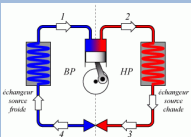
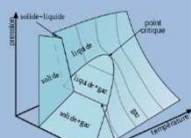
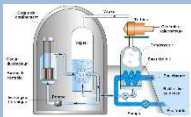


Chapitre 2 : Etats physiques du corps pur et changements d'état

- ❖ Rappels : propriétés comparées des états gaz, liquide et solide
- ❖ Capacité calorifique
- ❖ Le gaz parfait
- ❖ Phases, constituants
- ❖ Corps pur, simple, composé
- ❖ Changements d'états à température constante
- ❖ Changements d'état à pression constante
- ❖ Diagramme P,V,T du corps pur
- ❖ Diagramme P,T du corps pur, pression de vapeur saturante fonction de la température
- ❖ Mélange de gaz, fractions molaires et volumiques, pressions partielles : vapeur sèche, vapeur humide, humidité relative

Approche
expérimentale

2h – semaine 3



Rappels : les états physiques de la matière

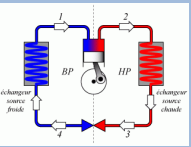
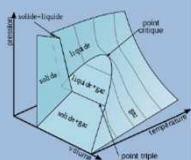
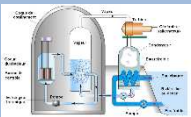
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | 18 |
| 1 H | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 He |
| 3 Li | 4 Be | | | | | | | | | | | 5 B | 6 C | 7 N | 8 O | 9 F | 10 Ne |
| 11 Na | 12 Mg | | | | | | | | | | | 13 Al | 14 Si | 15 P | 16 S | 17 Cl | 18 Ar |
| 19 K | 20 Ca | 21 Sc | 22 Ti | 23 V | 24 Cr | 25 Mn | 26 Fe | 27 Co | 28 Ni | 29 Cu | 30 Zn | 31 Ga | 32 Ge | 33 As | 34 Se | 35 Br | 36 Kr |
| 37 Rb | 38 Sr | 39 Y | 40 Zr | 41 Nb | 42 Mo | 43 Tc | 44 Ru | 45 Rh | 46 Pd | 47 Ag | 48 Cd | 49 In | 50 Sn | 51 Sb | 52 Te | 53 I | 54 Xe |
| 55 Cs | 56 Ba | 57 La | 58 Ce | 59 Pr | 60 Nd | 61 Pm | 62 Sm | 63 Eu | 64 Gd | 65 Tb | 66 Dy | 67 Ho | 68 Er | 69 Tm | 70 Yb | | 86 Rn |
| 87 Fr | 88 Ra | 89 Ac | 90 Th | 91 Pa | 92 U | 93 Np | 94 Pu | 95 Am | 96 Cm | 97 Bk | 98 Cf | 99 Es | 100 Fm | 101 Md | 102 No | | |

Etat chimique

■ solide
 ■ liquide
 ■ gazeux

diatomiques

monoatomiques



Rappels : propriétés comparées des états gaz, liquide et solide

Etat gazeux

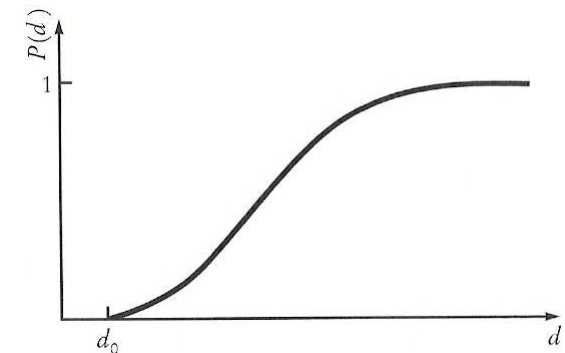
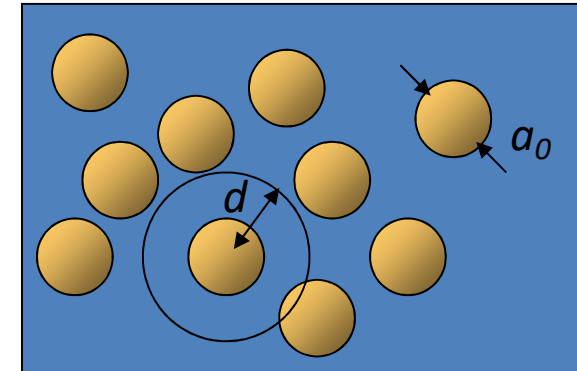
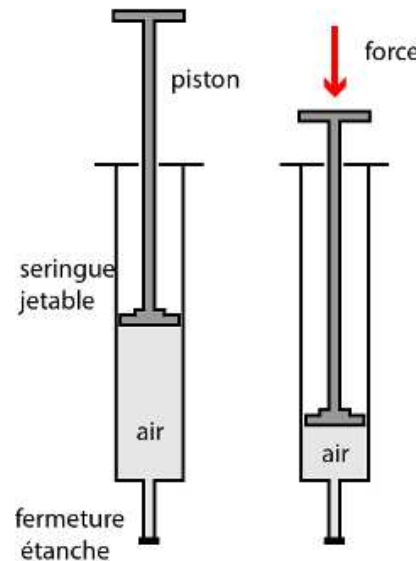
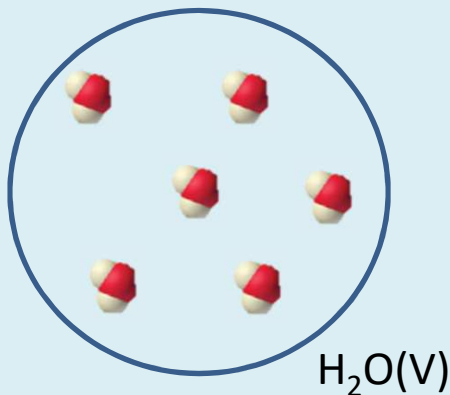
$$d_{\text{intermoléculaire}} = 40 \text{ \AA}$$

Absence d'interactions
entre particules

Forte mobilité
moléculaire
(état désordonné)

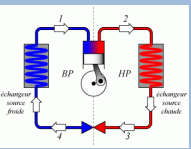
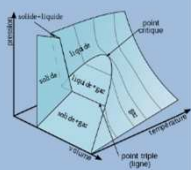
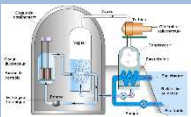
Pas de volume ni de
forme définis

Compressible



*probabilité de trouver un autre
atome ou une autre molécule à
une distance d d'un atome ou
d'une molécule pris comme
origine et de diamètre a_0*

Poly – Fiche O7



Rappels : propriétés comparées des états gaz, liquide et solide

Etat gazeux

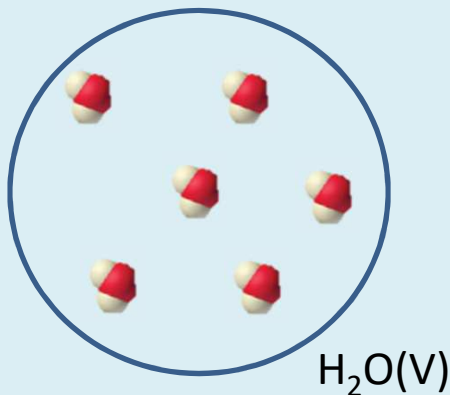
$$d_{\text{intermoléculaire}} = 40 \text{ \AA}$$

Absence d'interactions
entre particules

Forte mobilité
moléculaire
(état désordonné)

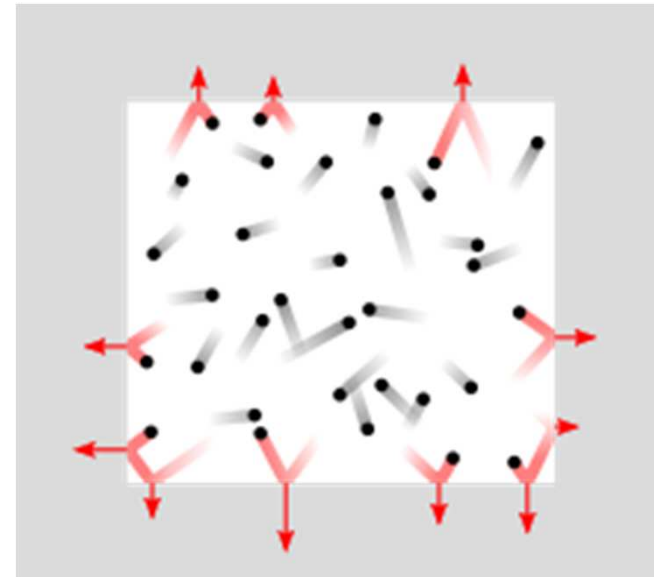
Pas de volume ni de
forme définis

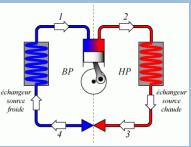
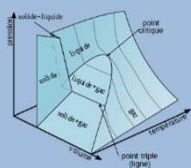
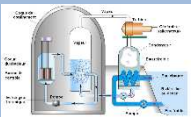
Compressible



Pression d'un gaz :

Due au choc des molécules du gaz sur les
parois d'un récipient





Rappels : propriétés comparées des états gaz, liquide et solide

Etat gazeux

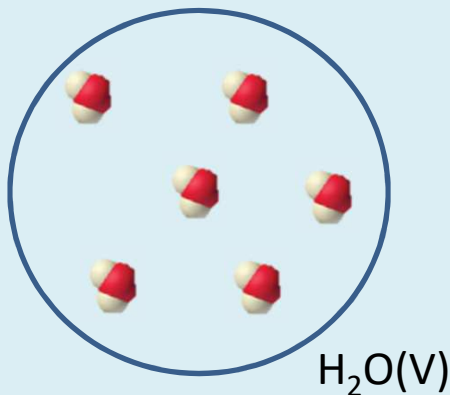
$$d_{\text{intermoléculaire}} = 40 \text{ \AA}$$

Absence d'interactions
entre particules

Forte mobilité
moléculaire
(état désordonné)

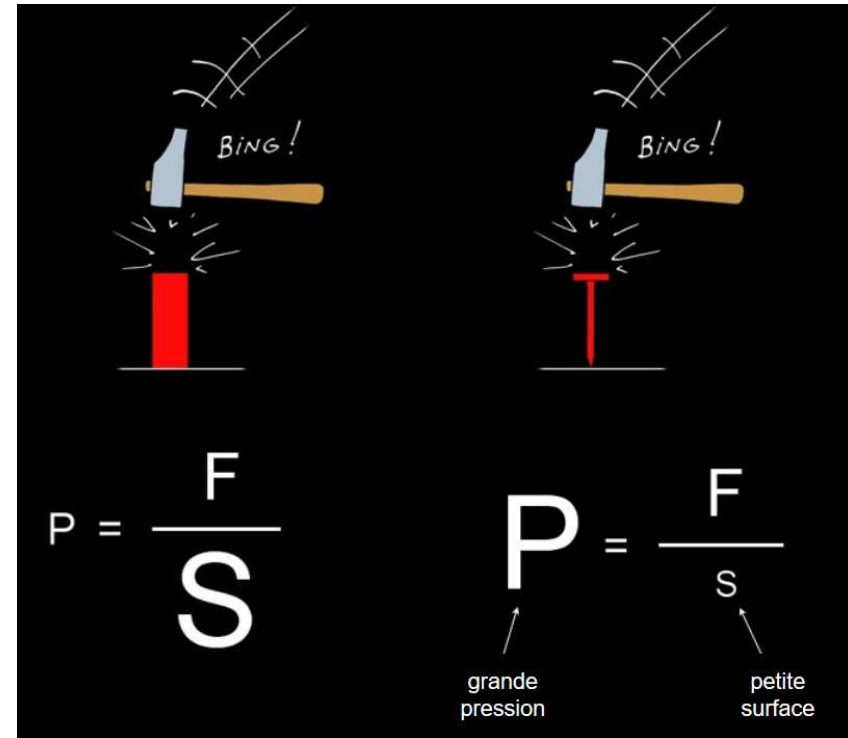
Pas de volume ni de
forme définis

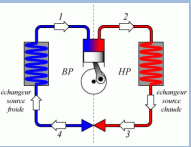
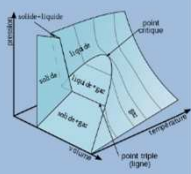
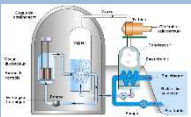
Compressible



Pression d'un gaz :

Définie comme une force par
unité de surface





Rappels : propriétés comparées des états gaz, liquide et solide

Etat gazeux

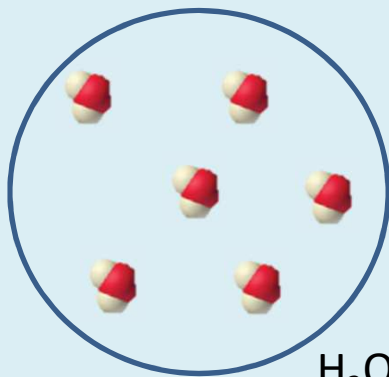
$$d_{\text{intermoléculaire}} = 40 \text{ \AA}$$

Absence d'interactions
entre particules

Forte mobilité
moléculaire
(état désordonné)

Pas de volume ni de
forme définis

Compressible

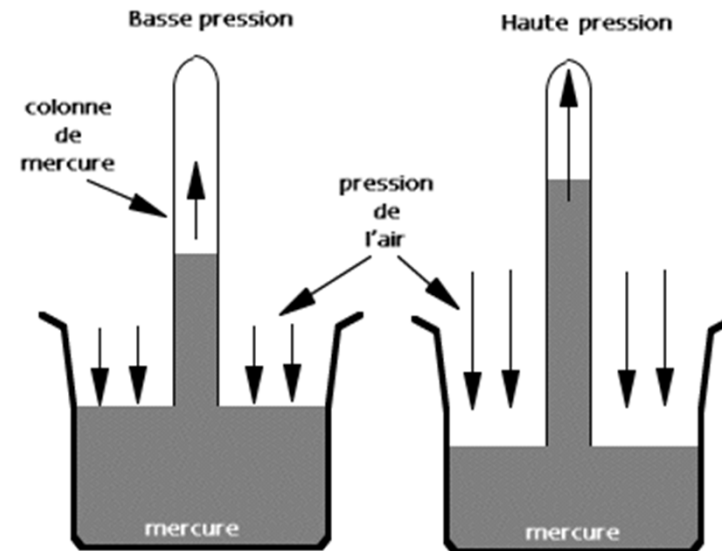


$\text{H}_2\text{O}(\text{V})$

Pression d'un gaz :

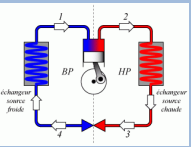
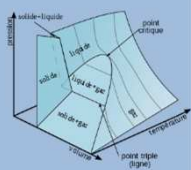
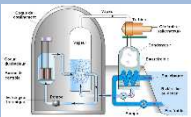
Baromètre de Toricelli :

pression du gaz = hauteur d'une colonne
de mercure qui s'élève sous son effet dans
un tube fermé sous vide



Poly – Fiche O2-B

[Expérience de Torricelli - Torricelli Experiment.mp4](#)



Rappels : propriétés comparées des états gaz, liquide et solide

Etat gazeux

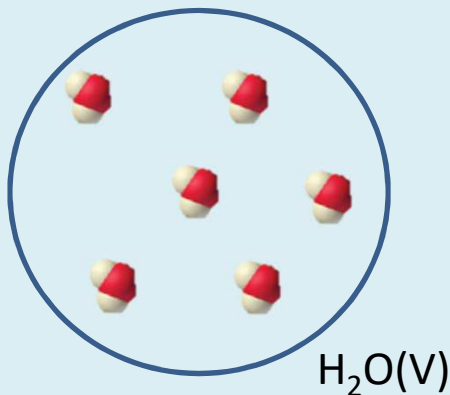
$$d_{\text{intermoléculaire}} = 40 \text{ \AA}$$

Absence d'interactions
entre particules

Forte mobilité
moléculaire
(état désordonné)

Pas de volume ni de
forme définis

Compressible



Température d'un gaz :

Liée à l'énergie cinétique moyenne E_c des
particules qui le composent.

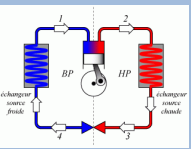
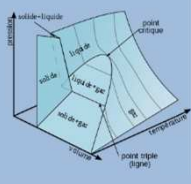
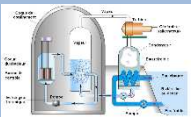
Pour un gaz constitué d'atomes ou de
molécules en translation dans l'espace, on
définit la température T du gaz par la
relation :

$$E_c = \frac{3}{2} k_B T = \frac{3}{2} \times \frac{R}{N_A} T$$

k_B : contante de Boltzmann

R : constante des gaz parfaits
= $8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

Poly – Fiche O2-B



Etat gazeux

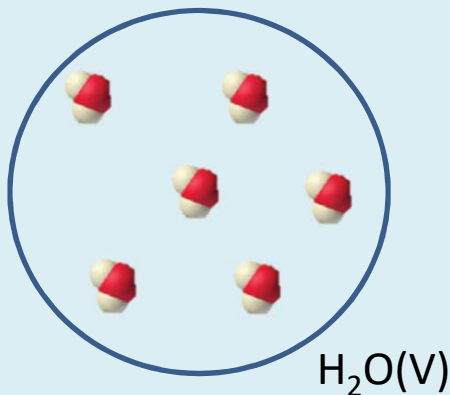
$$d_{\text{intermoléculaire}} = 40 \text{ \AA}$$

Absence d'interactions
entre particules

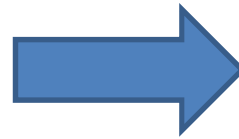
Forte mobilité
moléculaire
(état désordonné)

Pas de volume ni de
forme définis

Compressible



Propriétés du gaz parfait



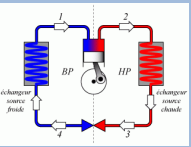
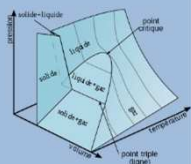
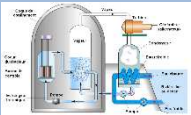
Molécules suffisamment éloignées
pour négliger les interactions entre
elles :

$$E_{\text{potentielle microscopique}} \ll E_{\text{cinétique microscopique}}$$

Vérifié pour les gaz à basse pression,
mais aussi pour de nombreux gaz
à $P = 1 \text{ atm}$ (ex : O_2 et N_2)

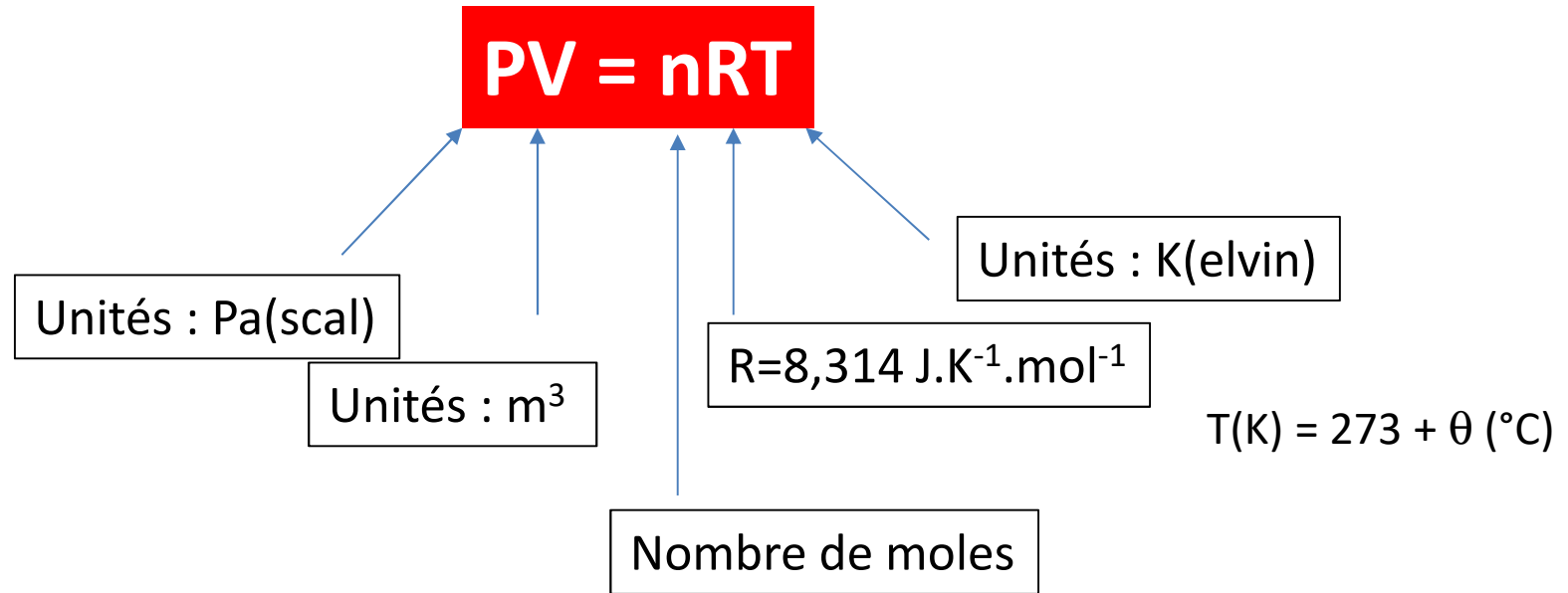
Relation entre pression, température
et volume du gaz indépendante de la
nature du gaz

Poly – Fiche O4



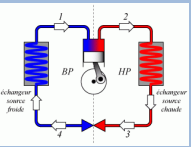
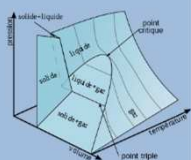
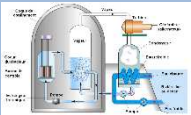
Loi des gaz parfaits

- ❖ Sur le plan macroscopique, on appelle gaz parfait tout gaz vérifiant la loi suivante:



$$1 \text{ atm(sphère)} = 1,013 \text{ bar} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ Torr}$$

Poly – Fiche O4-C



Masse volumique et densité d'un gaz parfait

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{n \times M}{V} = \frac{M \times P}{R \times T}$$

$$\rightarrow \rho_B = \rho_A \times \frac{T_A \times P_B}{T_B \times P_A}$$

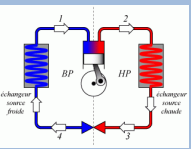
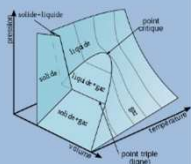
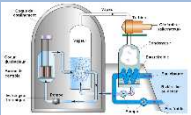
Etat A : T_A, P_A
 Etat B : T_B, P_B

La densité d'un gaz 1 (de masse molaire M_1) par rapport à un gaz 2 (de masse molaire M_2) est égale au rapport des masses de chacun des gaz occupant le même volume dans les mêmes conditions de température et de pression :

$$d_{1/2} = \left(\frac{m_1}{m_2} \right)_{T,P,V} = \frac{M_1}{M_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

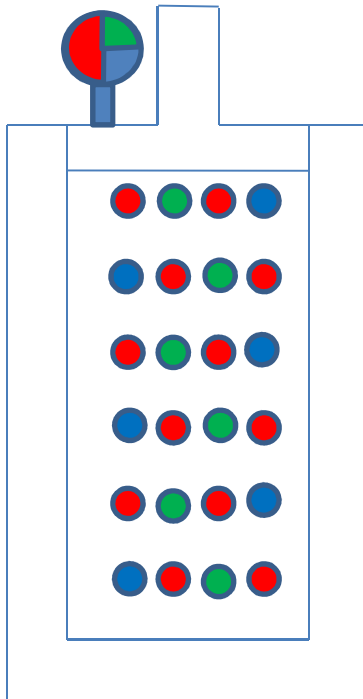
$$d_{\text{gaz/air}} = \frac{M_{\text{gaz}}}{M_{\text{air}}}$$

Poly – Fiche O4-F



Fraction molaire

Soit le système composé exclusivement de molécules à l'état gazeux



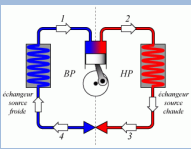
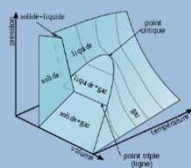
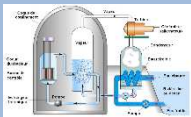
$$n_{tot,gaz} = n_1 + n_2 + n_3$$

La composition du gaz peut être exprimée par la fraction molaire

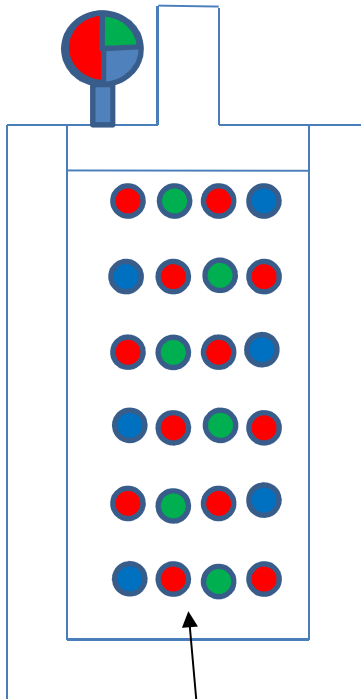
$$x_i = \frac{n_i}{n_{tot,gaz}} < 1$$

$$\sum_{i=1}^{n_{tot,gaz}} x_i = 1$$

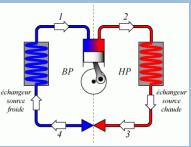
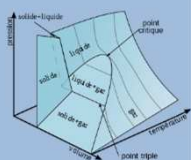
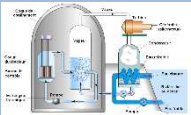
Poly – Fiche O4-E



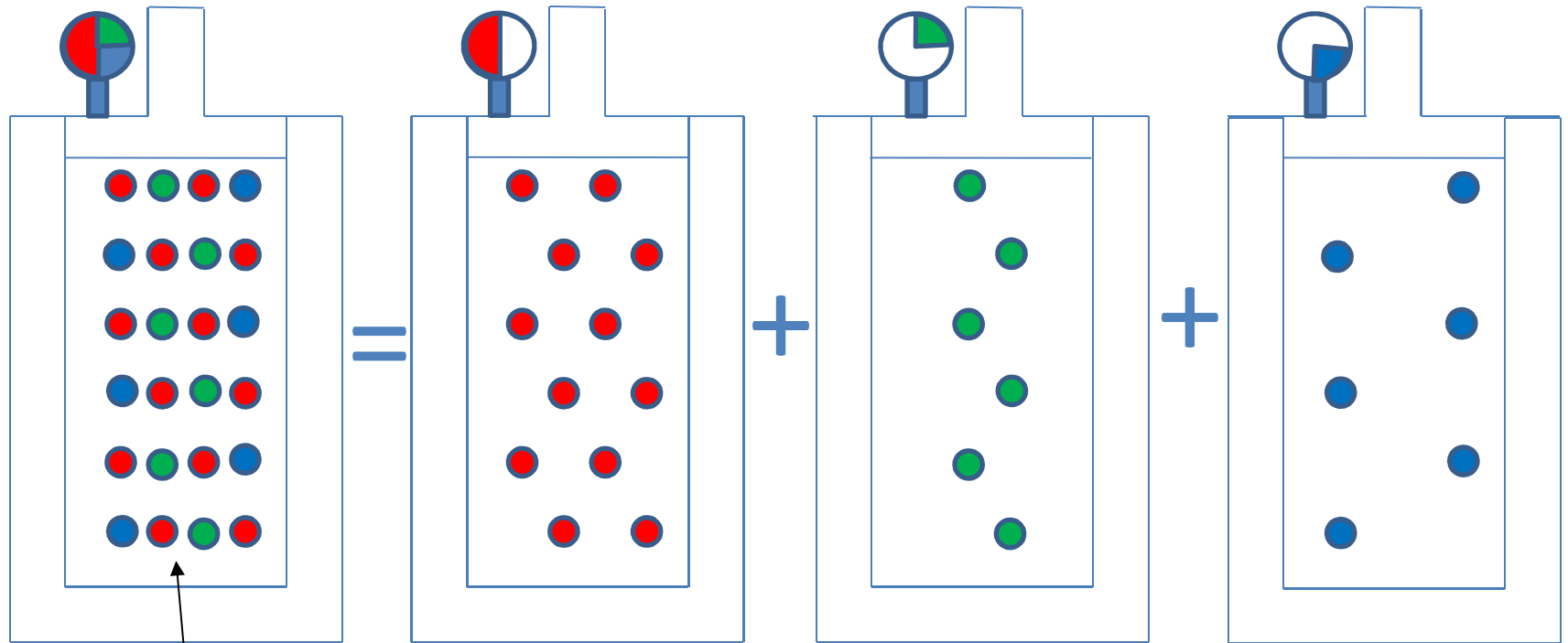
Pressions partielles



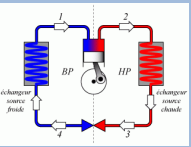
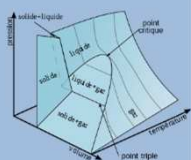
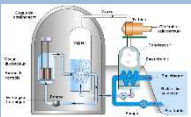
$$P_{tot} \cdot V_{tot} = n_{tot} \cdot R \cdot T$$



