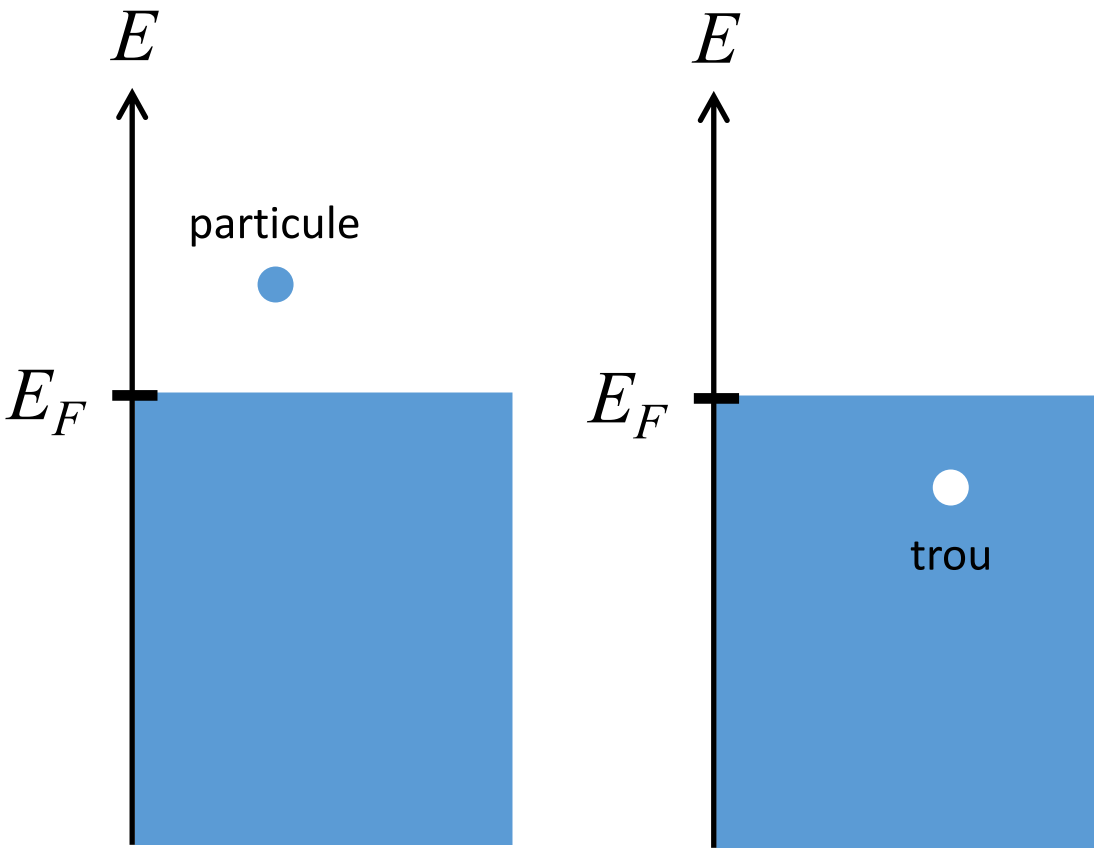
# Rappel : Gaz de Fermi (sans interactions)

