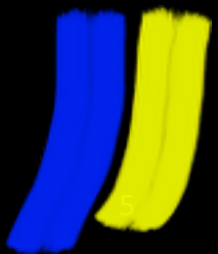
1/3 de Surveillance

1/3 d'adaptation





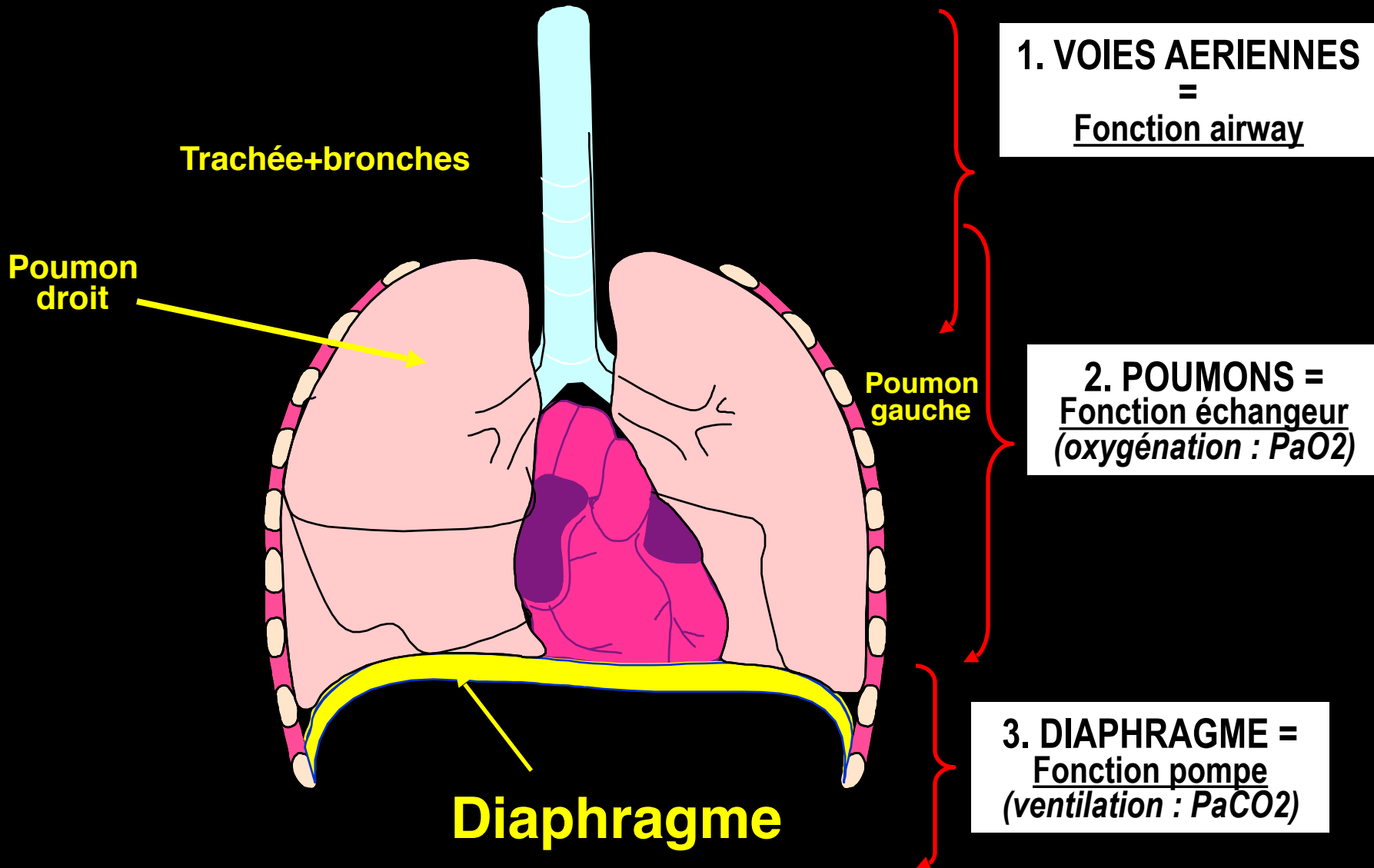
Les Fondamentaux



Systeme Respiratoire



Systeme respiratoire



Trachée+bronches

Poumon
droit

Poumon
gauche

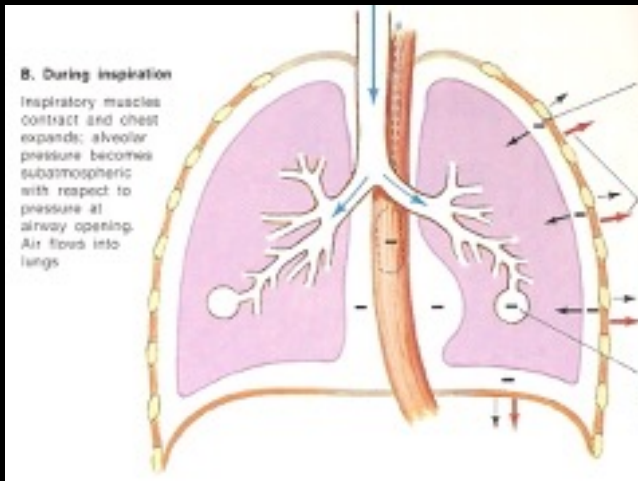
Diaphragme

1. VOIES AERIENNES
=
Fonction airway

2. POUMONS =
Fonction échangeur
(oxygénation : PaO2)

3. DIAPHRAGME =
Fonction pompe
(ventilation : PaCO2)

Physiologie de la respiration



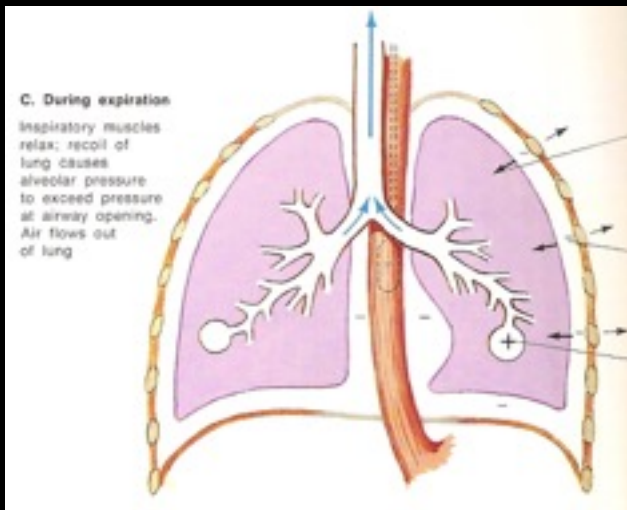
INSPIRATION (active)

Expansion thoracique

P_{pl}

$P_{alv} < P_{atm}$

↙ Afflux passif d'air dans le poumon



EXPIRATION (passive)

Force de rétraction élastique

P_{pl}

$P_{alv} > P_{atm}$

↖ Expulsion d'air du poumon

Ventilation vs Oxygénation

Oxygénation

Mesurée par : **PaO₂ ; SaO₂**

Déterminée par : **FiO₂; PEP**

Ventilation vs Oxygénation

Ventilation

Mesurée par : **PaCO₂ ; EtCO₂**

Dépend de la ventilation alvéolaire

$$VM = RR \times VT$$

$$VM = V_A + V_{DS}$$

$$V_A = RR \times VT - V_{DS}$$

toute combinaison de RR x VT produisant une même VE sera associée à la même PaCO₂

Mécanismes d'action de l'insuffisance respiratoire aiguë

1. Insuffisance de
l'échangeur gazeux

2. Insuffisance
la pompe

(Poumon)

**Ventilation
mécanique**

Hypoxémie

Hypercapnie + hypercapnie

Ventilation

(amélioration de PaO_2 et $SatO_2$)

($\downarrow PaCO_2$ et $\uparrow pH$)

Systeme respiratoire

Systeme passif (echangeur)

voies aeriennes

RESISTANCE

Poumons - alveoles

COMPLIANCE

Systeme actif (pompe)

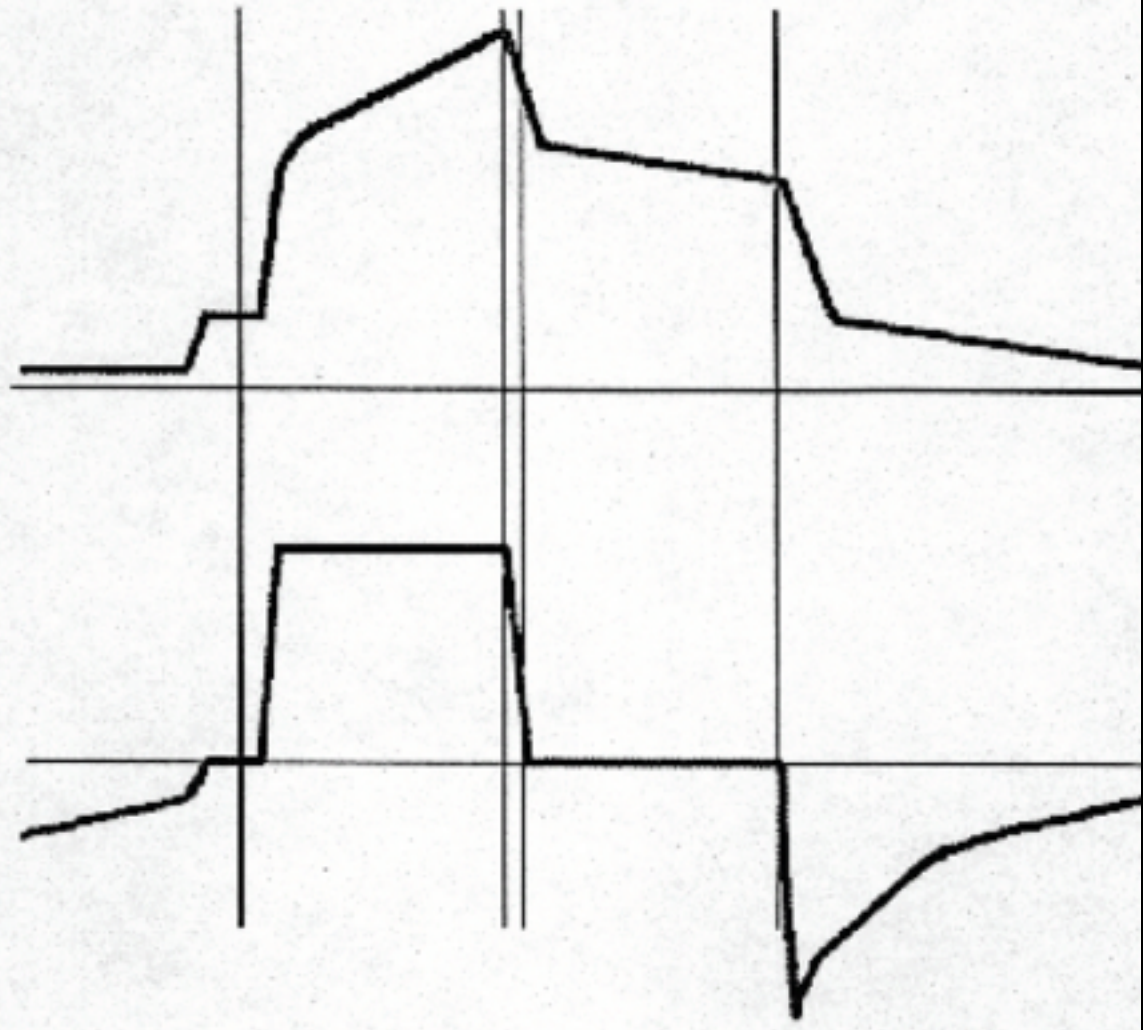
muscles respiratoires

PRESSURE

FLOW

0

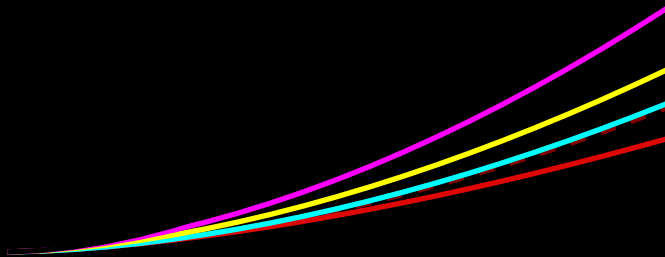
1 2 3 4



Résistances

Une résistance exprime un frein à l'écoulement de débit :

$$R = \frac{\text{Variation de Pression}}{\text{Débit}} \quad \text{cmH}_2\text{O} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$



- RETT 7
- RETT 7,5
- RETT 8
- RETT 8,5
- RETT 9
- R trachéo 8,5



Résistance de la prothèse endotrachéale

La résistance varie...

