

## 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

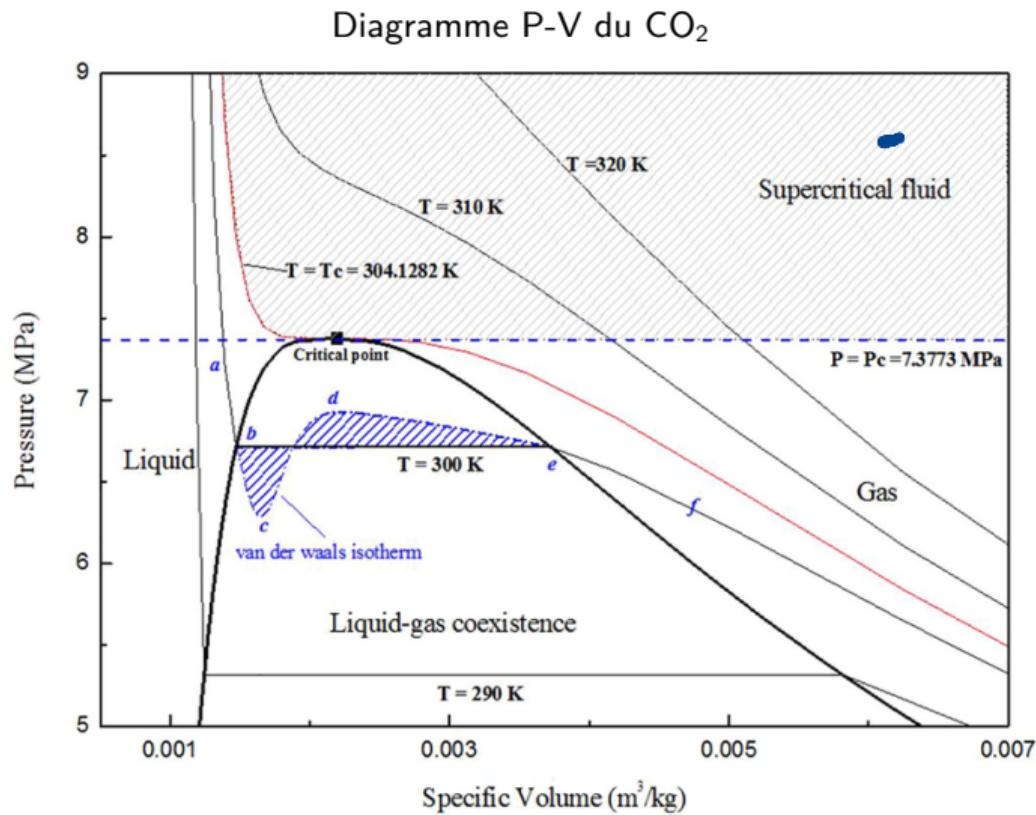
3.1.4 Diagramme P-V

### 3.2 Gaz réels

3.2.1 Diagramme P-V

### 3.3 Le gaz de Van der Waals

## Exemples et applications de fluides supercritiques



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

# Exemples d'utilisation de fluide supercritique

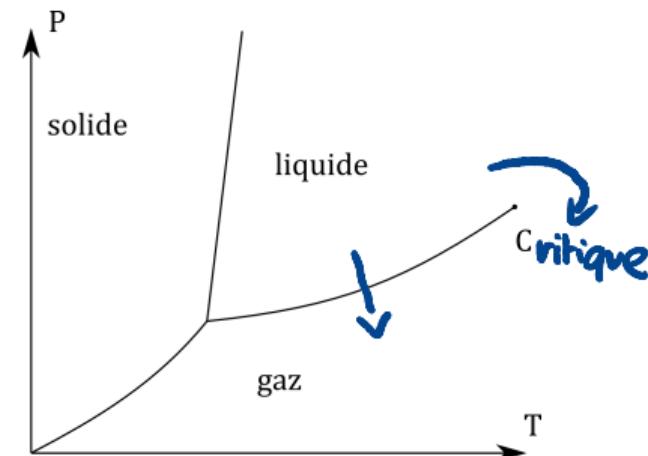
## Décaféination avec CO<sub>2</sub> supercritique

