1. Voir cours : $\omega = \dfrac{\hbar.k^2}{2.m}$

2.
   - $v_g = \left(\dfrac{d\omega}{dk}\right)_{\omega=\omega_0} = \dfrac{\hbar.k_0}{m}$
   - Pour un instant quelconque, $v_g = \dfrac{\hbar.k}{m}$ donc $\Delta v_g = \dfrac{\hbar.\Delta k}{m}$

     Or l'inégalité d'Heisenberg s'écrit $\Delta k.\Delta x_0 \geqslant \dfrac{1}{2}$, ce qui donne pour la limite inférieure : $\Delta v_g = \dfrac{\hbar}{2.m.\Delta x_0}$
   - On a alors $\Delta x(t) = \Delta x_0 + \dfrac{\hbar}{2.m.\Delta x_0}.t = 2.\Delta x_0$, ce qui amène à

     $\Delta t = \dfrac{2.m.\Delta x_0^2}{\hbar}$

     Le paquet d'onde s'étale d'autant plus rapidement qu'il est spatialement réduit.