Augmente

Intubation
Avec le débit
Encombrement
Bronchospasme

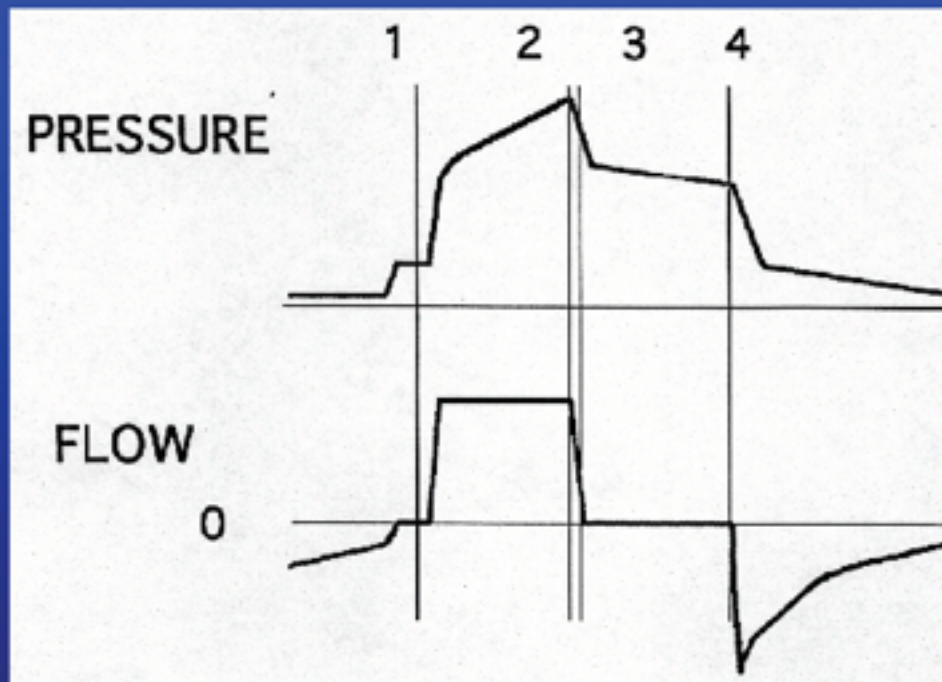
Diminue

Extubation
Avec le débit
Aspiration
Bêta-stimulants

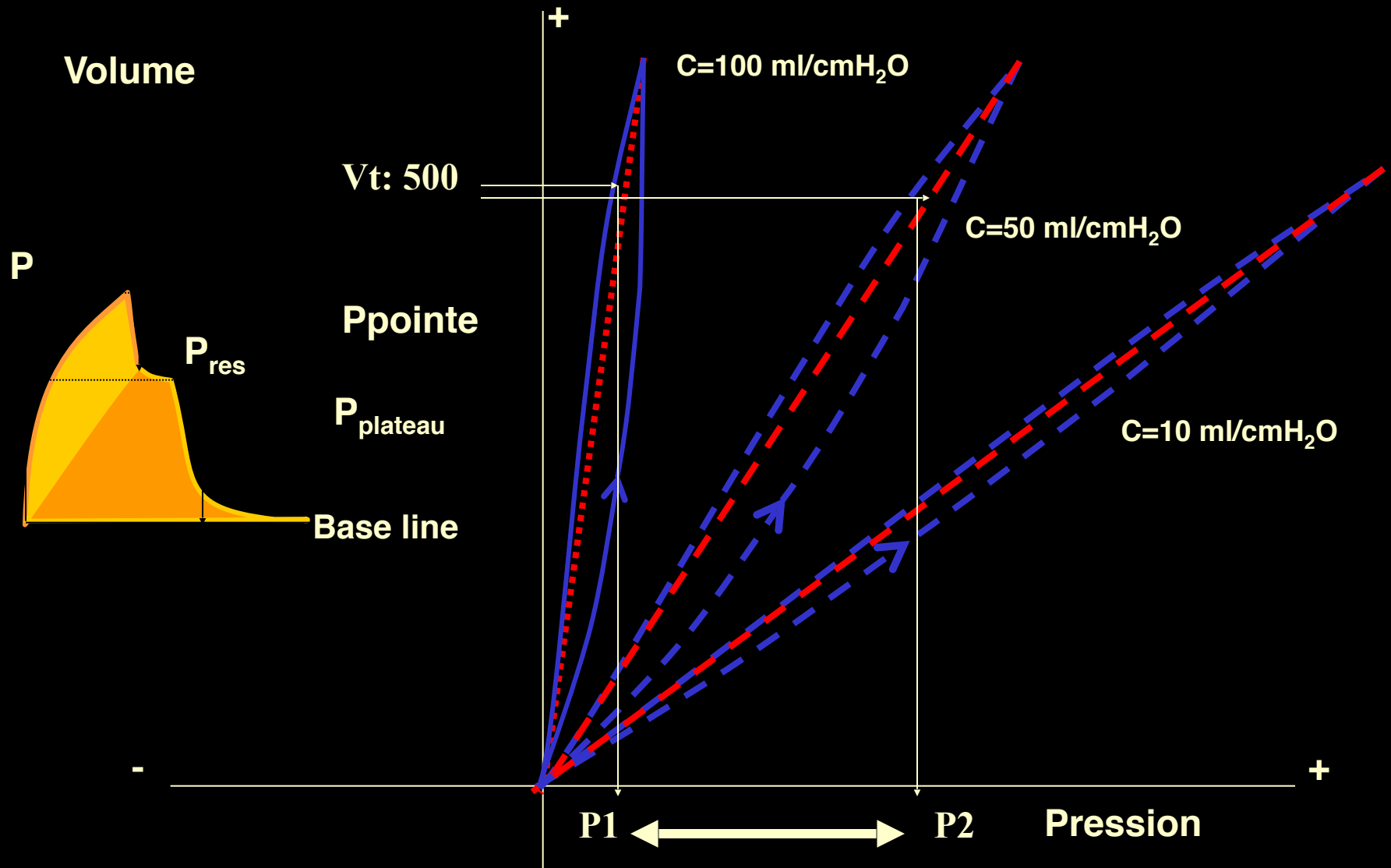
Compliance

$$C = \frac{\text{Vol C}}{P_{\text{plat}} - P_0}$$

ml.cmH₂O⁻¹



La boucle pression-volume : Compliance



La compliance varie...

Augmente

Emphysème
Sédation
Curarisation
Position assise

Diminue

Restriction
Réveil

Couchée
Obésité
OAP
Pneumopathie
Atelectasie

100 ml

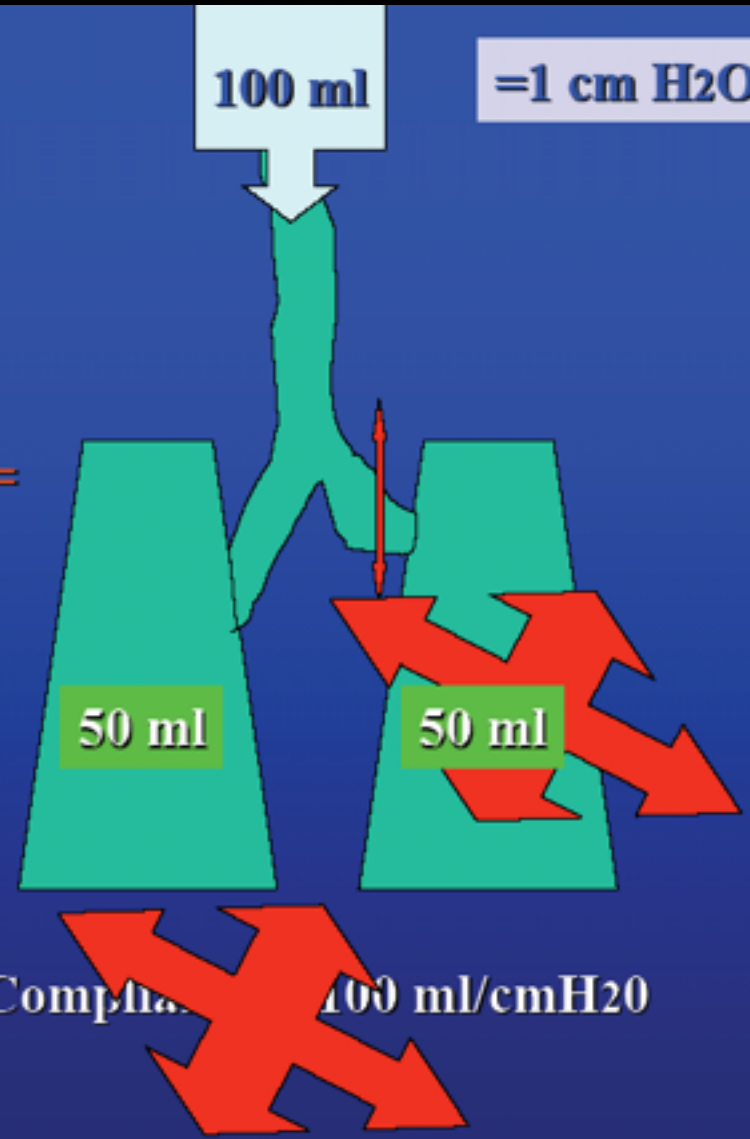
=1 cm H₂O

Compliance =
50 ml/cmH₂O

50 ml

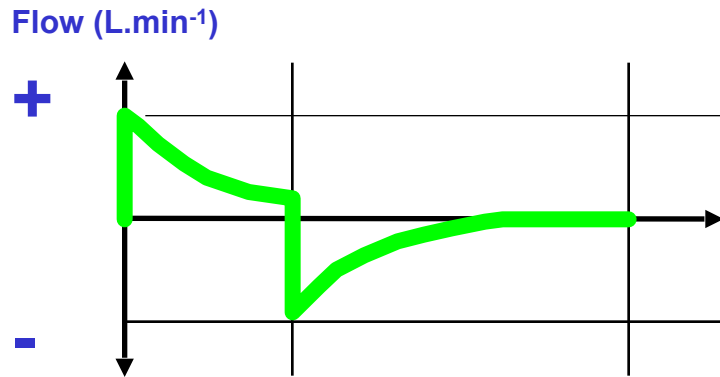
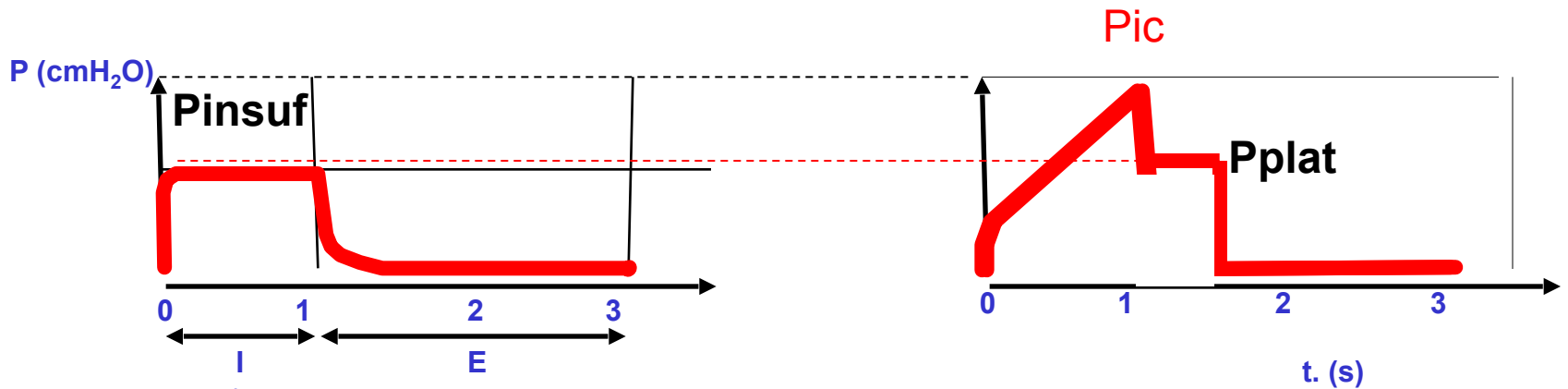
50 ml

Compliance = 100 ml/cmH₂O



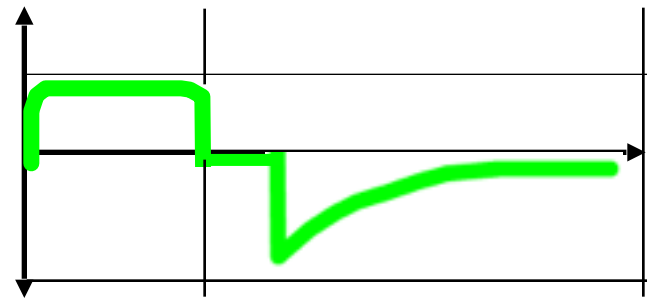
Mode ventilatoire

VOLUME or PRESSURE ?