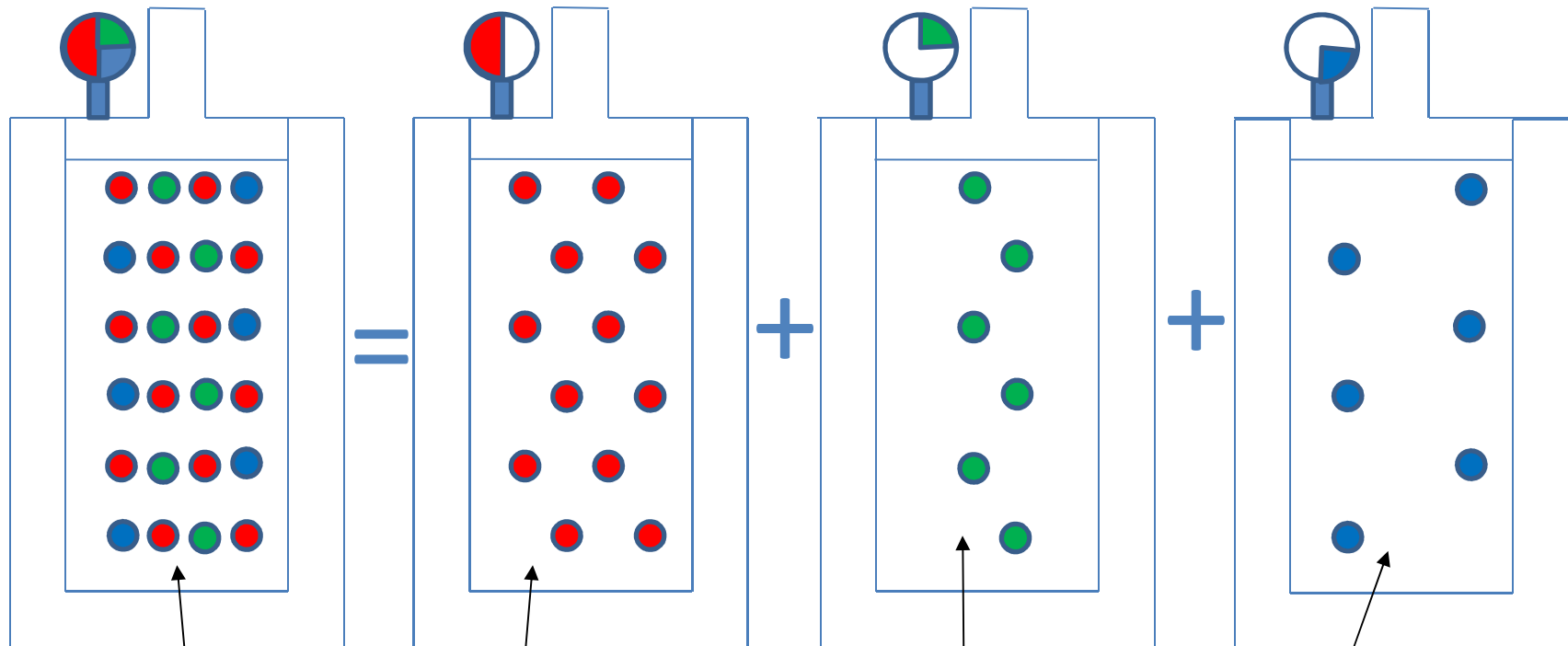
Pressions partielles



$$P_{tot} \cdot V_{tot} = n_{tot} \cdot R \cdot T$$



Pressions partielles



$$P_{tot} \cdot V_{tot} = n_{tot} \cdot R \cdot T$$

$$P_1 \cdot V_{tot} = n_1 \cdot R \cdot T$$

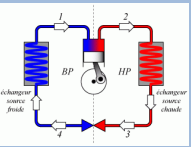
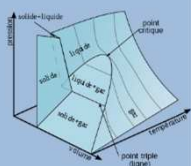
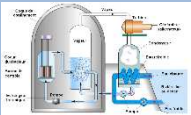
$$P_2 \cdot V_{tot} = n_2 \cdot R \cdot T$$

$$P_3 \cdot V_{tot} = n_3 \cdot R \cdot T$$

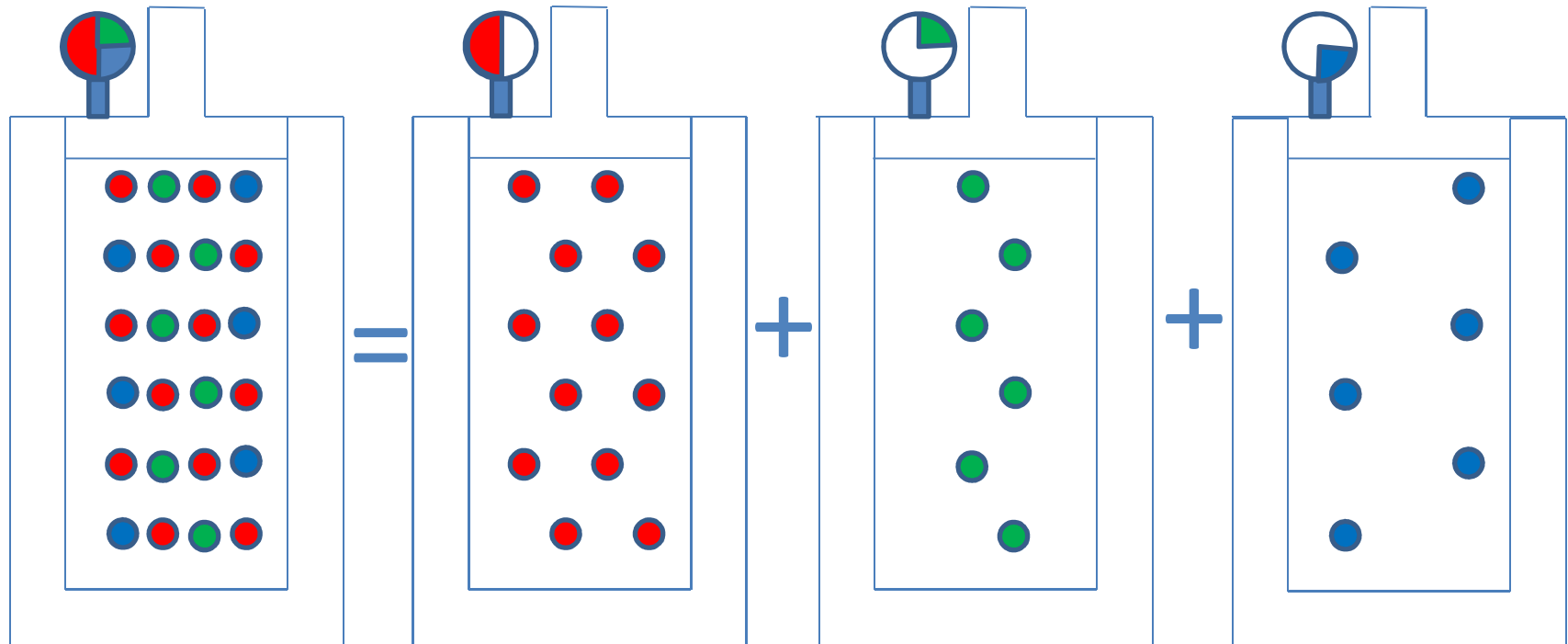
P_i : pression partielle du gaz dans le mélange

= pression de ce gaz seul dans le récipient
(occupant le volume V_{tot})

Poly – Fiche O4-E



Pressions partielles

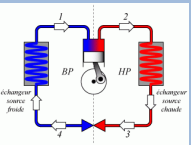
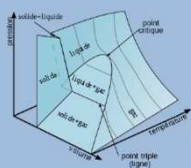
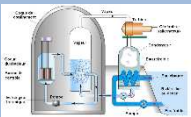


Loi de Dalton pour les GP :

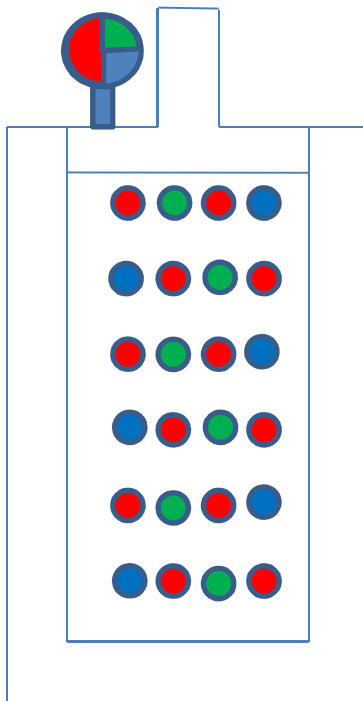
$$P_i = x_i \cdot P_{tot}$$

$$\sum_{i=1}^n P_i = P_{tot}$$

(n constituants gazeux dans le mélange)



Masse molaire du mélange

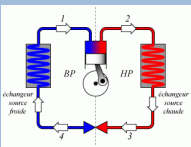
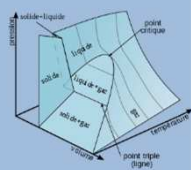
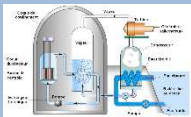


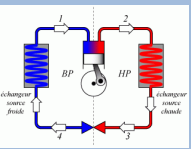
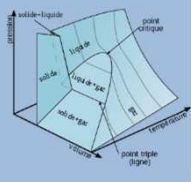
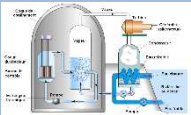
$$n_{tot,gaz} = n_1 + n_2 + n_3$$

$$M_{mélange} = \sum_{i=1}^{n_{tot,gaz}} M_i \cdot x_i$$

<https://www.wooclap.com/THERMOASINSA2>

Poly – Fiche O4-F





Rappels : propriétés comparées des états gaz, liquide et solide

Etat gazeux

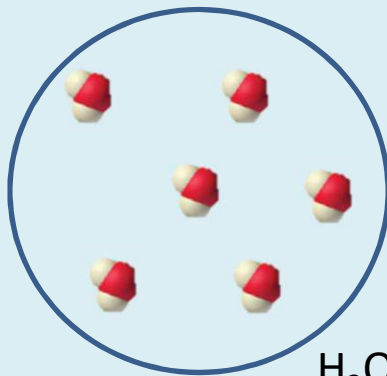
$$d_{\text{intermoléculaire}} = 40 \text{ \AA}$$

Absence d'interactions
entre particules

Forte mobilité
moléculaire
(état désordonné)

Pas de volume ni de
forme définis

Compressible



$\text{H}_2\text{O}(\text{V})$

Etat liquide

$$d_{\text{intermoléculaire}} = 4 \text{ \AA}$$

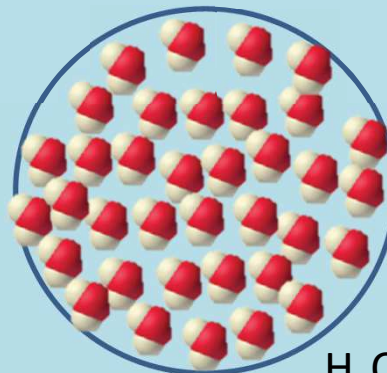
Interactions entre
particules non
négligeables

Faible mobilité
moléculaire

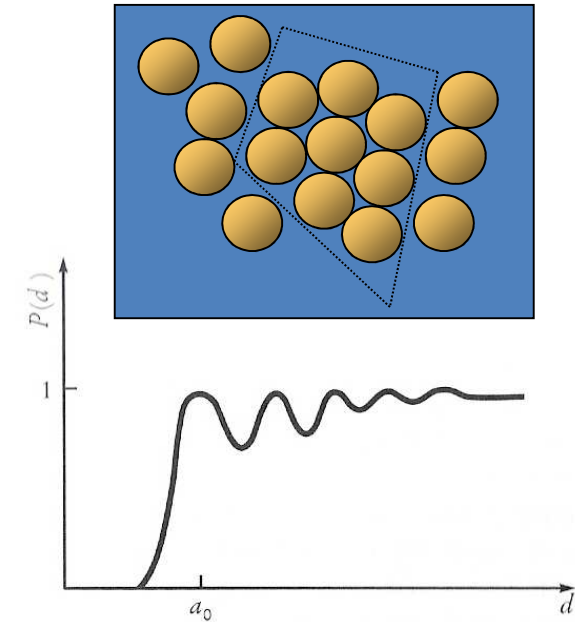
Volume propre

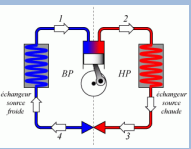
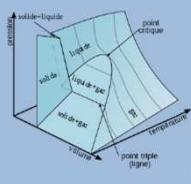
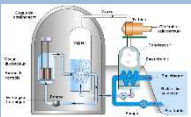
Pas de forme définie

Non compressible



$\text{H}_2\text{O}(\text{L})$





Rappels : propriétés comparées des états gaz, liquide et solide

Etat gazeux

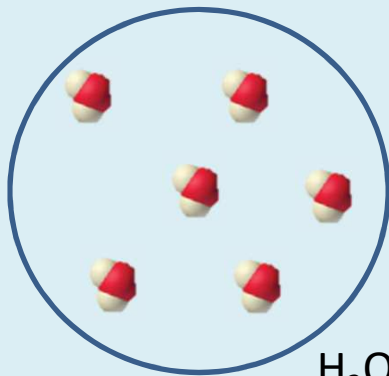
$$d_{\text{intermoléculaire}} = 40 \text{ \AA}$$

Absence d'interactions
entre particules

Forte mobilité
moléculaire
(état désordonné)

Pas de volume ni de
forme définis

Compressible



$\text{H}_2\text{O}(\text{V})$

Etat liquide

$$d_{\text{intermoléculaire}} = 4 \text{ \AA}$$

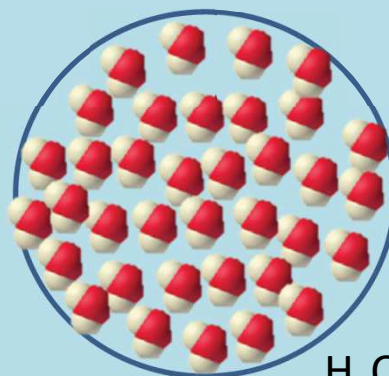
Interactions entre
particules non
négligeables

Faible mobilité
moléculaire

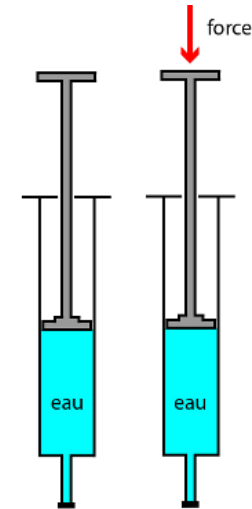
Volume propre

Pas de forme définie

Non compressible



$\text{H}_2\text{O}(\text{L})$



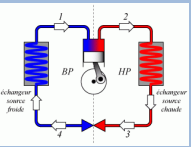
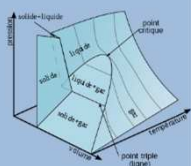
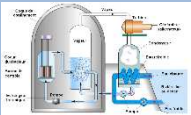
Attention :
non compressible

\neq

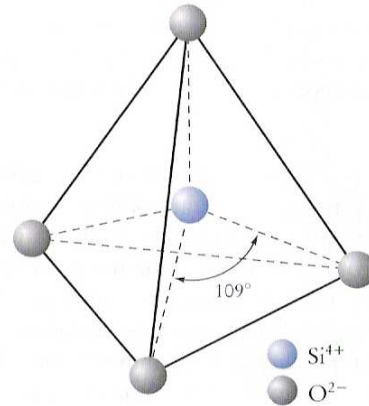
pression constante
au sein du liquide

$=$

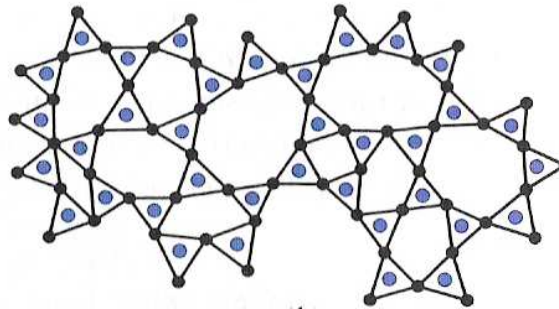
V et p constants



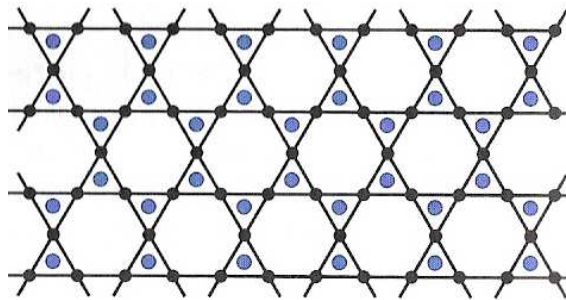
Rappels : propriétés comparées des états gaz, liquide et solide



état vitreux :
ordre à courte distance



état cristallisé :
ordre à longue distance



Etat solide

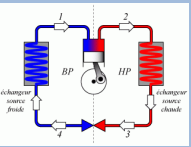
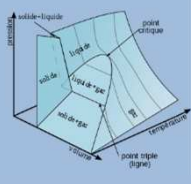
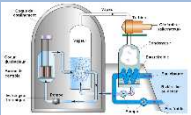
$$d_{\text{intermoléculaire}} = 2 \text{ \AA}$$

Interactions entre
particules fortes

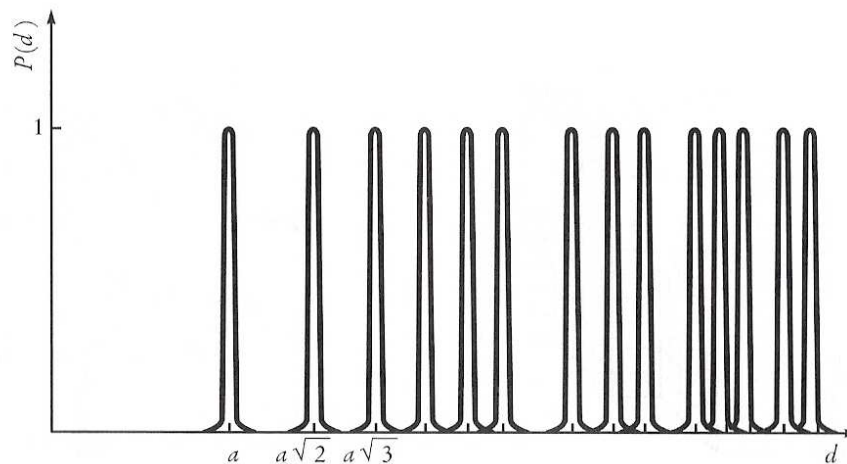
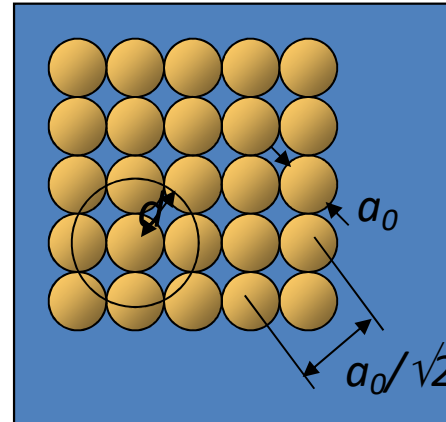
Très faible mobilité
moléculaire

Volume et forme
propres

Non compressible



Rappels : propriétés comparées des états gaz, liquide et solide



Etat solide

cristallisé

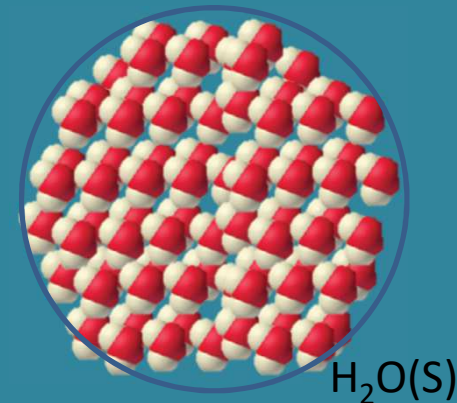
$$d_{\text{intermoléculaire}} = 2 \text{ \AA}$$

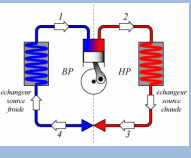
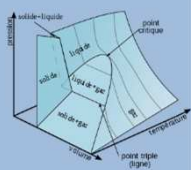
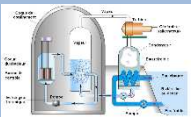
Interactions entre
particules fortes

Très faible mobilité
moléculaire

Volume et forme
propres

Non compressible





Rappels : propriétés comparées des états gaz, liquide et solide

Etat gazeux

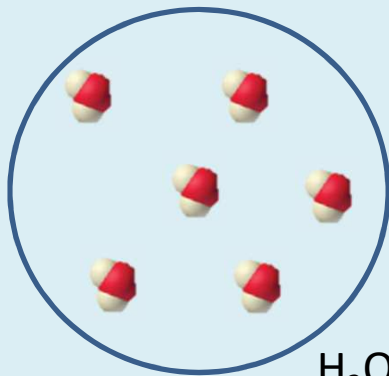
$$d_{\text{intermoléculaire}} = 40 \text{ \AA}$$

Absence d'interactions
entre particules

Forte mobilité
moléculaire
(état désordonné)

Pas de volume ni de
forme définis

Compressible



H₂O(V)

Désordre complet

Etat liquide

$$d_{\text{intermoléculaire}} = 4 \text{ \AA}$$

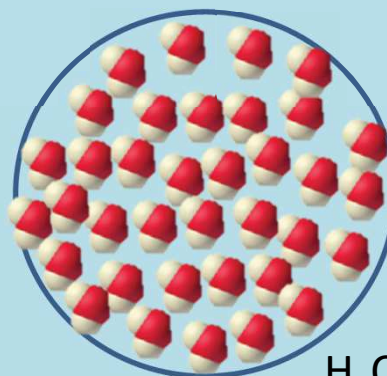
Interactions entre
particules non
négligeables

Faible mobilité
moléculaire

Volume propre

Pas de forme définie

Non compressible



H₂O(L)

Ordre à courte distance

Etat solide

cristallisé

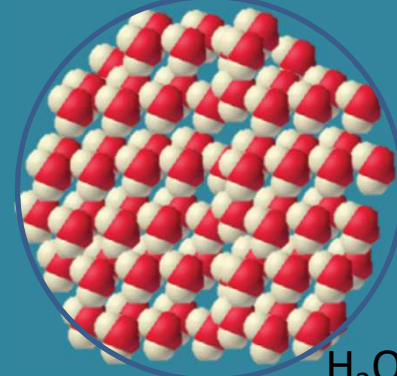
$$d_{\text{intermoléculaire}} = 2 \text{ \AA}$$

Interactions entre
particules fortes

Très faible mobilité
moléculaire

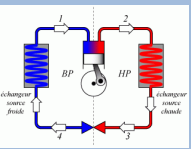
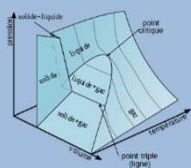
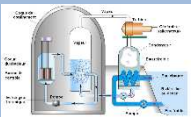
Volume et forme
propres

Non compressible



H₂O(S)

Etat le plus ordonné



Rappels : propriétés comparées des états gaz, liquide et solide

Etat gazeux

$$d_{\text{intermoléculaire}} = 40 \text{ \AA}$$

Absence d'interactions
entre particules

Forte mobilité
moléculaire
(état désordonné)

Pas de volume ni de
forme définis

Compressible

Etat liquide

$$d_{\text{intermoléculaire}} = 4 \text{ \AA}$$

Interactions entre
particules non
négligeables

Faible mobilité
moléculaire

Volume propre

Pas de forme définie

Non compressible

Etat solide

cristallisé

$$d_{\text{intermoléculaire}} = 2 \text{ \AA}$$

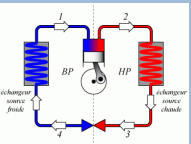
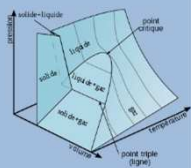
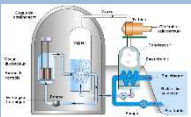
Interactions entre
particules fortes

Très faible mobilité
moléculaire

Volume et forme
propres

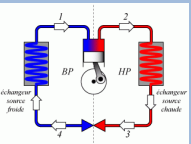
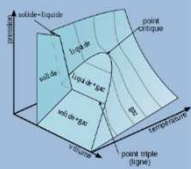
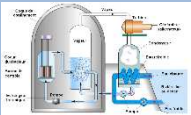
Non compressible

$\Delta V_{\text{gaz}} \gg \Delta V_{\text{liquides et solides}}$
↑
Négligé mais non nul



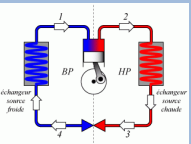
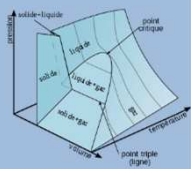
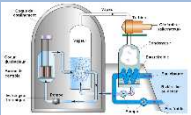
Propriétés thermodynamiques usuelles

- ❖ **Capacité thermique** (ou capacité calorifique) : grandeur permettant de quantifier la possibilité qu'a un corps d'absorber ou de restituer de l'énergie par échange thermique au cours d'une transformation pendant laquelle sa température varie.



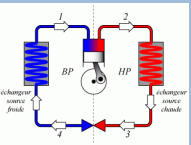
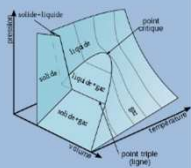
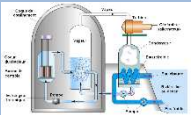
Propriétés thermodynamiques usuelles

- ❖ **Capacité thermique** (ou capacité calorifique) : grandeur permettant de quantifier la possibilité qu'a un corps d'absorber ou de restituer de l'énergie par échange thermique au cours d'une transformation pendant laquelle sa température varie.
- ❖ C'est l'énergie qu'il faut apporter à un corps pour augmenter sa température d'un kelvin. Elle s'exprime en joule par kelvin (J/K).



Propriétés thermodynamiques usuelles

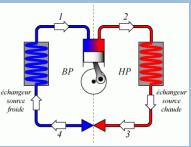
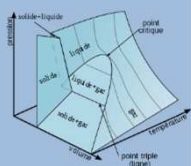
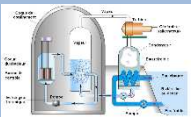
- ❖ **Capacité thermique** (ou capacité calorifique) : grandeur permettant de quantifier la possibilité qu'a un corps d'absorber ou de restituer de l'énergie par échange thermique au cours d'une transformation pendant laquelle sa température varie.
- ❖ C'est l'énergie qu'il faut apporter à un corps pour augmenter sa température d'un kelvin. Elle s'exprime en joule par kelvin (J/K).



Capacité thermique

- ❖ **Grandeur extensive** : plus la quantité de matière est importante plus la capacité thermique est grande.

Toutes choses étant égales par ailleurs, plus la capacité thermique C_x d'un corps x est grande, plus grande sera la quantité d'énergie échangée au cours d'une transformation s'accompagnant d'une variation de la température de ce corps.



Capacité thermique

- ❖ **Grandeur extensive** : plus la quantité de matière est importante plus la capacité thermique est grande.

Toutes choses étant égales par ailleurs, plus la capacité thermique C_x d'un corps x est grande, plus grande sera la quantité d'énergie échangée au cours d'une transformation s'accompagnant d'une variation de la température de ce corps.

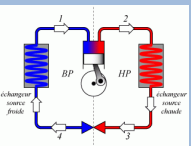
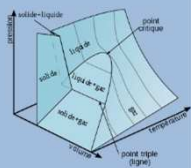
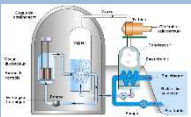
- ❖ Définition de plusieurs **grandeurs intensives** :

- Capacité thermique molaire, rapportée à une mole du corps x considéré ($\text{J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$) :

$$\overline{C}_x = \frac{C_x}{n}$$

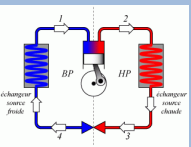
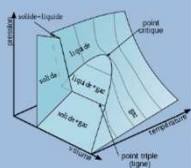
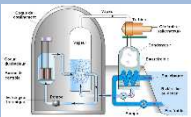
- Capacité thermique massique (ou spécifique), rapportée à un kg de corps x considéré ($\text{J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$) :

$$C_{m,x} = \frac{C_x}{m}$$



Capacité thermique

- ❖ Grande capacité thermique = une grande quantité d'énergie peut être stockée moyennant une augmentation relativement faible de la température.

