

# BASES PHYSIQUES EN ANESTHESIE

MATTHIEU CLANET

EIUA

4/12/21

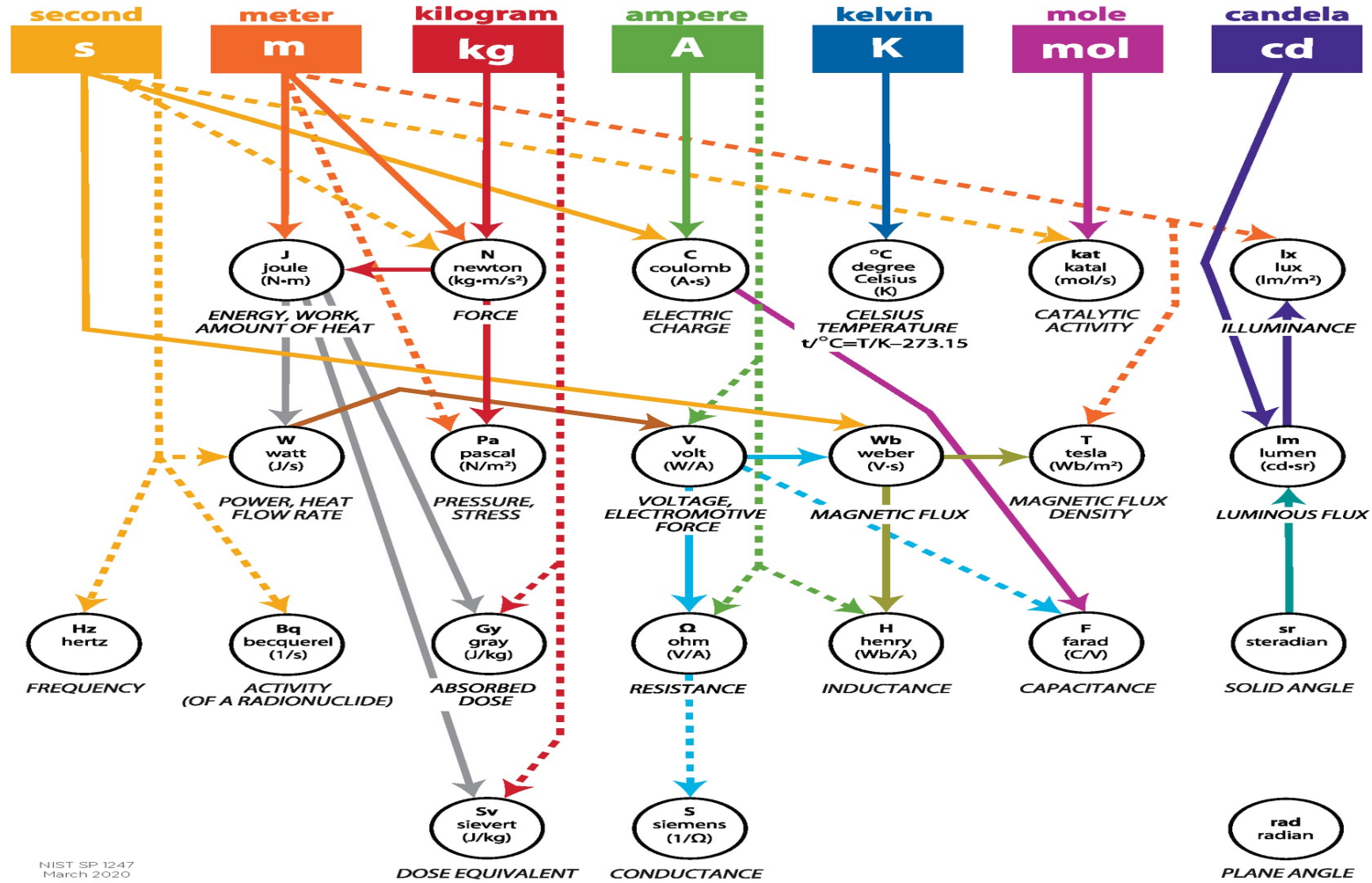


# PHYSIQUE EN ANESTHESIE

- Science qui essaye de comprendre, modéliser et expliquer les phénomènes naturels de l'univers
- Très vaste
- Applications multiples en anesthésie-réanimation
- Ici:
  - Principes importants dans la pratique quotidienne

# SI BASE UNITS

SI **TRADITIONAL BASE UNITS**   
 SI **DERIVED UNITS**   
 COHERENT DERIVED UNITS WITH SPECIAL NAMES AND SYMBOLS  
 \_\_\_\_\_ MULTIPLICATION    - - - - - DIVISION



This publication is free of charge from: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.1247>



# FORCE

- 2° loi de Newton:  $F = M \times A$
- L'accélération d'un objet est proportionnelle à la force nette appliquée et inversement proportionnelle à la masse
- A une magnitude et une direction
- Le poids (W) d'un corps est la mesure de la force gravitationnelle sur lui:
  - $W = M \times G$
  - Poids  $\neq$  Masse