Pressure (constant)

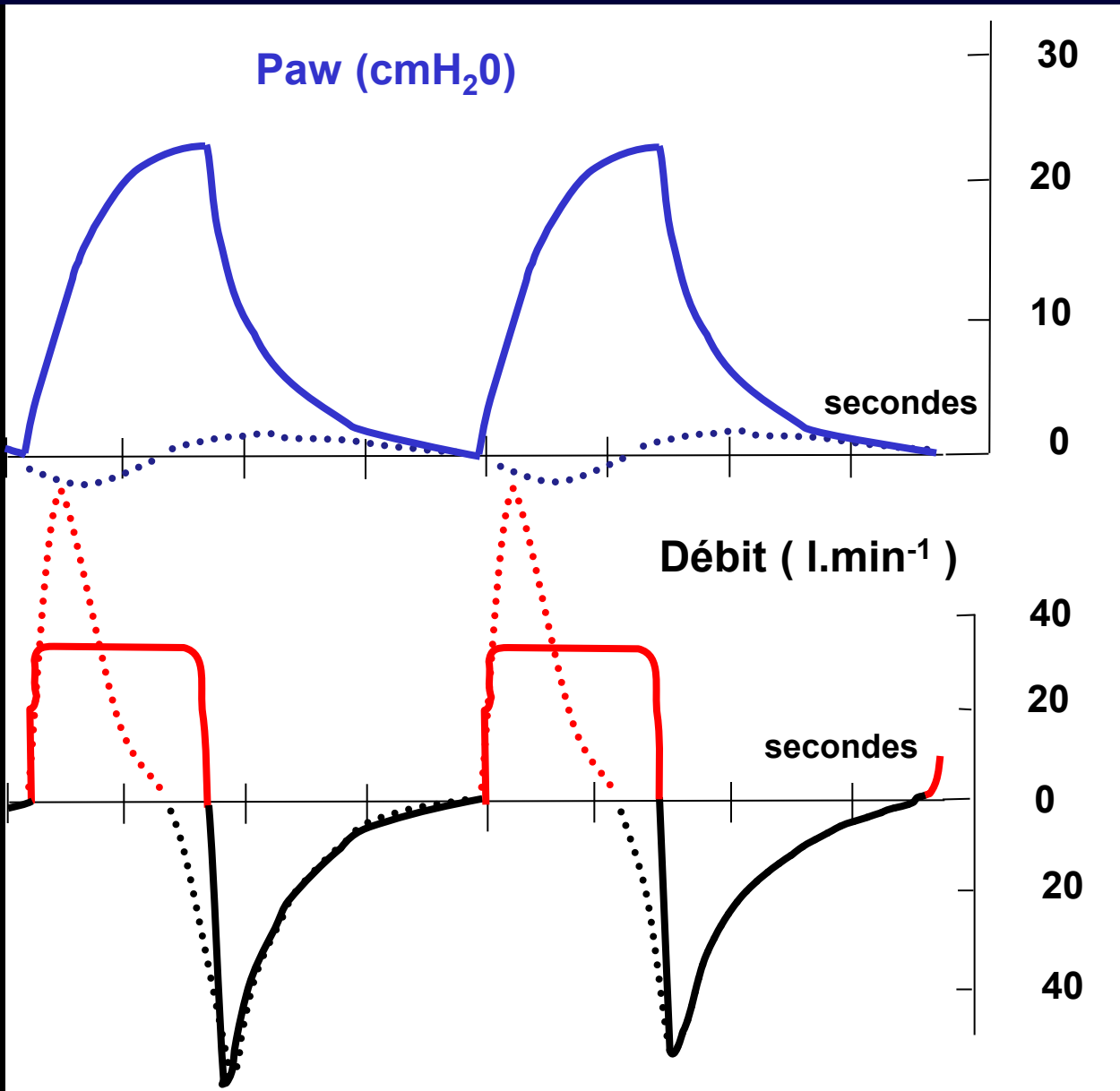
$P_{insuff} \neq P_{pic}$



Volume (constant)

$P_{insuff} = P_{plat}$

Ventilation en volume contrôlé à débit *inspiratoire* constant

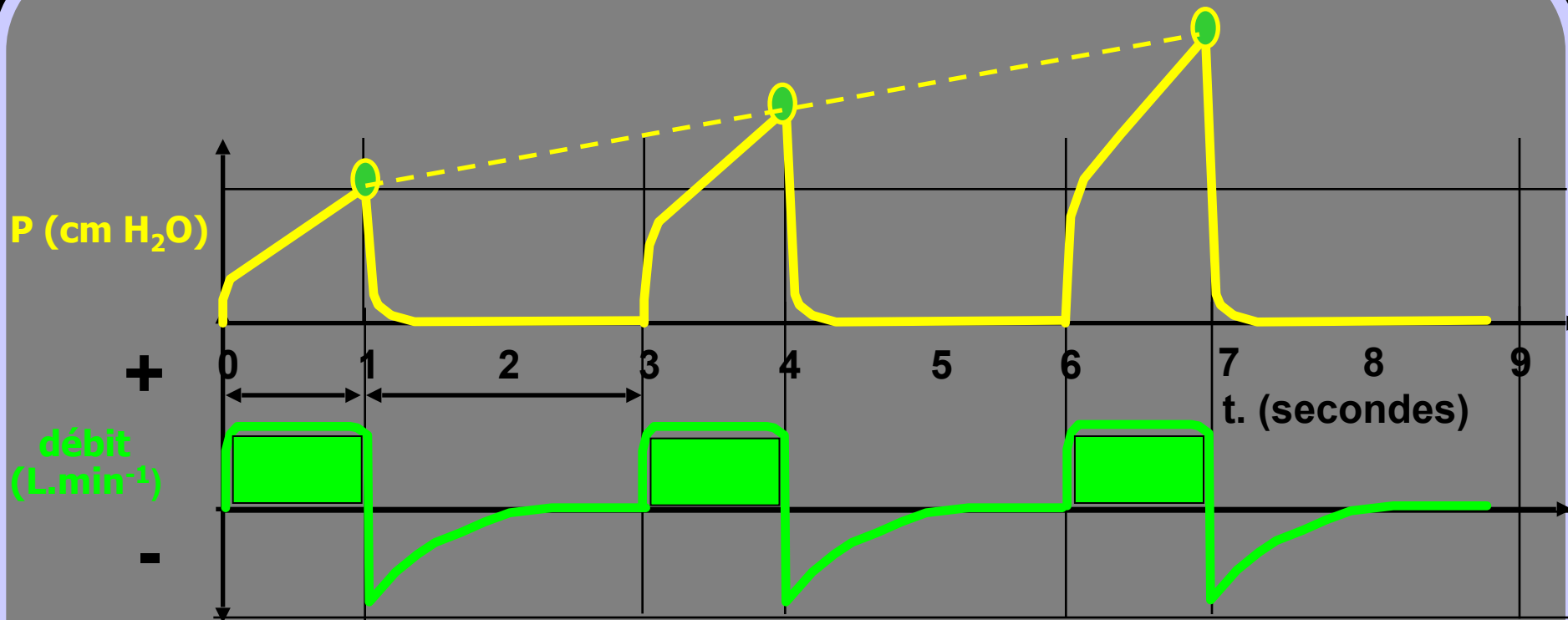


Le **débit inspiratoire** généré par le ventilateur est constant

A l'inspiration, la **pression dans les voies aériennes supérieures** est **positive** et constitue

VOLUME CONTRÔLE (VC)

Effets d'une augmentation d'impédance du système respiratoire



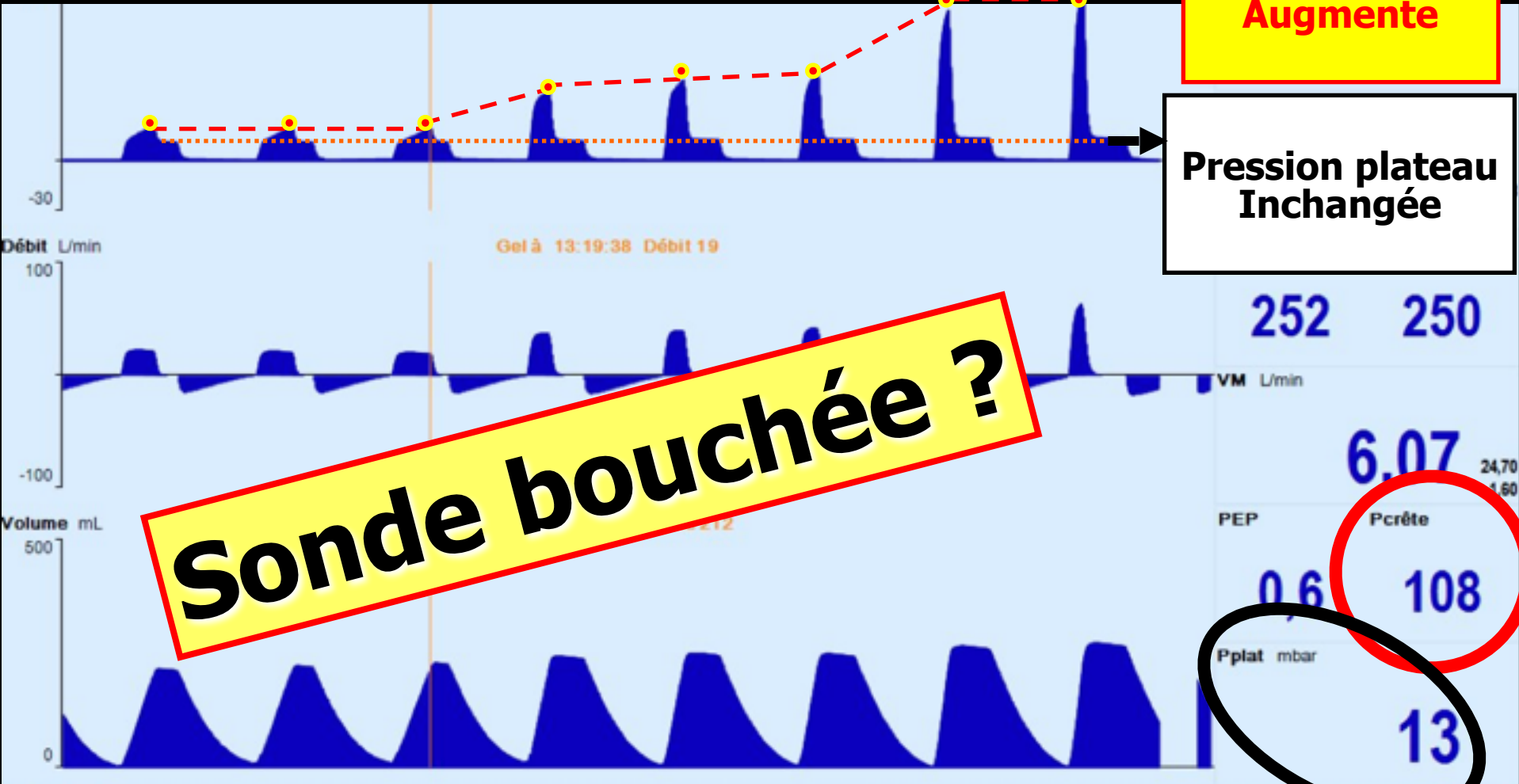
Le **volume** réglé est "bien délivré",
mais la pression est non contrôlée: risque barotraumatique

Que se passe t-il (probablement) ?

