

Thermodynamique PHYS106(b)

Gaz parfaits, gaz réels, gaz de Van der Waals

Jérémy Genoud

École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Swiss Plasma Center (SPC), CH-1015
Lausanne, Switzerland

1. Introduction à la thermodynamique
2. Théorie cinétique des gaz
3. **Gaz parfaits, gaz réels, gaz de Van der Waals**
4. Transitions de phase
5. Le premier principe
6. Le second principe
7. Cycles et machines thermiques
8. Diffusion, transfert de chaleur
9. Systèmes ouverts, potentiel chimique
10. Introduction à la relativité restreinte

3. Gaz parfaits, gaz réels, gaz de Van der Waals

3.1 Gaz parfaits

3.1.1 Hypothèses du gaz parfait

3.1.2 Approche historique

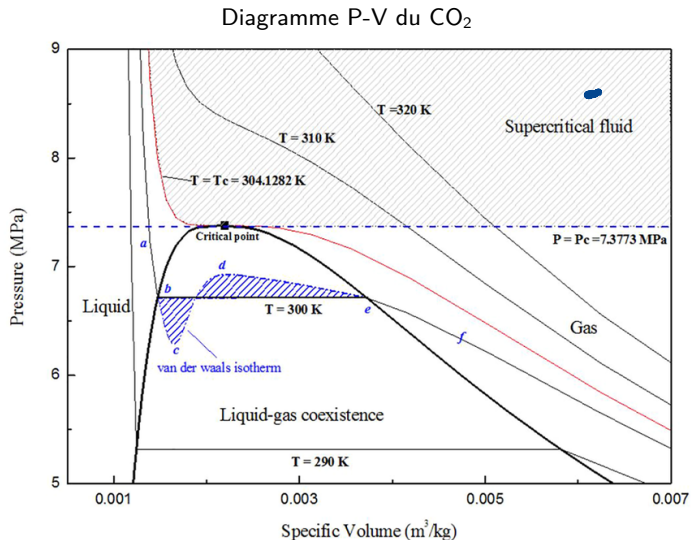
3.1.3 Loi de Dalton

3.1.4 Diagramme P-V

3.2 Gaz réels

3.2.1 Diagramme P-V

3.3 Le gaz de Van der Waals



$$T_c \sim 31,1^\circ\text{C}$$
$$P_c \sim 7.4\text{ MPa}$$

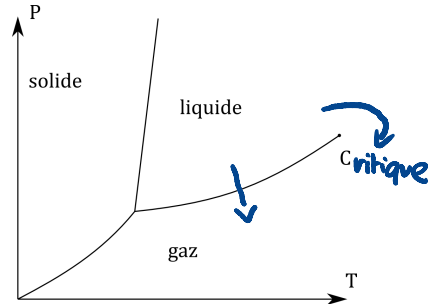
Décaféination avec CO_2 supercritique

- ▶ CO_2 : solvant sélectif pour la caféine
- ▶ peut pénétrer profondément dans les grains de cafés
- ▶ avantage: absence de solvant toxique



Séchage supercritique

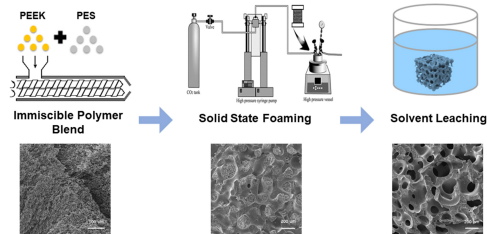
- ▶ Evite des forces capillaires associées à l'évaporation du liquide
- ▶ Préserve les structures fines
- ▶ Applications:
 - ▶ séchage de tissus biologiques
 - ▶ séchage de structures utilisées en micro et nano-technologies



Exemples d'utilisation de fluide supercritique

Fabrication de matériaux poreux et légers

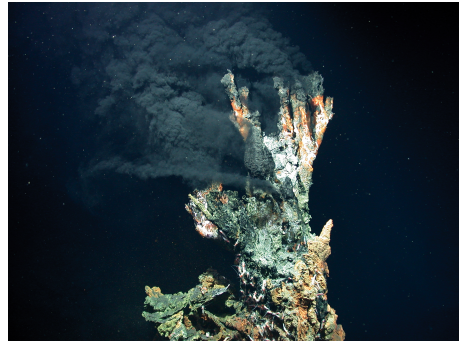
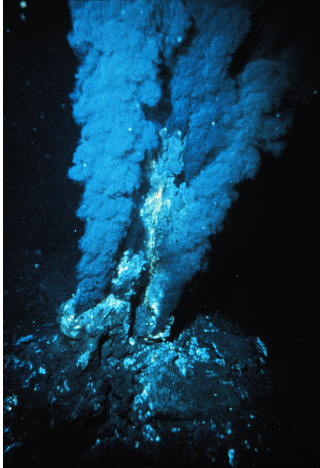
- ▶ Le CO_2 supercritique agit comme un plastifiant
- ▶ Permet de créer des structures en 3D avec une porosité contrôlée, le résultat est un matériau souple et léger
- ▶ Applications:
 - ▶ Aéronautique
 - ▶ Isolation



Ref: Fabricating biomimetic porous PEEK scaffolds for bone implants
(<https://doi.org/10.1080/00914037.2024.2314606>)