- ▶ CO<sub>2</sub>: solvant sélectif pour la caféine
- ▶ peut pénétrer profondément dans les grains de cafés
- ▶ avantage: absence de solvant toxique



## Séchage supercritique

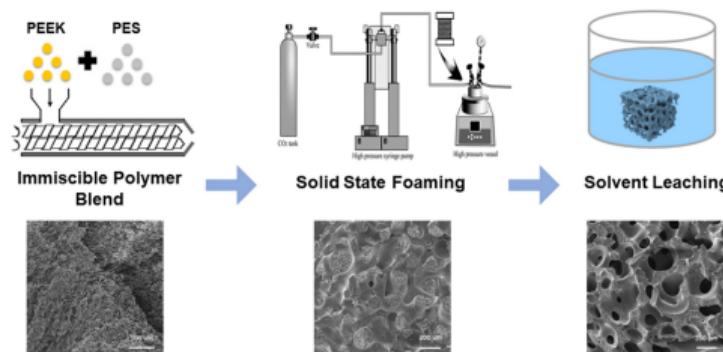
- ▶ Evite des forces capillaires associées à l'évaporation du liquide
- ▶ Préserve les structures fines
- ▶ Applications:
  - ▶ séchage de tissus biologiques
  - ▶ séchage de structures utilisées en micro et nano-technologies



## Exemples d'utilisation de fluide supercritique

### Fabrication de matériaux poreux et légers

- ▶ Le CO<sub>2</sub> 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

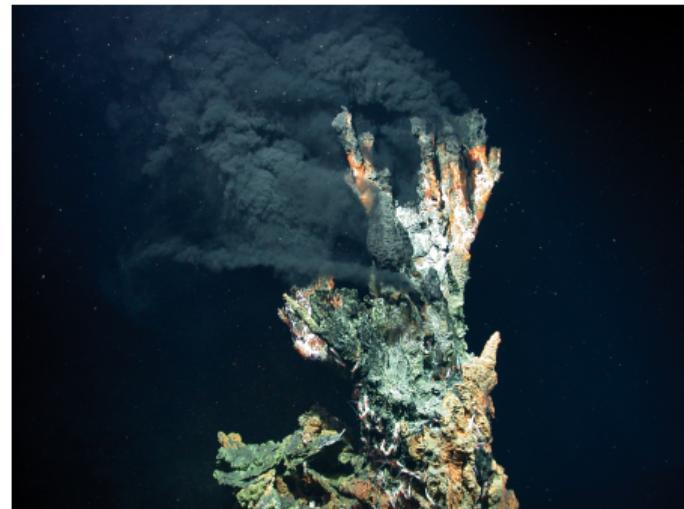
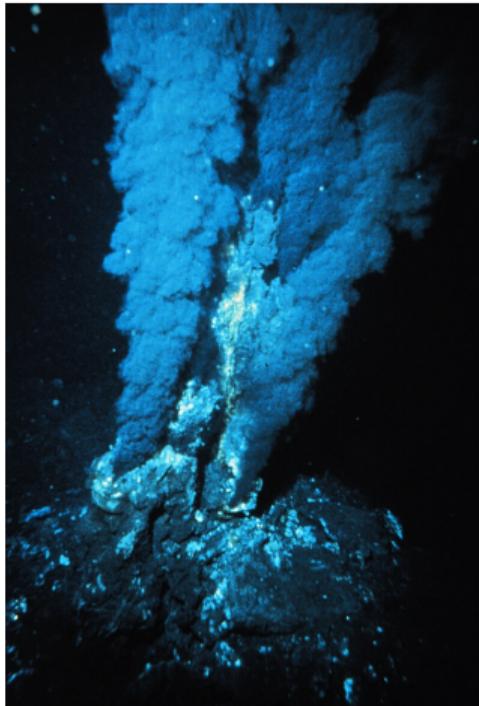


Ref: Fabricating biomimetic porous PEEK scaffolds for bone implants  
(<https://doi.org/10.1080/00914037.2024.2314606>)