Pression crête Augmente

Pression plateau Inchangée

Sonde bouchée ?





VC-VAC

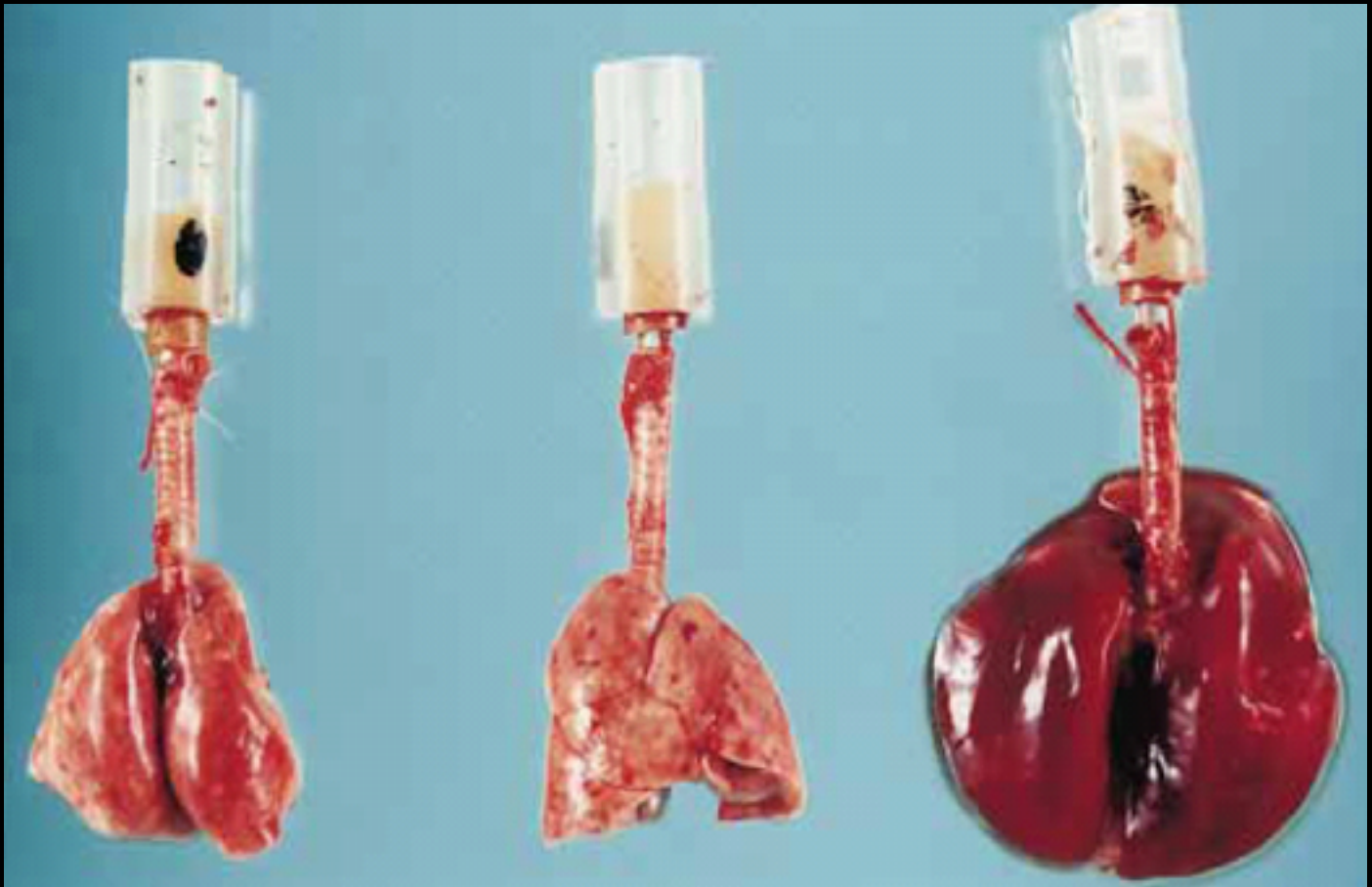


Quelles sont les différences entre un mode en volume et un mode en pression ?

PARAMETRES REGLES ET PARAMATRES MONITORES

Paramètres ventilatoires	VOLUME CONTROLE	PRESSION CONTROLEE
VOLUME courant	FIXE (assuré)	variable
PRESSION voies aériennes	variable	FIXE (controlée = sécurité)
DEBIT	Carré (constant) 	décélérant 
ALARMES à surveiller	Pressions (Ppic, Pplat, Pmoy)	Volume (VT mini) Ventilation minute EtCO2

Le volume courant



Les hauts V_t sont délétères

SDRA

Ventilation poumon sain

Ventilation per-op

Quel que soit le mode

Choix du volume courant ?

$V_t = 6 \text{ à } 8 \text{ ml.kg}^{-1} / P_{\text{plat}} < 30 \text{ cmH}_2\text{O}$