# FORCE : Manoeuvre de Sellick

- Force de 30- 40 N
- Gravité: 9,81 ms<sup>-2</sup>
- 1kg = 9.81N
  - 1N= 102g

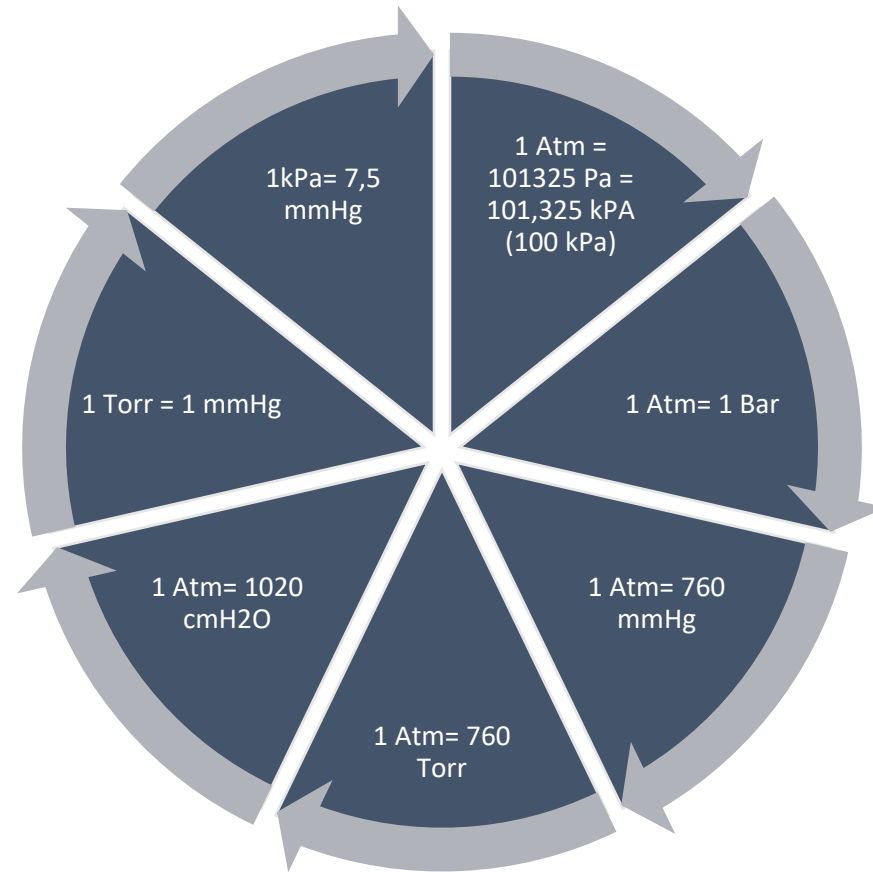


# PRESSION

- Force appliquée perpendiculairement à la surface d'un objet par unité de surface
- 1 Pascal =  $1\text{N}/\text{m}^2$  ( $102\text{g}/\text{m}^2$ )
- Talon aiguille:
  - $(60/2)/0,0001\text{m}^2 = 3000000\text{ N}/\text{m}^2$
  - $(3000/4)/0,1\text{m}^2 = 125000\text{ N}/\text{m}^2$



# EQUIVALENTS PRESSIONS



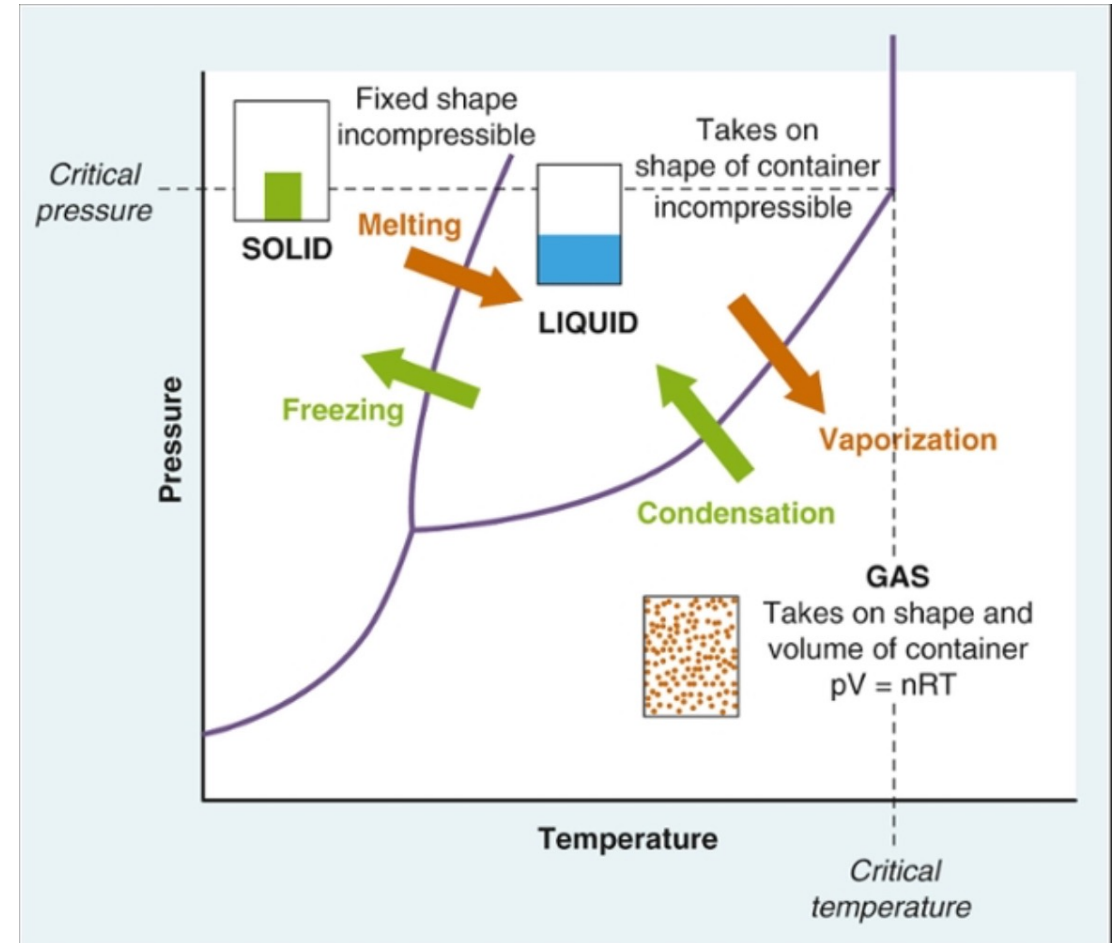
# LES FLUIDES

- FLUIDE= corps dont les molécules ont peu d'adhésion et peuvent
  - glisser librement les unes sur les autres (liquides)
  - se déplacer indépendamment les unes des autres (gaz)
  - de façon que le corps prenne la forme du contenant.
    - Gaz comprimés plus facilement que liquides