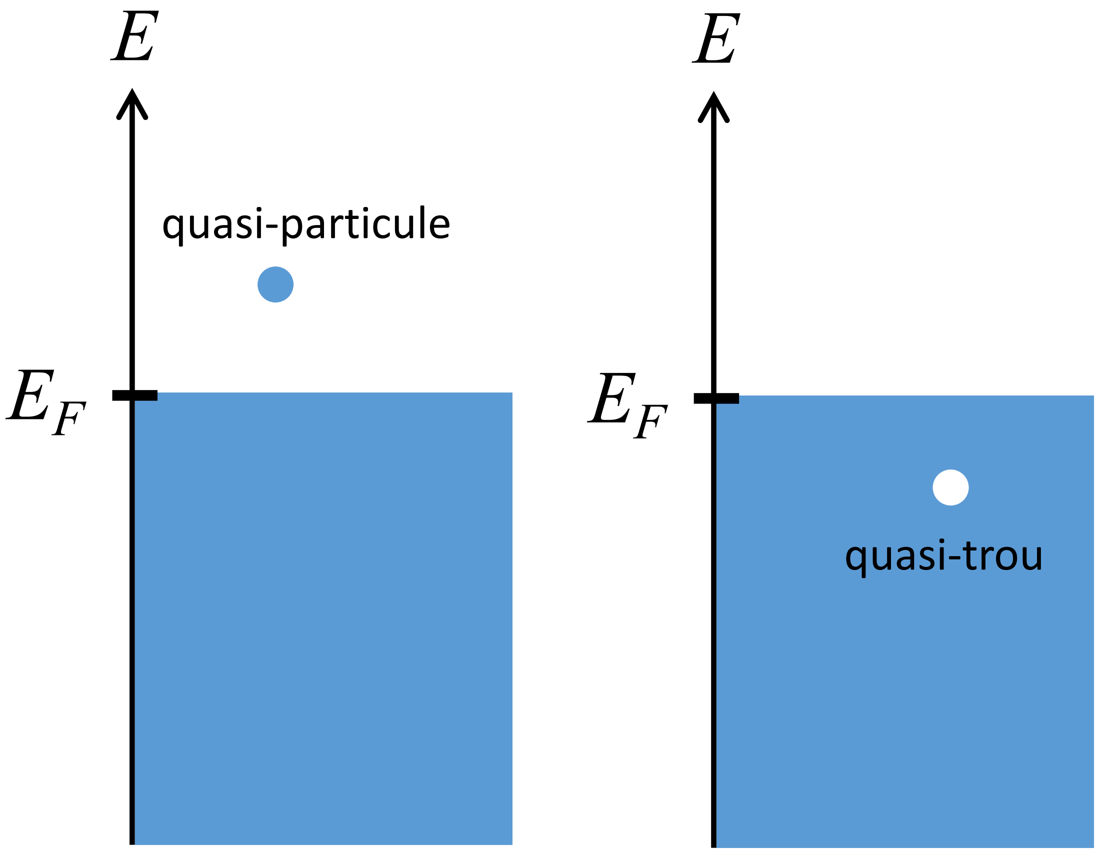
- état fondamental : mer de Fermi
- excitations élémentaires :
  - particule
  - trou




- propriétés :
  - pas d'interactions
    entre excitations élémentaires
  - temps de vie infini
    des excitations élémentaires

# Liquide de Fermi (avec interactions)

- état fondamental : mer de Fermi
- excitations élémentaires :
  - **quasi-**particule
  - **quasi-**trou




**MAIS …**

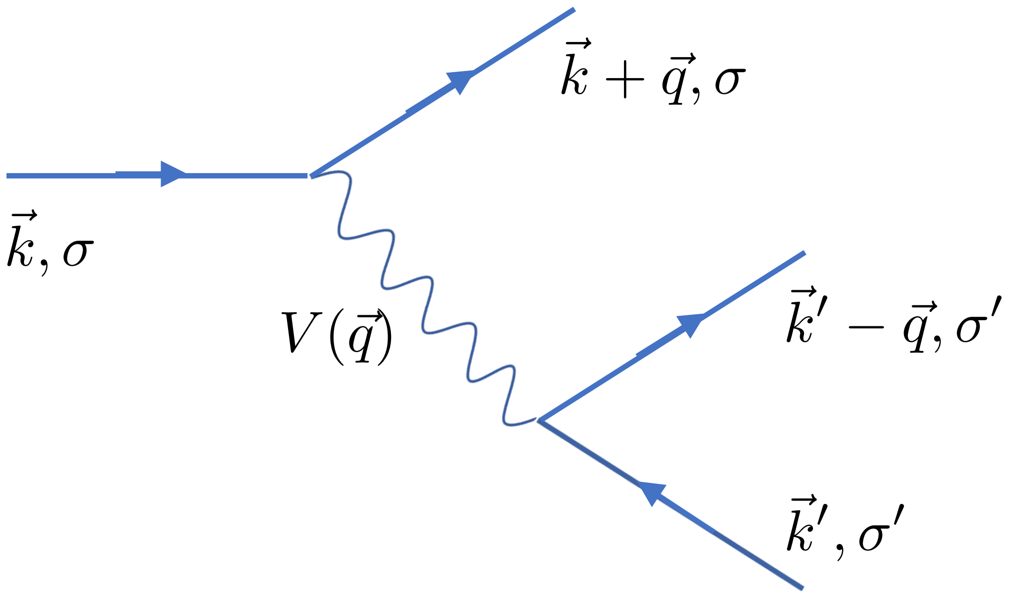
- Interactions résiduelles
  entre excitations élémentaires
- <u>temps de vie fini</u>
  <u>des excitations élémentaires</u>