Exemple de fluide supercritique dans la nature

Mont hydrothermal le long des dorsales océaniques

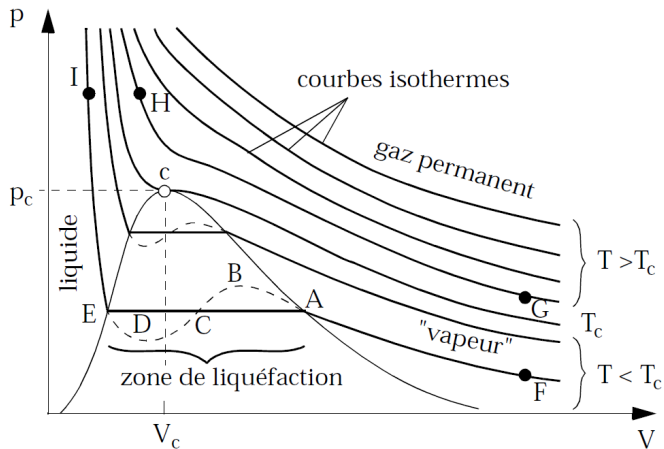


Exemple de fluide supercritique dans la nature

Vidéo mont hydrothermal



Expérience: Palier de liquéfaction



Expérience: Variation de la température autour du point critique

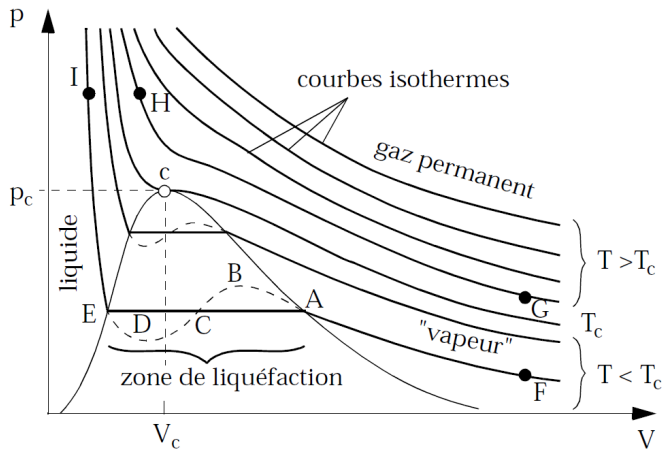


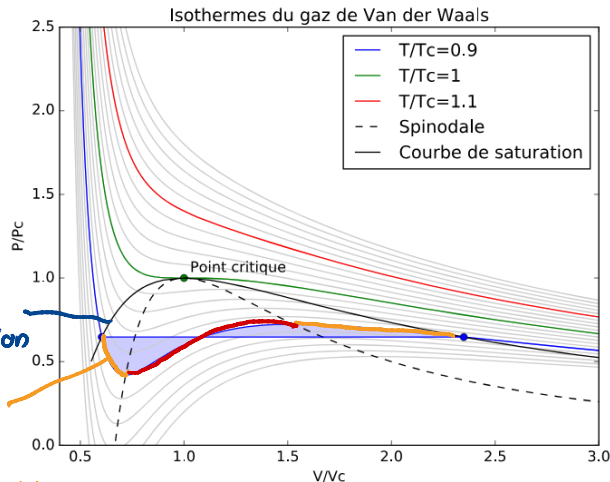
Diagramme P-V d'un gaz de Van der Waals

Gaz VdV

$$T_c = \frac{8a}{27bR}$$

$$V_c = 3b$$

$$P_c = \frac{a}{27b^2}$$



$\frac{dP}{dV} > 0$ état instable

$P \uparrow \rightarrow V \uparrow$

Spinodale : courbe qui délimite les états stables et instables

$\frac{dP}{dV} < 0$
état métastable

Source: Wikipedia

$$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

- le gaz se comporte comme un gaz parfait plus $a \rightarrow 0$
 $b \rightarrow 0$

- He, H et H₂O sont mal décrit par VdW

VdW: à $p = 1 \text{ atm}$ **H₂O**
T_{ébullition} = -15°C

Gaz	a Pa m ⁶ molecule ⁻²	b m ³ molecule ⁻¹
Monatomiques		
He	$0,0095 \times 10^{-48}$	$3,936 \times 10^{-29}$
Ar	$0,3729 \times 10^{-48}$	$5,345 \times 10^{-29}$
Xe	$1,1718 \times 10^{-48}$	$8,477 \times 10^{-29}$
Hg	$2,2612 \times 10^{-48}$	$2,816 \times 10^{-29}$
Diatomiques		
H ₂	$0,0683 \times 10^{-48}$	$4,419 \times 10^{-29}$
O ₂	$0,3800 \times 10^{-48}$	$5,286 \times 10^{-29}$
Cl ₂	$1,8142 \times 10^{-48}$	$9,336 \times 10^{-29}$
Triatomiques		
N ₂ O	$1,0567 \times 10^{-48}$	$7,331 \times 10^{-29}$
NO ₂	$1,4764 \times 10^{-48}$	$7,346 \times 10^{-29}$
H ₂ O	$1,5267 \times 10^{-48}$	$5,063 \times 10^{-29}$
Polyatomiques		
CH ₄	$0,6295 \times 10^{-48}$	$7,104 \times 10^{-29}$
NH ₃	$1,1650 \times 10^{-48}$	$6,156 \times 10^{-29}$
CCl ₄	$5,6828 \times 10^{-48}$	$22,966 \times 10^{-29}$