# T° Critique/ P Critique

- Température critique:
  - Température au-delà de laquelle il est impossible de liquéfier un gaz quelque soit la Pression que l'on lui applique
- Pression critique:
  - valeur de la pression au-dessus de laquelle le gaz et le liquide ne peuvent pas coexister à aucune température.
- Triple point: P et T à laquelle la substance peut se présenter sous forme:
  - Gaz
  - Liquide
  - Solide
  - Pour l'eau 0,01°C à P= 0,0006 Atm



# VISCOSITE

- Propriété d'un fluide qui lui permet de résister à un flux

Matériel	Viscosité (centipoise: mPa.s)
Eau	1
Diethyl Ether	0,23
Benzene	0,65
Mercure	1,5
Lait	3
Huile Moteur	500
Miel	10000
Ketchup	50000
Beurre cacahuette	250000

# Equation de Hagen-Poiseuille

- Débit:
  - Proportionnel à différence de P
    - $P \times 2 = Q \times 2$
  - Proportionnel au rayon à la puissance 4:
    - $R \times 2 = Q \times 16$
  - Inversément proportionnel à L et viscosité
- Implications anesthésiques:
  - Airway chez enfants
  - Cathéters: Q plus important dans
    - cathéter périphérique court et de gros diamètre par rapport à
    - Cathéter central long et de faible diamètre

The diagram shows the Hagen-Poiseuille equation with labels for each variable:

$$Q = \frac{\pi(P_1 - P_2)r^4}{8\eta L}$$

Labels and arrows:

- Flow (litres per second) points to  $Q$ .
- $P_1$  and  $P_2$  are grouped as Pressure gradient.
- $r^4$  is labeled as Radius.
- $\eta$  is labeled as Viscosity.
- $L$  is labeled as Length.

# Flux Laminaire vs turbulent

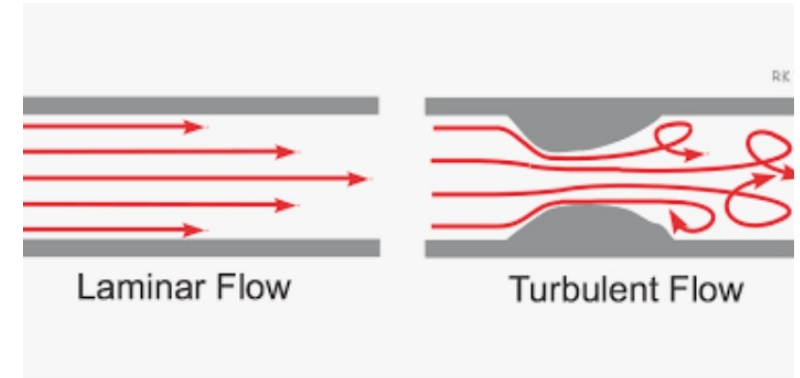
Viscosité importante dans un flux laminaire

Densité importante dans flux turbulent:

- Q inversement proportionnel à densité dans ces conditions
  - Ex: Mélange hélium dans O<sub>2</sub> utilisé dans stridor ou bronchospasme
    - Faible densité de l'hélium diminue la résistance au débit quant il est turbulent et améliore l'efficacité de la respiration

Nombre de Reynolds

- <2000: laminaire
- >2000: turbulent



$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\eta}$$

kg.m<sup>-3</sup>      m.s<sup>-1</sup>      m

Pa.s = kg.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>

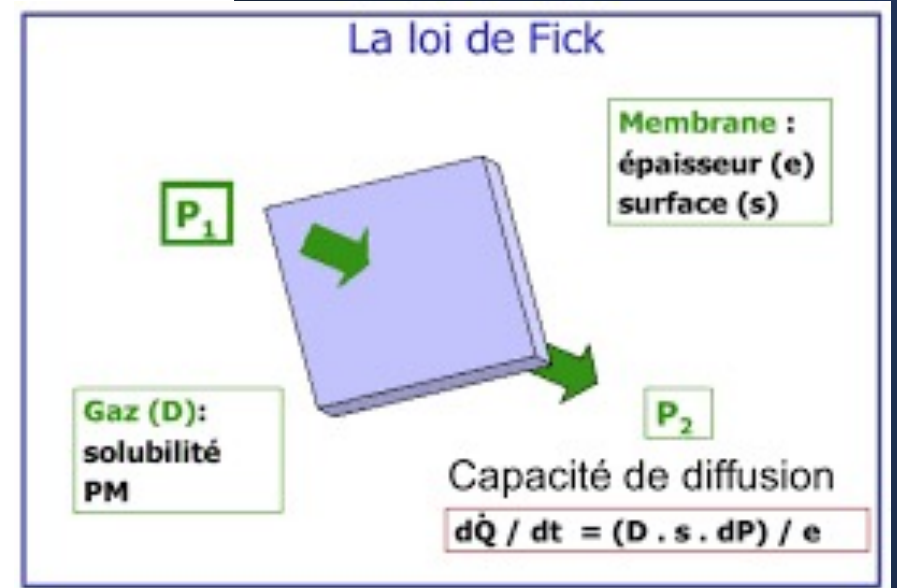
# Diffusion

- Terme donné au processus physique par lequel une substance tend à se distribuer d'une région de haute concentration vers une région à basse concentration



