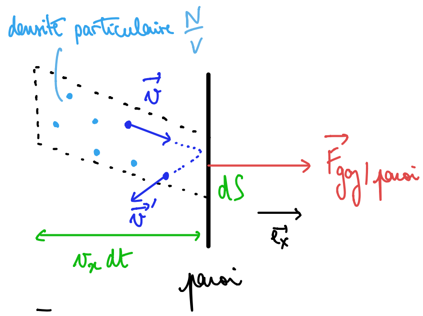

(i) rebond élastique contre la paroi : $v'_x = -v_x$, $v'_y = v_y$, $v'_z = v_z$

(ii) PFD au cylindre $\mathcal{C}$ de particules : $\vec{F}_{paroi \to \mathcal{C}}\, \Delta t + \cancel{\vec{F}_{\text{particules voisines} \to \mathcal{C}}}\, \Delta t + \Delta\vec{p} = \vec{0}$ pas d'interaction

(iii) les particules ayant une vitesse $\vec{v}$ et arrivant sur la paroi dS pendant dt contribuent pour la quantité de mouvement acquise par la paroi :

$$d\vec{F}_{\mathcal{C} \to paroi}\, dt = \underbrace{\overbrace{2m\, v_x\, \vec{e}_x}^{\text{quantité de mouvement échangée}}}_{\Delta\vec{p} = -2\vec{p}_x} \cdot \overbrace{\frac{N}{V} \underbrace{v_x\, dt\, dS}_{\text{parallélogramme en pointillés}}}^{\text{nombre de particules incidentes}} \cdot \overbrace{f(\vec{v})\, d^3\vec{v}}^{\text{proportion des particules du volume ayant une vitesse } \vec{v} \text{ à } d^3\vec{v} \text{ près}}$$

(iv) on intègre sur les vitesses

$$\underbrace{\vec{F}_{\mathcal{C} \to paroi}\, dt}_{\substack{\| \\ -\vec{F}_{paroi \to \mathcal{C}} = +P_{cin}\, d\vec{S}}} = \frac{2mN\vec{e}_x}{V}\, dS\, dt \underbrace{\iiint_{\mathbb{R}^3} v_x^2\, \mathbb{1}_{v_x \geq 0}\, f(\vec{v})\, d^3\vec{v}}_{\frac{\langle v_x^2 \rangle}{2} \text{ par symétrie } \pm v_x} \quad \text{— demi-espace}$$

où $\begin{cases} \langle v_x^2 \rangle = \iiint_{\mathbb{R}^3} v_x^2 f(\vec{v})\, d\vec{v} \\ \langle v_x^2 \rangle = \frac{\langle v^2 \rangle}{3} \text{ par isotropie} \end{cases}$

$$\longrightarrow \boxed{P_{cin} = \frac{1}{3} m \frac{N}{V} \langle v^2 \rangle}$$

Équation d'état du gaz parfait

- L'équipartition de l'énergie, appliquée à 1 particule donne : $\langle E_c \rangle = \frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} k_B T$

donc $\langle v^2 \rangle = \frac{3 k_B T}{m}$ $\longrightarrow$ $\boxed{PV = NkT}$

$$\underbrace{P \xrightarrow{\text{modèle cinétique}} \langle v^2 \rangle \xrightarrow{\text{équipartition de l'énergie}} E_c \longrightarrow T}_{\text{équation d'état}}$$