IBW

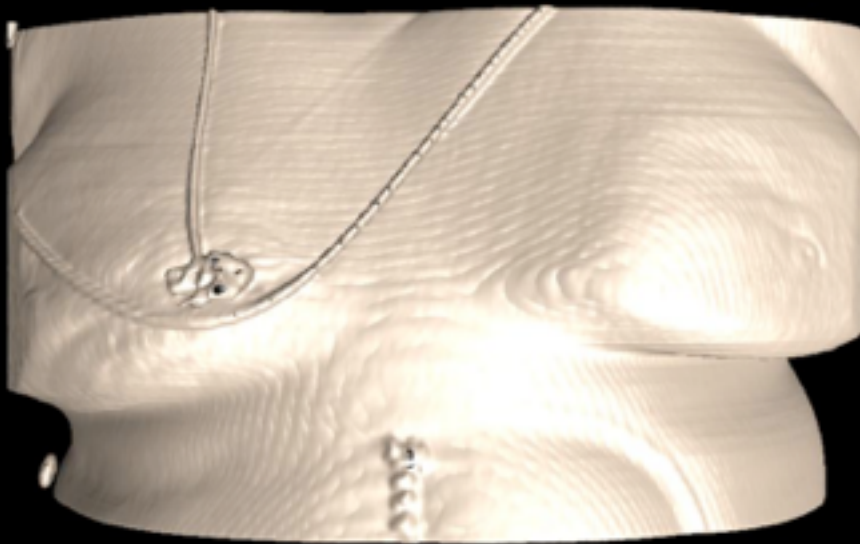
Marie-Thérèse S.
53 ans
162 cm 132 kg

Julia R.
49 ans
161 cm 47 kg

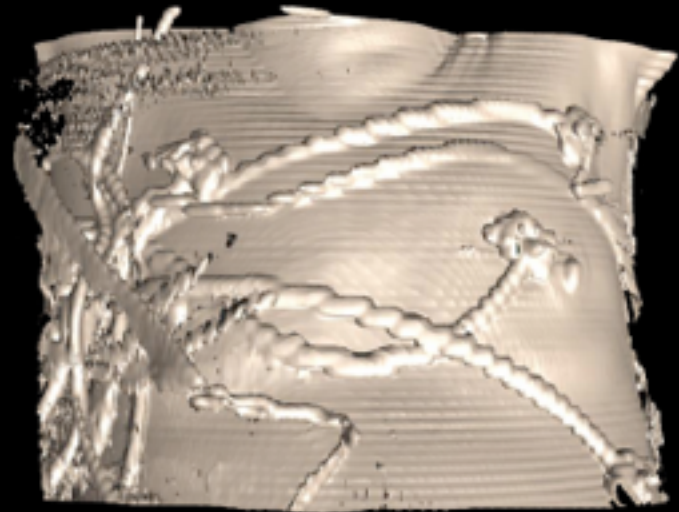


Marie-Thérèse S.
53 ans
162 cm 132 kg

Julia R.
49 ans
161 cm 47 kg

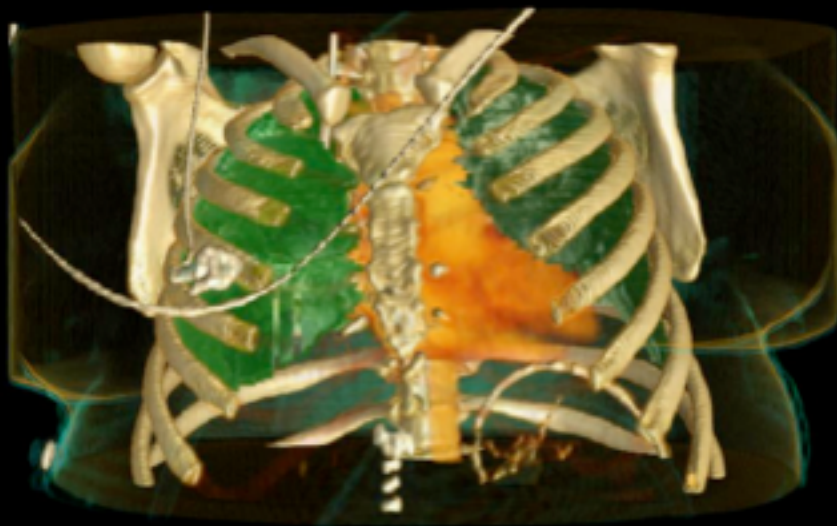


M/001/

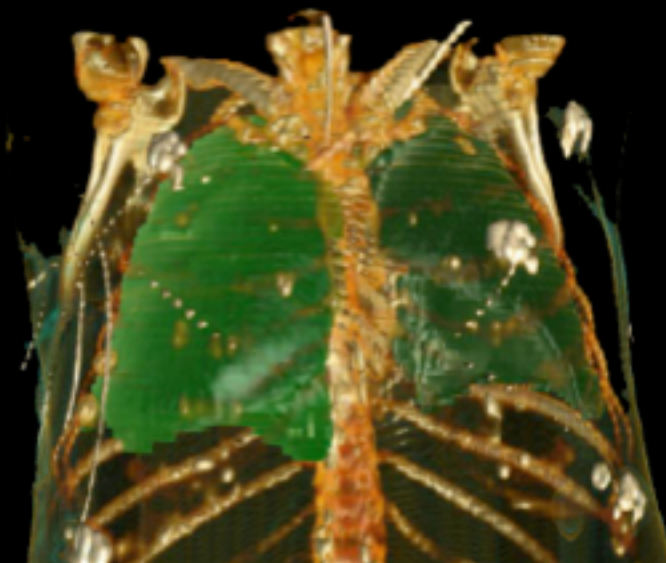


After undressed

Marie-Thérèse S.
53 ans
162 cm 132 kg

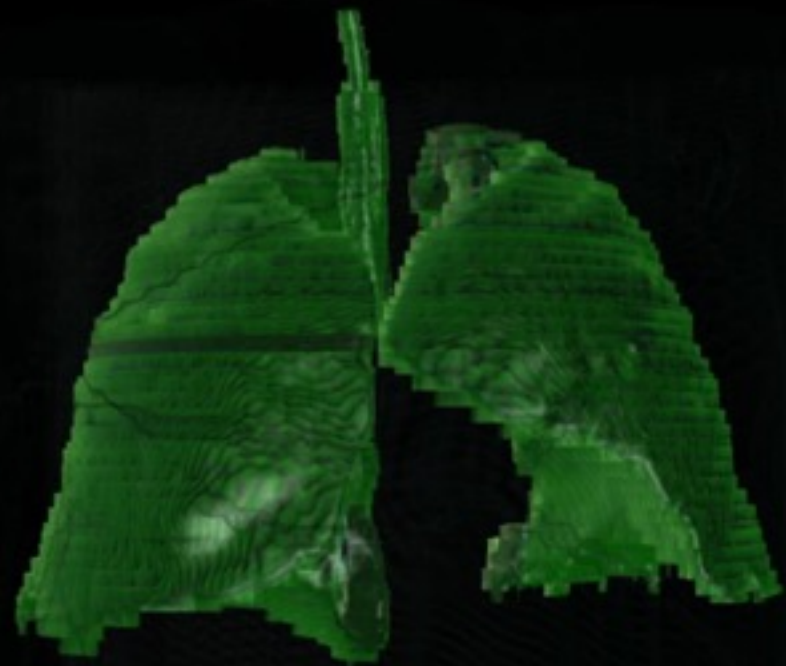
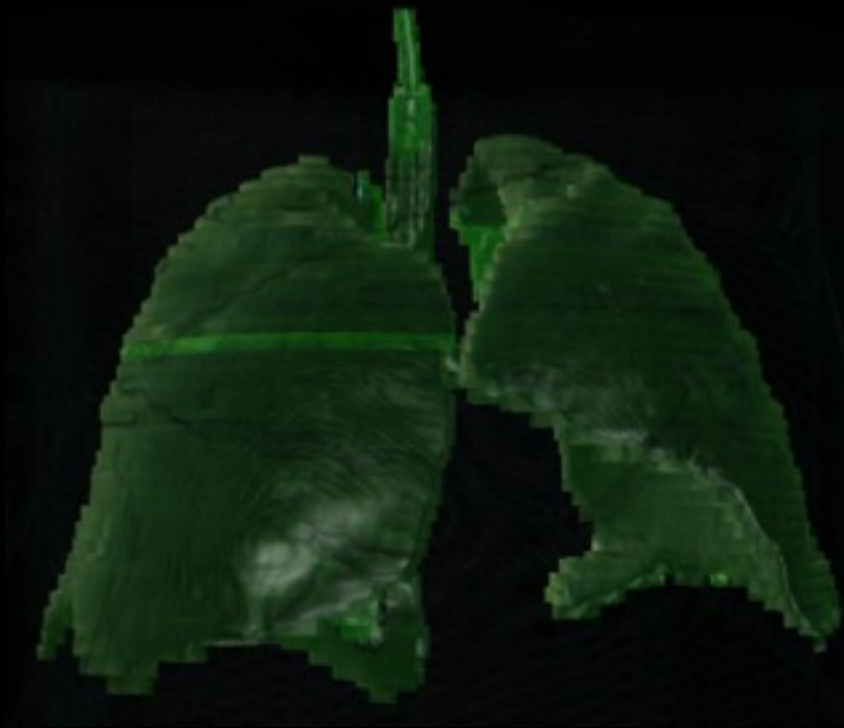


Julia R.
49 ans
161 cm 47 kg



Marie-Thérèse S.
53 ans
162 cm 132 kg

Julia R.
49 ans
161 cm 47 kg



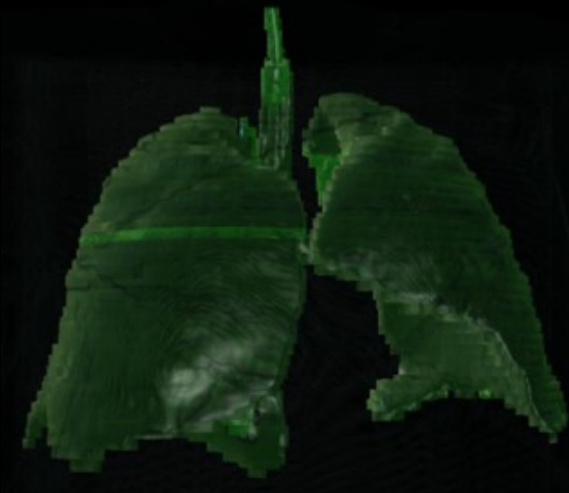
Marie-Thérèse S.
53 ans
162 cm 132 kg



Julia R.
49 ans
161 cm 47 kg

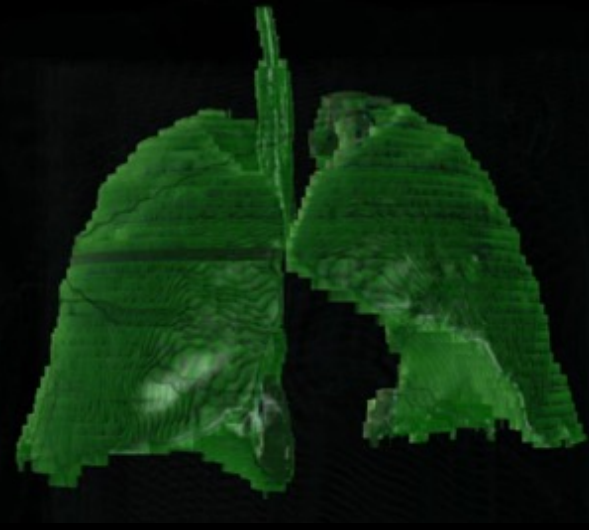


Marie-Thérèse S.
53 ans
162 cm 132 kg



Lung Volume
= 3245 mL

Julia R.
49 ans
161 cm 47 kg



Lung Volume
= 3364 mL

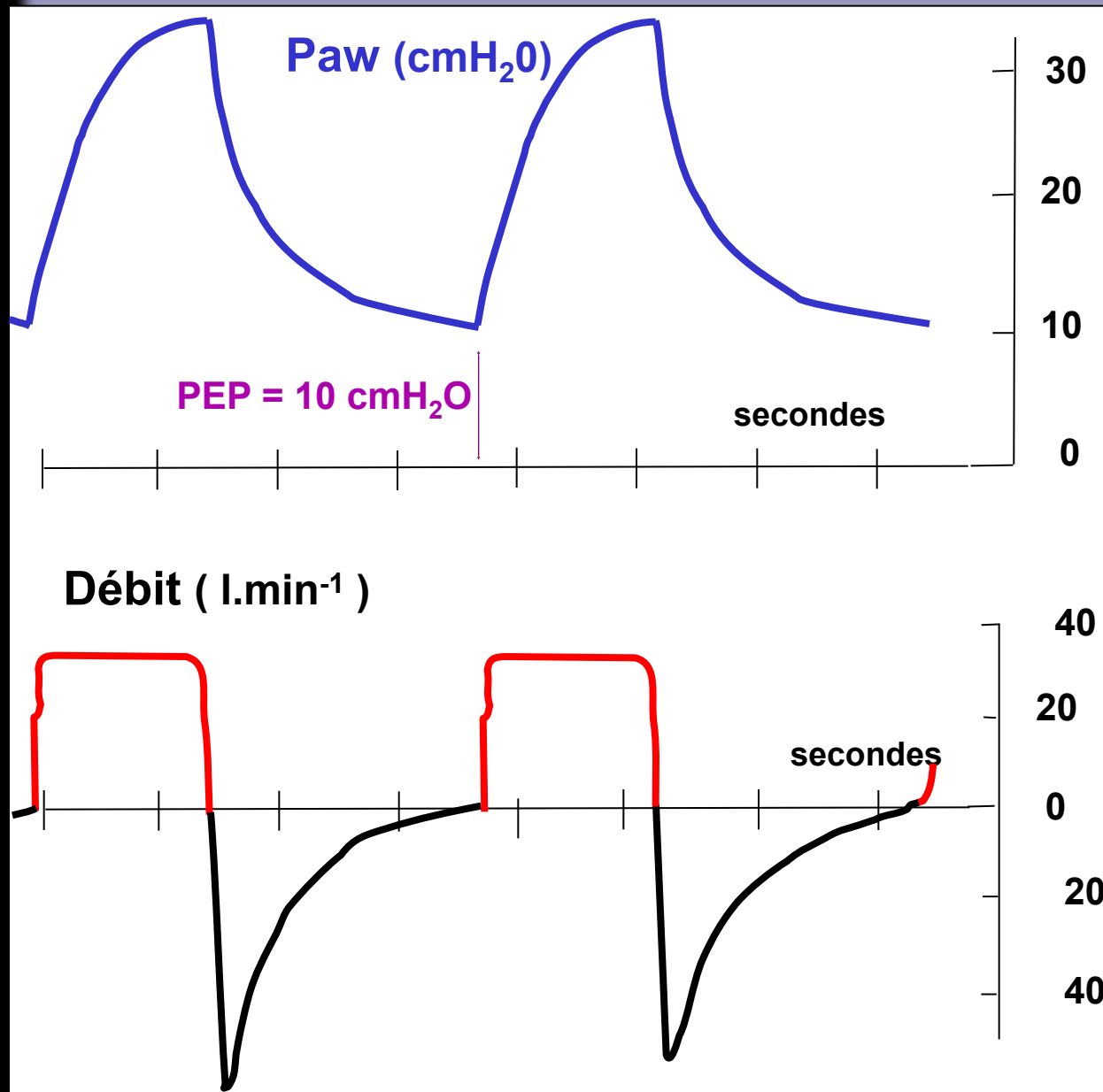
$V_t = 6 \text{ à } 8 \text{ ml.kg}^{-1} / P_{\text{plat}} < 30 \text{ cmH}_2\text{O}$

IBW

Vt / IBW femmes				Vt / IBW hommes			
Taille	IBW	Vt=6mL/kg	Vt=8mL/kg	Taille	IBW	Vt=6mL/kg	Vt=8mL/kg
150	50	300	400	155	54	323	430
151	51	303	404	160	58	345	460
152	51	306	408	161	58	350	466
153	52	309	412	162	59	354	472
154	52	312	416	163	60	359	478
155	53	315	420	164	61	363	484
156	53	318	424	165	61	368	490
157	54	321	428	166	62	372	496
158	54	324	432	167	63	377	502
159	55	327	436	168	64	381	508
160	55	330	440	169	64	386	514
161	56	333	444	170	65	390	520
162	56	336	448	171	66	395	526
163	57	339	452	172	67	399	532
164	57	342	456	173	67	404	538
165	58	345	460	174	68	408	544
166	58	348	464	175	69	413	550
167	59	351	468	176	70	417	556
168	59	354	472	177	70	422	562
169	60	357	476	178	71	426	568
170	60	360	480	179	72	431	574
171	61	363	484	180	73	435	580
172	61	366	488	181	73	440	586
173	62	369	492	182	74	444	592
174	62	372	496	183	75	449	598
175	63	375	500	184	76	453	604
176	63	378	504	185	76	458	610
177	64	381	508	186	77	462	616
178	64	384	512	187	78	467	622
179	65	387	516	188	79	471	628
180	65	390	520	189	79	476	634
181	66	393	524	190	80	480	640
182	66	396	528	195	84	503	670
183	67	399	532	200	88	525	700

La PEP - PEEP
Pression expiratoire Positive

Ventilation en volume contrôlé avec PEP



La pression expiratoire positive (PEP) permet, en fin d'expiration, de maintenir le poumon ouvert lorsqu'atélectasié ou oedémateux

La PEP se règle entre 5 et 20 cmH_2O

Comment régler la PEP ?