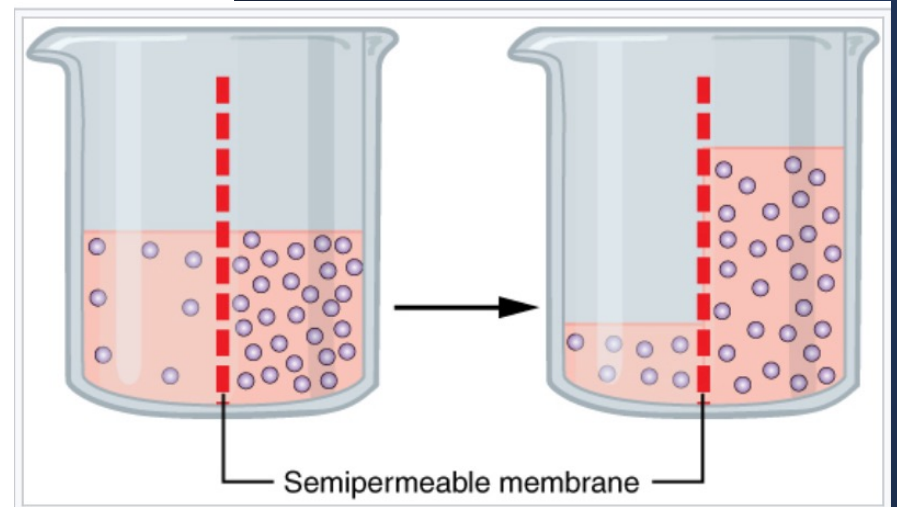
# LOI DE FICK

- Diffusion depend:
  - Gradient de Pression
  - Surface d'échange
  - Epaisseur de la membrane
  - Solubilité du gaz



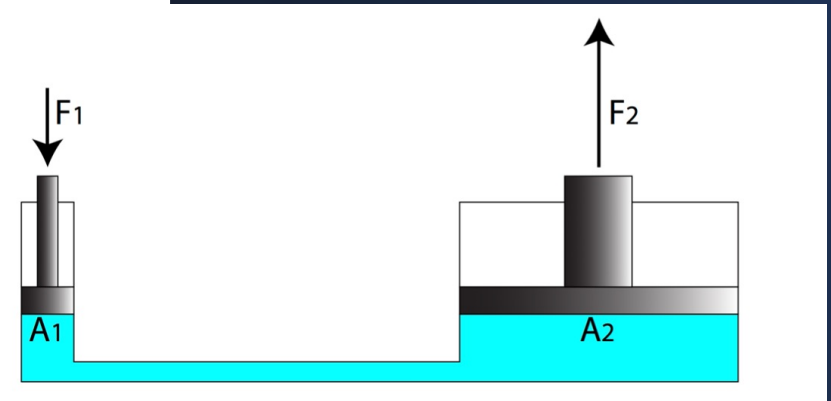
# Osmose

- Mouvement net d'un solvant (eau) à travers une membrane semi-perméable afin d'égaliser les concentrations des 2 cotés de la membrane



# Mécanique des fluides: Principe de Pascal

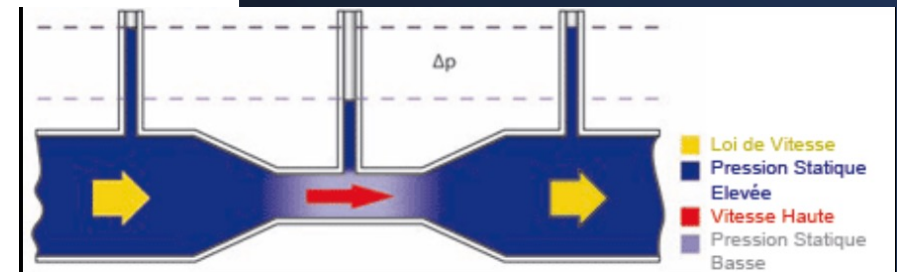
- Toute variation de pression en un point d'un fluide contenu dans un récipient s'accompagne d'une égale variation de pression en tout point du fluide
- Changment  $P = \text{Force} / \text{Surface}$
- Force A / Surface A = Force B / Surface B
  - Principe des pompes hydrauliques
  - Force plus importante pour exercer même pression avec seringue 50 ml / seringue de 2 mL





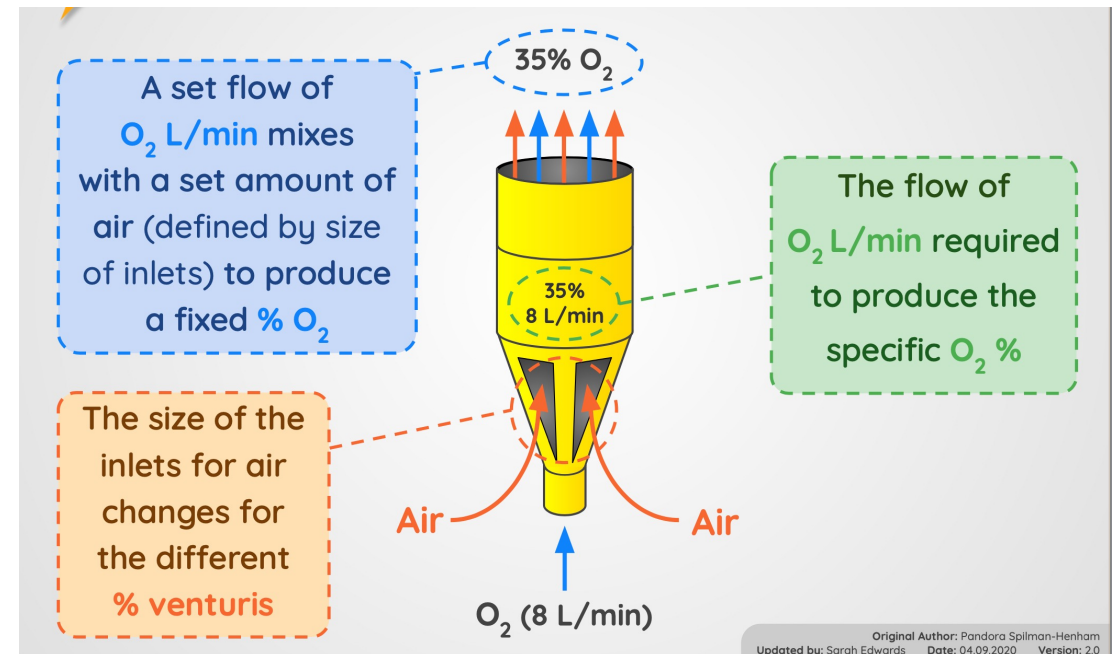
# Mécanique des fluides: Principe de Bernouilli