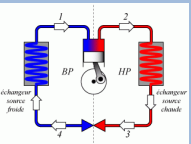
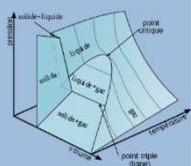
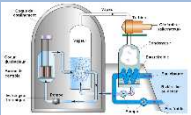


Capacité thermique

- ❖ Grande capacité thermique = une grande quantité d'énergie peut être stockée moyennant une augmentation relativement faible de la température.
- ❖ **Pour les solides et les liquides** (considérés comme incompressibles) : la capacité thermique ne dépend pas de la façon dont la variation de température est réalisée : **on définit une valeur de capacité thermique.**

| Substance (phase solide) | Capacité thermique <u>massique</u> ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) |
|-----------------------------|---|
| Asphalte | 1 021 |
| Brique | 840 |
| Béton | 880 |
| Granite | 790 |
| Gypse | 1 090 |
| Marbre | 880 |
| Sable | 835 |
| Verre | 720 ⁴ |
| Bois | $\approx 1\,200\text{--}2\,700$ ^{5,6} |

Source : wikipedia



Capacité thermique

- ❖ **Pour les gaz** (compressibles) : la capacité thermique **dépend** de la façon dont la variation de température est réalisée
 - Nous verrons que la température d'un gaz varie aussi lorsqu'il reçoit ou fournit du travail (cf gonflage d'un pneu de vélo)
 - Il existe donc une infinité de façons de faire varier sa température d'un degré, en combinant chaleur et travail

 C_v

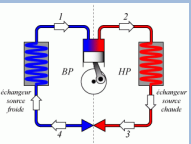
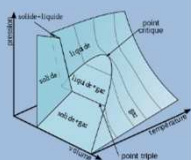
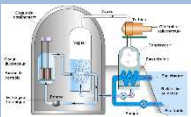
$$\begin{aligned} V &= \text{cte} \\ m &= 1 \text{ kg} \\ \Delta T &= 1 \text{ K} \end{aligned}$$

$$Q_g \neq Q_d$$

 C_p

$$\begin{aligned} P &= \text{cte} \\ m &= 1 \text{ kg} \\ \Delta T &= 1 \text{ K} \end{aligned}$$

Poly – Fiche O6



Capacité thermique

- ❖ **Pour les gaz** (compressibles) : la capacité thermique dépend de la façon dont la variation de température est réalisée
 - Nous verrons que la température d'un gaz varie aussi lorsqu'il reçoit ou fournit du travail (cf gonflage d'un pneu de vélo)
 - Il existe donc une infinité de façons de faire varier sa température d'un degré, en combinant chaleur et travail
 - Parmi celles-ci, on retient deux valeurs particulières :
 - C_p : capacité thermique à pression constante
 - C_v : capacité thermique à volume constant

$$\gamma = \frac{\overline{C_p}}{\overline{C_v}}$$

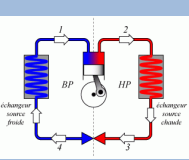
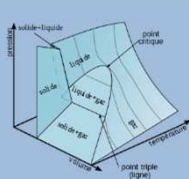
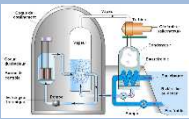
C_v →

$$\begin{aligned} V &= \text{cte} \\ m &= 1 \text{ kg} \\ \Delta T &= 1 \text{ K} \end{aligned}$$

$$Q_g \neq Q_d$$

C_p →

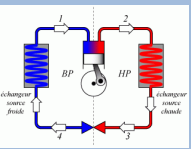
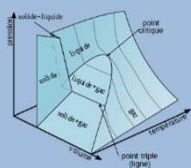
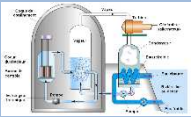
$$\begin{aligned} P &= \text{cte} \\ m &= 1 \text{ kg} \\ \Delta T &= 1 \text{ K} \end{aligned}$$



Capacité thermique

- ❖ Grande capacité thermique = une grande quantité d'énergie peut être stockée moyennant une augmentation relativement faible de la température.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------|
| Capacités thermiques molaires des corps simples | | | | | | | | | | | | | | | | | | He |
| à <u>pression constante</u> (J/mol/K) | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20,786 |
| H 28,836 | Li 24,86 | Be 16,443 | | | | | | | | | | B 11,087 | C 8,517 | N 29,124 | O 29,378 | F 31,304 | Ne 20,786 | |
| Na 28,23 | Mg 24,869 | | | | | | | | | | Al 24,2 | Si 19,789 | P 23,824 | S 22,75 | Cl 33,949 | Ar 20,786 | | |
| K 29,6 | Ca 25,929 | Sc 25,52 | Ti 25,06 | V 24,89 | Cr 23,35 | Mn 26,32 | Fe 25,1 | Co 24,81 | Ni 26,07 | Cu 24,44 | Zn 25,39 | Ga 25,86 | Ge 23,222 | As 24,64 | Se 25,363 | Br 36,057 | Kr 20,786 | |
| Rb 31,06 | Sr 26,4 | Y 26,53 | Zr 25,36 | Nb 24,6 | Mo 24,06 | Tc 24,06 | Ru 24,06 | Rh 24,98 | Pd 25,98 | Ag 25,35 | Cd 26,02 | In 26,74 | Sn 27,112 | Sb 25,23 | Te 25,73 | I 36,888 | Xe 20,786 | |
| Cs 32,21 | Ba 28,07 | * Lu 26,86 | Hf 25,73 | Ta 25,36 | W 24,27 | Re 25,48 | Os 24,7 | Ir 25,1 | Pt 25,86 | Au 25,418 | Hg 27,8419 | Tl 26,32 | Pb 26,65 | Bi 25,52 | Po | At | Rn | |
| Fr | ** Ra 20,786 | ** Lr | Rf | Db | Sg | Bh | Hs | Mt | Ds | Rg | Cn | Nh | Fl | Mc | Lv | Ts | Og | |
| ↓ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | * La 27,11 | Ce 26,94 | Pr 27,2 | Nd 27,45 | Pm | Sm 29,54 | Eu 27,66 | Gd 37,03 | Tb 28,91 | Dy 27,7 | Ho 27,15 | Er 28,12 | Tm 27,03 | Yb 26,74 | | | |
| | | ** Ac 27,2 | Th 26,23 | Pa | U 27,665 | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | | | |



Capacité thermique

- ❖ Grande capacité thermique = une grande quantité d'énergie peut être stockée moyennant une augmentation relativement faible de la température.

Gaz monoatomiques

$$\gamma = 1,67$$

Capacités thermiques molaires des **corps simples**
à pression constante (J/mol/K)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-----------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Capacités thermiques molaires des corps simples | | | | | | | | | | | | | | | | | $\gamma = 1,67$ | | | | | He |
| à <u>pression constante</u> (J/mol/K) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Ne |
| H 28,836 | Li 24,86 | Be 16,443 | | | | | | | | | | | | | | | B 11,087 | C 8,517 | N 29,124 | O 29,378 | F 31,304 | Ne 20,786 |
| Na 28,23 | Mg 24,869 | | | | | | | | | | | | | | | Al 24,2 | Si 19,789 | P 23,824 | S 22,75 | Cl 33,949 | Ar 20,786 | |
| K 29,6 | Ca 25,929 | Sc 25,52 | Ti 25,06 | V 24,89 | Cr 23,35 | Mn 26,32 | Fe 25,1 | Co 24,81 | Ni 26,07 | Cu 24,44 | Zn 25,39 | Ga 25,86 | Ge 23,222 | As 24,64 | Se 25,363 | Br 36,057 | Kr 20,786 | | | | | |
| Rb 31,06 | Sr 26,4 | Y 26,53 | Zr 25,36 | Nb 24,6 | Mo 24,06 | Tc 25,48 | Ru 24,06 | Rh 24,98 | Pd 25,98 | Ag 25,35 | Cd 26,02 | In 26,74 | Sn 27,112 | Sb 25,23 | Te 25,73 | I 36,888 | Xe 20,786 | | | | | |
| Cs 32,21 | Ba 28,07 | * Lu 26,86 | Hf 25,73 | Ta 25,36 | W 24,27 | Re 25,48 | Os 24,7 | Ir 25,1 | Pt 25,86 | Au 25,418 | Hg 27,8419 | Tl 26,32 | Pb 26,65 | Bi 25,52 | Po | At | Rn | | | | | |
| Fr | ** Ra 20,786 | ** Lr | Rf | Db | Sg | Bh | Hs | Mt | Ds | Rg | Cn | Nh | Fl | Mc | Lv | Ts | Og | | | | | |
| ↓ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | * La 27,11 | Ce 26,94 | Pr 27,2 | Nd 27,45 | Pm | Sm 29,54 | Eu 27,66 | Gd 37,03 | Tb 28,91 | Dy 27,7 | Ho 27,15 | Er 28,12 | Tm 27,03 | Yb 26,74 | | | | | | | |
| | | ** Ac 27,2 | Th 26,23 | Pa | U 27,665 | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | | | | | | | |

Capacité thermique

- ❖ Grande capacité thermique = une grande quantité d'énergie peut être stockée moyennant une augmentation relativement faible de la température.

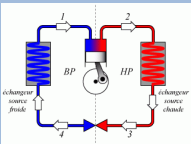
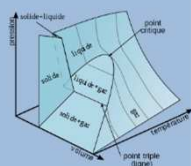
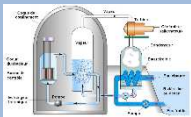
$\gamma = 1, 4$

H
28,836

Capacités thermiques molaires des **corps simples**
à pression constante (J/mol/K)

Gaz diatomiques

| Capacités thermiques molaires des corps simples à <u>pression constante</u> (J/mol/K) | | | | | | | | | | | | | | | | Gaz diatomiques | | | | | He |
|--|-----------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-----------------|--------------|--|--|--|--------|
| H 28,836 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20,786 |
| Li 24,86 | Be 16,443 | | | | | | | | | | | B 11,087 | C 8,517 | N 29,124 | O 29,378 | F 31,304 | Ne 20,786 | | | | |
| Na 28,23 | Mg 24,869 | | | | | | | | | | | Al 24,2 | Si 19,789 | P 23,824 | S 22,75 | Cl 33,949 | Ar 20,786 | | | | |
| K 29,6 | Ca 25,929 | Sc 25,52 | Ti 25,06 | V 24,89 | Cr 23,35 | Mn 26,32 | Fe 25,1 | Co 24,81 | Ni 26,07 | Cu 24,44 | Zn 25,39 | Ga 25,86 | Ge 23,222 | As 24,64 | Se 25,363 | Br 36,057 | Kr 20,786 | | | | |
| Rb 31,06 | Sr 26,4 | Y 26,53 | Zr 25,36 | Nb 24,6 | Mo 24,06 | Tc 24,06 | Ru 24,06 | Rh 24,98 | Pd 25,98 | Ag 25,35 | Cd 26,02 | In 26,74 | Sn 27,112 | Sb 25,23 | Te 25,73 | I 36,888 | Xe 20,786 | | | | |
| Cs 32,21 | Ba 28,07 | * Lu 26,86 | Hf 25,73 | Ta 25,36 | W 24,27 | Re 25,48 | Os 24,7 | Ir 25,1 | Pt 25,86 | Au 25,418 | Hg 27,8419 | Tl 26,32 | Pb 26,65 | Bi 25,52 | Po | At | Rn | | | | |
| Fr | ** Ra 20,786 | Lr | Rf | Db | Sg | Bh | Hs | Mt | Ds | Rg | Cn | Nh | Fl | Mc | Lv | Ts | Og | | | | |
| ↓ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| * | | La 27,11 | Ce 26,94 | Pr 27,2 | Nd 27,45 | Pm | Sm 29,54 | Eu 27,66 | Gd 37,03 | Tb 28,91 | Dy 27,7 | Ho 27,15 | Er 28,12 | Tm 27,03 | Yb 26,74 | | | | | | |
| ** | | Ac 27,2 | Th 26,23 | Pa | U 27,665 | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | | | | | | |



Capacité thermique

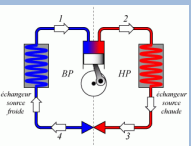
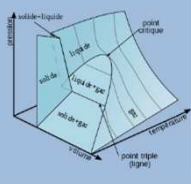
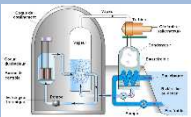
- ❖ Grande capacité thermique = une grande quantité d'énergie peut être stockée moyennant une augmentation relativement faible de la température.

| Gaz | Masse molaire (kg/mol) | Température (°C) | Capacité thermique <u>massique</u> (J/(kg·K)) à pression constante |
|--------------------|---------------------------|---------------------|--|
| Air | 29×10^{-3} | 0-100 | 1 004 |
| Argon | $39,948 \times 10^{-3}$ | 15 | 520 |
| Diazote | $28,013 \times 10^{-3}$ | 0-200 | 1 025 |
| Dioxyde de carbone | $44,01 \times 10^{-3}$ | 20 | 650 |
| Hélium | $4,003 \times 10^{-3}$ | 18 | 3 160 |
| Dihydrogène | $2,016 \times 10^{-3}$ | 16 | 10 140 |
| Dioxygène | $31,999 \times 10^{-3}$ | 13-207 | 920 |
| Vapeur d'eau | $18,015 \times 10^{-3}$ | 100 | 2 010 |

Source : wikipedia

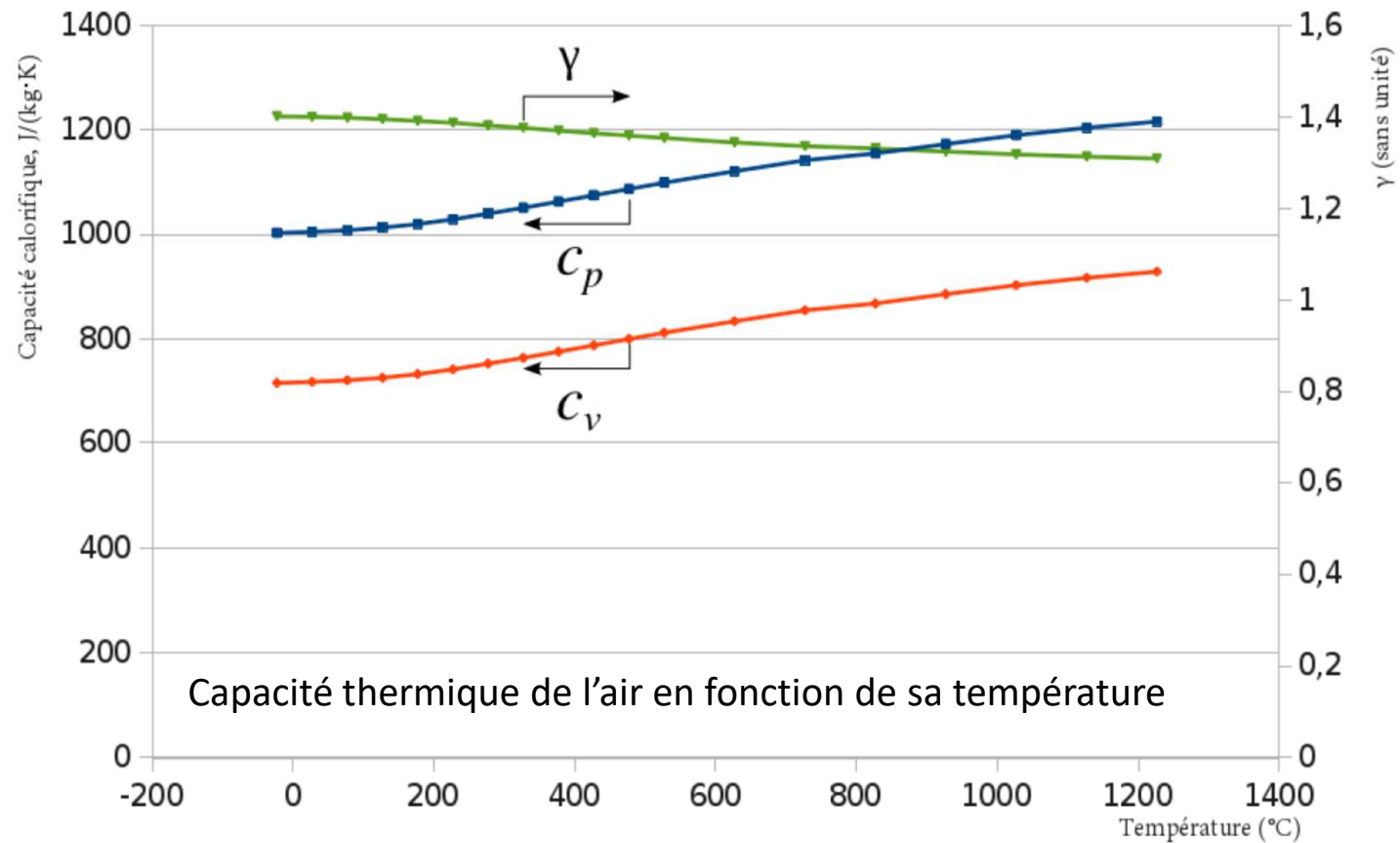
Valeurs dans les conditions normales de température et de pression

CNTP : 273 K (0°C) – 1 atm

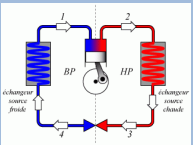
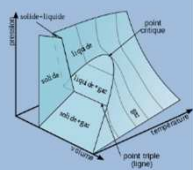
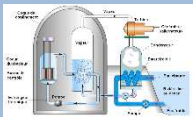


Capacité thermique

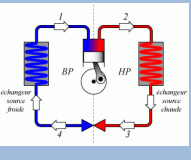
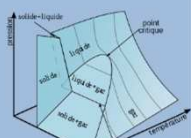
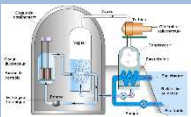
❖ Influence de la température :



Influence de la température souvent
négligée si ΔT est faible



Etude des changements d'état



Rappels : propriétés comparées des états gaz, liquide et solide

Etat gazeux

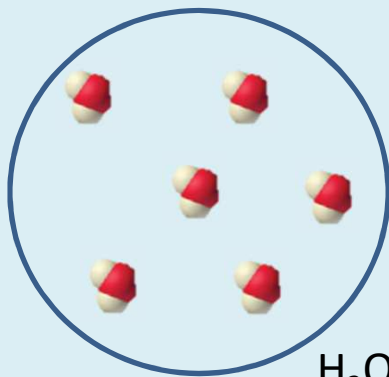
$$d_{\text{intermoléculaire}} = 40 \text{ \AA}$$

Absence d'interactions
entre particules

Forte mobilité
moléculaire
(état désordonné)

Pas de volume ni de
forme définis

Compressible



H₂O(V)

Désordre complet

Etat liquide

$$d_{\text{intermoléculaire}} = 4 \text{ \AA}$$

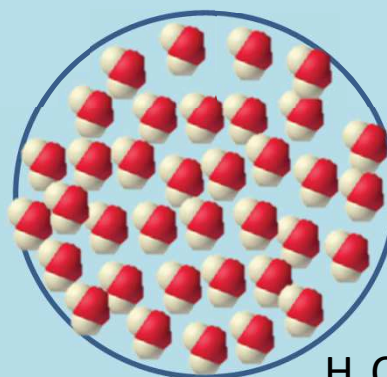
Interactions entre
particules non
négligeables

Rupture d'interactions
moléculaire

Volume propre

Pas de forme définie

Non compressible



H₂O(L)

Ordre à courte distance

Etat solide

cristallisé

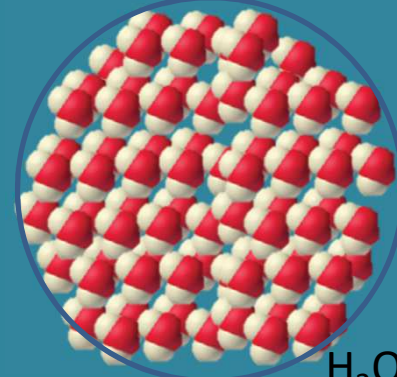
$$d_{\text{intermoléculaire}} = 2 \text{ \AA}$$

Interactions entre
particules fortes

Très faible mobilité
moléculaire

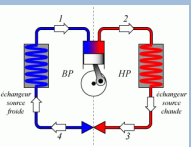
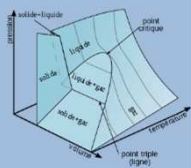
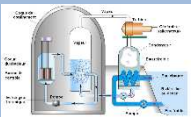
Volume et forme
propres

Non compressible



H₂O(S)

Etat le plus ordonné

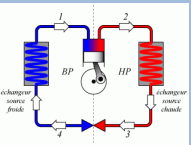
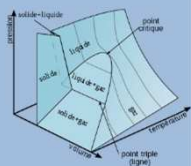
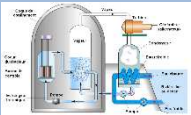


Constituants, phases

➔ Constituants = espèces chimiques contenues dans le système

1 corps pur = 1 constituant

➔ Phase = toute partie d'un système présentant les mêmes propriétés physiques en tout point (gaz, liquide, solide)



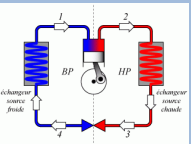
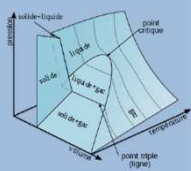
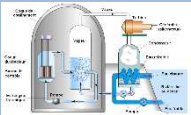
Constituants, phases

➔ Constituants = espèces chimiques contenues dans le système

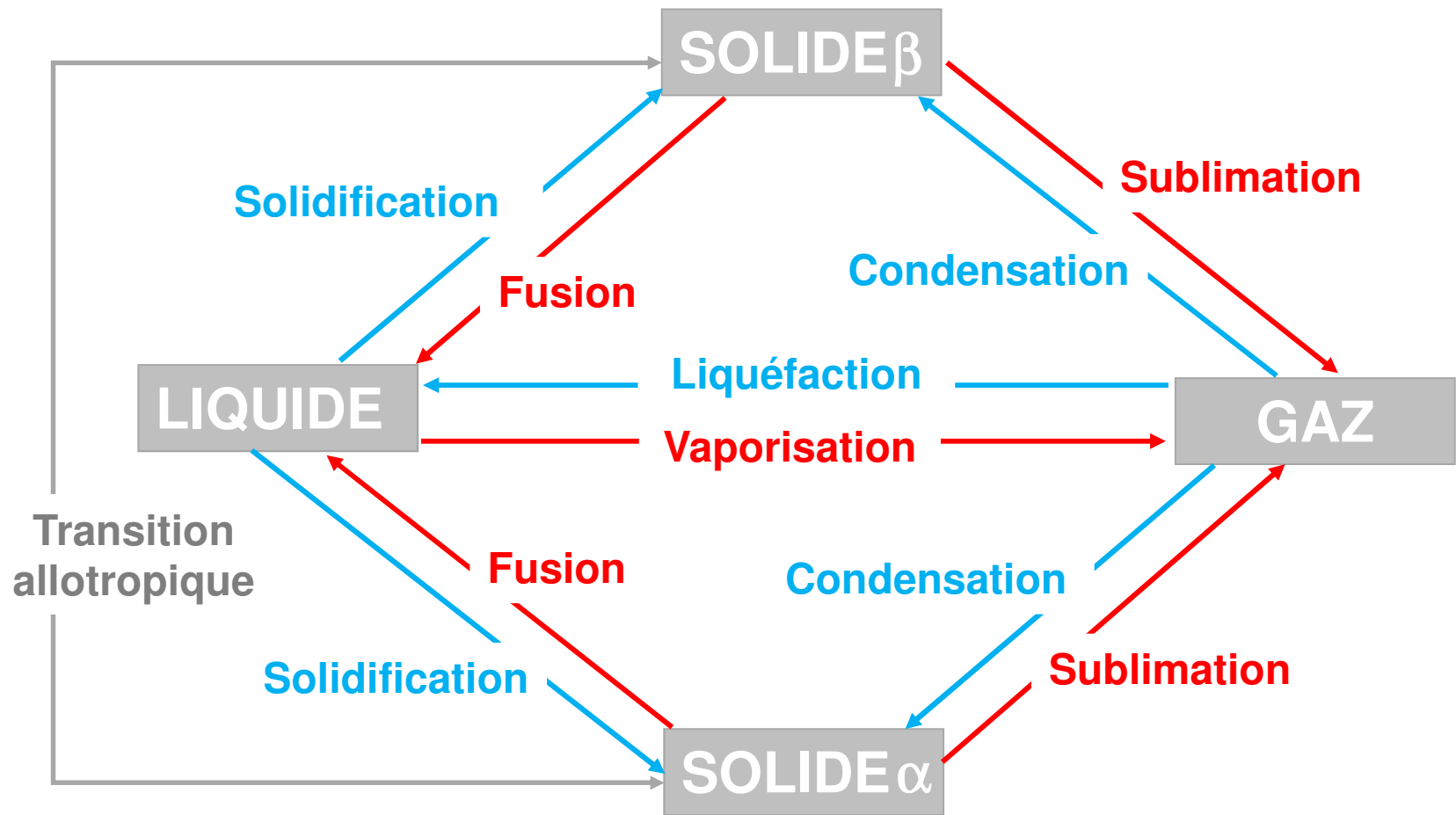
1 corps pur = 1 constituant

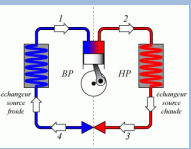
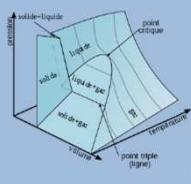
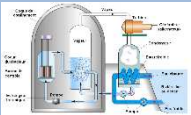
➔ Phase = toute partie d'un système présentant les mêmes propriétés physiques en tout point (gaz, liquide, solide)

QUIZZ

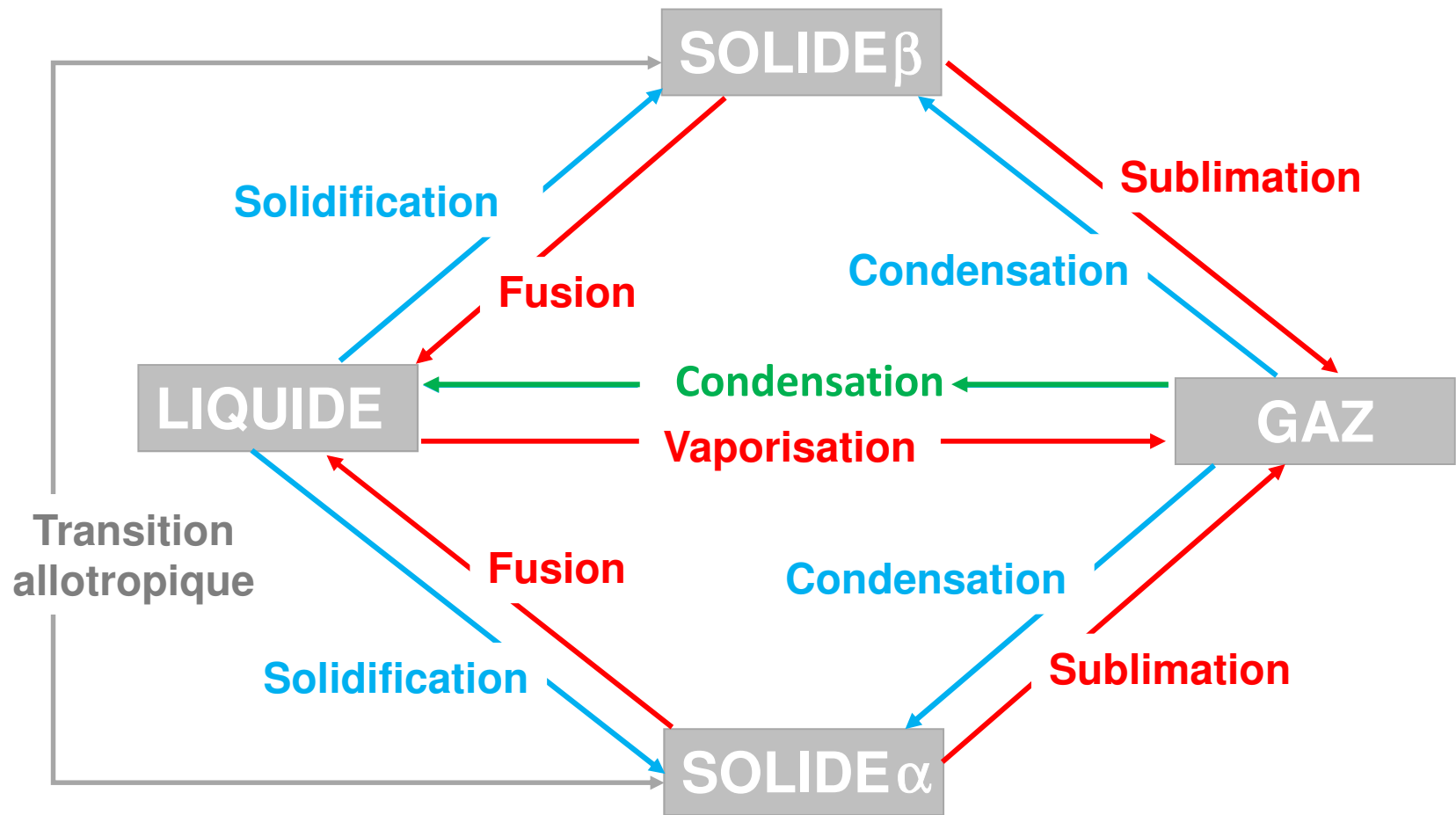


Rappels : changements d'état

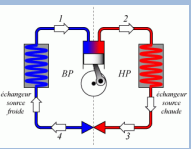
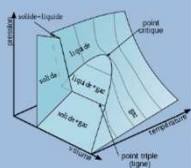
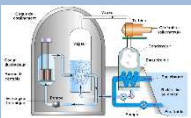




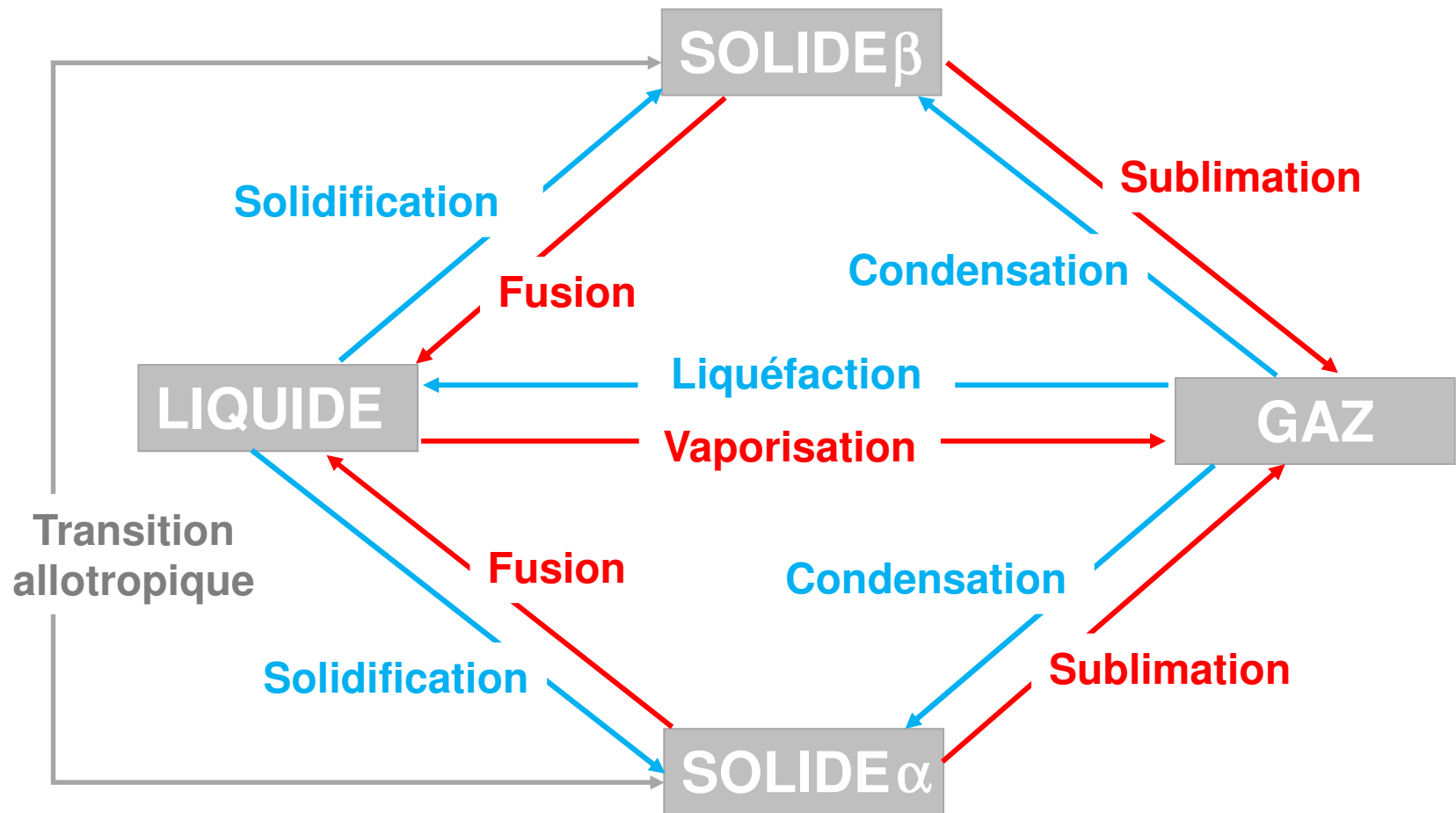
Rappels : changements d'état



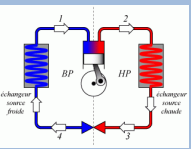
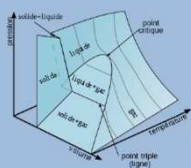
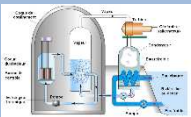
Le mot « **Condensation** » au lieu de liquéfaction toléré pour l'eau