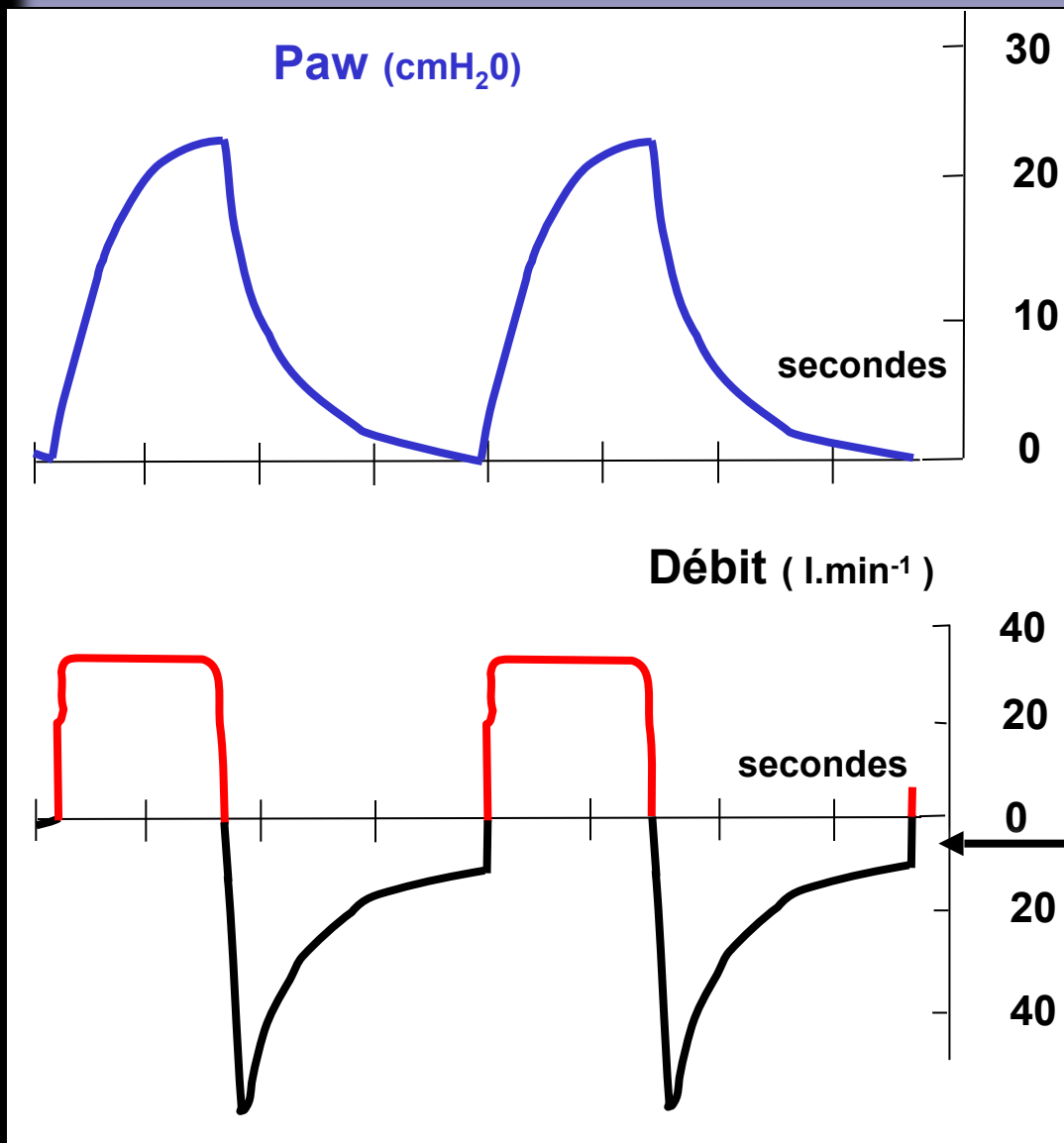
Jamais nulle

La fréquence ventilatoire

Adaptée à la VM

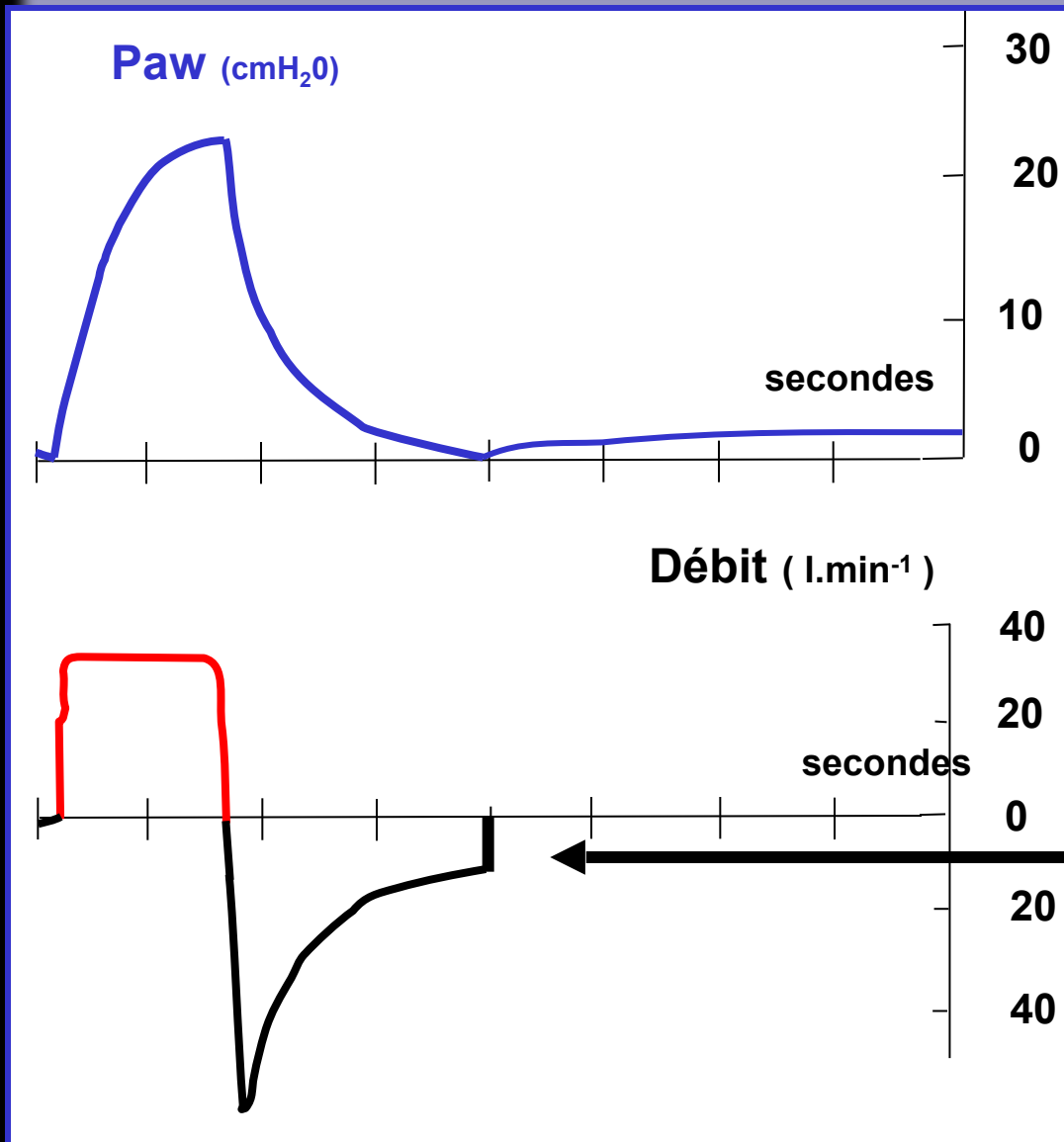
A la limite de l'auto PEP

La PEP intrinsèque ou auto-PEP



Il persiste un débit expiratoire positif en fin d'expiration

La PEP intrinsèque ou auto-PEP



Il persiste un débit expiratoire positif en fin d'expiration

La PEEP intrinsèque se mesure lors d'une pause expiratoire prolongée

Pga
(cm H₂O)

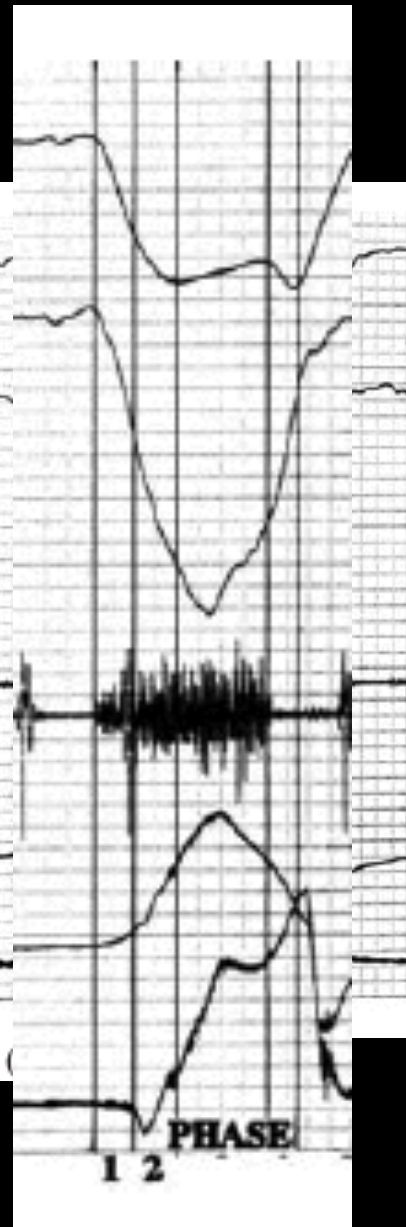
Poes
(cm H₂O)

EMGdi

Flow
(L.s)

Paw
(cm H₂O)

Intensive Care Med (



Modes de ventilation:

classification

Volumétriques (débit)

Contrôlé
Partielle

VC

VAC

VACI

VS

Barométriques (pression)

Contrôlé
Partielle

PC

PAC

BIPAP

Aide Inspiratoire

VS

Nouveaux modes =

Mixtes (combinés) : Autoflow, VCRP...

- PAV; PPS; NAVA; ASV, VSV, APV...

Le mode ventilatoire

« assisté »

(de référence)

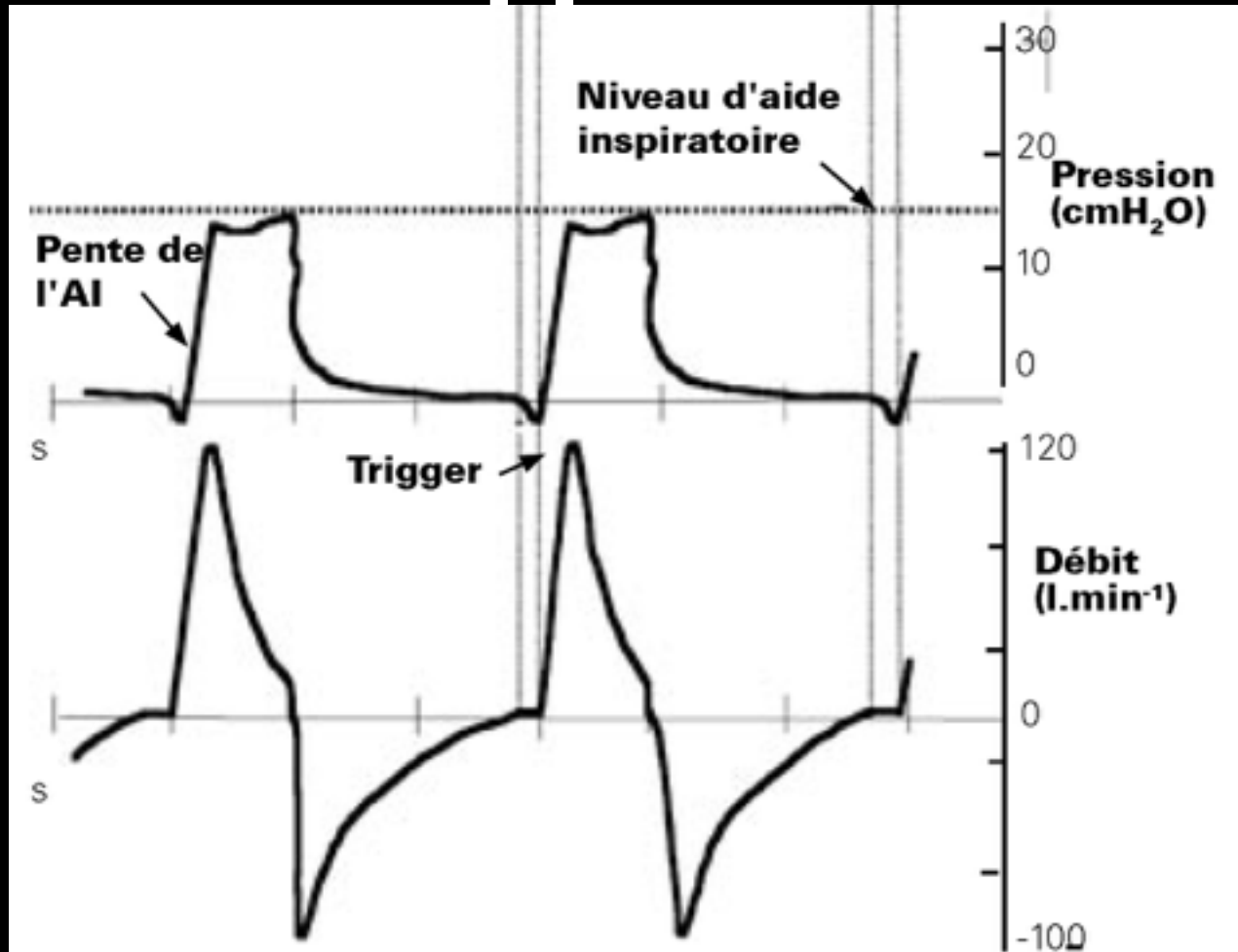
L'aide inspiratoire (AI):