- La somme des énergies (potentielle, cinétique, interne) reste constante dans un système
- Appliqué au débit d'un fluide:
  - La vitesse d'un fluide augmente si la section diminue (augmentation énergie cinétique) doit être compensée par une diminution de Pression (Diminution de l'énergie interne et potentielle)



# Mécanique des fluides: Effet Venturi

- Basé sur le principe de Bernoulli



# Loi des Gaz

Décrit la relation entre:

- Pression
- Volume
- Température

Gaz idéal:

- Constitué de particules minuscules
- Les particules obéissent à la loi de Newton
- Pas de forces attractive ou répulsives entre les particules

décrits à STP (Standard Temperature and Pressure)

- 273K (0°C)
- Patm au niveau de la mer: 101,3kPa ou 760 mmHg

# Loi d'Avogadro et nombre d'Avogadro

- Loi d'Avogadro:
  - Sous les mêmes conditions de température et de pression, des volumes égaux de différents gaz contiennent le même nombre de particules quelqu'en soient leurs propriétés physiques ou chimiques
- Nombre d'Avogadro:
  - Nombre d'atomes de carbone dans 12g de carbone 12
  - =  $6,022 \times 10^{23}$
  - Correspond au nombre de particules dans une quantité spécifique de substance (1 mole)
- A STP, 1 mole d'un gaz idéal occupe 22,4L

# Exemple

- Poids moléculaire isoflurane =  $184 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 
  - 184 g isoflurane = 1 mole et occupe 22,4L
  - Si vaporiseur contient: 18,4 g (0,1 mole) = 2,24L
    - Vaporisé dans:
      - 224 L d'O<sub>2</sub>: 1% isoflurane
      - 112L d'O<sub>2</sub>: 2% isoflurane
      - 22,4L d'O<sub>2</sub>: 10% isoflurane

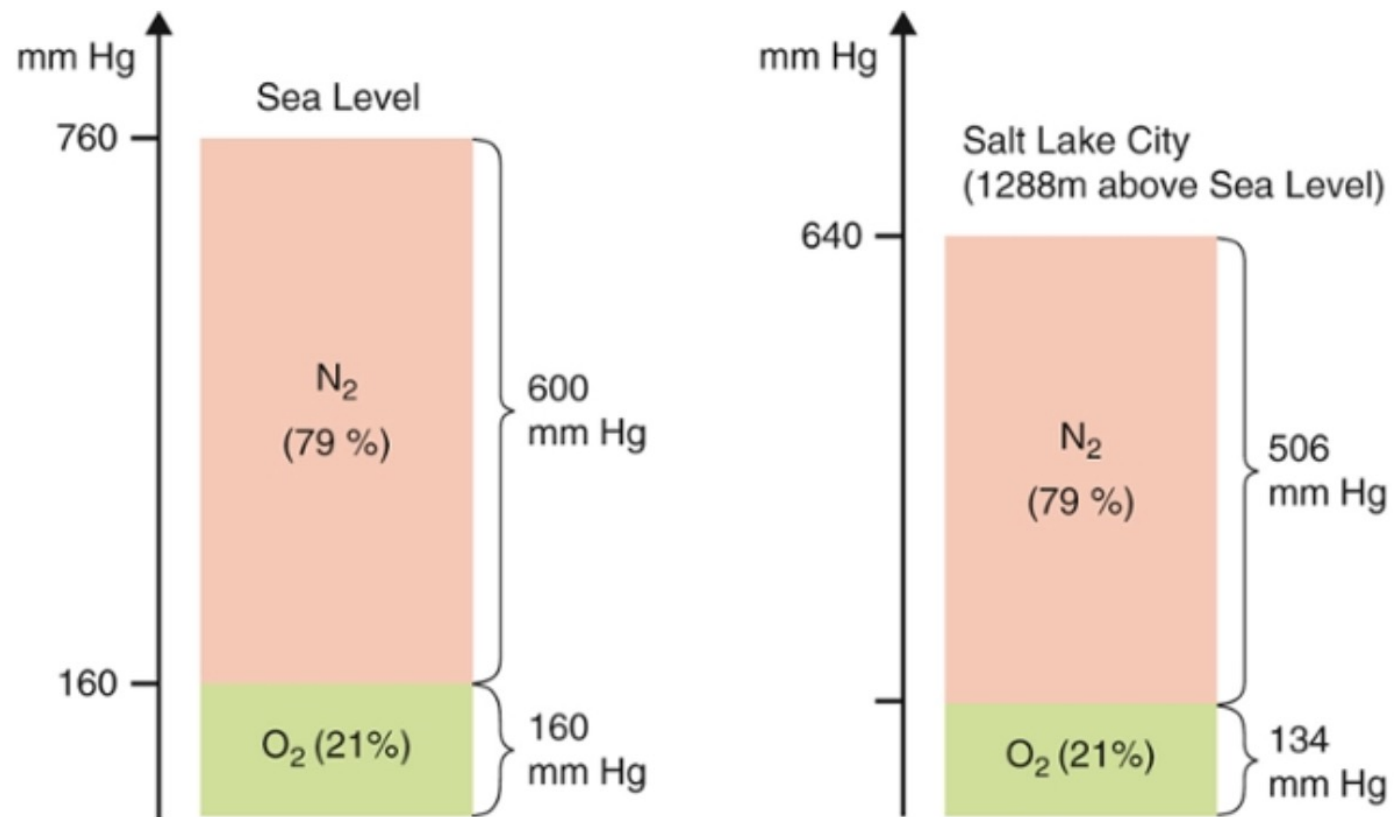
# Loi de Dalton

- Dans un mélange de gaz, la pression totale = somme des pressions partielles de chaque gaz contenu dans le mélange
- $P_{\text{tot}} = P_1 + P_2 + \dots + P_n$
- $P_{iO_2} = F_{iO_2} \times P_{\text{atm}} = 21\% \times 760 = 160 \text{ mmHg}$

