

Etude de la variation du champ magnétique et de la décohérence dans l'expérience de Stern-Gerlach

Auteur: Soliveau Aurélien avec l'aide de Benzoni Pietro,

Contact: aurelien.soliveau@imt-atlantique.net, benzoni@subatech.in2p3.fr

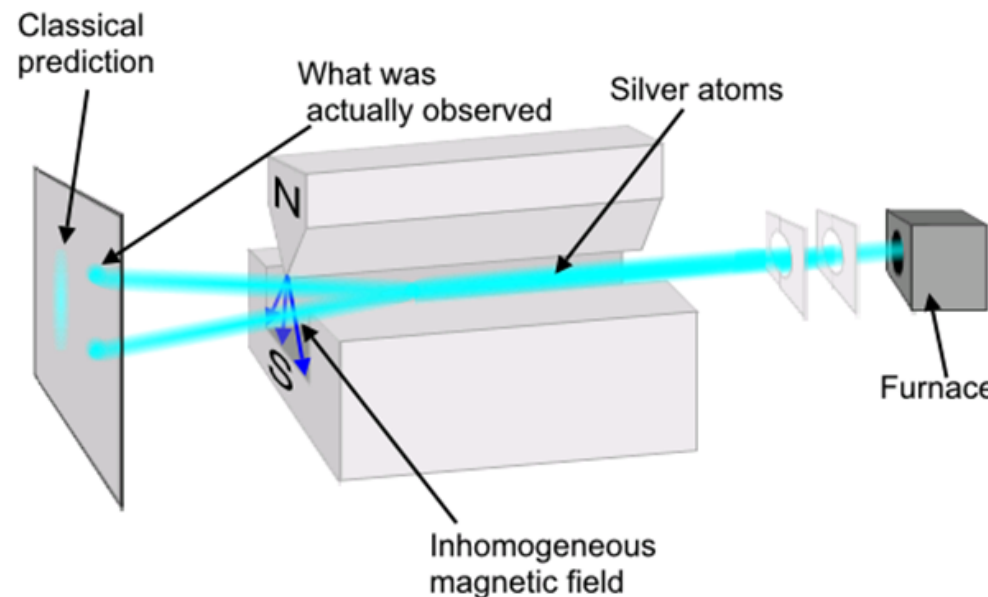
Article support: Decoherence effects in the Stern-Gerlach experiment using matrix Wigner functions, P. Gomis, A. Pérez, 2016

► La décohérence est la capacité qu'a l'environnement à induire la perte des superposition quantiques au système.

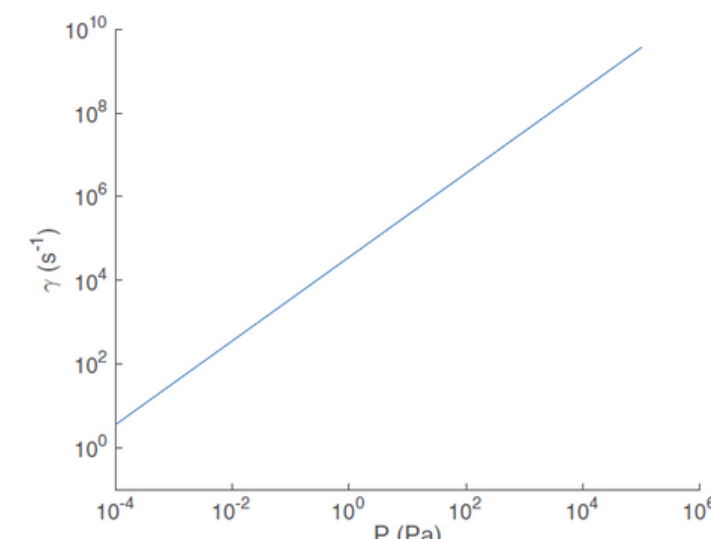
Introduction

► Le coefficient de couplage du système à l'environnement γ dépend de la pression de l'air entre la source d'atomes et l'écran. Il permet de caractériser la diffusion des atomes d'argent et leur décohérence.

► La matrice de Wigner initiale quantifie donc la dynamique du système sur la diagonale ainsi qu'une superposition d'états sur l'antidiagonale.