(=Pressure Support Ventilation)

L'aide inspiratoire (AI):

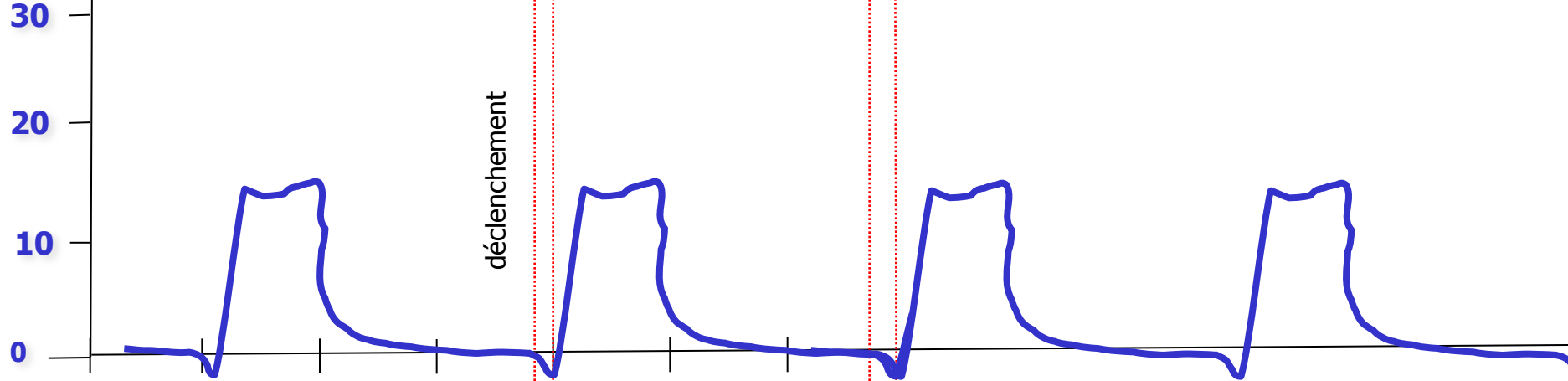
(=Pressure Support Ventilation)

rappels



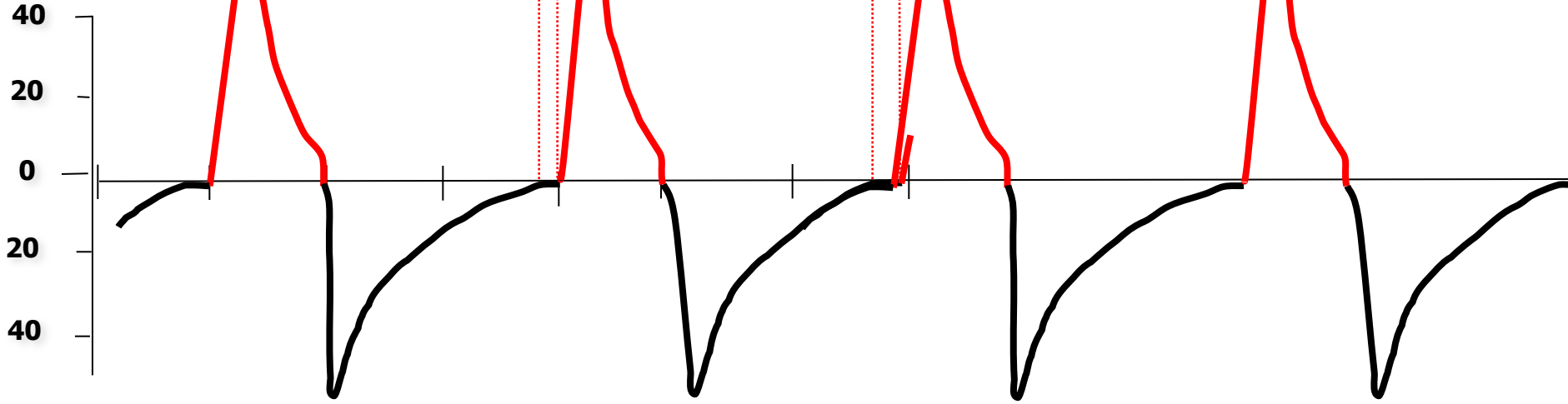
Aide inspiratoire

Paw (cmH₂O)



Débit

(l.min⁻¹)



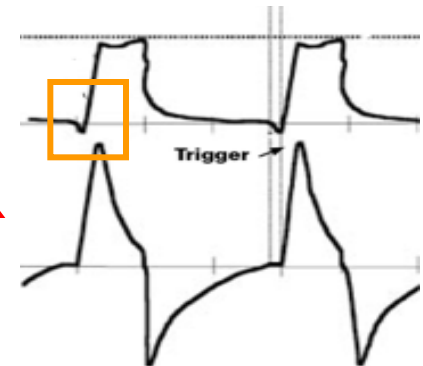
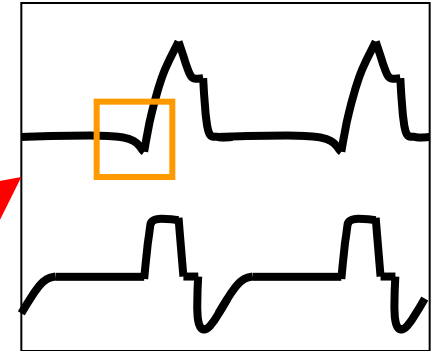
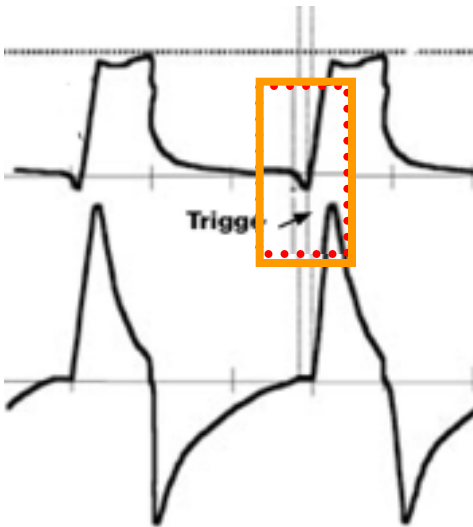
Pourquoi l'aide inspiratoire a tout changé en Réa ?

1

Le patient peut imposer sa fréquence respiratoire

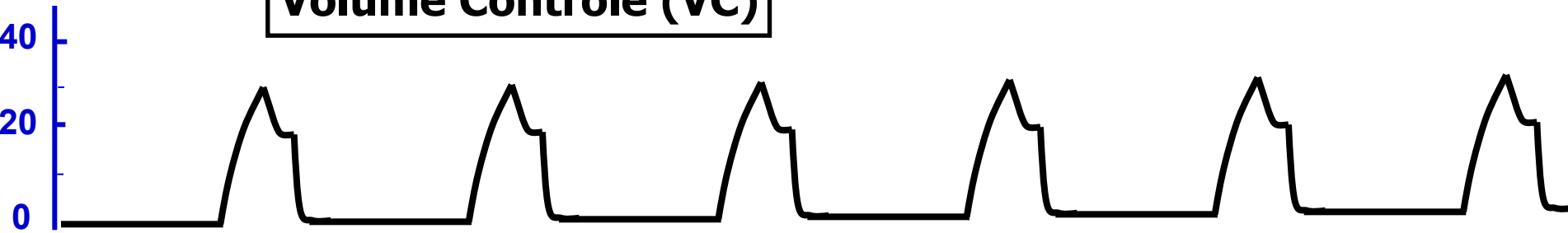
Volume contrôlée (VC-VAC)

Pression contrôlée (PC-PAC)

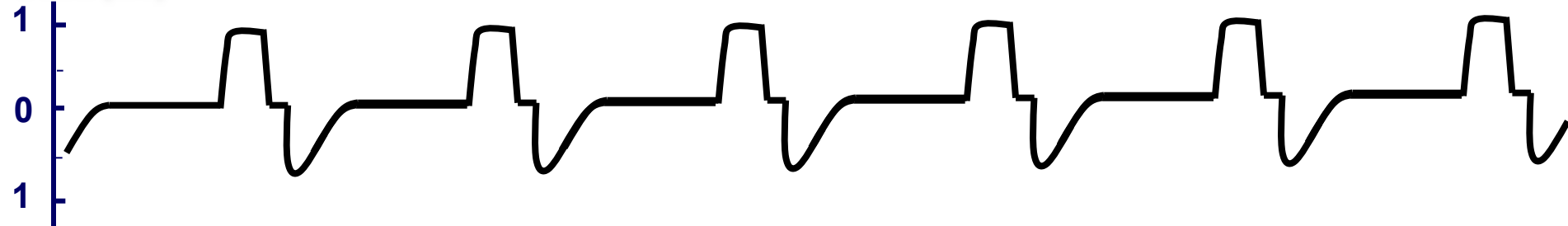


Paw (cmH2O)

Volume Contrôlé (VC)

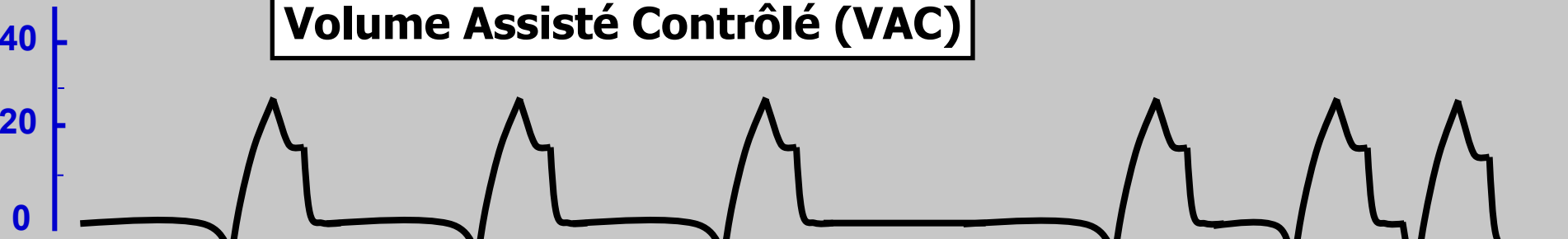


Débit (L/s)