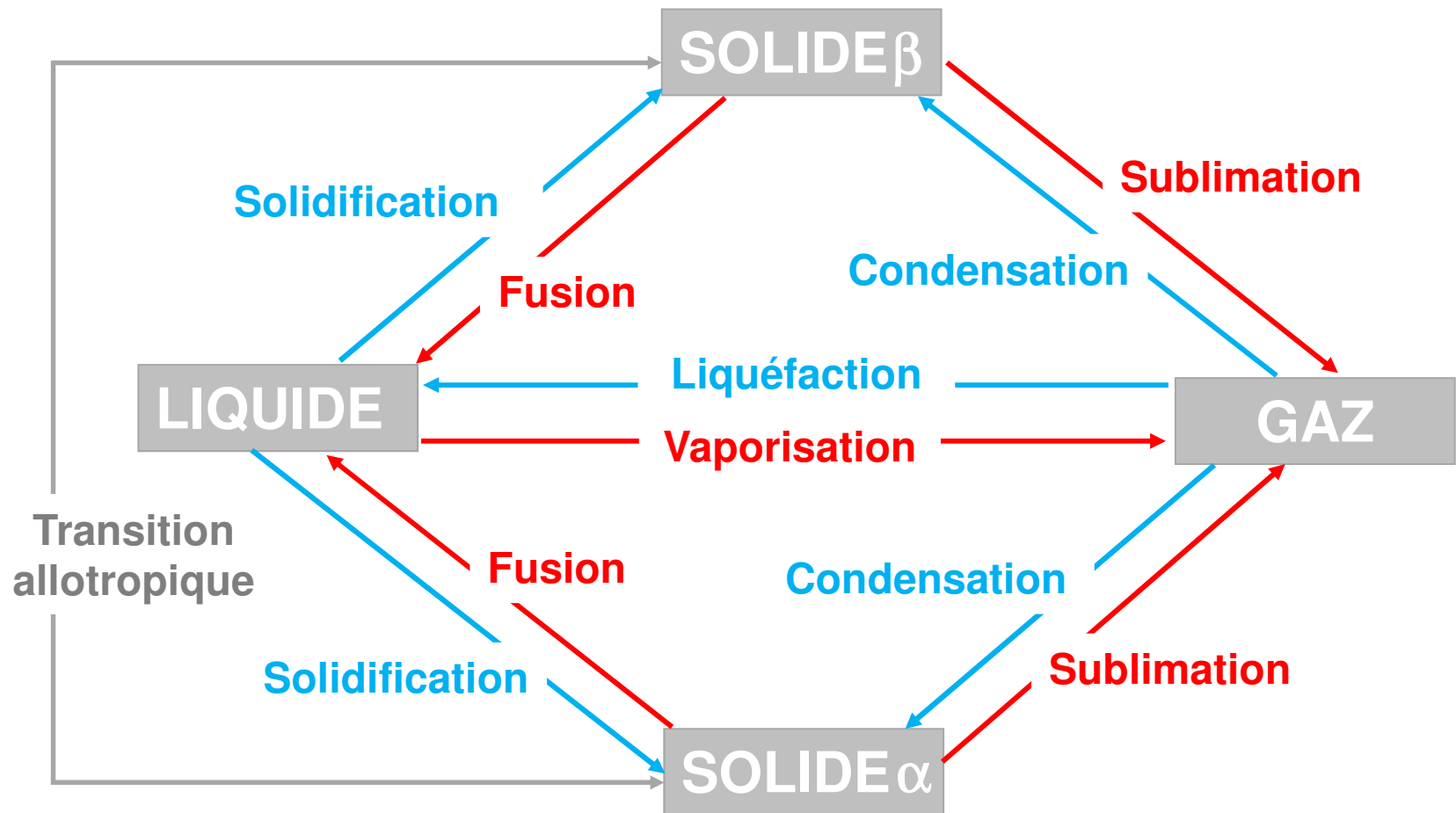
Rappels : changements d'état



Chaleur échangée lors d'un changement d'état : **chaleur latente**



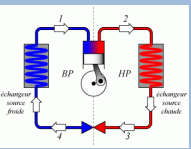
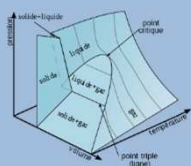
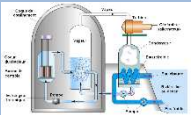
Rappels : changements d'état



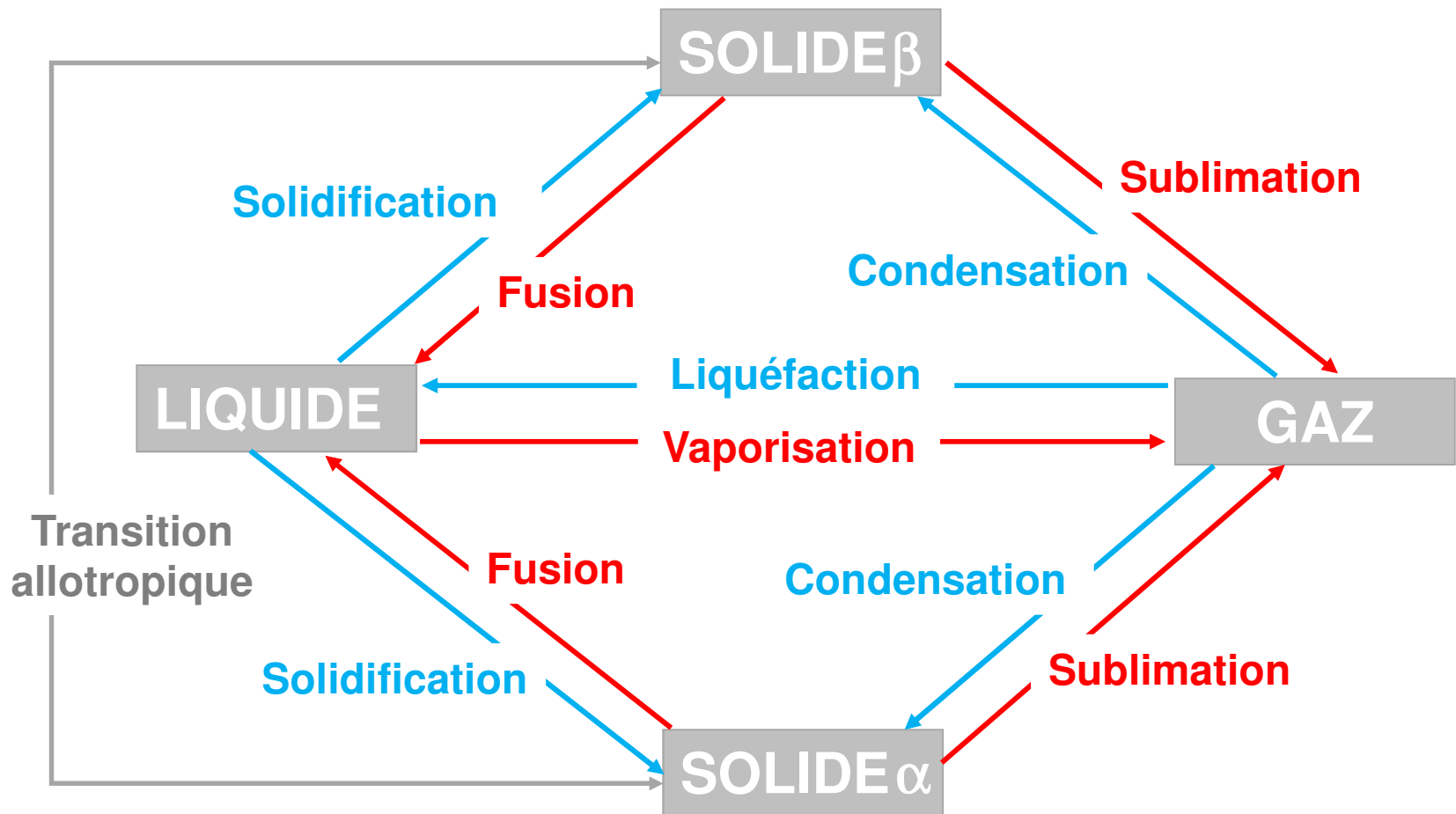
Chaleur échangée lors d'un changement d'état : **chaleur latente**

$$L_{\text{vap}}, L_{\text{sub}}, L_{\text{fus}} > 0$$

$$L_{\text{sol}}, L_{\text{cond}}, L_{\text{liq}} < 0$$

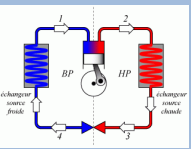
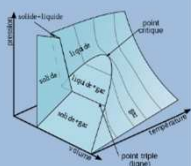
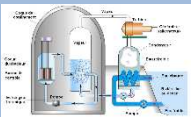


Rappels : changements d'état

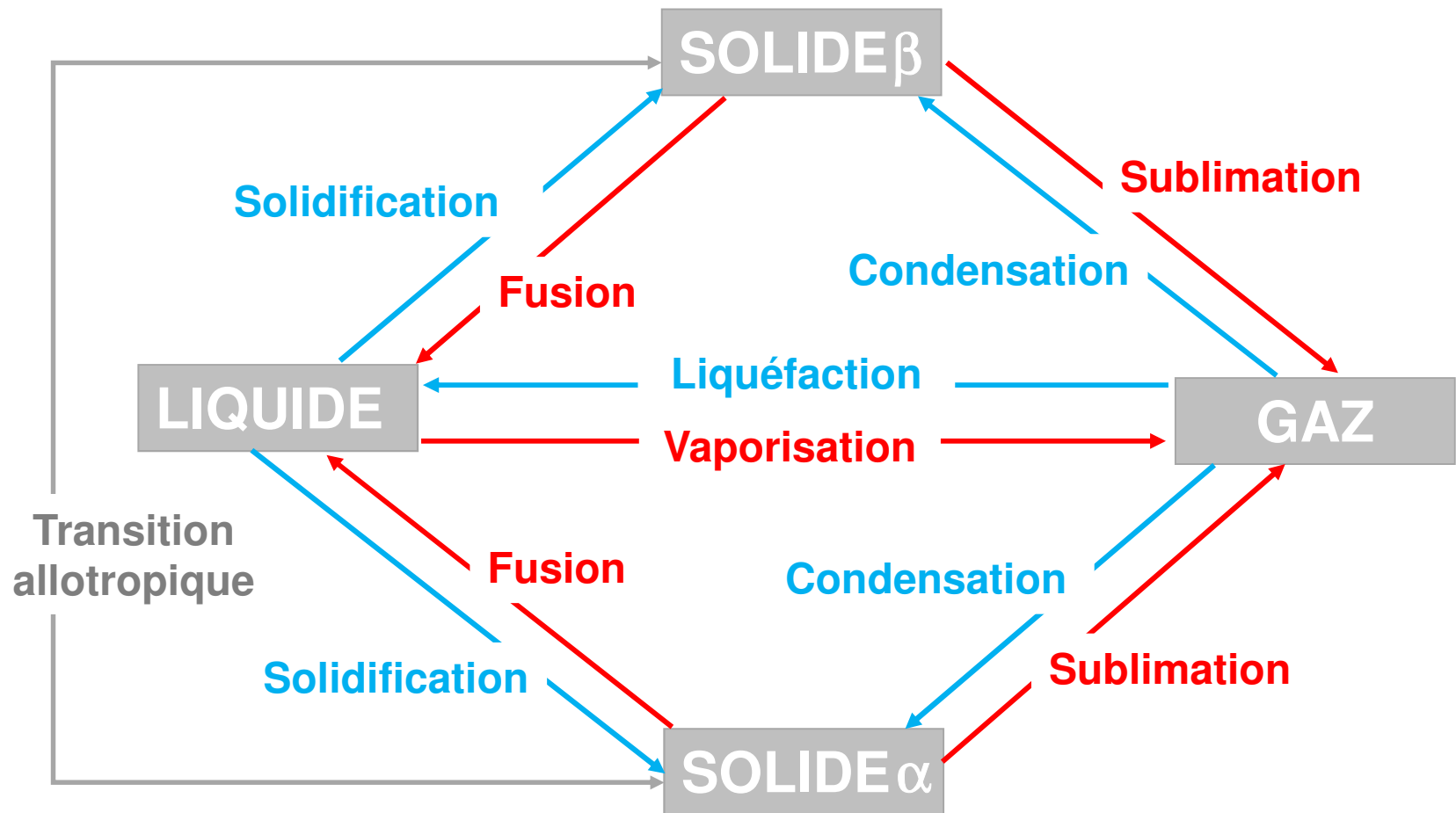


Chaleur échangée lors d'un changement d'état : **chaleur latente**

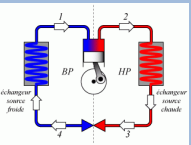
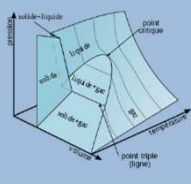
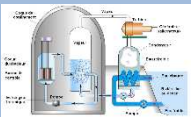
Variation de volume lors d'un changement d'état : **travail échangé**



Rappels : changements d'état

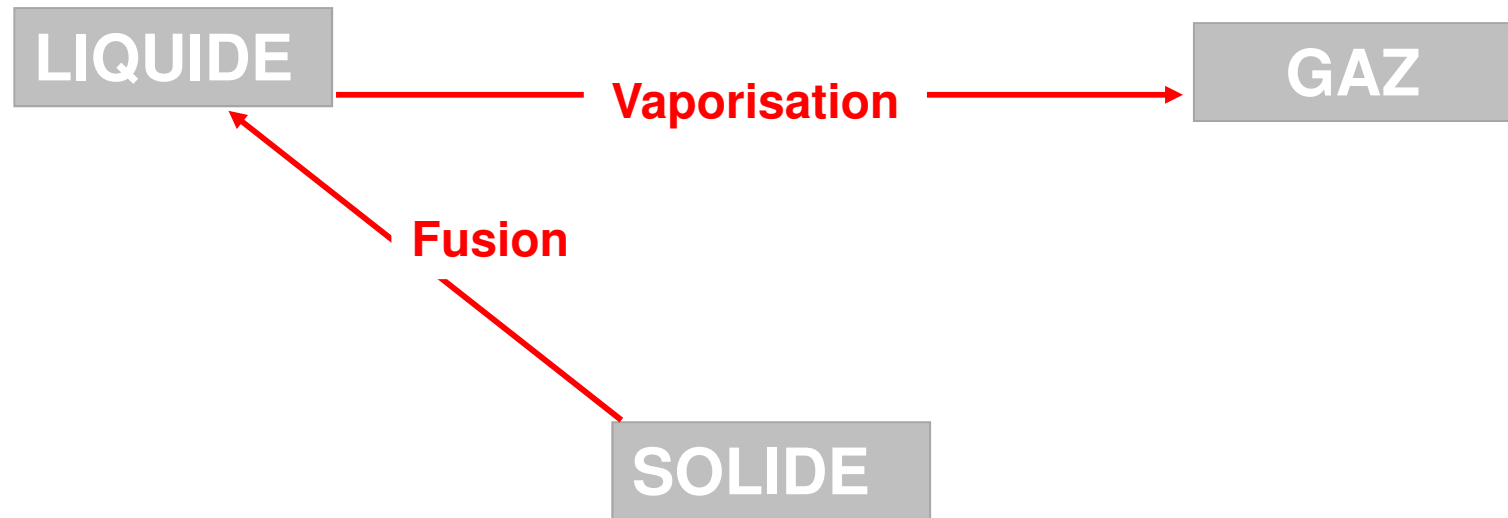


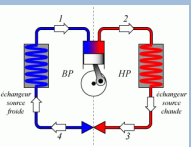
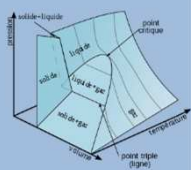
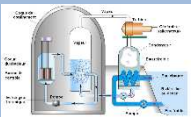
Au cours d'un changement d'état, qu'en est-il de la pression et de la température?



Etude expérimentale : corps pur à **pression constante**

➔ **Chauffage isobare d'une quantité définie d'eau sous 1 atm**

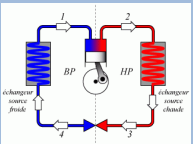
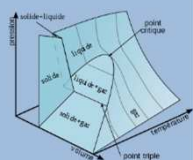
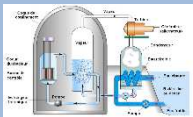




Etude expérimentale : corps pur à **pression constante**

➔ **Chauffage isobare d'une quantité définie d'eau sous 1 atm**



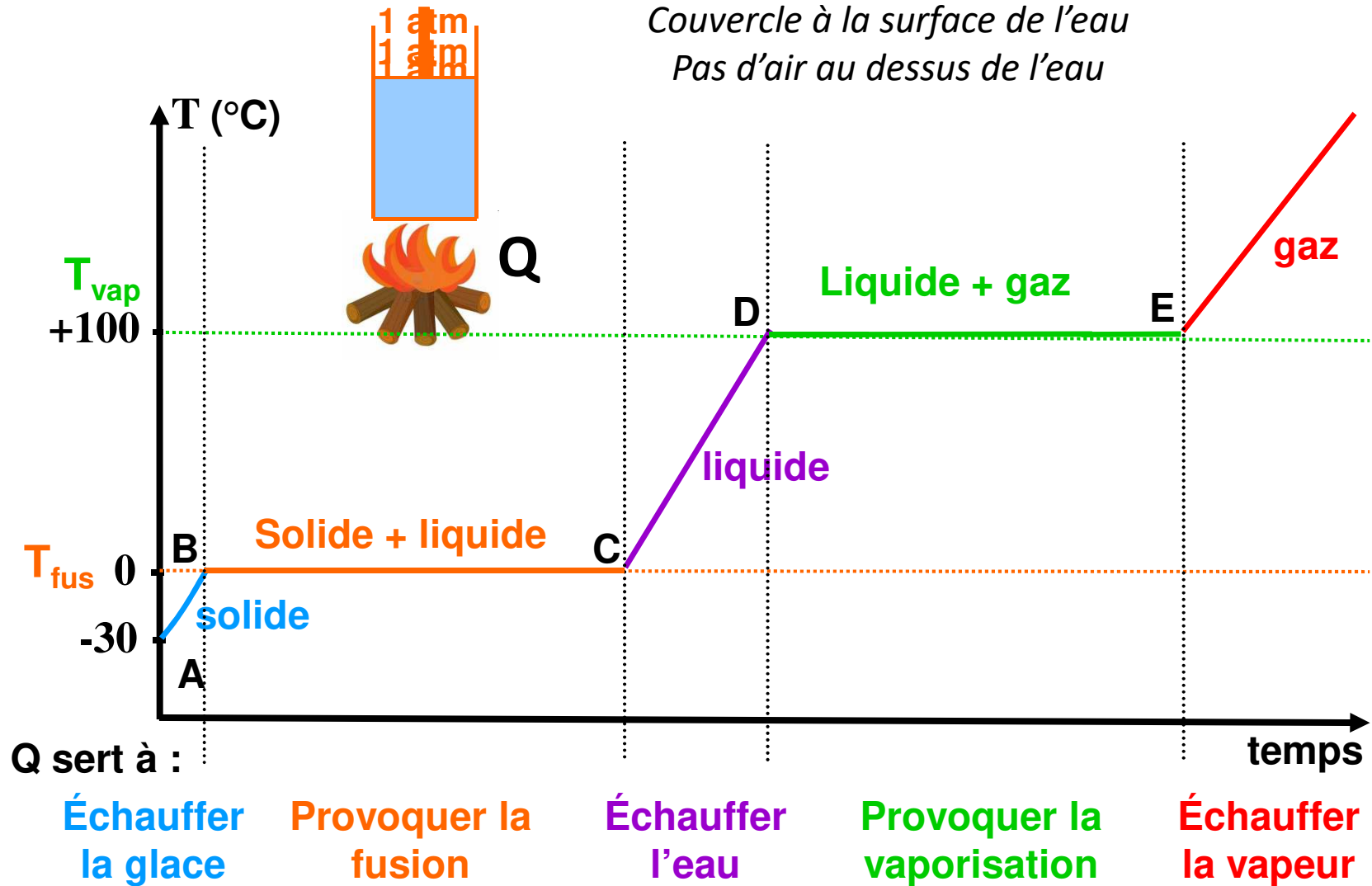


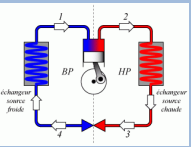
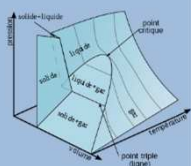
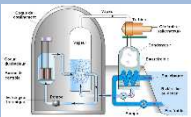
Etude expérimentale : corps pur à **pression constante**

➔ **Chauffage isobare** d'une quantité définie d'eau sous 1 atm

Couvercle à la surface de l'eau

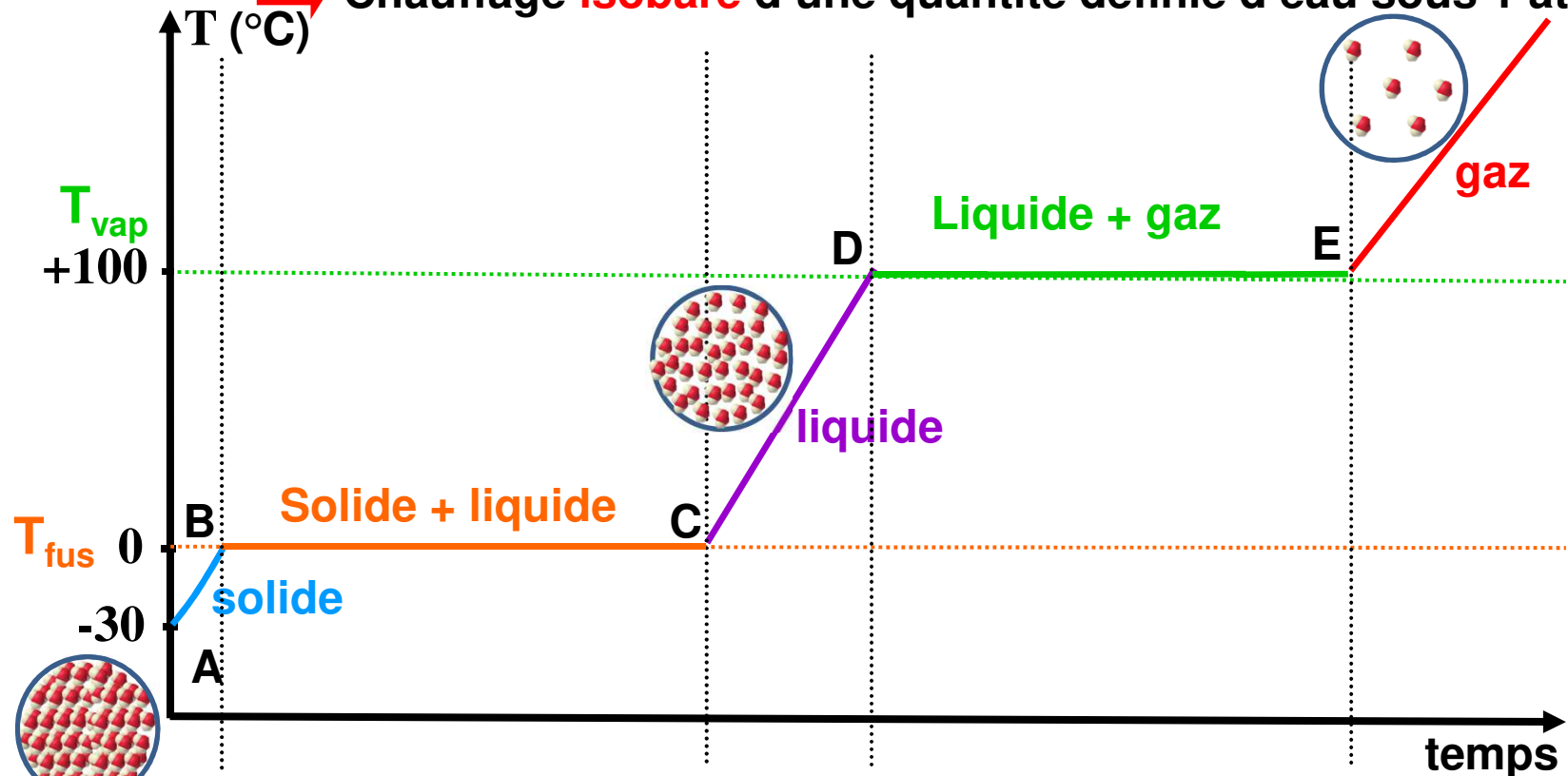
Pas d'air au dessus de l'eau



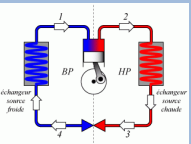
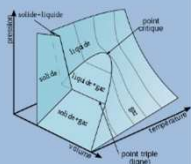
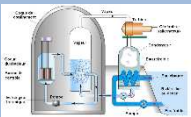


Etude expérimentale : corps pur à **pression constante**

➔ Chauffage **isobare** d'une quantité définie d'eau sous 1 atm

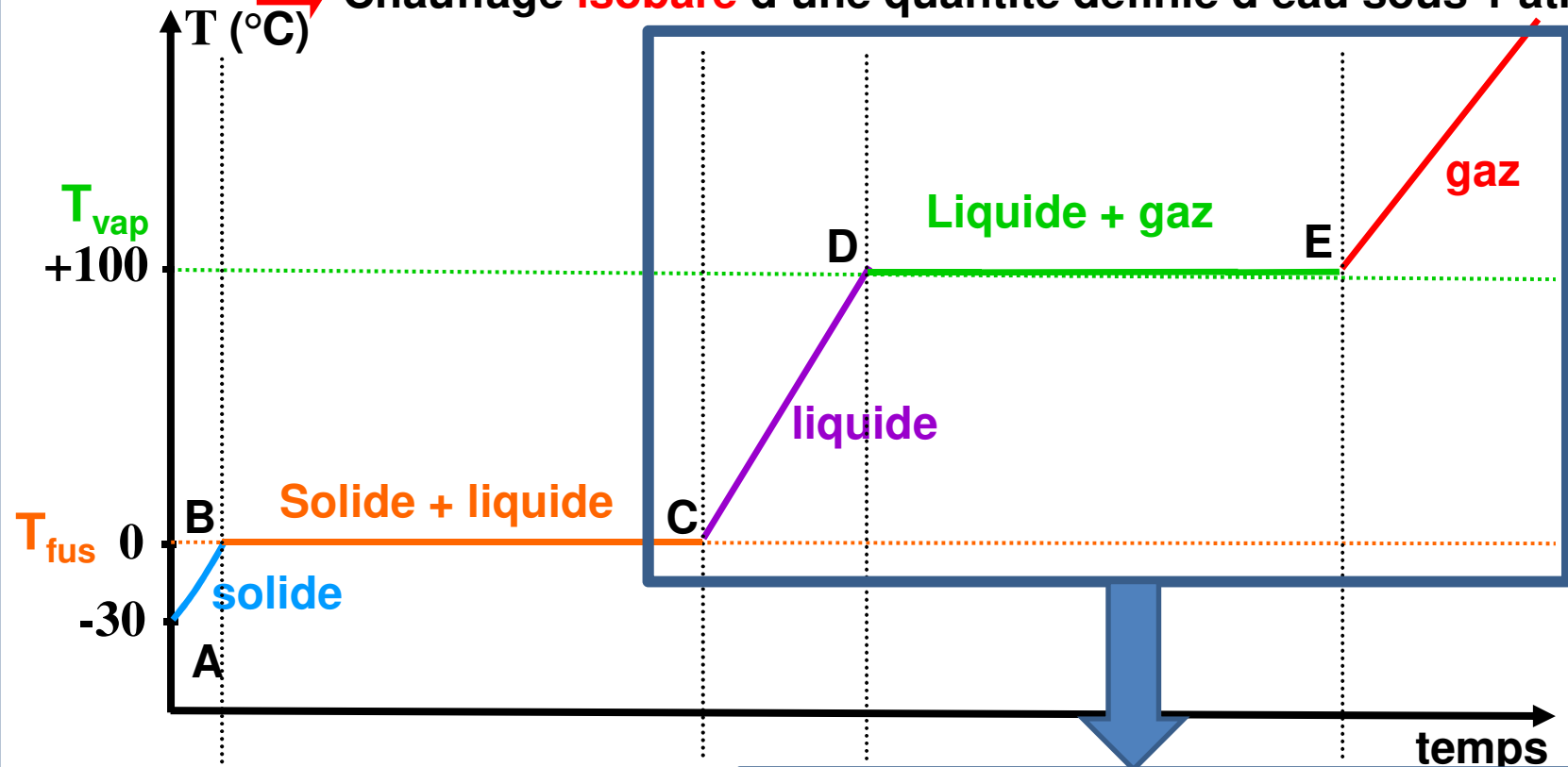


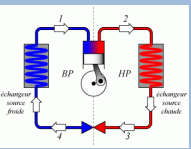
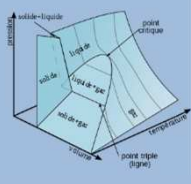
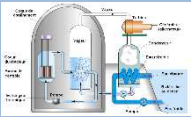
- ❖ T ne peut varier que si le système se trouve sous une seule phase
- ❖ $T = \text{constante}$ tant que 2 phases coexistent (équilibre)