Expérience de Stern-Gerlach



Variation de γ en fonction de la pression à 300 K.

► On considère initialement une superposition d'état "up" et "down" du spin.

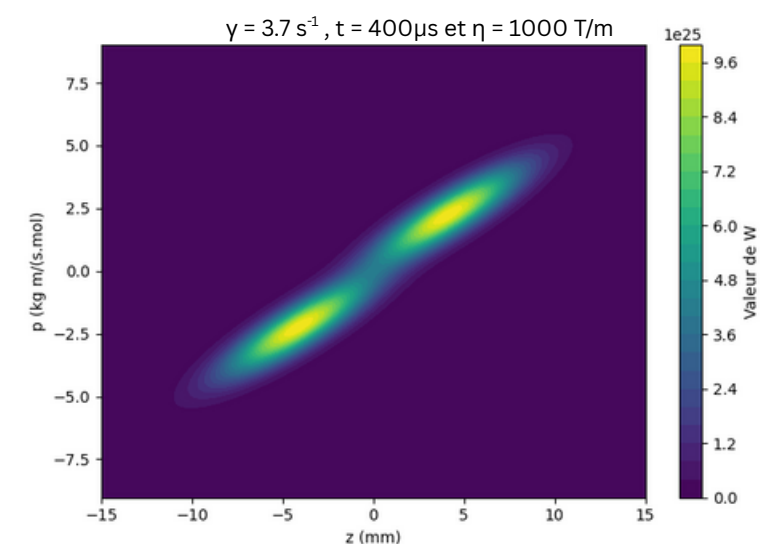
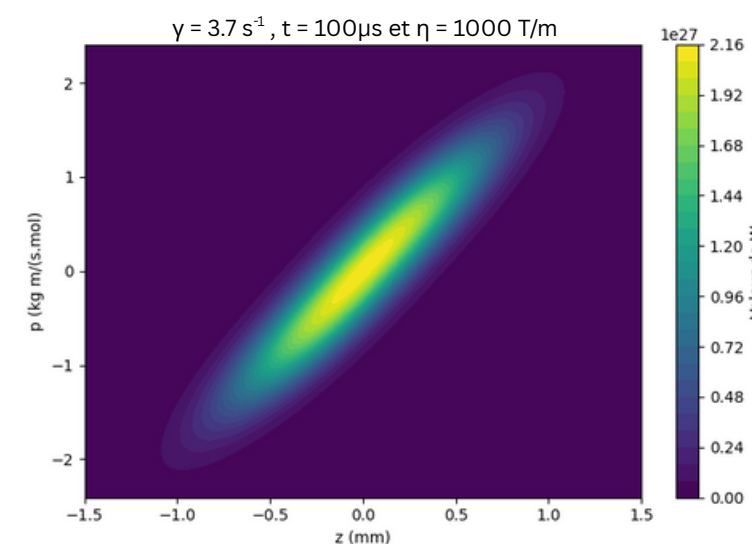
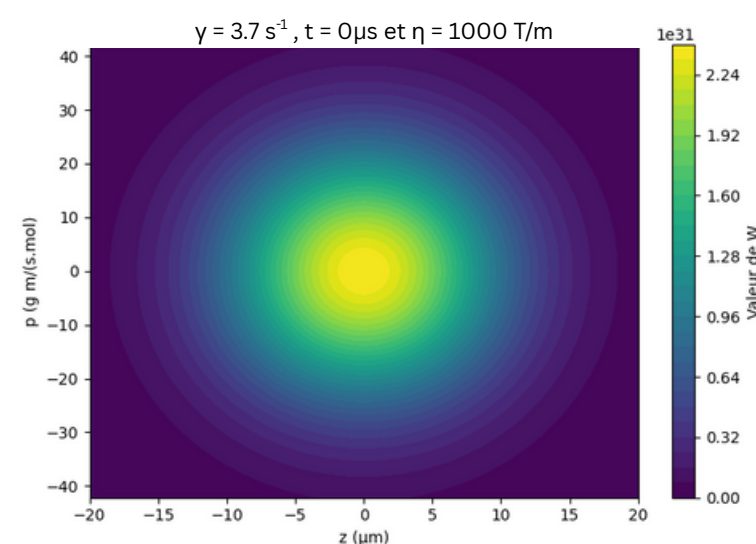
$$|n\rangle = a|+\rangle + b|-\rangle$$

$$W(z, p, 0) = \begin{pmatrix} |a|^2 & ab^* \\ a^*b & |b|^2 \end{pmatrix} W_i(z, p)$$