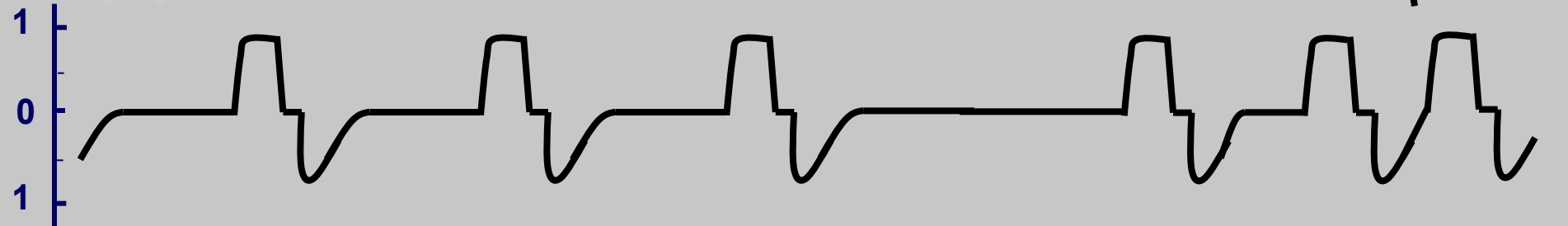


Paw (cmH2O)

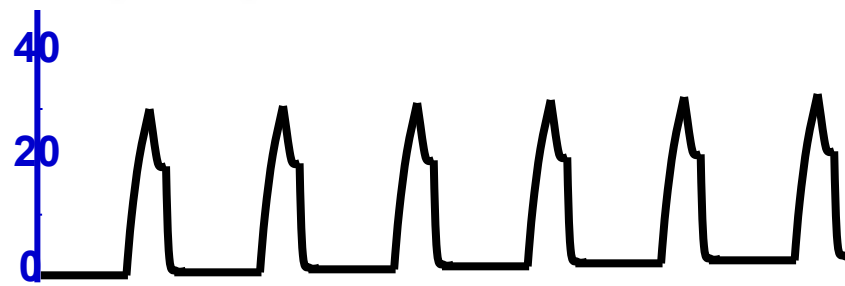
Volume Assisté Contrôlé (VAC)



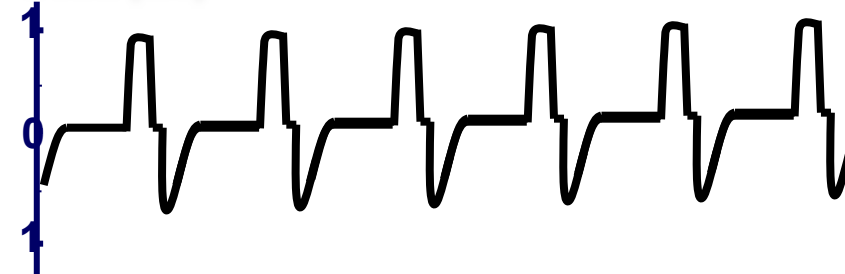
Débit (L/s)



Paw (cmH2O)



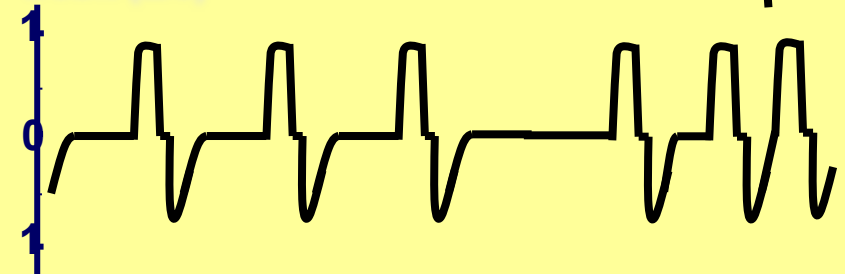
Débit (L/s)



Paw (cmH2O)



Débit (L/s)



	VT	FR	Ti	Te	I/E	Débit inspiratoire (Max)
VC	Fixe	Fixe	Fixe	Fixe	Fixe	Fixe
VAC	Fixe	Variable	Fixe	Variable	Variable	Fixe

Pourquoi l'aide inspiratoire a tout changé en Réa ?

2

**Le patient peut recevoir
le débit inspiratoire
« maximal »**



Inspiration

Débit (PATIENT)
(Litres/sec)

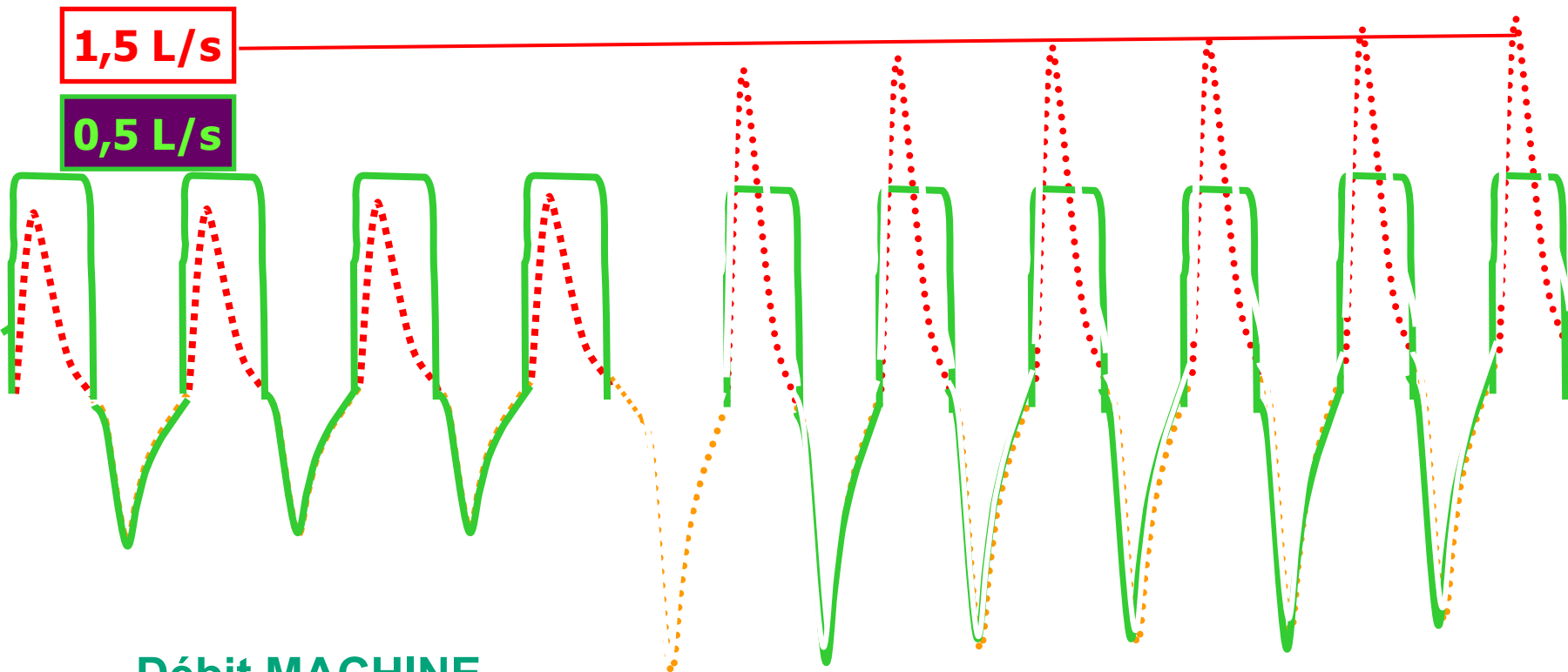
2 L/s

1,5 L/s

0,5 L/s

0,5

0,3



Débit MACHINE
Mode en volume
= Débit carré (volume)

Débit MACHINE
Mode en pression
= Débit décélérant (pression)

expiration

Pourquoi l'aide inspiratoire a tout changé en Réa ?

3

**Le patient peut imposer
son temps inspiratoire**



**C'est le premier mode ventilatoire
assisté où le patient peut « dire » à
la machine quand il veut expirer !**

Conclusion

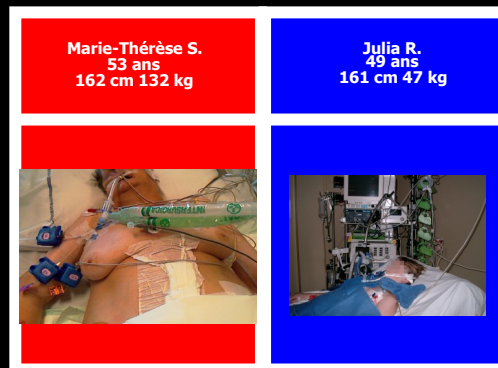
Physiologie adaptée à la VM

Conclusion

la VM doit s'adapter à la Physiologie

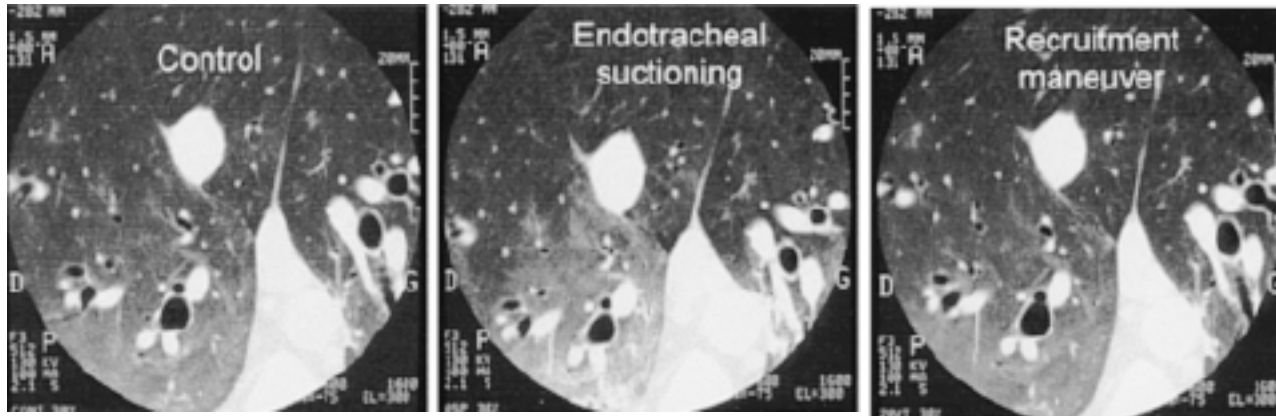
Pplat limitée et surveillée

Vt bas

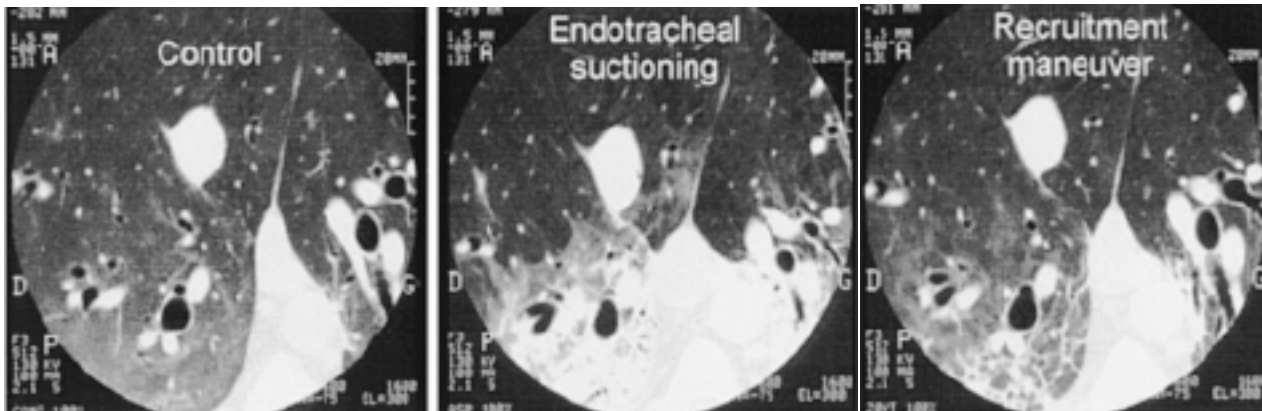


Trucs et astuces

Aspiration trachéale



$FiO_2 = 0.3$



$FiO_2 = 1$

iatrogénie