## EQUATION DES GAZ ALVEOLAIRES

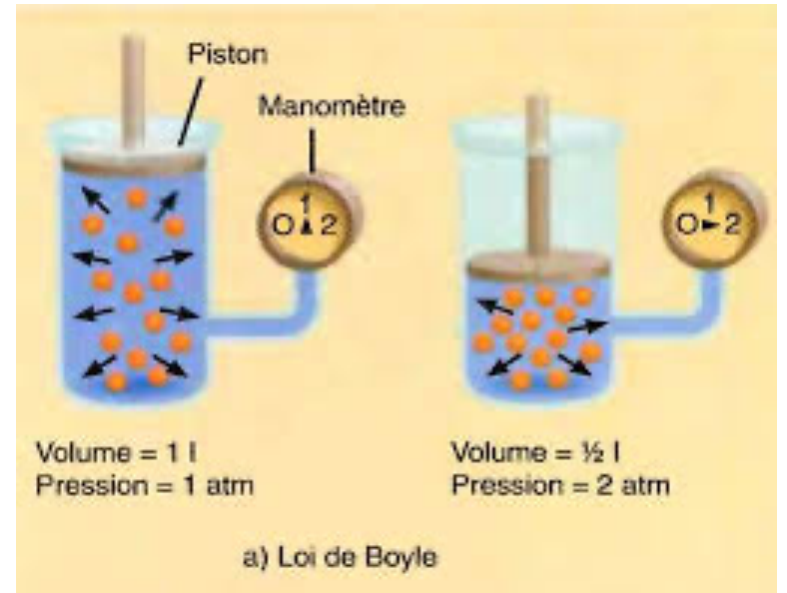
- $PAO_2 = F_{iO_2} \times (P_{\text{atm}} - P_{H_2O}) - PACO_2/R = 21\%(760-47) - 50 = 100 \text{ mmHg}$

# Loi de Dalton



# LOI DE BOYLE

- 1<sup>ère</sup> loi des gaz idéaux:
  - A Température constante le volume de gaz est inversement proportionnel à sa pression
  - $V = 1/P$
  - $PV = \text{Constante}$
- Ex:
  - Transfert du bloc à l'USI d'un patient nécessitant  $15\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$
  - Bombonne de 5L à 90 Bar
  - Combien de minutes a-t-on pour transférer le patient?



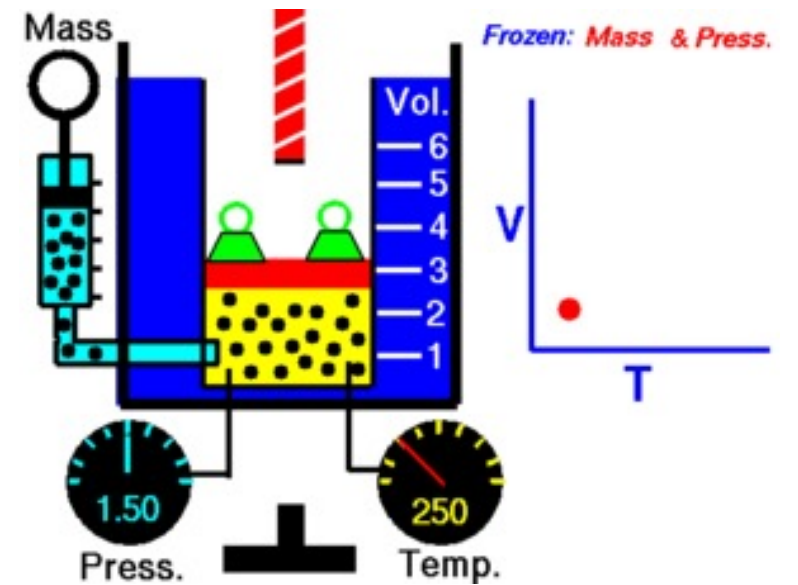


# Boyle Exemple

- $P_{\text{totale}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{gauge}} = 1 \text{ bar} + 90 \text{ bar} = 91 \text{ bar}$
- $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$ 
  - $P_1 = 91 \text{ bar}$
  - $V_1 = 5 \text{ L}$
  - $P_2 = 1$
  - $V_2 = (91 \times 5) / 1 = 455 \text{ L}$
- Le volume final interne du cylindre (5L) ne pourra se vider à  $P_{\text{ambiante}}$  car les pressions seront équilibrées:
  - 450L sont utilisables à 15L/min:
  - 30 minutes disponibles

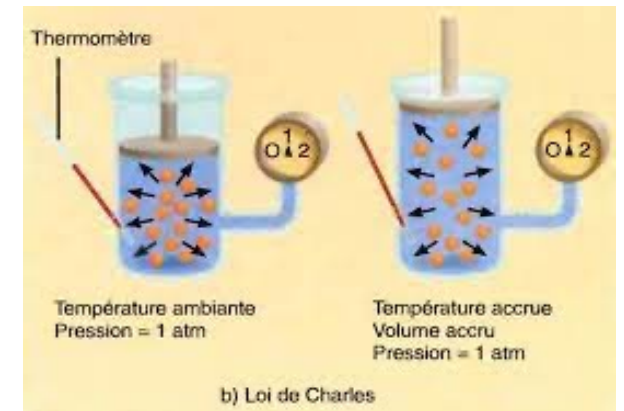
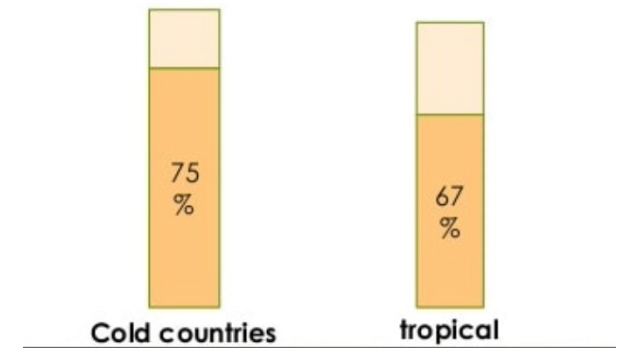
# Loi de Charles