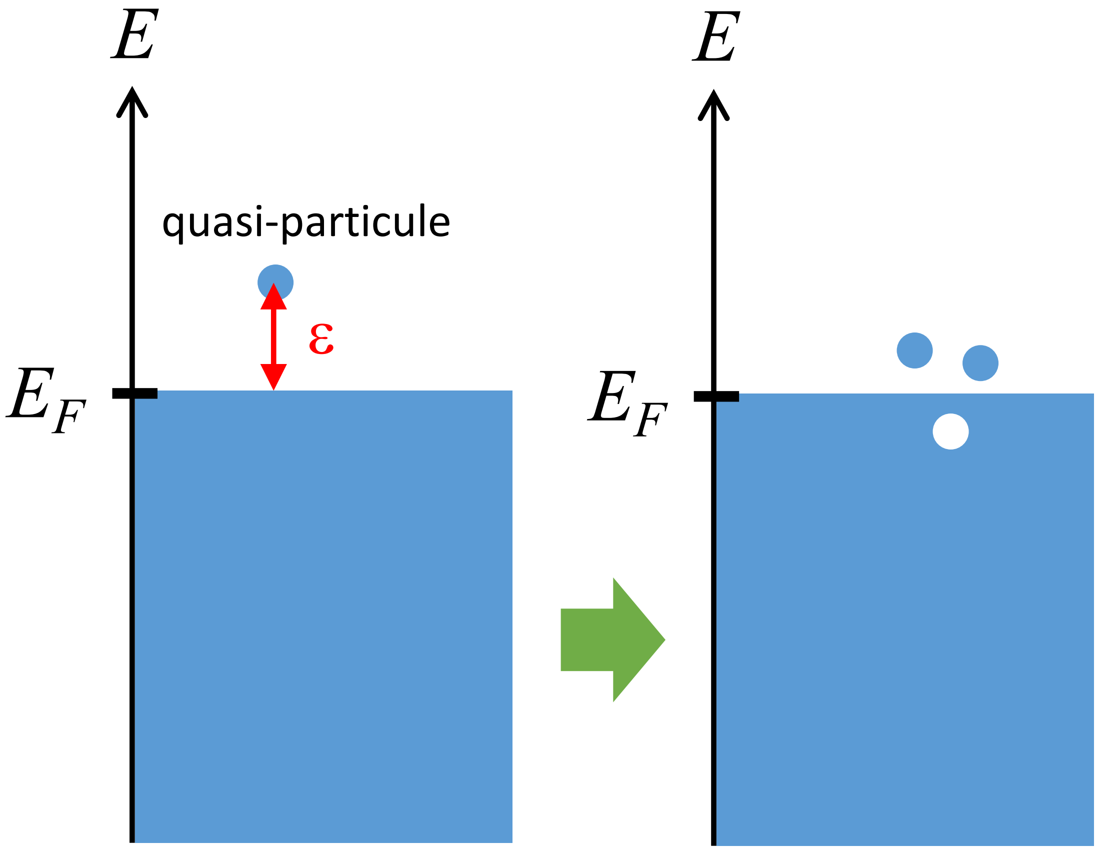
# Temps de vie d'une quasi-particule

processus de désintégration :