Matrice de Wigner initiale

Etude des termes diagonaux

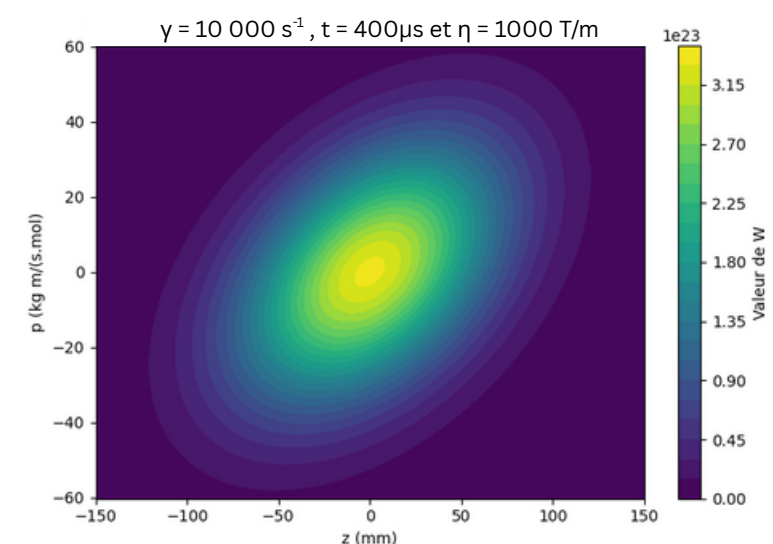
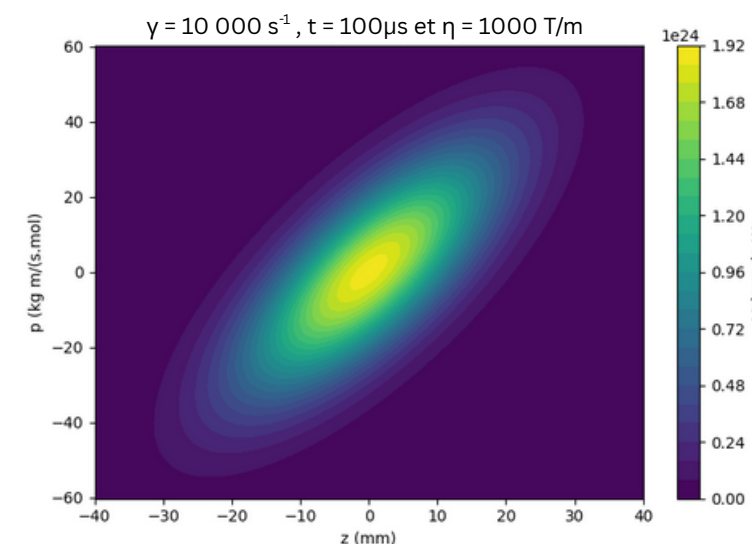
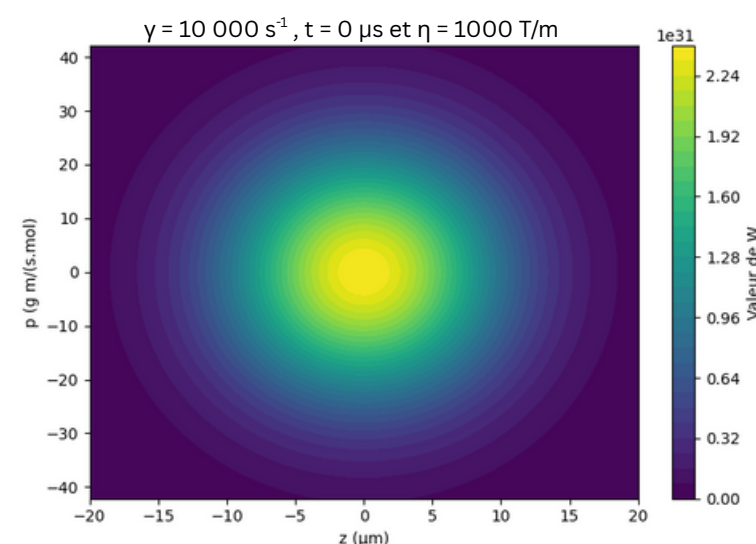
► D'abord, pour repérer la séparation en deux nuages distincts, on trace les termes diagonaux aux instants respectifs de 0 μ s, 100 μ s et 400 μ s (fin du tube). On observe bien l'effet attendu. La valeur de $\gamma = 3.7 \text{ s}^{-1}$ correspond aux conditions de l'expérience.