## Exemple de fluide supercritique dans la nature

---

Mont hydrothermal le long des dorsales océaniques

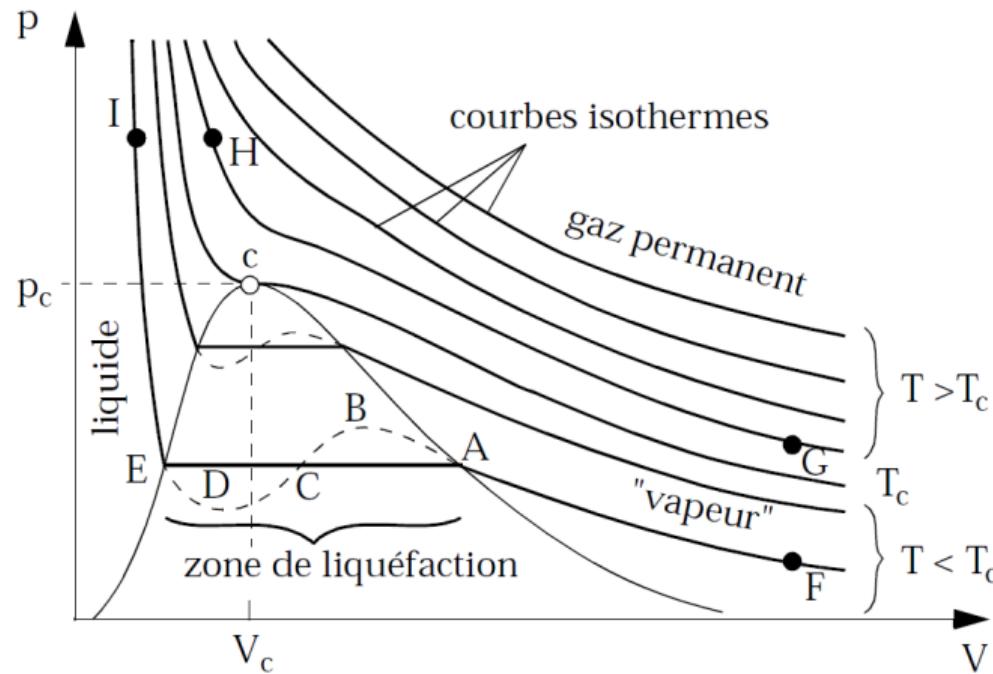


## Exemple de fluide supercritique dans la nature

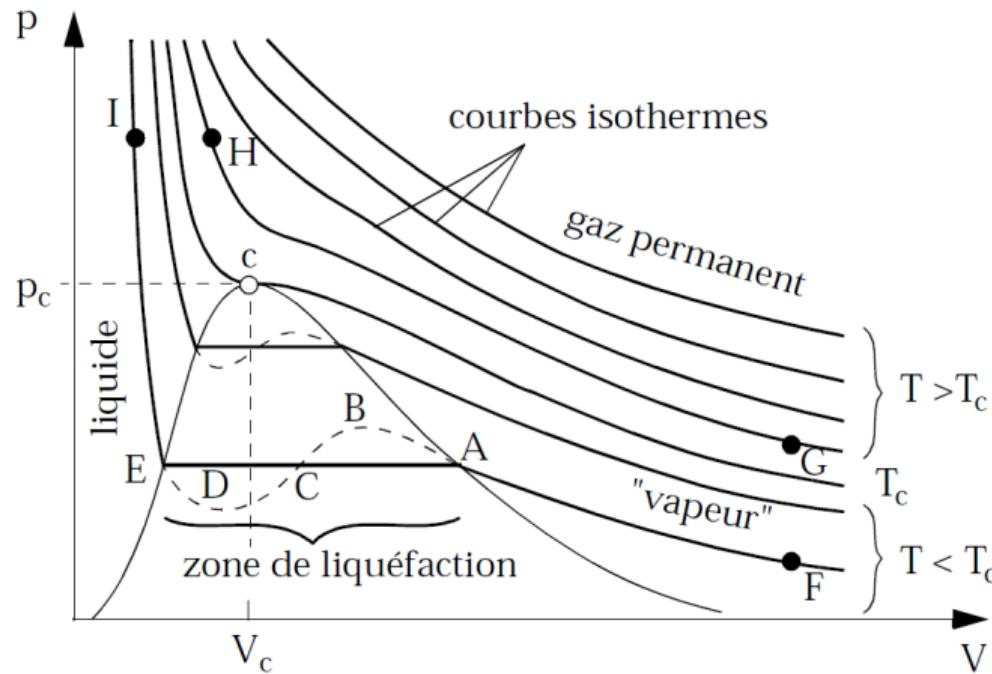
Vidéo mont hydrothermal



## 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

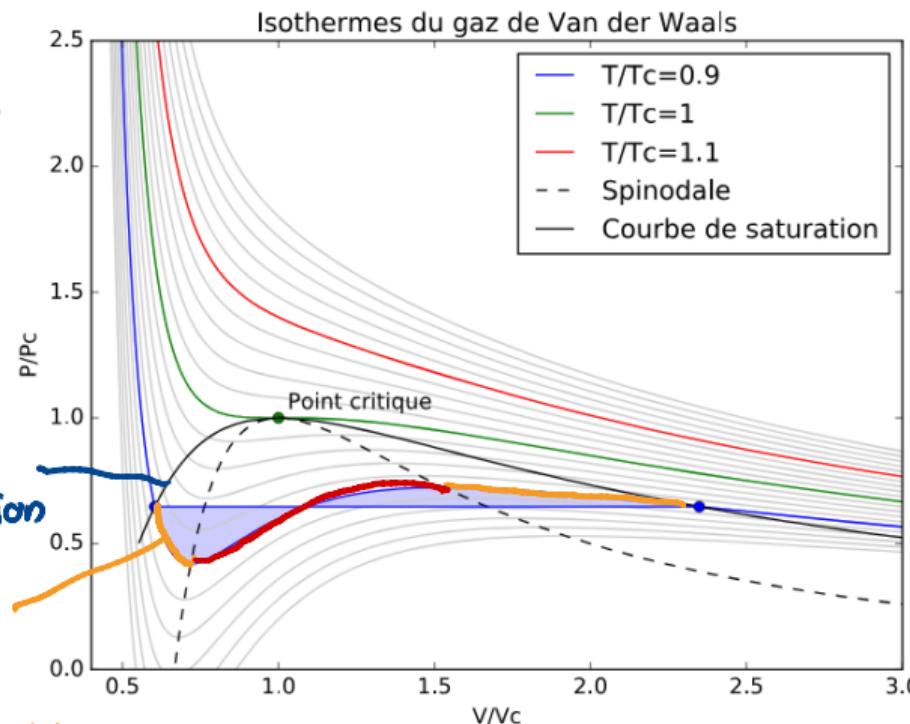
$$T_c = \frac{8a}{27b^2} \quad V_c = 3b$$

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

courbe de saturation

$$\frac{dP}{dV} < 0$$

état métastable



Source: Wikipedia

$\frac{dP}{dV} > 0$  état instable

$P \uparrow \rightarrow \uparrow V$

Spinodale : courbe qui délimite les états stables et instables

## Gaz de Van der Waals, coefficients a et b

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

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

- He, H et H<sub>2</sub>O sont mal décrit par VdW