création d'une paire

quasi-particule / quasi-trou

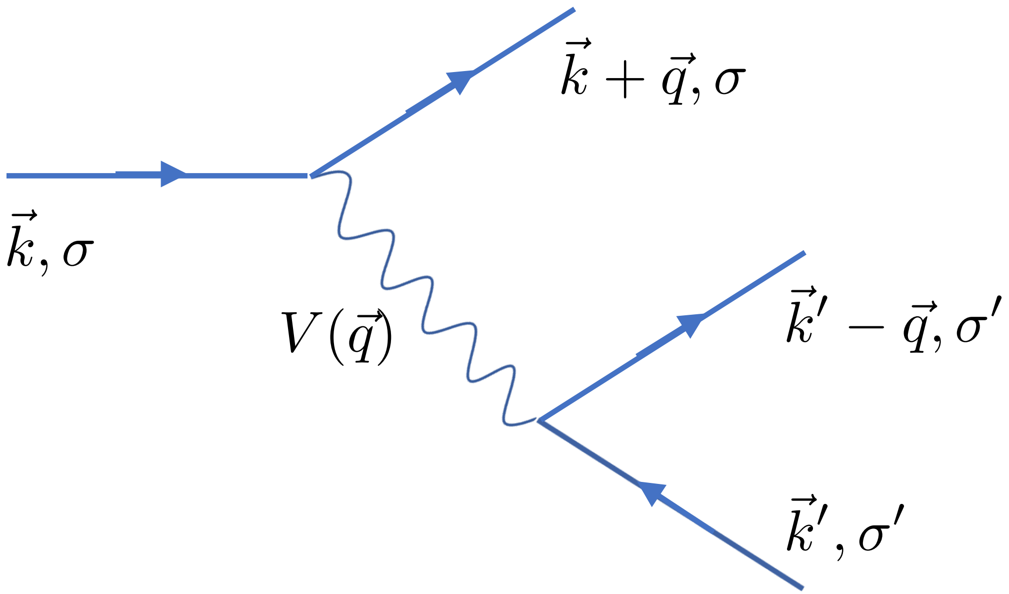


# Temps de vie d'une quasi-particule

règle d'or de Fermi :

$$1/\tau_{\vec{k},\sigma} = \frac{1}{hV^2} \sum_{\vec{k}',\vec{q};\sigma'} |V(\vec{q})|^2 (1 - f(\epsilon_{\vec{k}+\vec{q}}))(1 - f(\epsilon_{\vec{k}'-\vec{q}}) f(\epsilon_{\vec{k}'}) \delta(\epsilon_{\vec{k}} - \epsilon_{\vec{k}-\vec{q}} - \epsilon_{\vec{k}'-\vec{q}} + \epsilon_{\vec{k}'})$$




**résultat :** $\boxed{1/\tau_{\vec{k},\sigma} \propto \epsilon_{\vec{k}}^2}$

le temps de vie diverge
quand on s'approche
du niveau de Fermi !

# Liquide de Fermi

Théorie phénoménologique :

Landau 1959

- système modèle : He-3 (neutre → interactions à courte portée)

[voir, par exemple, Coleman, ch. 7]

Théorie microscopique :

fin 1950s – début 1960s

théorie des perturbations à l'ordre infini

→ fonctions de Green & diagrammes de Feynman

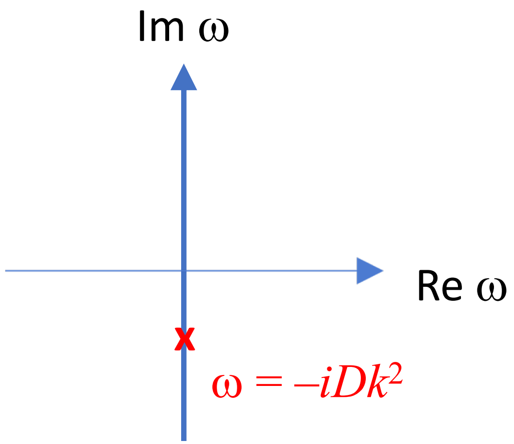
# Fonctions de Green

Définition mathématique : $\mathcal{L}G = \delta$

- Exemple : équation de la chaleur $\mathcal{L} = \dfrac{\partial^2}{\partial t^2} - D\Delta$

transformée de Fourier $\tilde{G}(\vec{k},\omega) = \dfrac{1}{Dk^2 - i\omega}$

$$\begin{aligned} G(\vec{k}, t-t') &= \int \frac{d\omega}{2\pi}\, e^{-i\omega(t-t')} \frac{1}{Dk^2 - i\omega} \\ &= -\frac{1}{2\pi i}\theta(t-t') \oint d\omega\, e^{-i\omega(t-t')} \frac{1}{\omega + iDk^2} \\ &= \theta(t-t') e^{-Dk^2(t-t')} \end{aligned}$$




A noter : lien entre position des pôles et causalité !