- 2<sup>ème</sup> loi des gaz idéaux:
  - Si la Pression d'une masse fixe d'un gaz est maintenue constante alors le volume et la température sont proportionnels
    - $V \text{ prop } T$
    - $V/T = k$

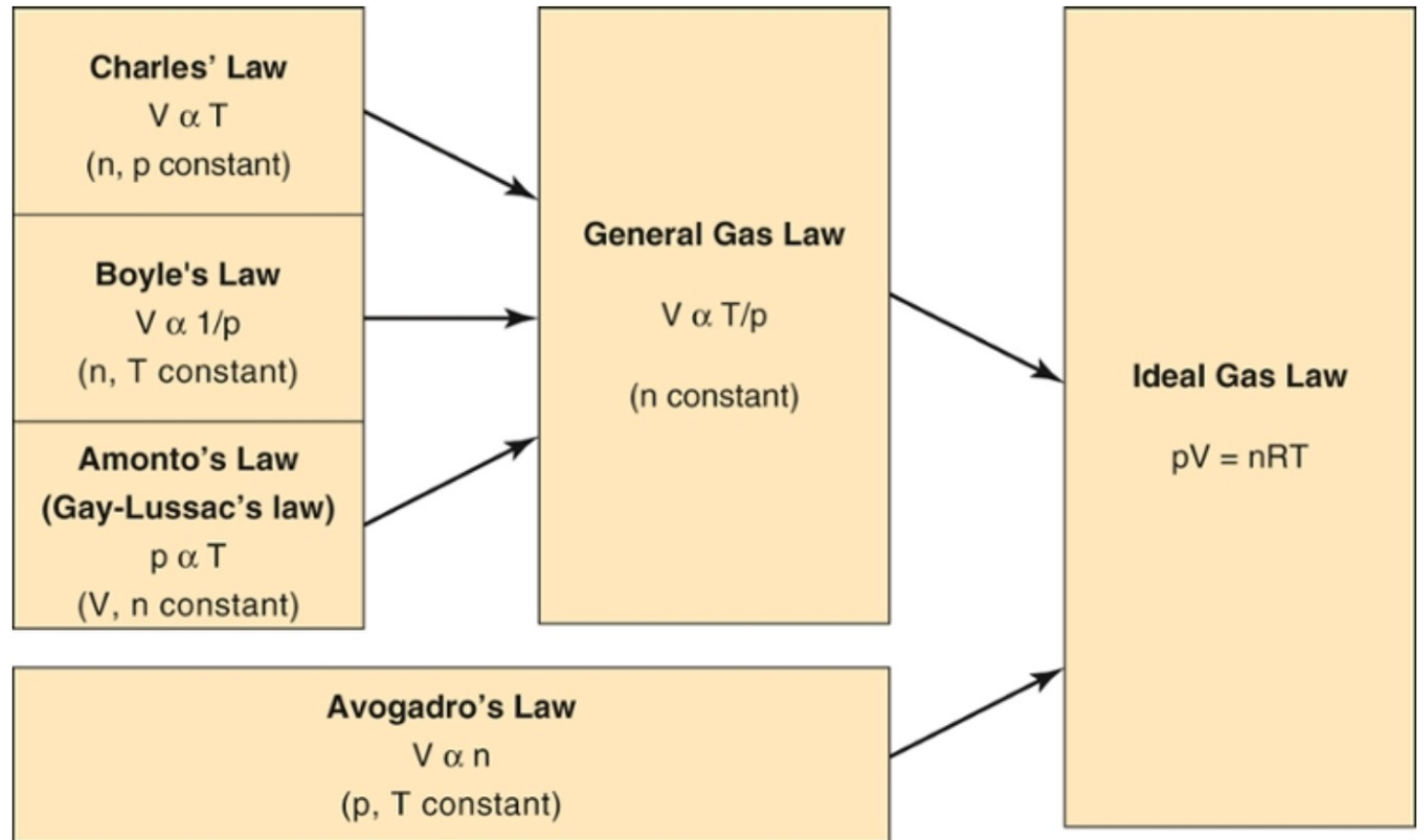


# Loi de Gay Lussac

- 3<sup>ème</sup> loi des gaz idéaux:
  - Si le VOLUME d'une masse fixe d'un gaz est maintenue constante alors la pression est proportionnelle à la température
    - $P \propto T$
    - $P/T = k$
  - Ex pratique:
    - Le  $N_2O$  a une  $T$  critique basse:  $36^{\circ}5$  et existe à la fois sous forme de liquide et de gaz à  $T^{\circ}$  ambiante
    - Augmentation  $T^{\circ}$  peut entraîner augmentation dramatique de  $P$  et faire exploser bombonne