VdW: à  $P = 1\text{ atm}$   $\text{H}_2\text{O}$

T<sub>ébullition</sub> = -15°C

Gaz	$a$ Pa m <sup>6</sup> molecule <sup>-2</sup>	$b$ m <sup>3</sup> molecule <sup>-1</sup>
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 <sub>2</sub>	$0,0683 \times 10^{-48}$	$4,419 \times 10^{-29}$
O <sub>2</sub>	$0,3800 \times 10^{-48}$	$5,286 \times 10^{-29}$
Cl <sub>2</sub>	$1,8142 \times 10^{-48}$	$9,336 \times 10^{-29}$
Triatomiques		
N <sub>2</sub> O	$1,0567 \times 10^{-48}$	$7,331 \times 10^{-29}$
NO <sub>2</sub>	$1,4764 \times 10^{-48}$	$7,346 \times 10^{-29}$
H <sub>2</sub> O	$1,5267 \times 10^{-48}$	$5,063 \times 10^{-29}$
Polyatomiques		
CH <sub>4</sub>	$0,6295 \times 10^{-48}$	$7,104 \times 10^{-29}$
NH <sub>3</sub>	$1,1650 \times 10^{-48}$	$6,156 \times 10^{-29}$
CCl <sub>4</sub>	$5,6828 \times 10^{-48}$	$22,966 \times 10^{-29}$