Tracé des termes de la diagonale à différents instants pour un $\gamma = 3.7 \text{ s}^{-1}$ une durée d'expérience de 400 μ s

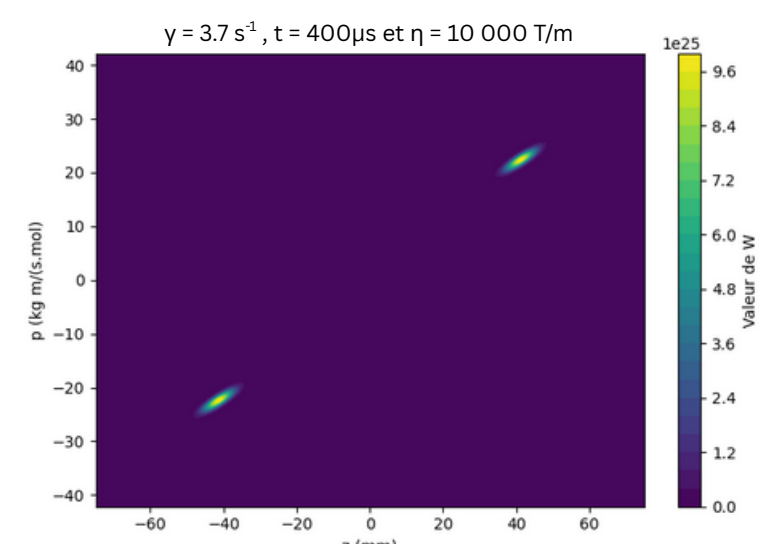
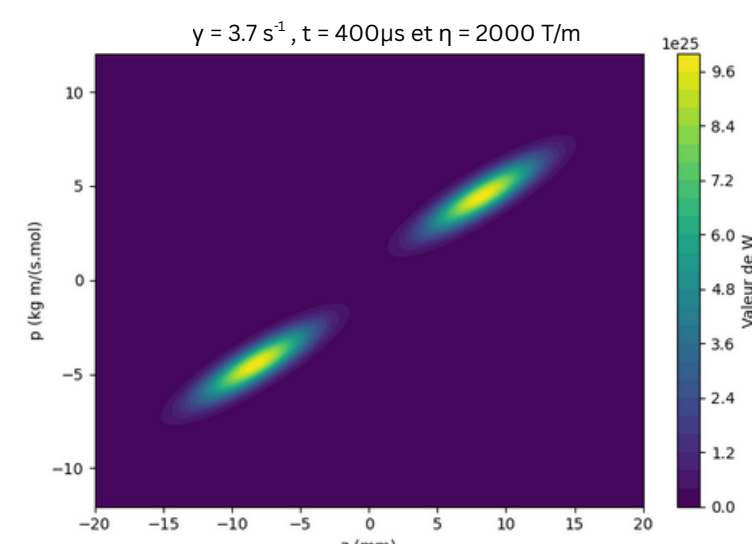
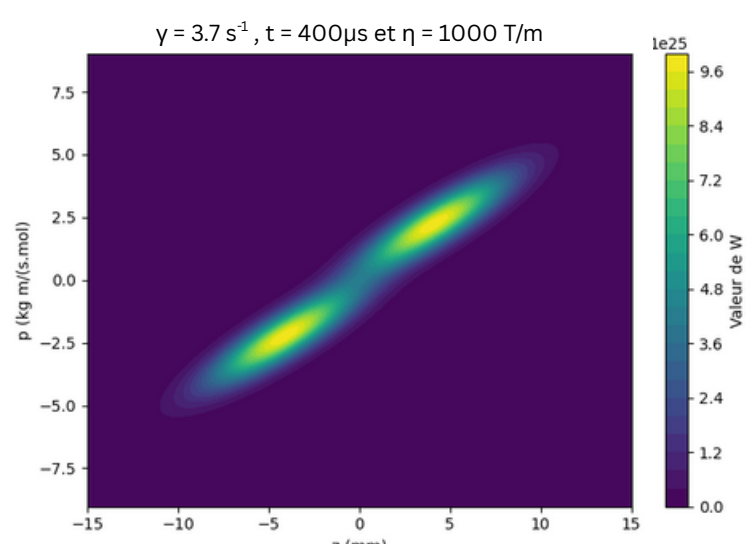
► Ensuite, pour voir l'influence du coefficient de couplage avec l'environnement sur l'image projetée, on refait les mêmes tracés pour une valeur de γ différente.