Etude expérimentale : corps pur à **pression constante**

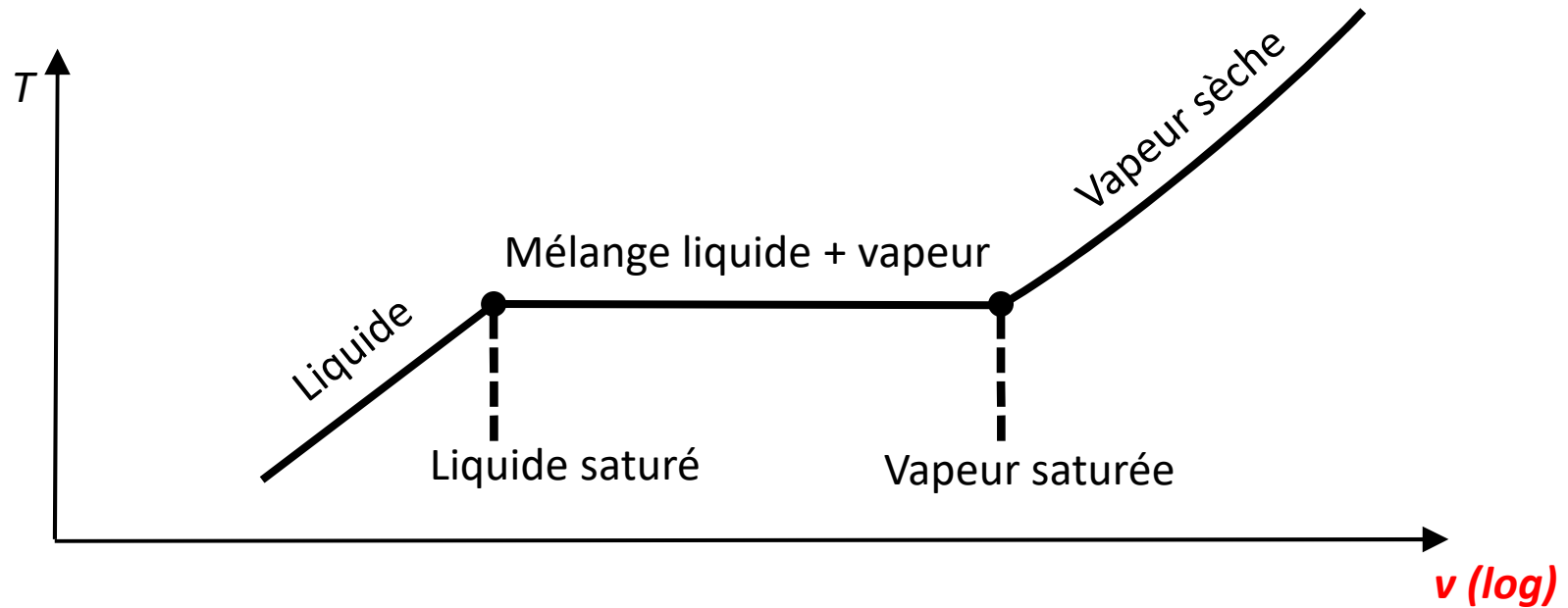
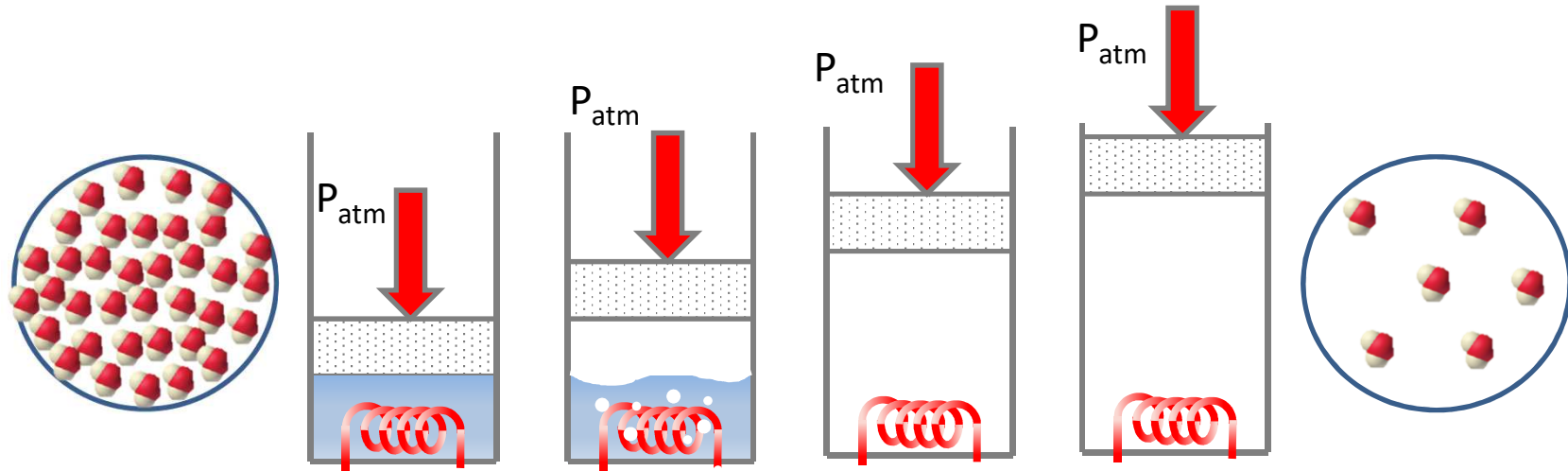
➔ Chauffage **isobare** d'une quantité définie d'eau sous 1 atm

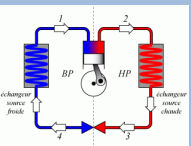
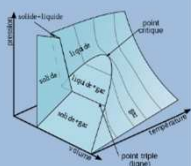
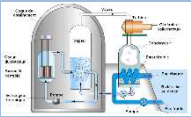




Etude expérimentale : corps pur à **pression constante**

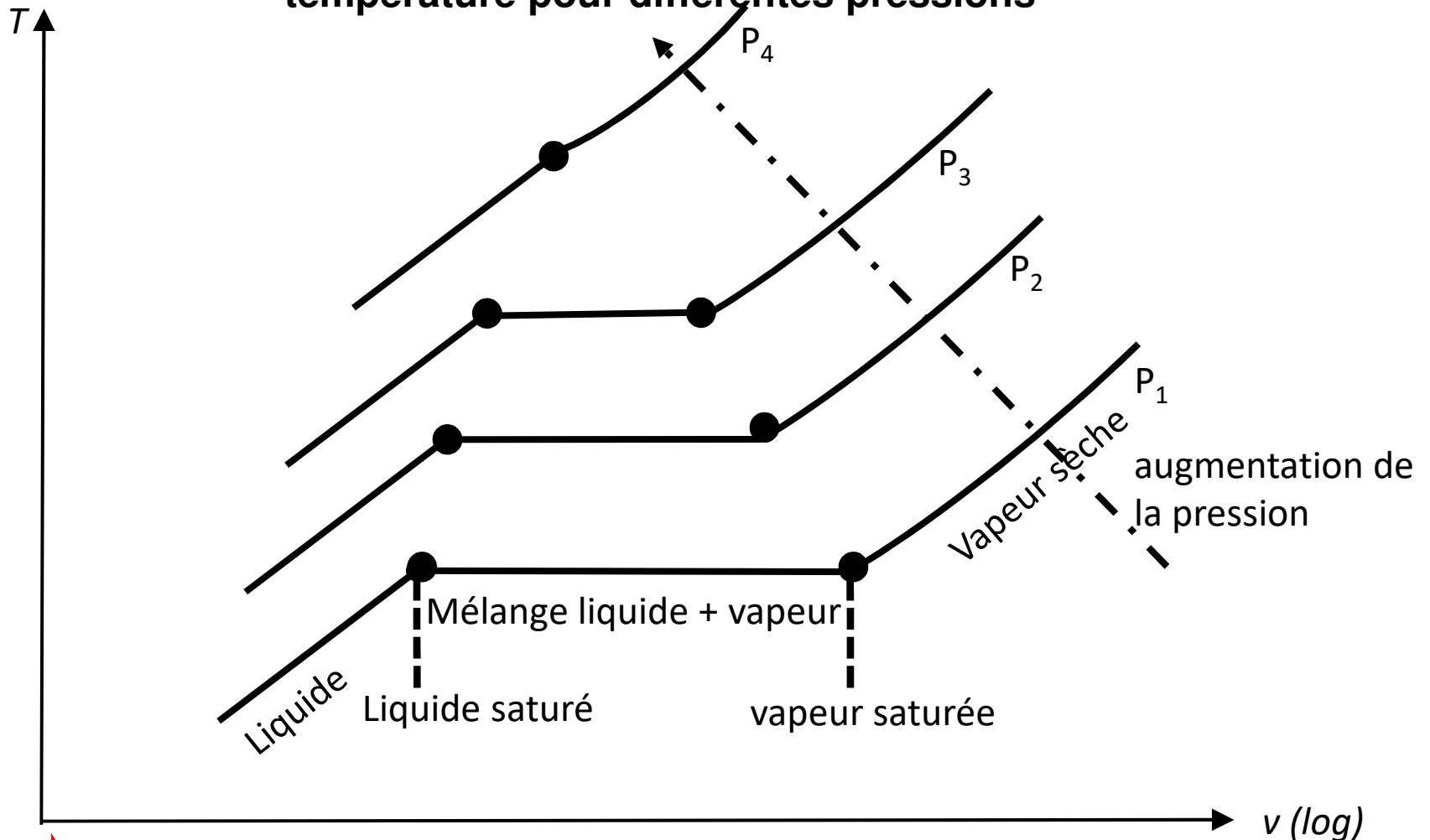
➔ Chauffage **isobare** d'une quantité définie d'eau sous 1 atm





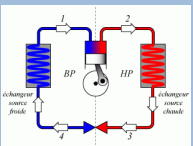
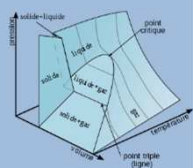
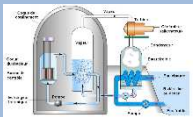
Etude expérimentale : corps pur à **pression constante**

➔ **Diagramme température-volume : évolution de la température pour différentes pressions**



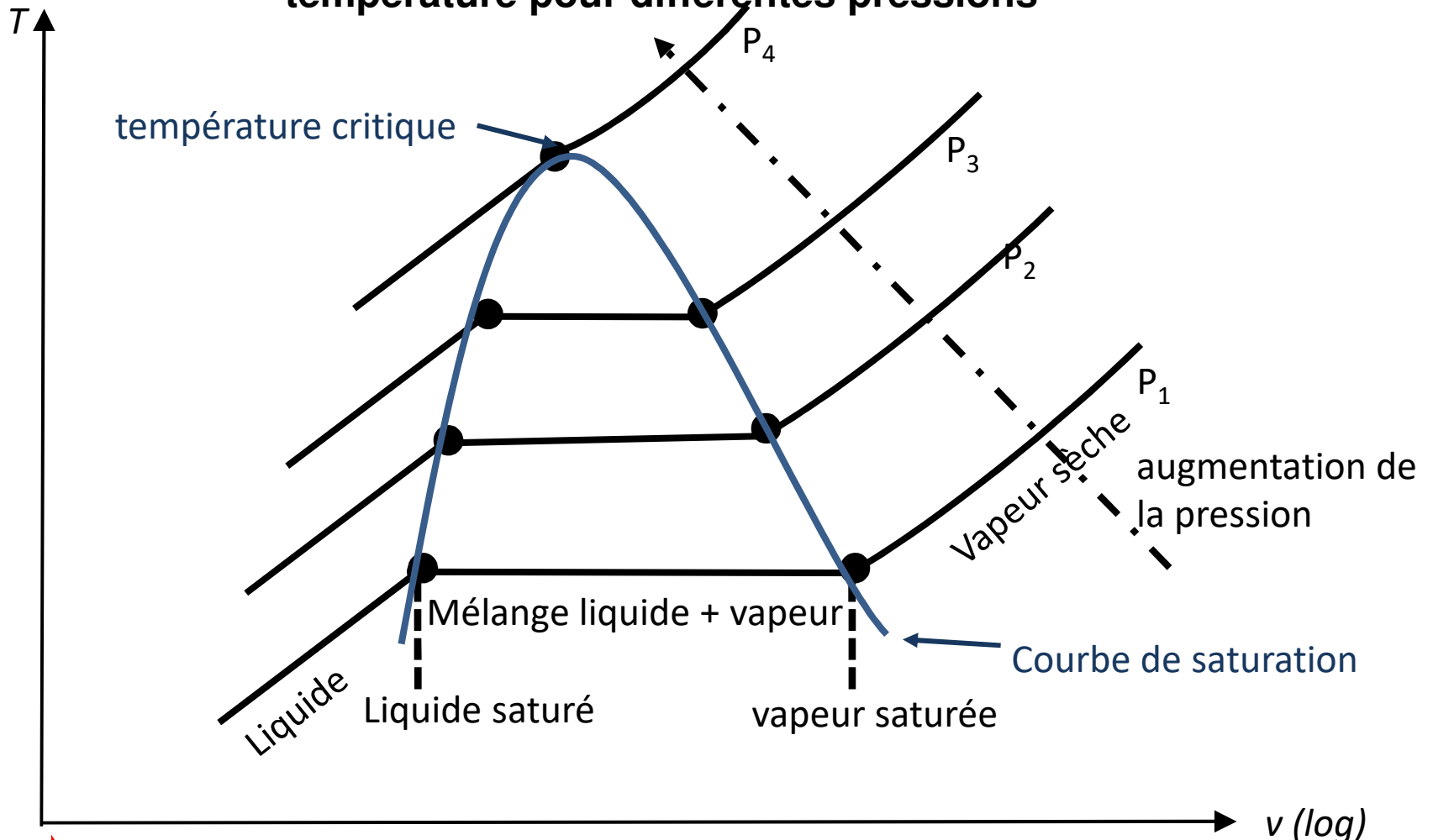
➔ Plus la pression est grande, plus la plage d'ébullition (mélange liquide-vapeur) est petite

➔ Plus la pression est grande, plus la température de changement de phase augmente



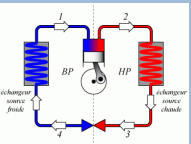
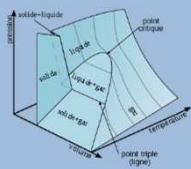
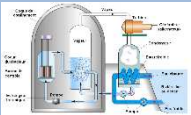
Etude expérimentale : corps pur à **pression constante**

➔ **Diagramme température-volume : évolution de la température pour différentes pressions**



➔ Plus la pression est grande, plus la plage d'ébullition (mélange liquide-vapeur) est petite

➔ Plus la pression est grande, plus la température de changement de phase augmente

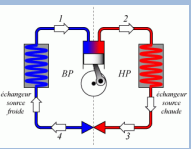
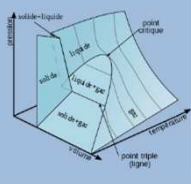
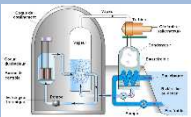


Etude expérimentale : corps pur à **température constante**

➔ Compression **isotherme** d'une mole de CO_2 à $\theta = 0^\circ\text{C}$

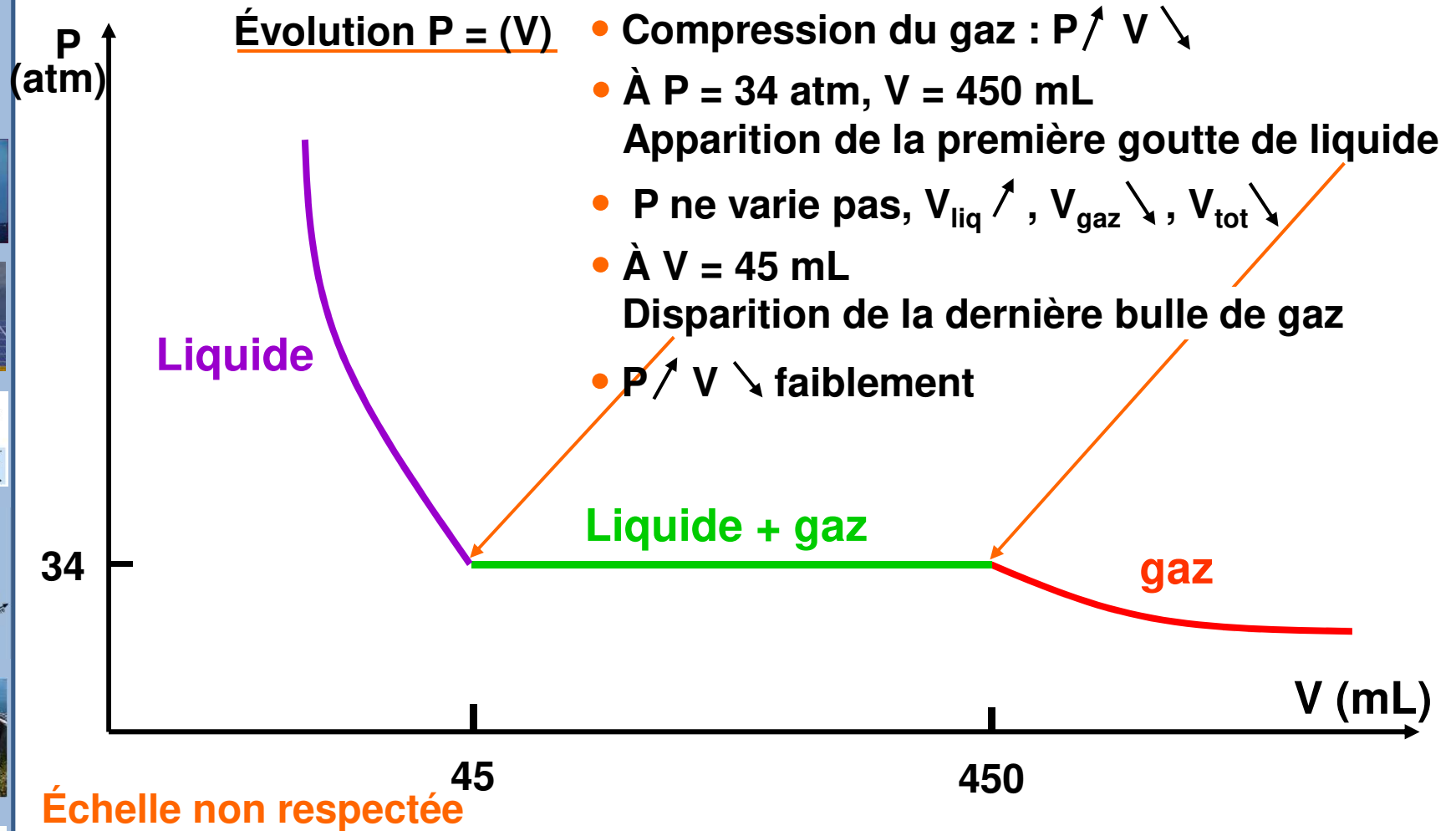
P
(atm)

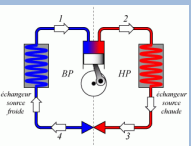
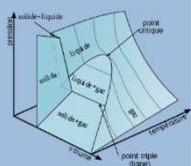
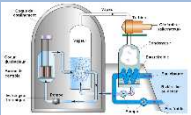
V (mL)



Etude expérimentale : corps pur à **température constante**

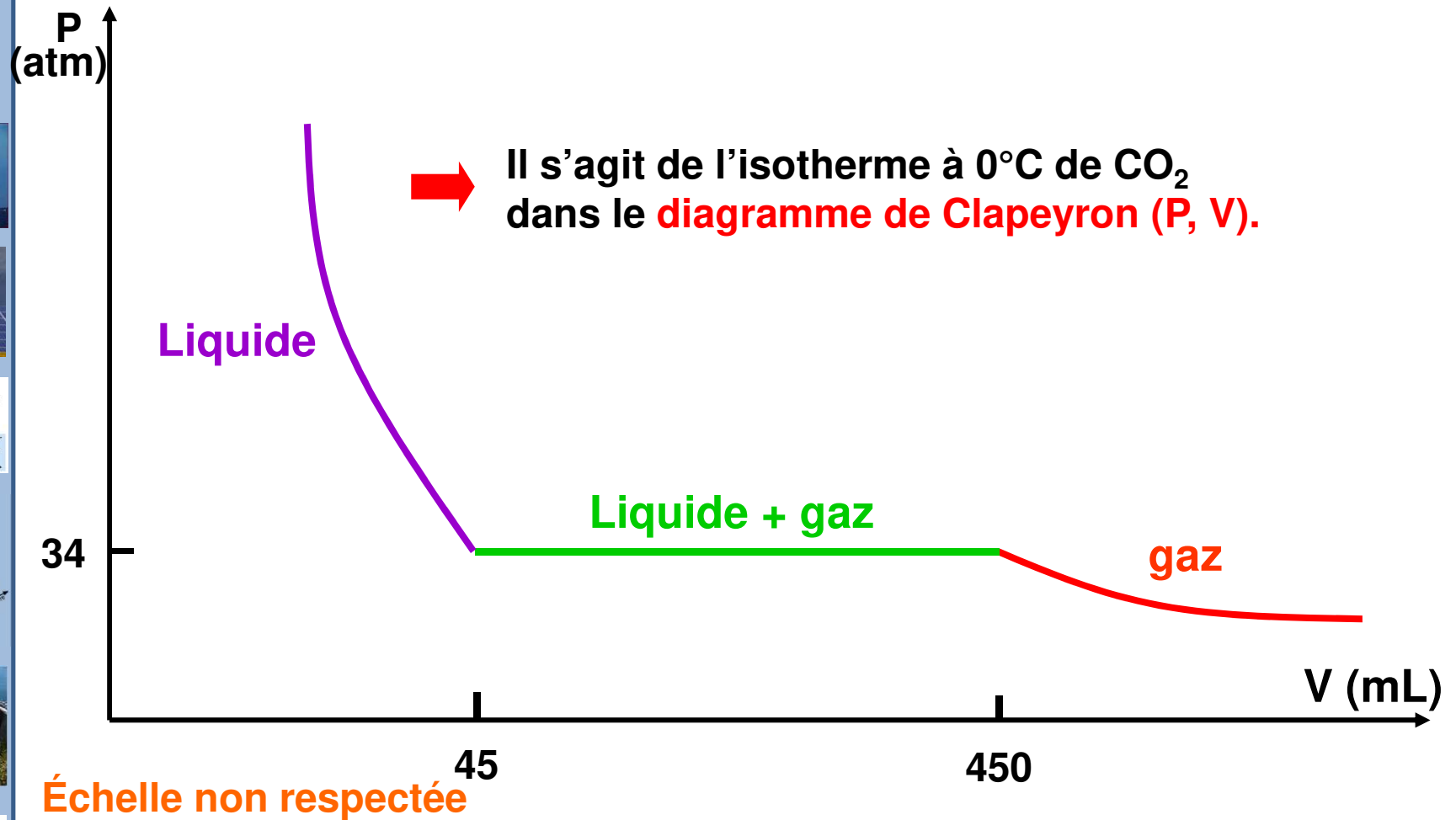
➔ Compression **isotherme** d'une mole de CO_2 à $\theta = 0^\circ\text{C}$

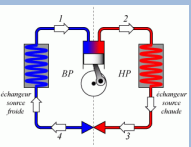
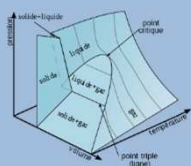
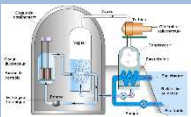




Etude expérimentale : corps pur à **température constante**

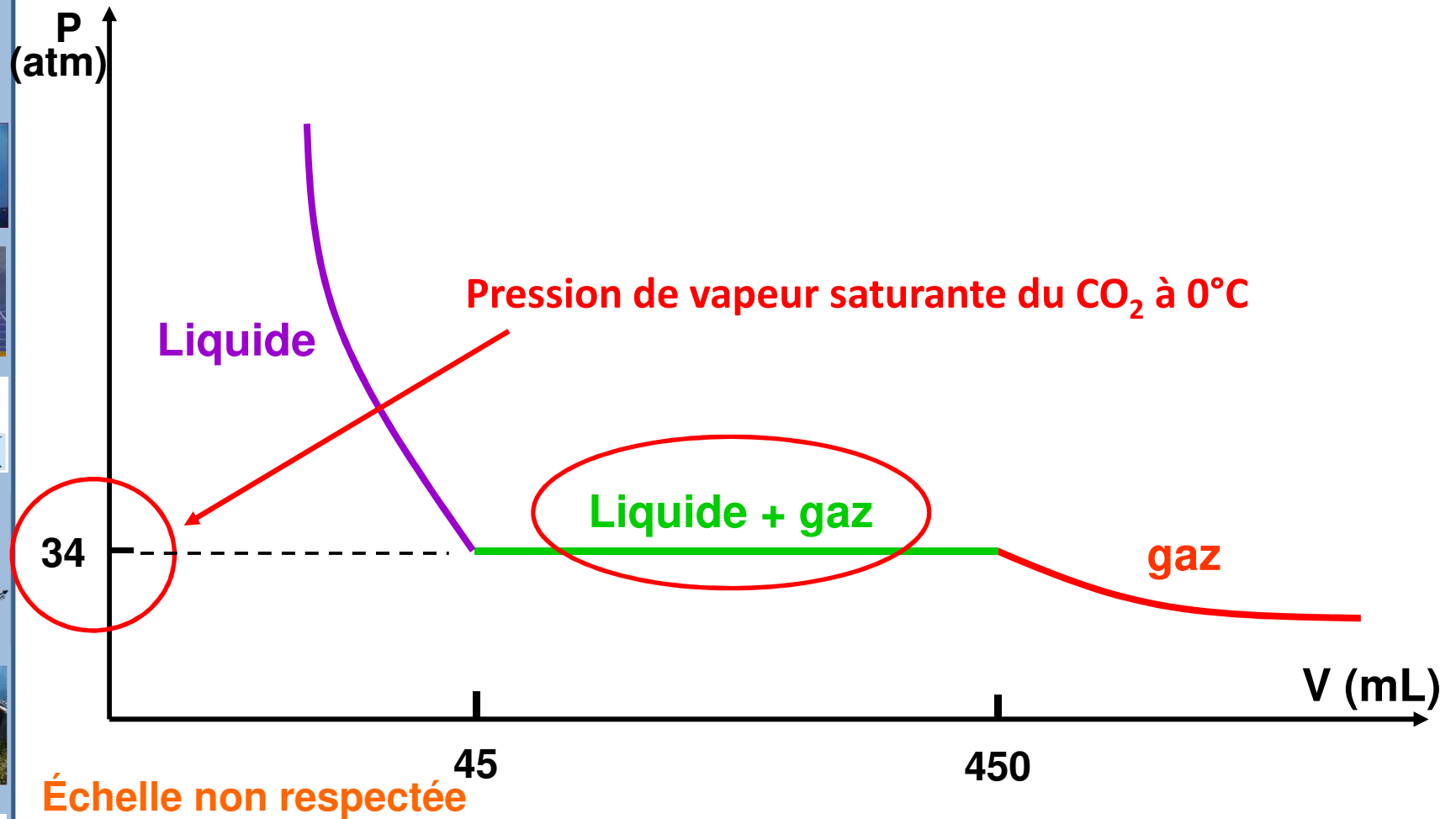
➔ Compression **isotherme** d'une mole de CO_2 à $\theta = 0^\circ\text{C}$

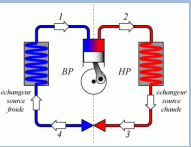
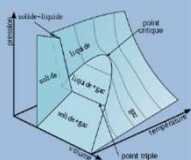
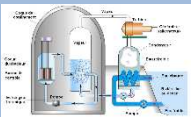




Etude expérimentale : corps pur à **température constante**

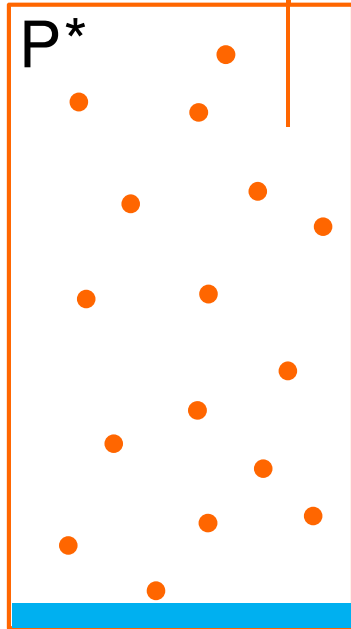
➔ Compression isotherme d'une mole de CO_2 à $\theta = 0^\circ\text{C}$





Pression de vapeur saturante

Expérience à **T = constante** : ajouts de liquide
Volume total constant (grand par rapport à la
quantité ajoutée)



Le liquide se vaporise : P ↗

jusqu'à ce que $P_{\text{gaz}} = P_{\text{gaz}}^*$ → Pression de
vapeur
saturante

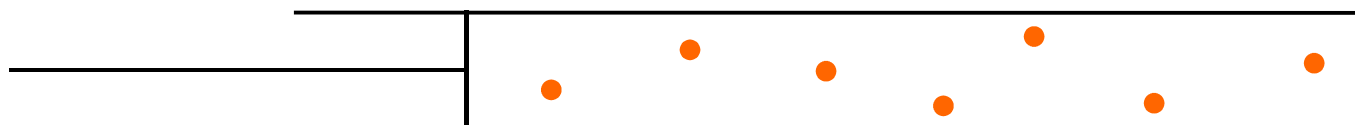
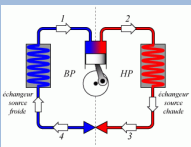
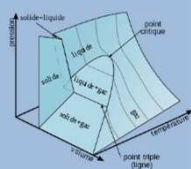
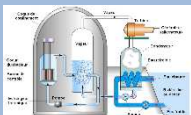
→ apparition de la première goutte de
liquide dans l'enceinte

Ensuite $P_{\text{gaz}} = \text{cte} = P_{\text{gaz}}^*$, $V_{\text{liq}} \nearrow$