# Loi universelle des Gaz



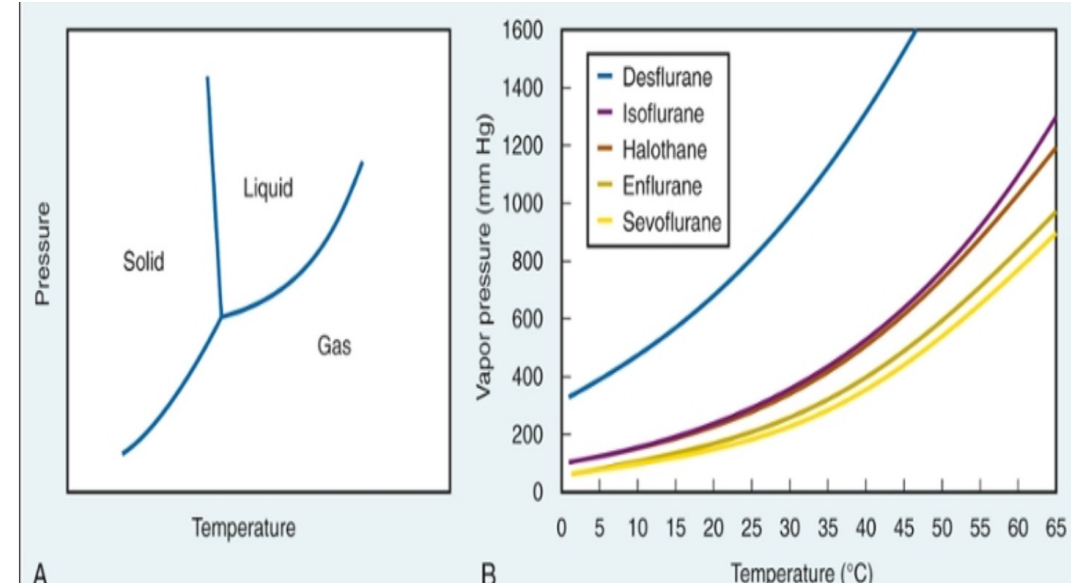
# Loi de Henry

- Quand un liquide est placé dans un conteneur fermé, il existe en 2 phases:
  - Liquide
  - Vapeur
- Equilibre entre condensation et évaporation
- $P_{\text{partielle}}$  à l'équilibre = Pression vapeur saturée (SVP)
- SVP change avec  $T^\circ$  mais pas  $P$
- Loi de Henry: A  $T^\circ$  constante, la quantité de gaz dissoute dans un liquide donné est proportionnel à pression partielle de gaz en équilibre dans ce liquide:
  - Plus la  $P$  est élevée, plus le gaz se dissout

# Loi de Henry

- $N_2$ : Relativement insoluble dans le sang à P atmosphérique au niveau de la mer
- Durant descente: P partielle de  $N_2$  augmente:
  - Augmentation de quantité de  $N_2$  dissout dans sang
  - Si remontée trop rapide,  $N_2$  dissout forme bulles

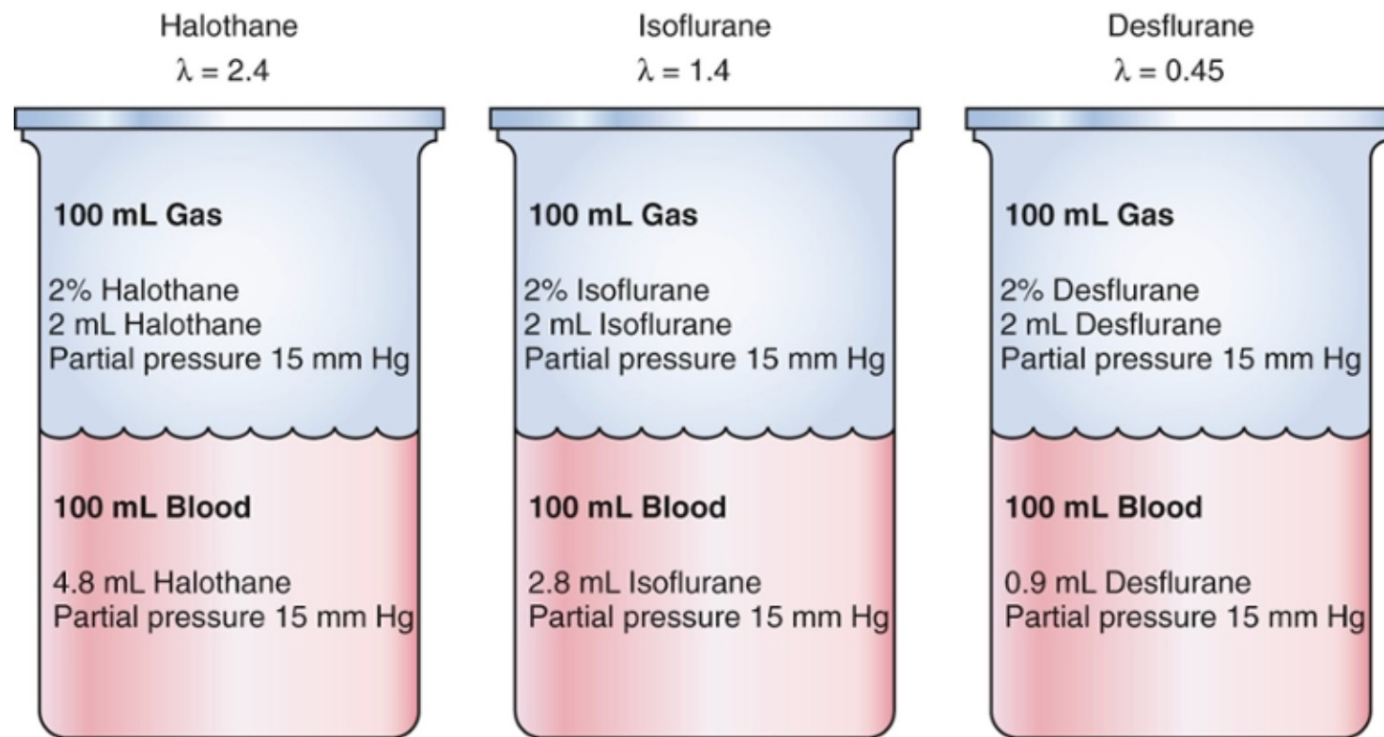
# PROPRIETES PHYSIQUES DES HALOGENES



- Pression de vapeur:
  - Pression partielle d'une vapeur en équilibre avec un liquide
- Point d'ébullition:
  - T° à laquelle la pression de vapeur égale la P atmosphérique ambiante
- Coefficient Sang/gaz

Agent	Boiling Point (°C) at 1 Atm	Vapor Pressure (mm Hg) at 20°C	MAC For 40-Yr-Old in O <sub>2</sub> (%)	Blood:Gas Partition Ratio at 37°C	Oil:Gas Partition Ratio at 37°C
Halothane	50.2	243	0.75	2.4	224
Enflurane	56.5	172	1.7	1.8	97
Isoflurane	48.5	240	1.2	1.4	98
Sevoflurane	58.5	160	2	0.65	47
Desflurane	22.8	669	6	0.45	19
Nitrous oxide	-88.5	39,000	104	0.47	1.4

# COEFFICIENT SANG/GAZ





# COEFFICIENTS SANG/TISSUS