► On a donc plus de collisions entre les molécules d'air et les atomes d'argent ce qui cause une plus grande diffusion de ces atomes. On n'observe plus aucune séparation.



Tracé des termes de la diagonale à différents instants pour un $\gamma = 10\,000 \text{ s}^{-1}$ une durée d'expérience de 400 μ s

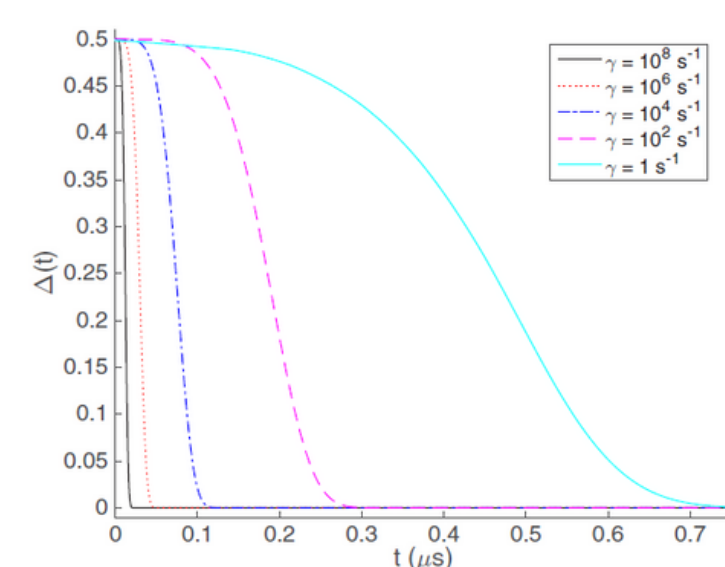
► Enfin, pour observer l'influence de la variation du champ magnétique sur la dynamique du système, on réalise ce tracé pour différentes du gradient de champ magnétique η : respectivement 1 kT/m, 2 kT/m, et 10 kT/m.



Tracé des termes de la diagonale pour différentes valeurs de η pour un $\gamma = 3.7 \text{ s}^{-1}$ et une durée d'expérience de 400 μ s

Etude des termes de l'antidiagonale

► $\Delta(t)$ est la norme sur (z,p) des termes de l'antidiagonale. On peut tracer cette grandeur en fonction du temps pour différentes valeurs de γ pour voir l'impact qu'a l'environnement sur la cohérence dans le système.



Tracé de la norme de $\Delta(t)$ en fonction du temps pour différentes valeurs de γ .

► Dans les conditions de l'expérience, sa durée étant de 400 μ s, on remarque que la norme $\Delta(t)$ est nulle très rapidement. On peut donc approximer la matrice de Wigner comme la suivante:

$$W(z, p, t) \simeq \begin{pmatrix} |a|^2 W_d^{(+)}(z, p, t) & 0 \\ 0 & |b|^2 W_d^{(-)}(z, p, t) \end{pmatrix}$$

Conclusion

► Concernant l'antidiagonale, la décohérence ne modifie pas les observations de cette expérience et supprime très tôt les interférences quantiques dues à la superposition d'états de spin.

► Au sujet de la dynamique du système, on peut modifier la séparation des deux nuages en jouant sur la pression de l'air autour du système ainsi que le gradient vertical du champ magnétique.