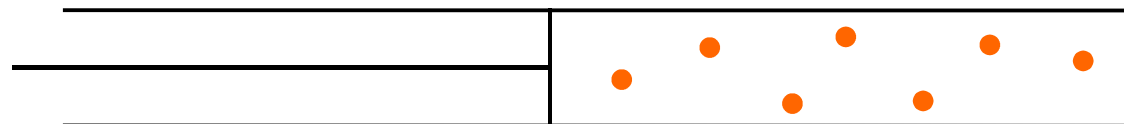
$$P_{\text{gaz}} \leq P_{\text{gaz}}^*$$

$$P_{\text{gaz}}^* = f(T)$$

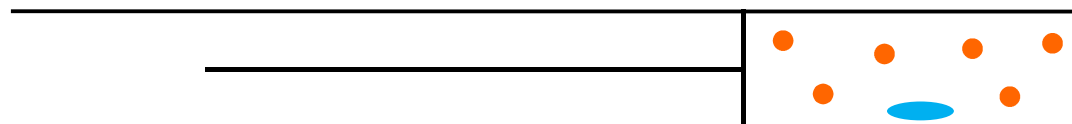
- Si $P_{\text{gaz}} < P_{\text{gaz}}^*$ → vapeur sèche : système = gaz
- Si $P_{\text{gaz}} = P_{\text{gaz}}^*$ → vapeur saturante : équilibre liquide / gaz
↔ S'il y a du liquide, alors $P_{\text{gaz}} = P_{\text{gaz}}^*$



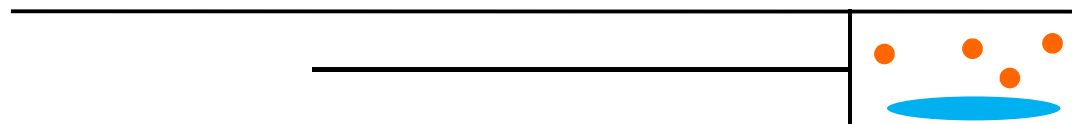
$$P_1$$



$$P_2 > P_1$$



$$P_3 = P_{vs}$$



$$P_4 = P_{vs}$$

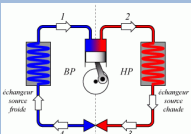
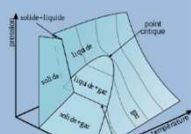
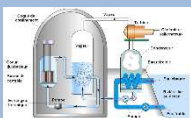
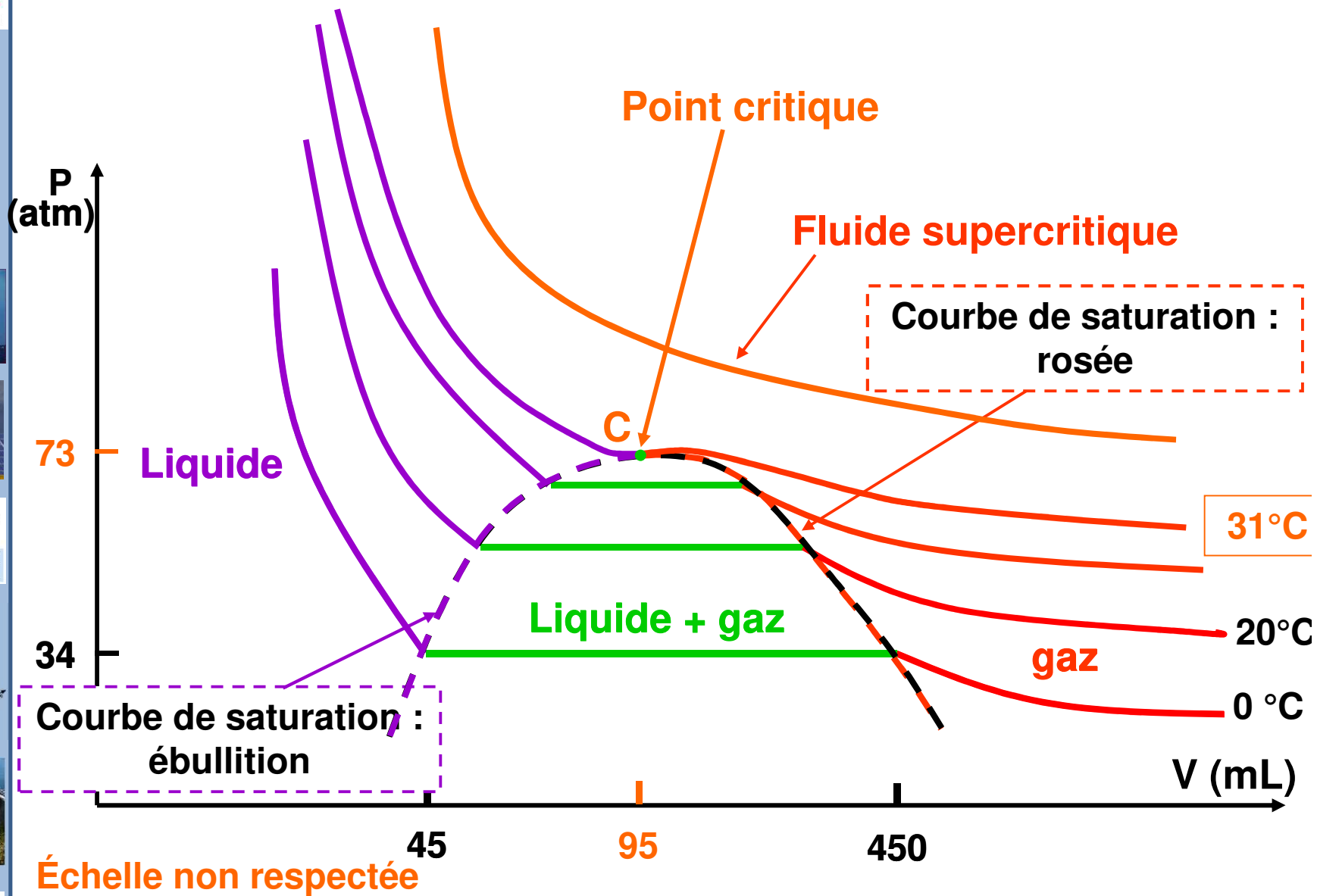


Diagramme de Clapeyron de CO_2



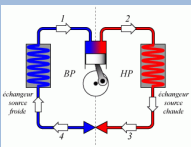
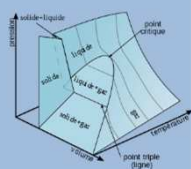
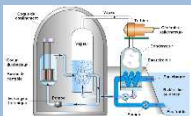
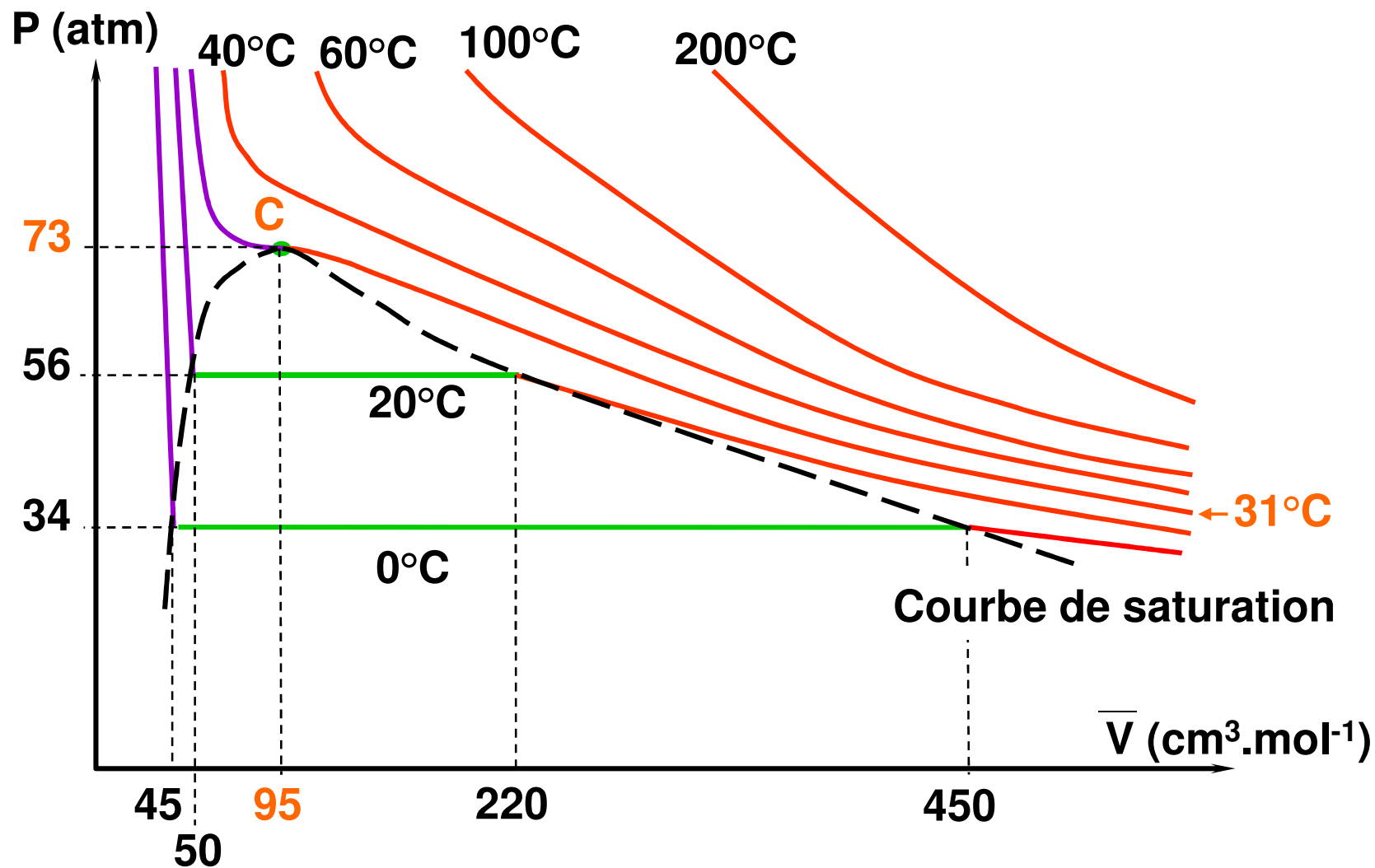


Diagramme de Clapeyron de CO_2



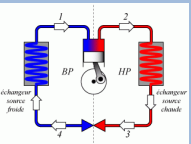
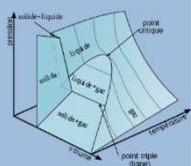
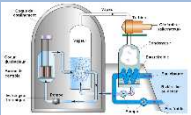
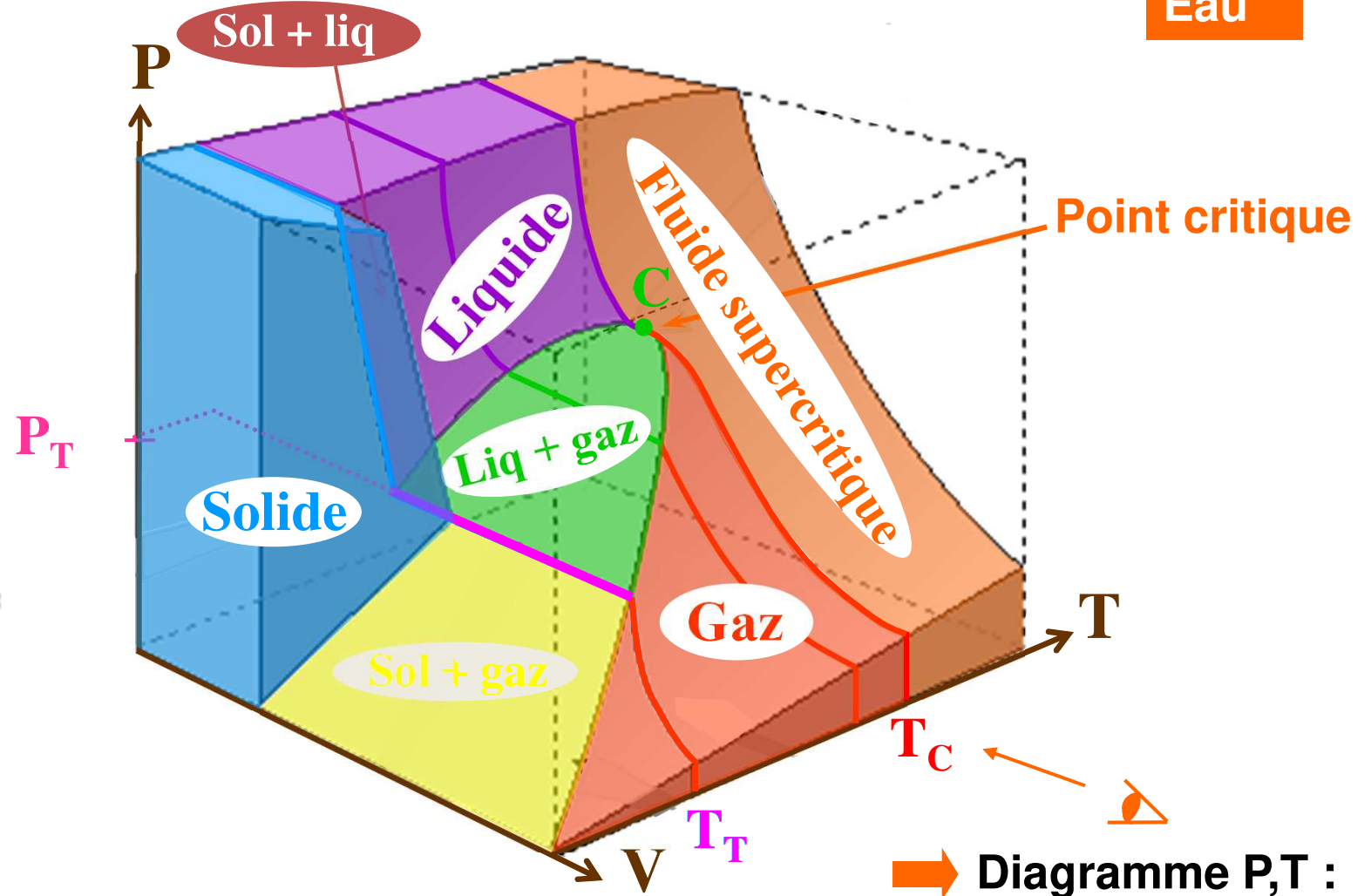


Diagramme P, V, T du corps pur

Eau



« Ligne » triple = coexistence des trois phases à T et P données → **Point triple**

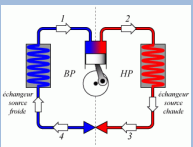
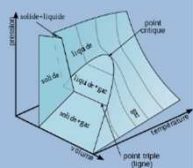
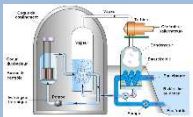


Diagramme P, V, T du corps pur

Eau

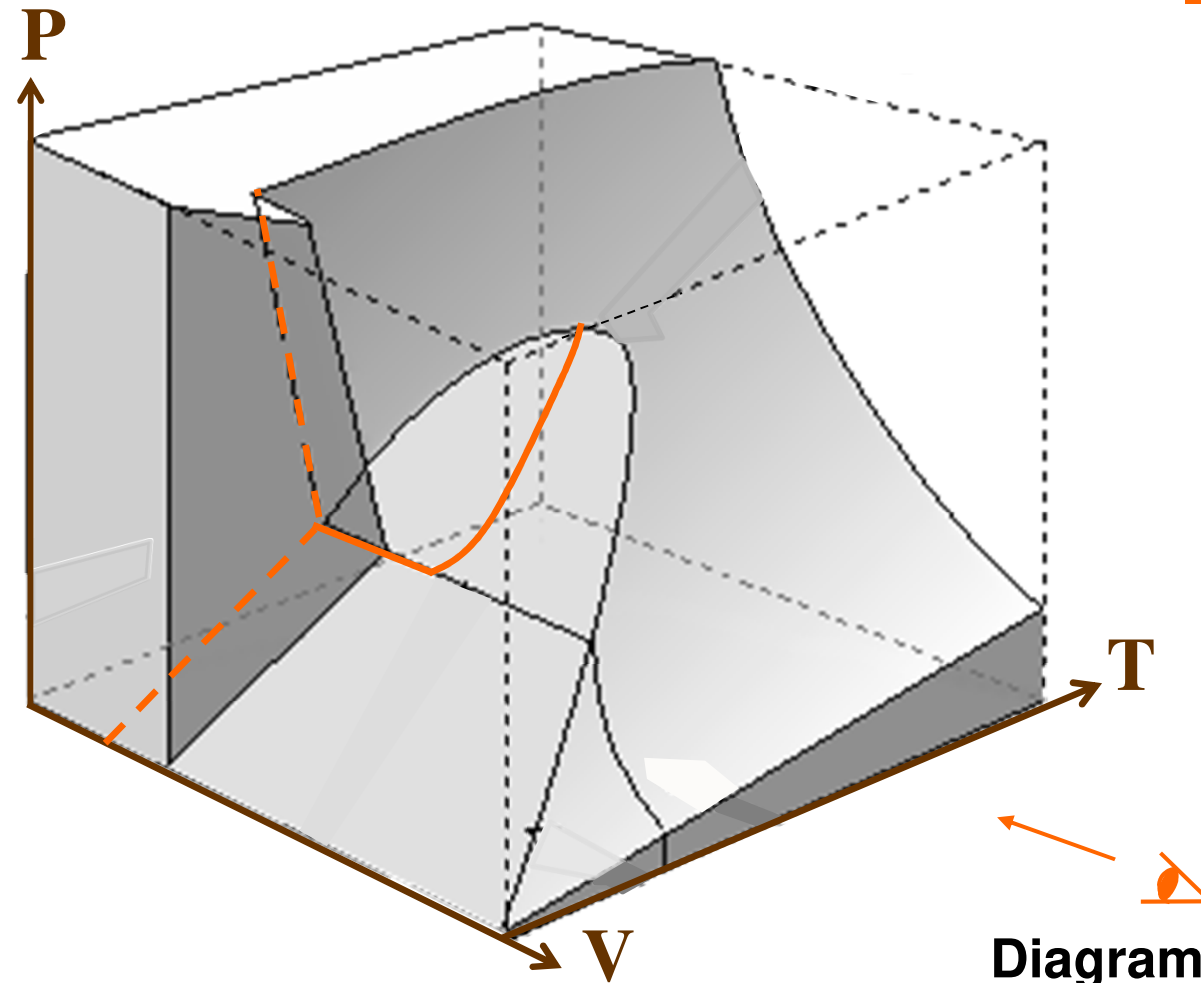


Diagramme P,T :

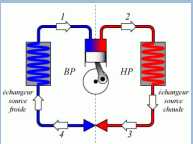
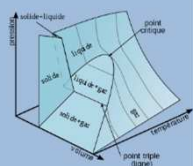
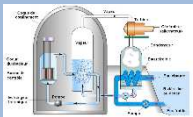
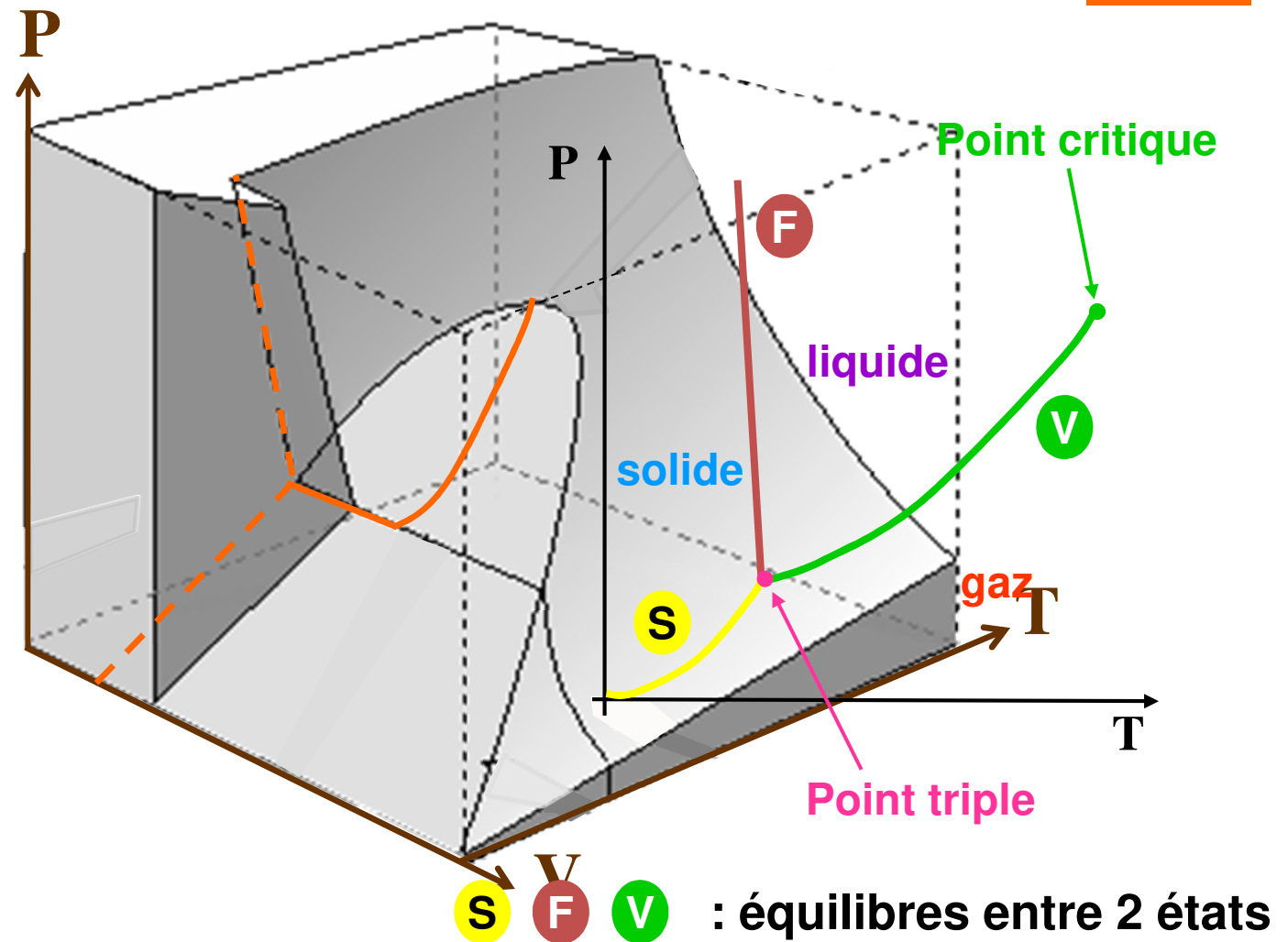
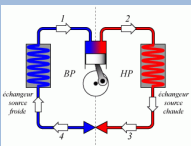
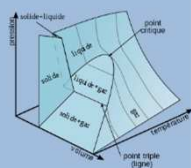
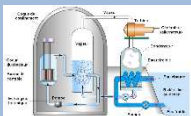


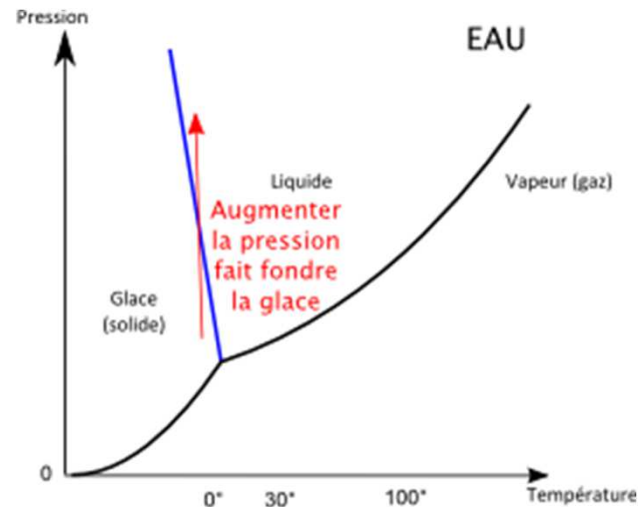
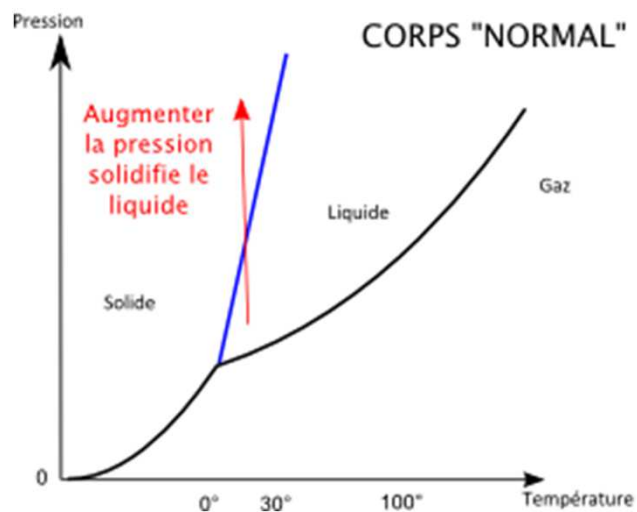
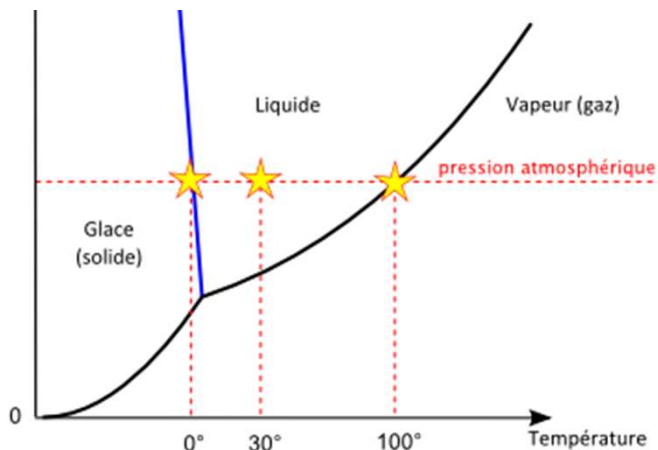
Diagramme P, V, T du corps pur

Eau

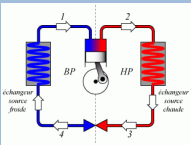
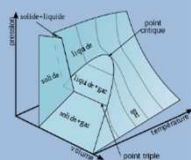
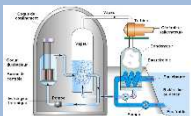




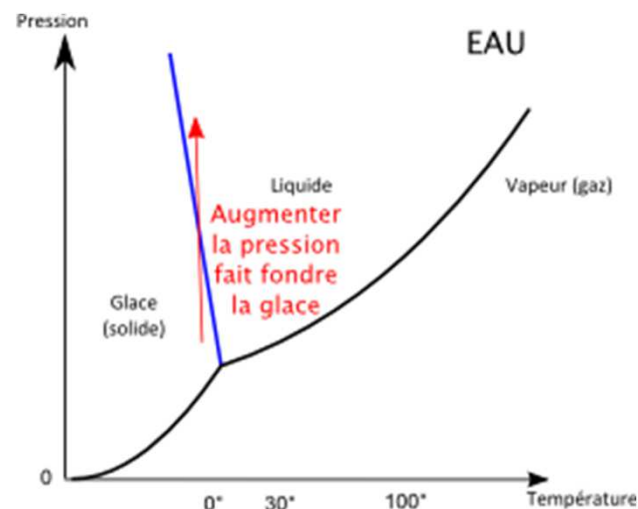
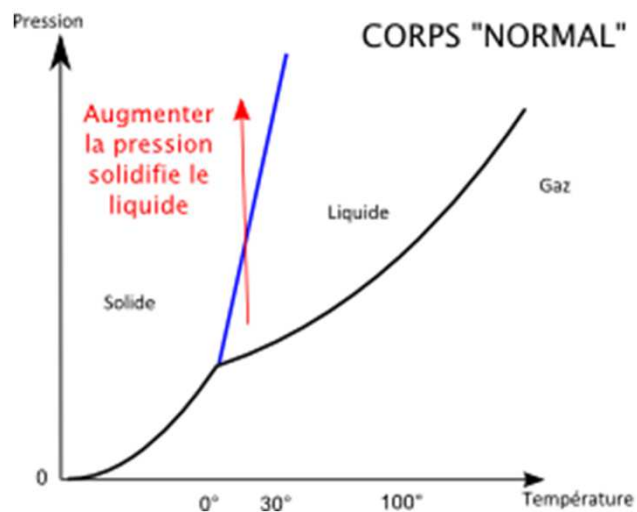
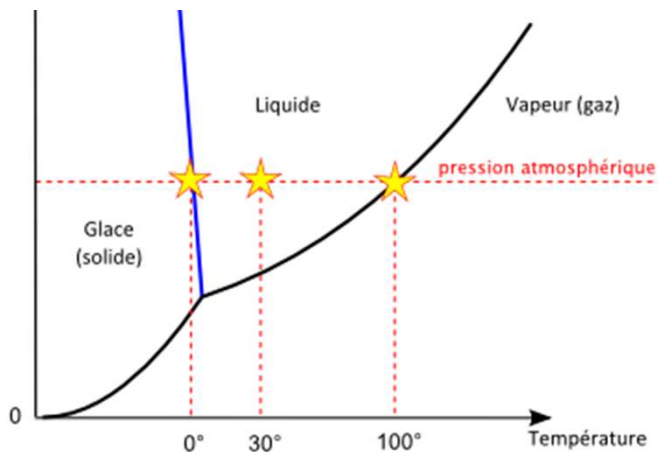
Courbe de fusion



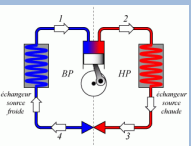
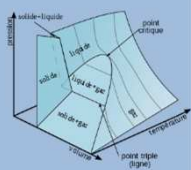
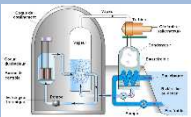
Source : <https://sciencetonnante.wordpress.com/2011/02/14/skier-sur-du-gallium/>



Courbe de fusion



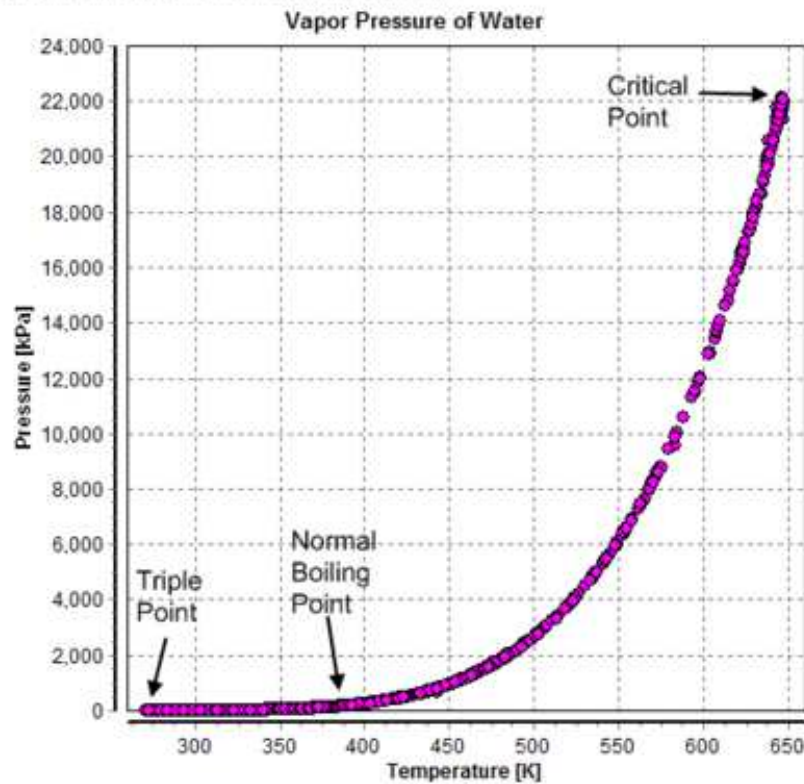
Source : <https://sciencetonnante.wordpress.com/2011/02/14/skier-sur-du-gallium/>

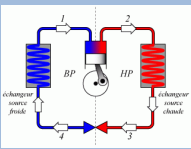
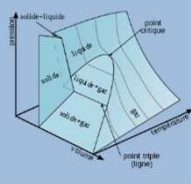
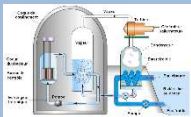


Courbe de vaporisation

Pression de vapeur saturante en fonction de la température

Experimental data taken from Dortmund Data Bank

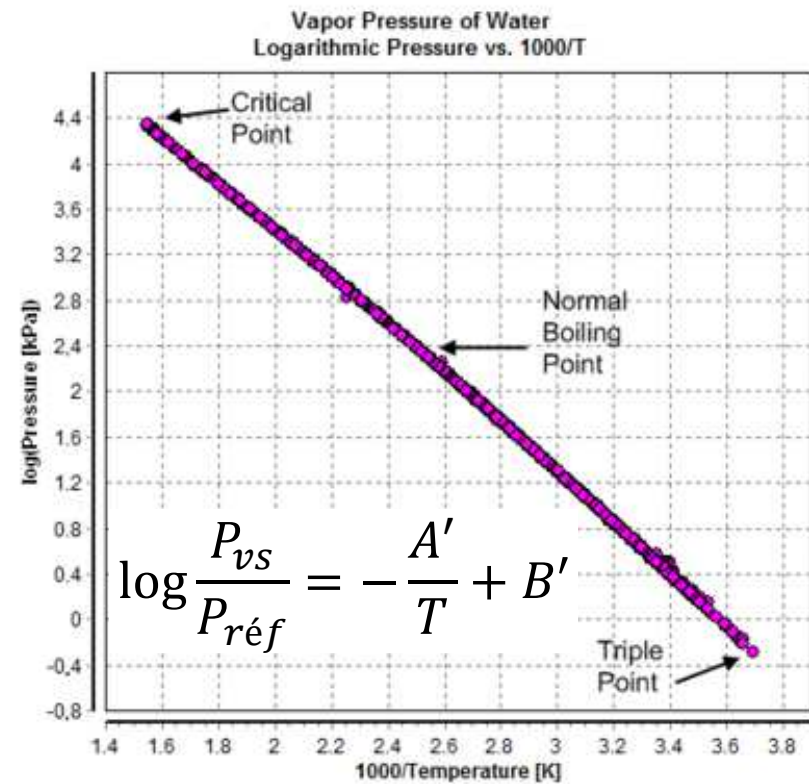
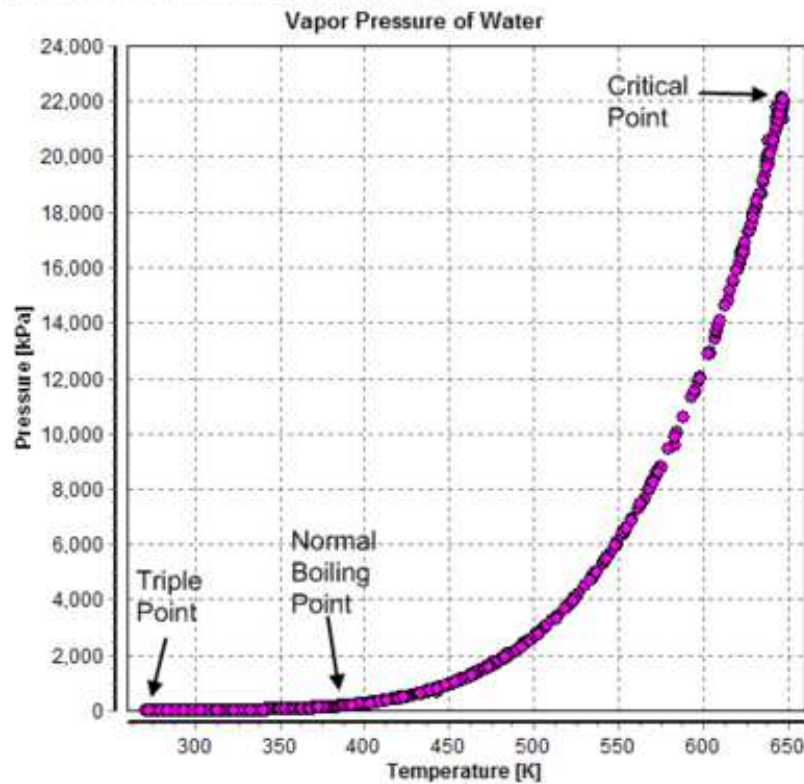


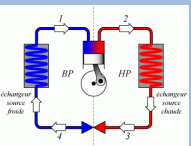
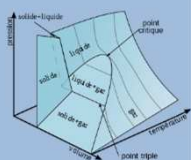
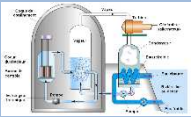


Courbe de vaporisation

Pression de vapeur saturante en fonction de la température

Experimental data taken from Dortmund Data Bank

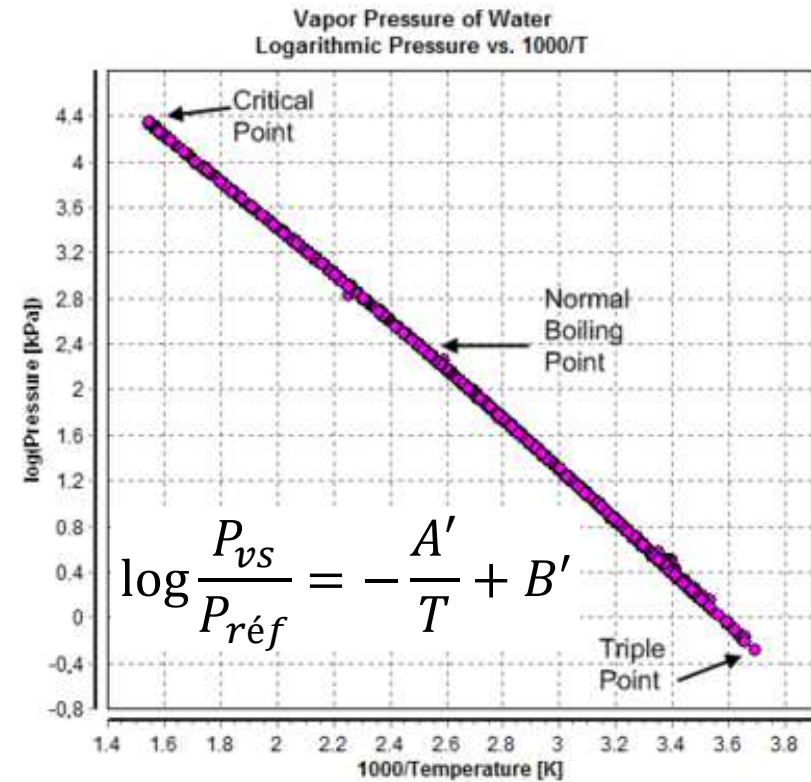
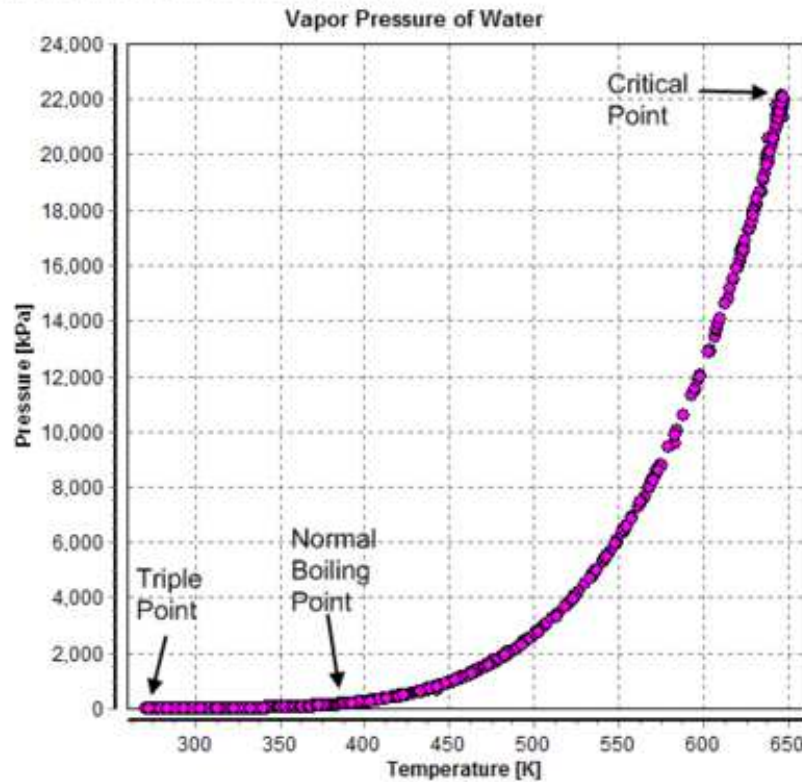




Courbe de vaporisation

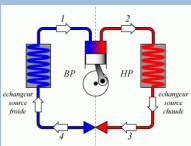
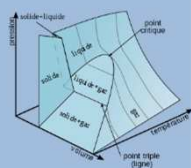
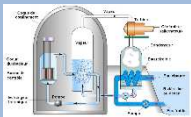
Pression de vapeur saturante en fonction de la température

Experimental data taken from Dortmund Data Bank



$$\ln \frac{P_{vs}}{P_{réf}} = -\frac{A}{T} + B$$

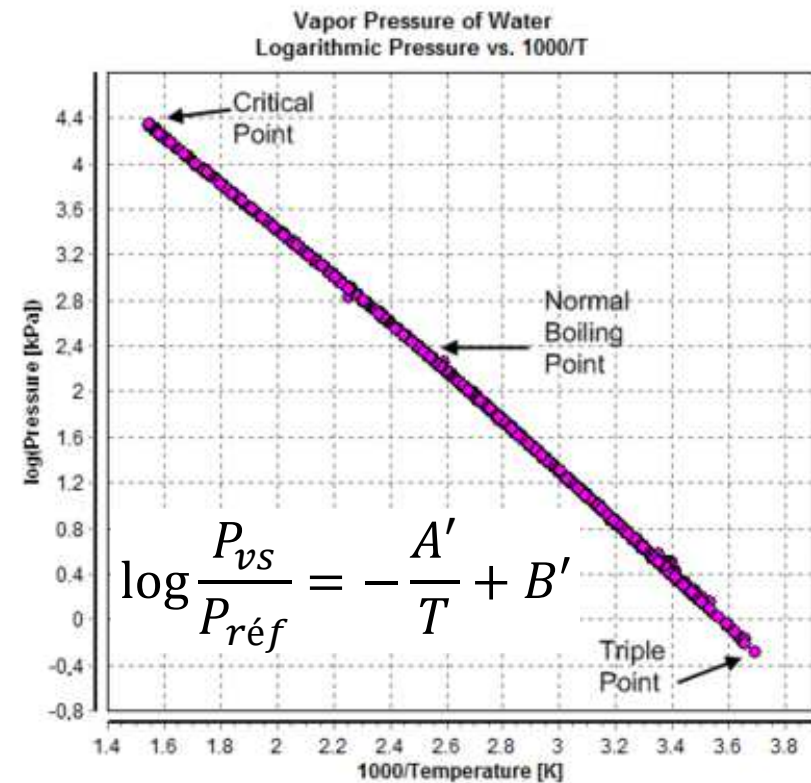
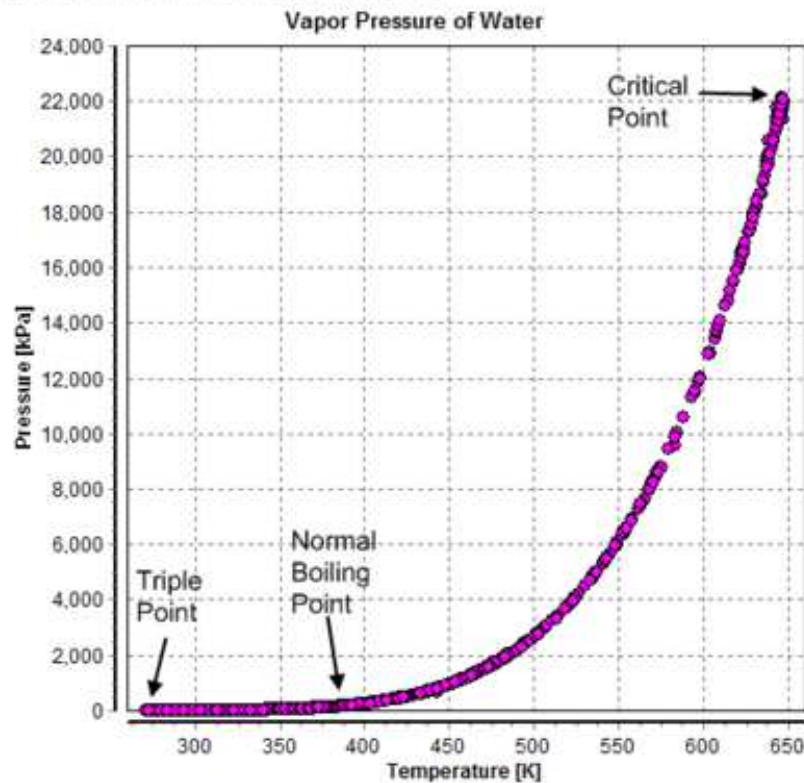
$$A = \frac{L_{vap}}{R}$$



Courbe de vaporisation

Pression de vapeur saturante en fonction de la température

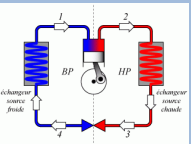
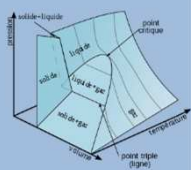
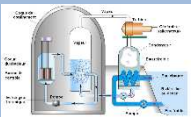
Experimental data taken from Dortmund Data Bank



$$\ln \frac{P_{vs}}{P_{réf}} = -\frac{A}{T} + B$$

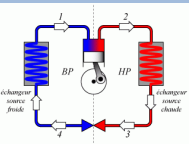
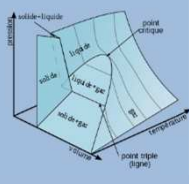
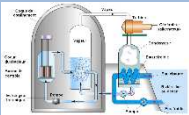
$$A = \frac{L_{vap}}{R}$$

démontré plus tard



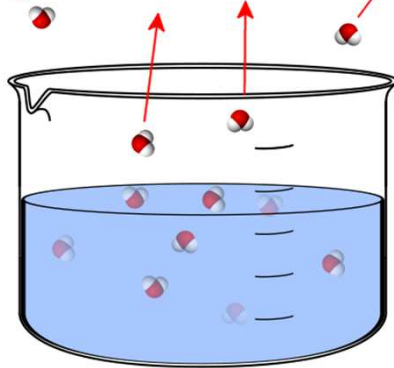
Cas des mélanges de gaz

Vapeur humide, humidité relative



Humidité relative

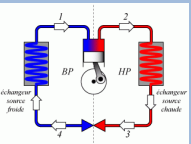
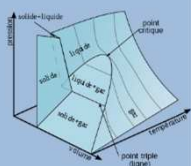
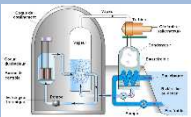
L'évaporation de l'eau s'effectue à toutes les températures supérieures au point triple (comme cela a été vu sur les diagrammes précédents) :



évaporation de l'eau à température ambiante en
milieu ouvert

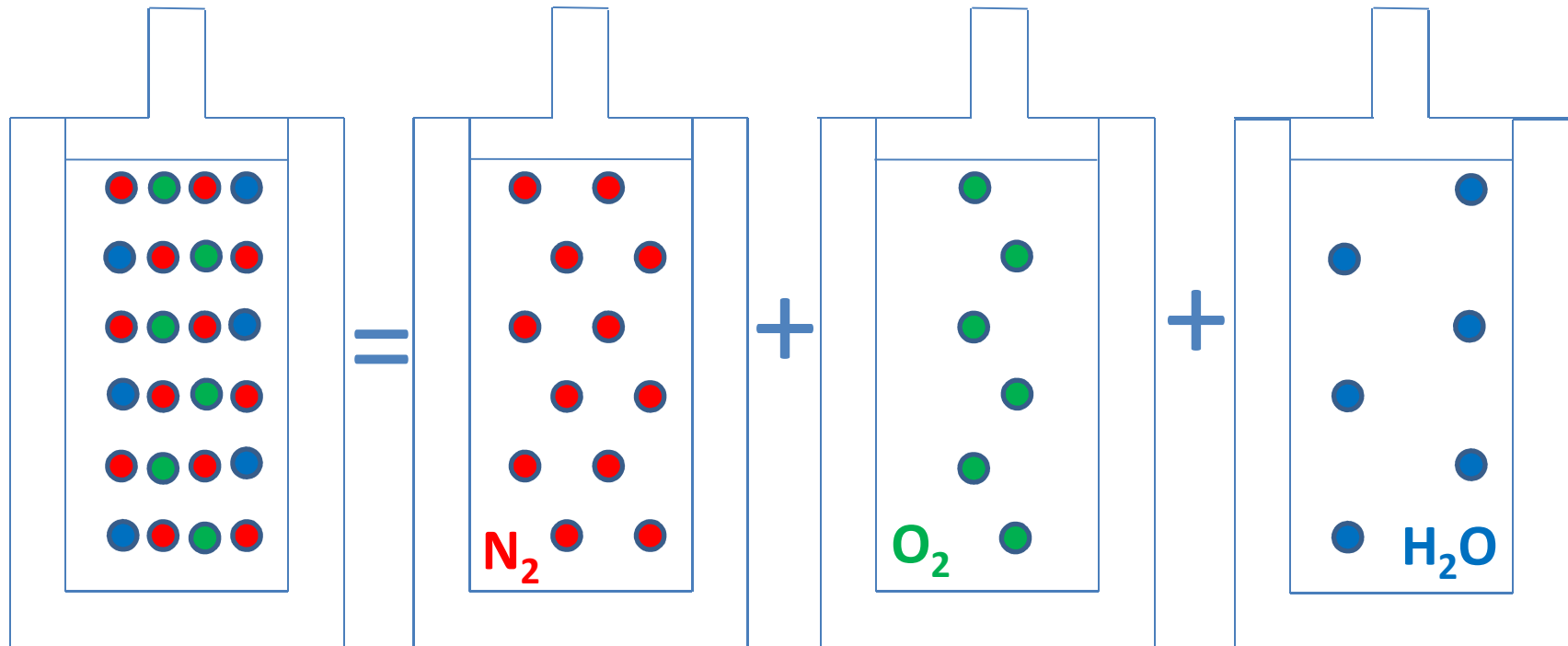
→ au bout d'un certain temps l'ensemble de
l'eau sera évaporé dans l'air





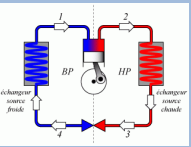
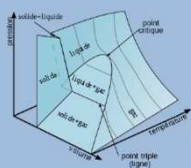
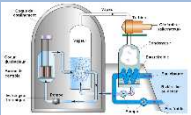
Humidité relative

Température ambiante T_{amb}



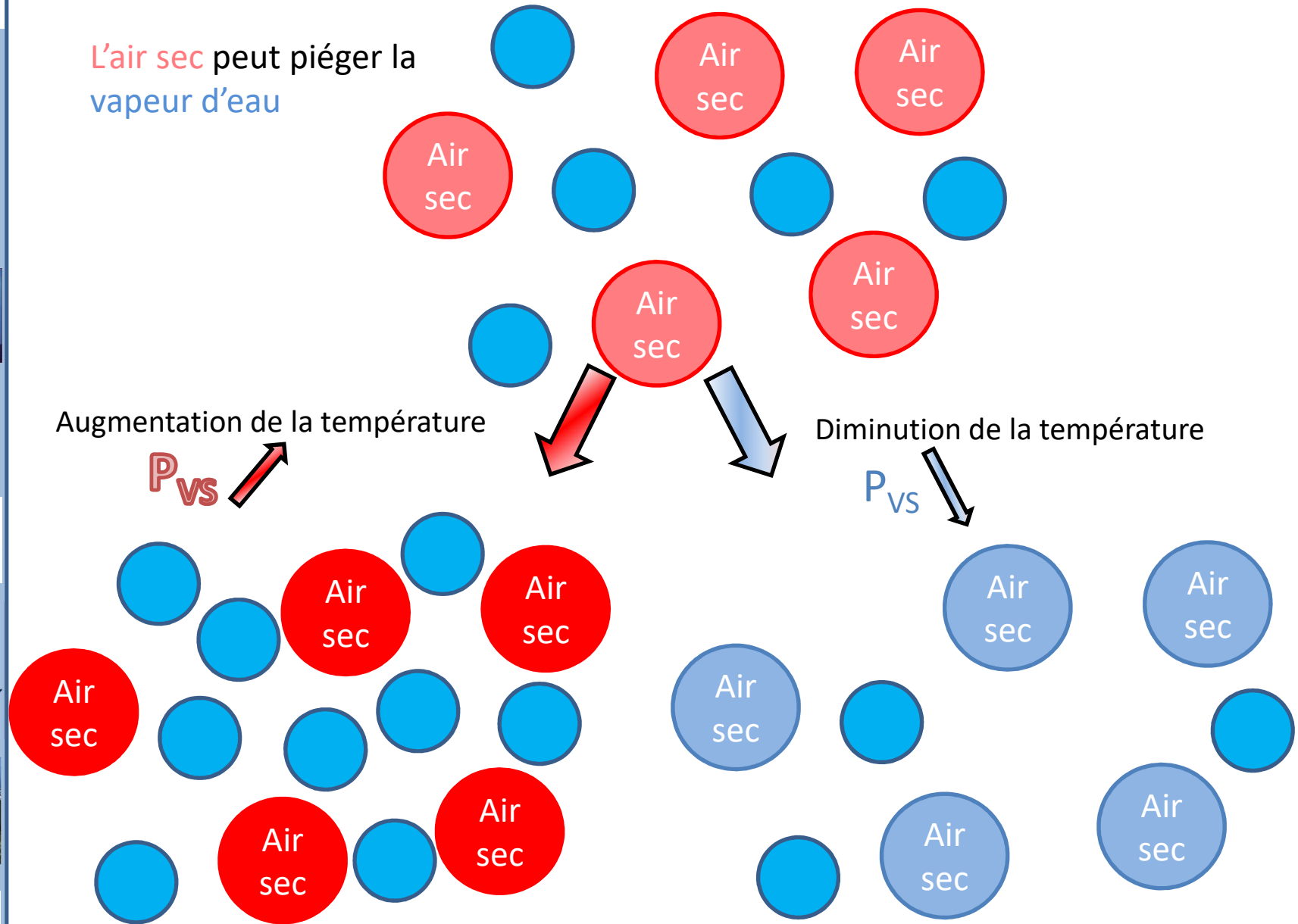
Vapeur sèche

$$HR(T_{amb}) = \frac{P_{H_2O}}{P_{vs,H_2O}(T_{amb})} \times 100$$



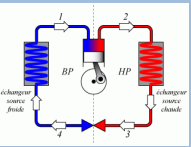
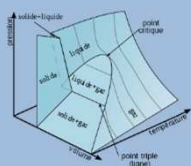
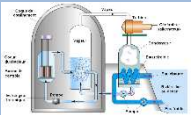
Humidité relative et pression de vapeur saturante

L'air sec peut piéger la
vapeur d'eau



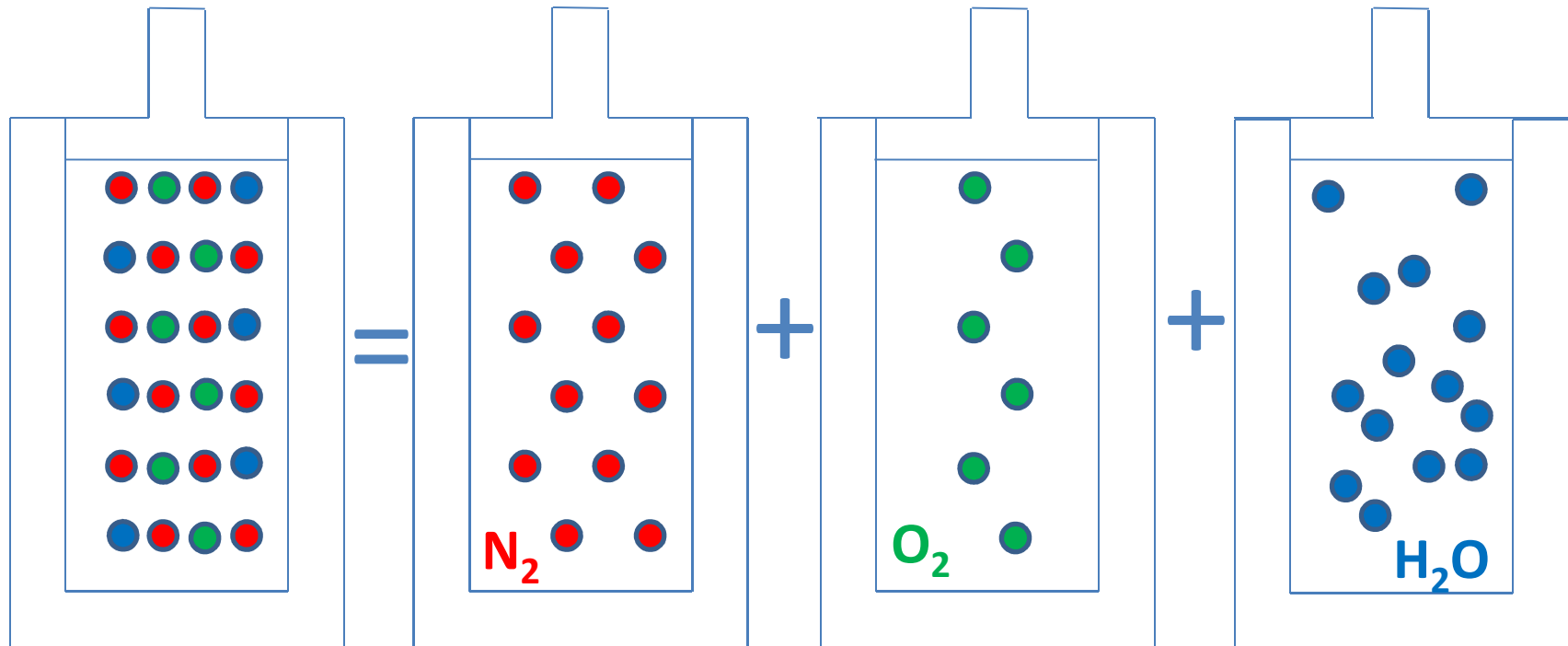
L'air sec chaud peut piéger **plus** de
vapeur d'eau

L'air sec froid peut piéger **moins** de vapeur
d'eau



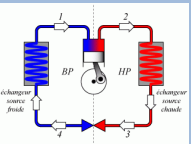
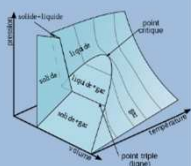
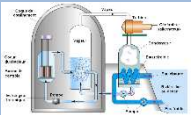
Humidité relative

Température ambiante T_{amb}



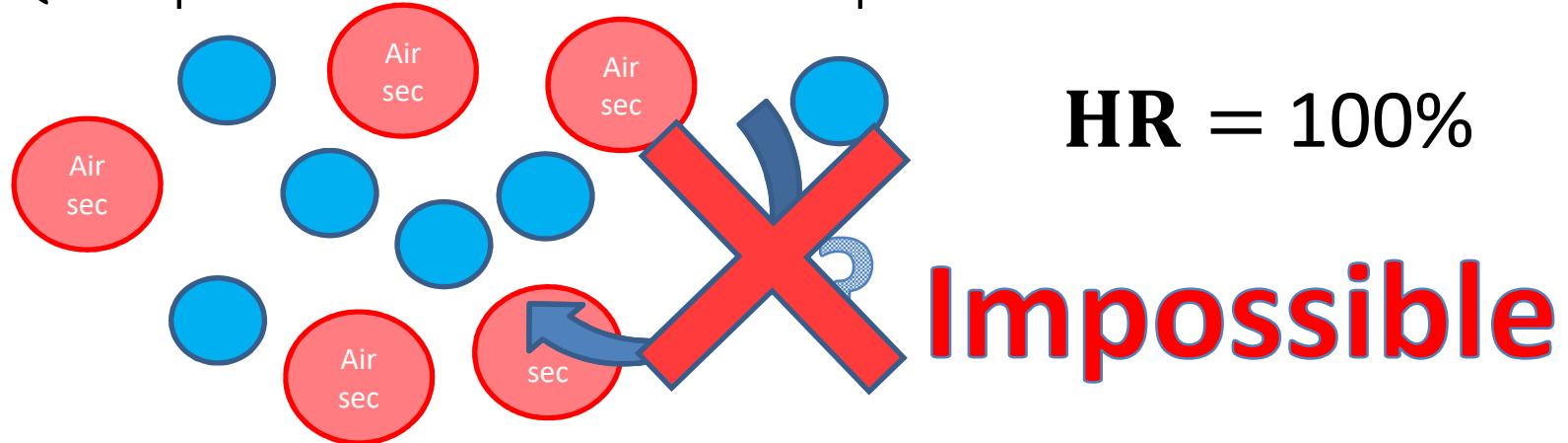
Ajout d'eau vapeur : P_{H_2O} augmente

➔ $HR(T_{amb}) = 100\%$



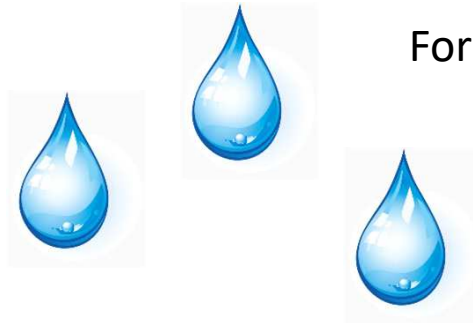
Humidité relative

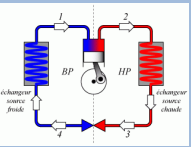
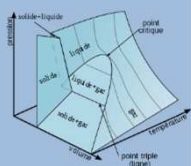
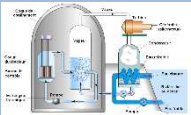
Que se passe-t-il si on introduit de la vapeur d'eau dans l'air saturé?



$$HR = 100\%$$

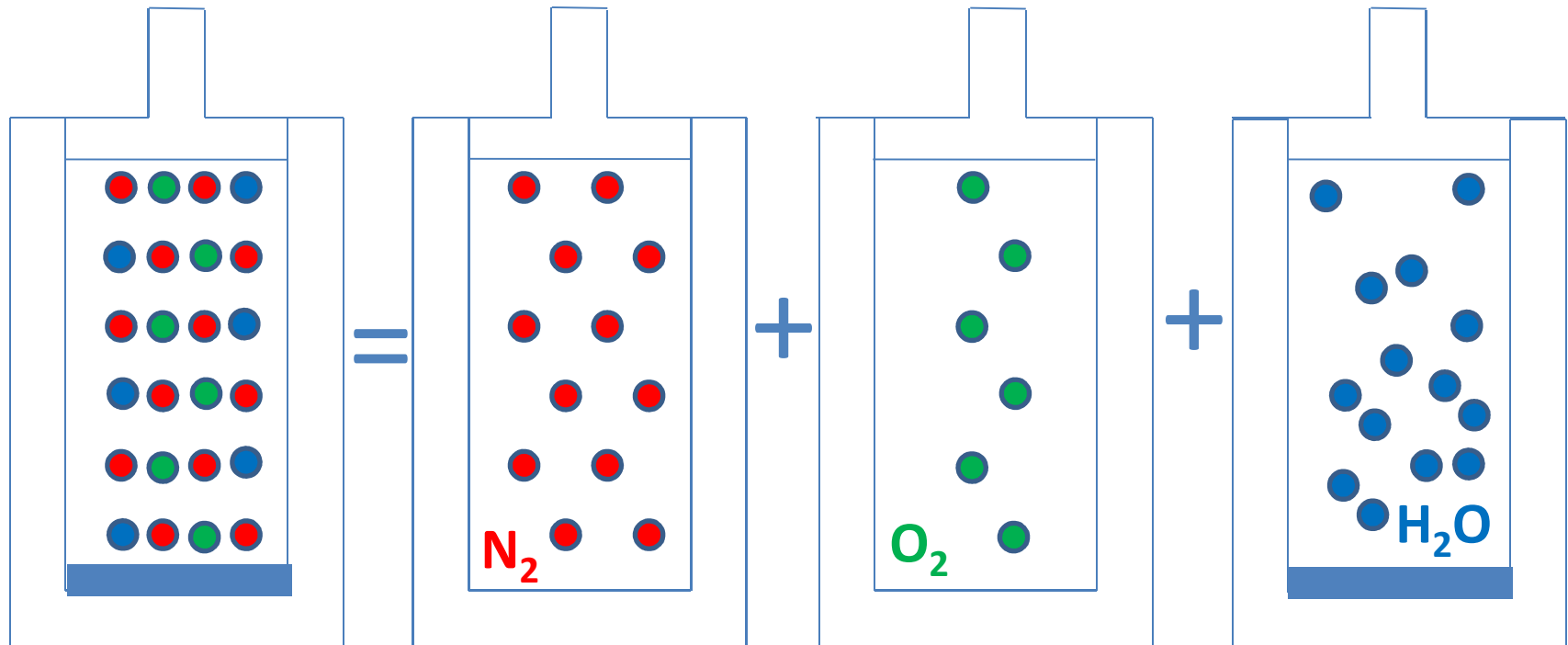
Formation de gouttelettes d'eau





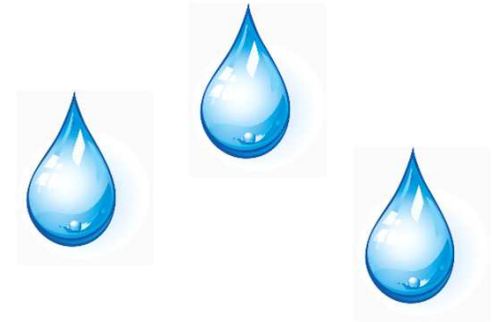
Humidité relative

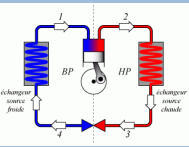
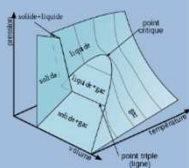
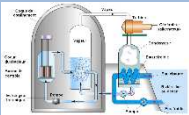
Température ambiante T_{amb}



Ajout d'eau vapeur : P_{H_2O} augmente

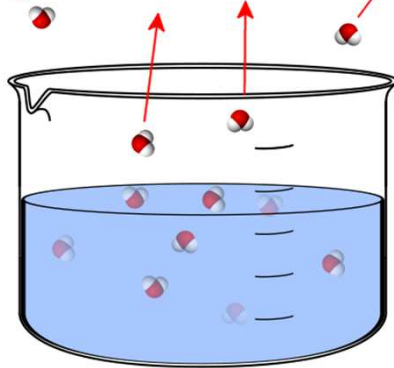
➔ $HR(T_{amb}) = 100\%$





Humidité relative

L'évaporation de l'eau s'effectue à toutes les températures comme cela a été vu sur les diagrammes précédents :



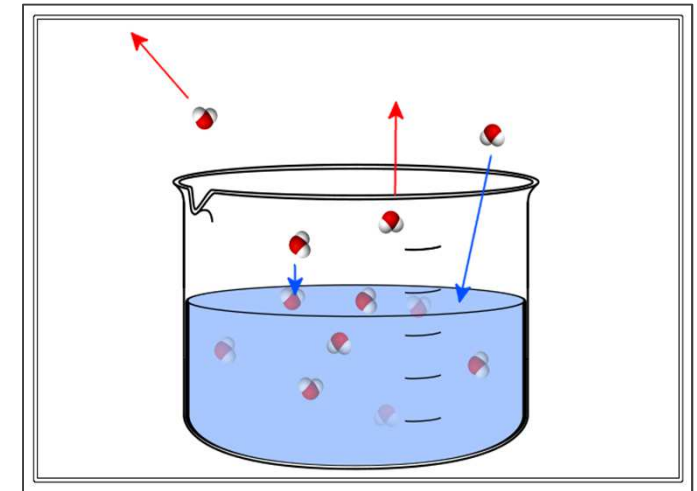
évaporation de l'eau à température ambiante en
milieu ouvert

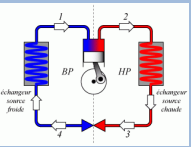
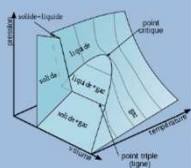
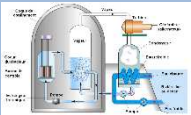
➡ au bout d'un certain temps l'ensemble de
l'eau sera évaporé dans l'air

évaporation de l'eau à température ambiante

dans une enceinte fermée

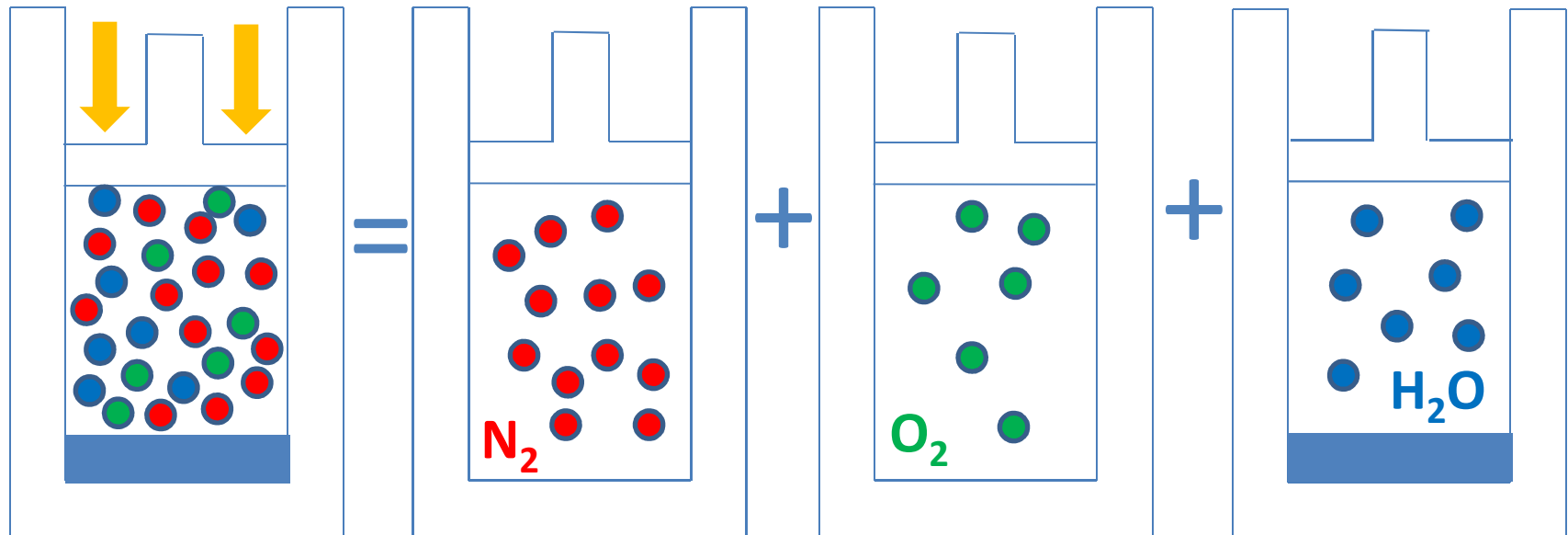
➡ au bout d'un certain temps on atteindra
l'équilibre liquide/vapeur et la $P_{vs}(T_{amb})$





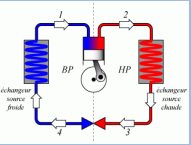
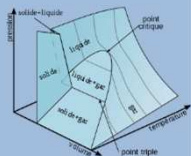
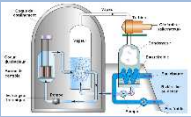
Humidité relative

Augmentation de la pression totale
 $T = \text{cte}$



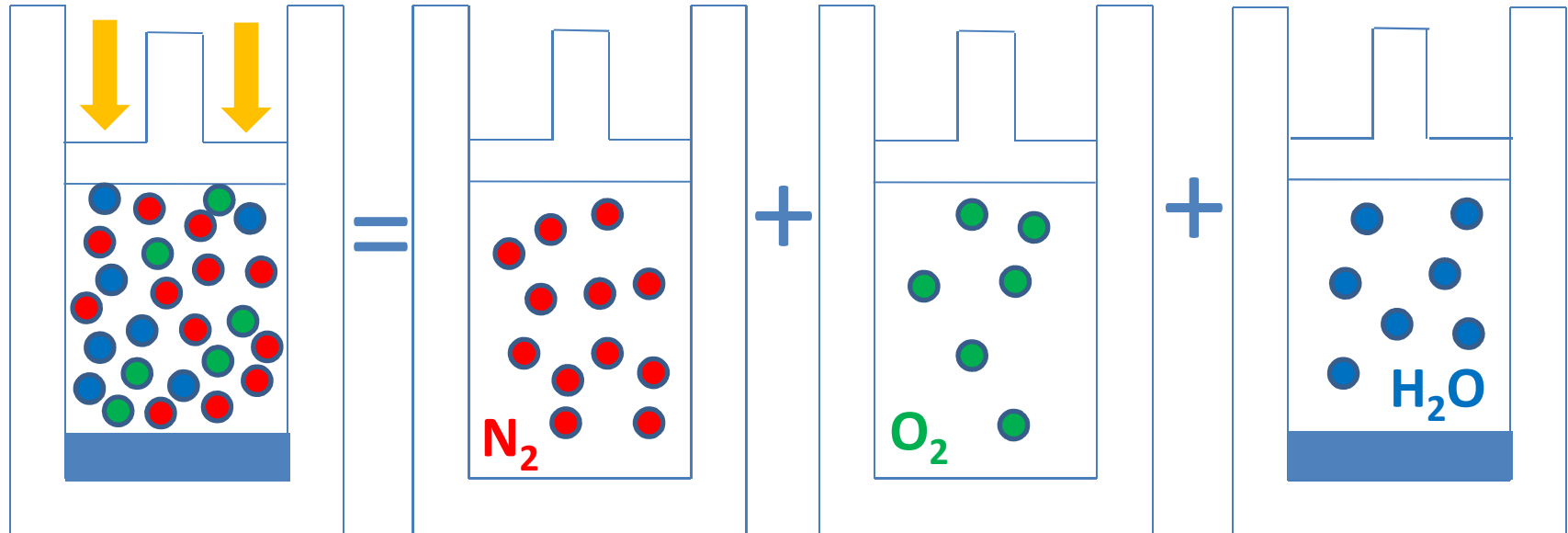
Air humide (il existe de l'eau condensée)

$$HR(T_{amb}) = 100\%$$



Humidité relative

Augmentation de la pression totale
 $T = \text{cte}$

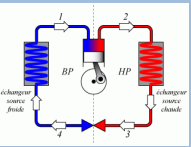
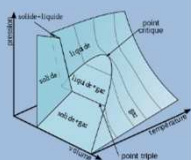
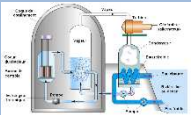


Air humide (il existe de l'eau condensée)

$$HR(T_{amb}) = 100\%$$

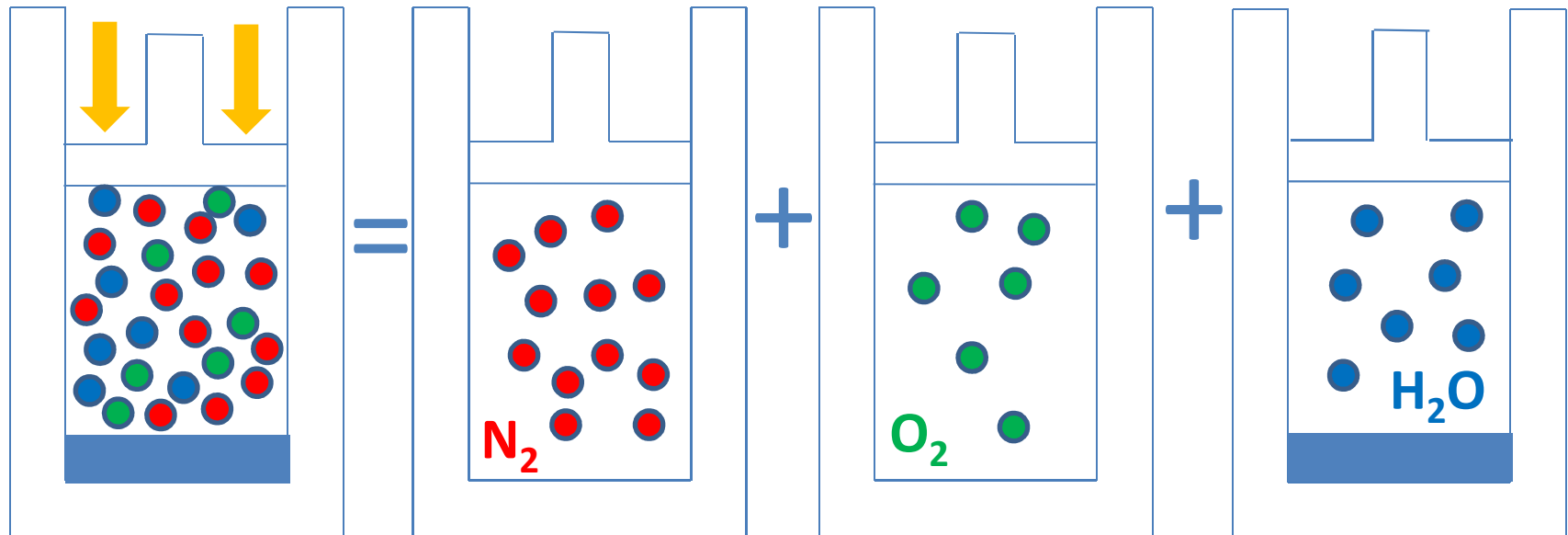
$$P_{tot} = P_{N_2} + P_{O_2} + P_{H_2O} \quad \leftarrow \text{cte} = P_{vs(T)}$$

augmentent
mais n_{O_2} et n_{N_2} cts



Humidité relative

Augmentation de la pression totale
 $T = \text{cte}$

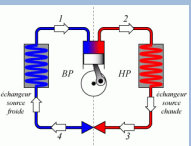
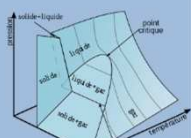
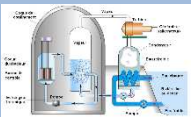


Air humide (il existe de l'eau condensée)

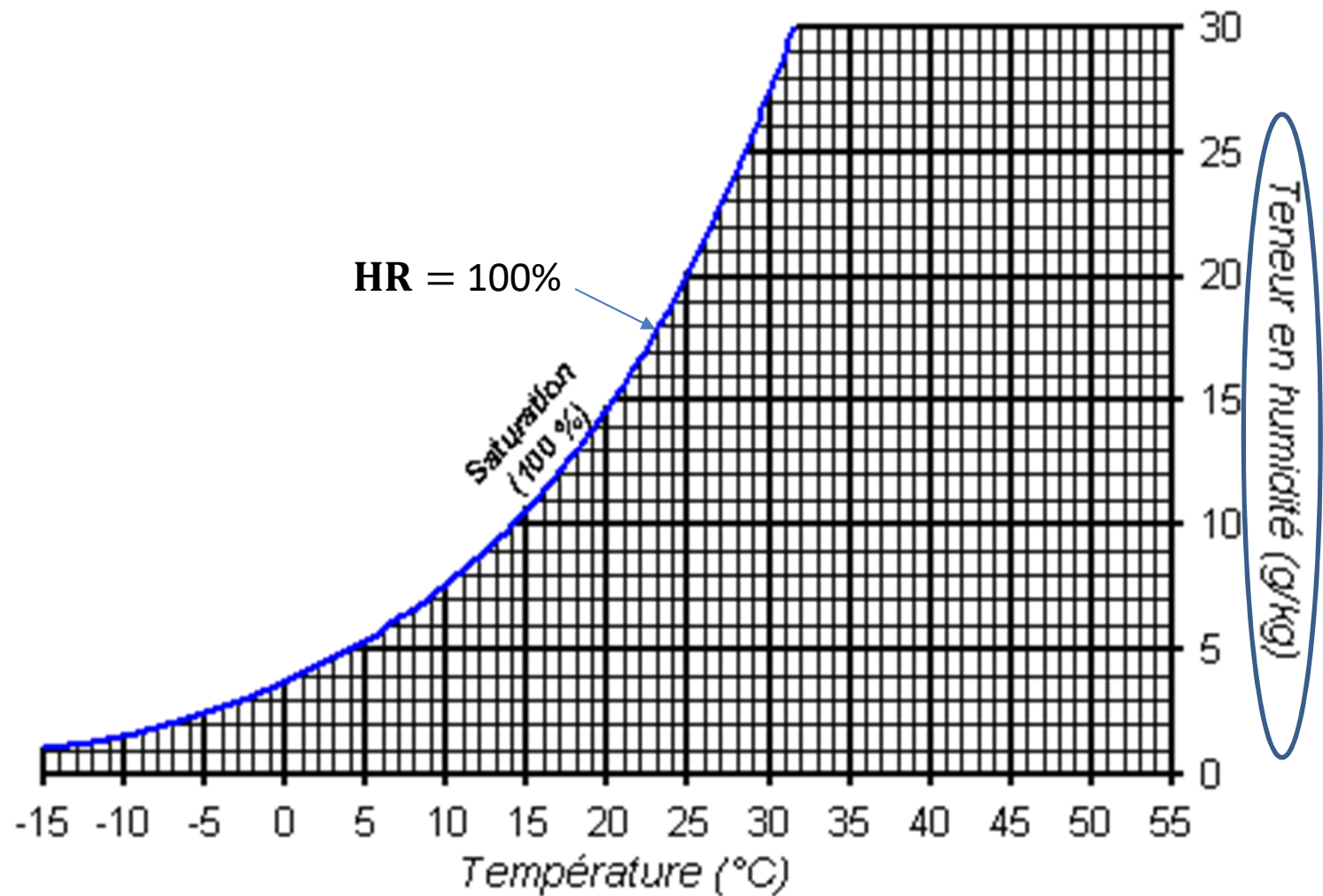
$$HR(T_{amb}) = 100\%$$

$$P_{tot} = P_{N_2} + P_{O_2} + P_{H_2O} \leftarrow \text{cte} = P_{vs(T)}$$

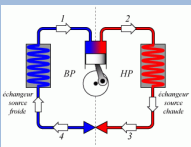
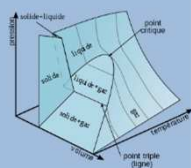
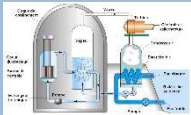
Le nombre de moles d'eau vapeur diminue
Le nombre de moles d'eau liquide augmente



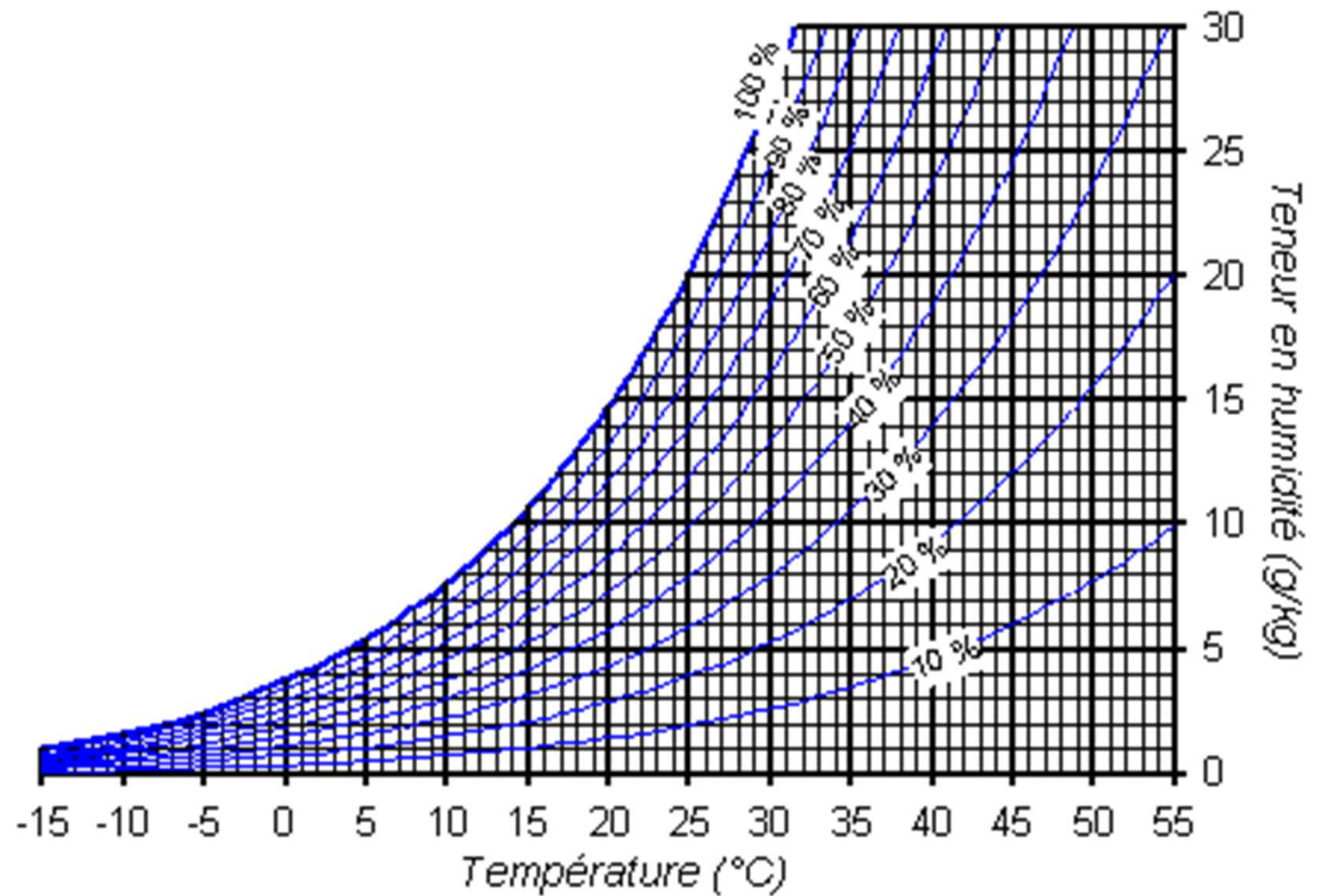
Représentation sur un diagramme psychrométrique

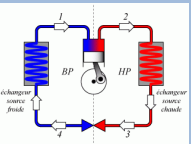
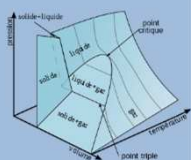
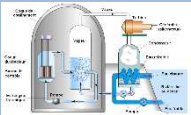


L'humidité absolue (ou teneur en humidité) indique la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, exprimée en grammes de vapeur d'eau par kilogramme d'air sec [$g_{\text{vapeur}}/kg_{\text{air sec}}$]. Elle est notée r .

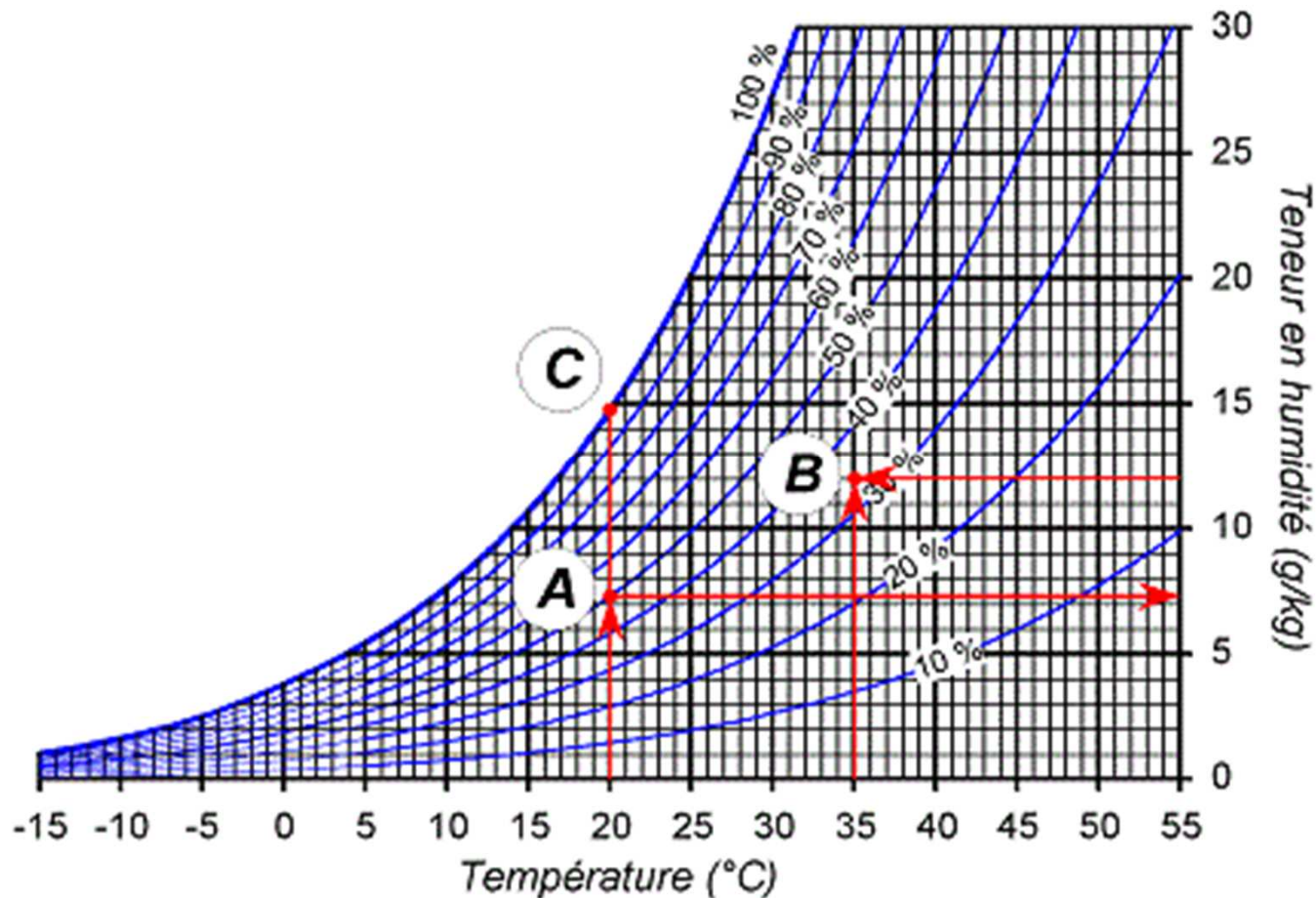


Humidité Relative





Utilisation du diagramme



- Point A : si la température de l'air est de 20 °C et HR=50 %, alors sa teneur en humidité est de 7,2 g/kg environ.
- Point B : si la température de l'air est de 35 °C et sa teneur en humidité de 12 g/kg, alors HR = 35 % environ.
- Point C : l'air saturé à 20 °C contient environ 15 grammes de vapeur d'eau par kilogramme d'air sec.