



**HAL**  
open science

## Erratum : le couplage de Landau phonon-roton revisité pour l'hélium 4 liquide et étendu aux gaz de fermions superfluides [Phys. Rev. Lett. 119, 260402 (2017)]

Yvan Castin, Alice Sinatra, Hadrien Kurkjian

### ► To cite this version:

Yvan Castin, Alice Sinatra, Hadrien Kurkjian. Erratum : le couplage de Landau phonon-roton revisité pour l'hélium 4 liquide et étendu aux gaz de fermions superfluides [Phys. Rev. Lett. 119, 260402 (2017)]. Physical Review Letters, 2019, 123, pp.239904(E). 10.1103/PhysRevLett.123.239904. hal-02396919

**HAL Id: hal-02396919**

**<https://hal.science/hal-02396919>**

Submitted on 6 Dec 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Erratum : le couplage de Landau phonon-roton revisité pour l'hélium 4 liquide et étendu aux gaz de fermions superfluides [Phys. Rev. Lett. 119, 260402 (2017)]

Yvan Castin, Alice Sinatra, Hadrien Kurkjian

Les résultats de la lettre sur l'amplitude effective de diffusion  $\phi - \gamma$  et le taux d'amortissement associé, basés sur le hamiltonien de rotons (voir les équations (1) et (4) de la lettre), ne tiennent pas compte de l'interaction entre les phonons décrite, à l'ordre le plus bas en  $q$ , par le hamiltonien [1] :

$$\hat{H}_{\phi-\phi}^{(3)} = \sum_{\mathbf{q}_1, \mathbf{q}_2, \mathbf{q}_3} \delta_{\mathbf{q}_1 + \mathbf{q}_2, \mathbf{q}_3} \frac{\mathcal{A}_{\phi-\phi}^{2\leftrightarrow 1}(\mathbf{q}_1, \mathbf{q}_2; \mathbf{q}_3)}{\gamma^{1/2}} \left( \hat{b}_{\mathbf{q}_1}^\dagger \hat{b}_{\mathbf{q}_2}^\dagger \hat{b}_{\mathbf{q}_3} + \text{h.c.} \right) \quad (1)$$

avec l'amplitude  $\phi + \phi \leftrightarrow \phi$  [2] :

$$\mathcal{A}_{\phi-\phi}^{2\leftrightarrow 1}(\mathbf{q}_1, \mathbf{q}_2; \mathbf{q}_3) = \frac{mc^2}{\rho^{1/2}} \sqrt{\frac{\hbar^3 q_1 q_2 q_3}{32m^3 c^3}} \left( 2 \frac{d \ln c}{d \ln \rho} - 1 + \frac{\mathbf{q}_1 \cdot \mathbf{q}_2}{q_1 q_2} + \frac{\mathbf{q}_1 \cdot \mathbf{q}_3}{q_1 q_3} + \frac{\mathbf{q}_2 \cdot \mathbf{q}_3}{q_2 q_3} \right) \quad (2)$$

où on utilise le paramètre de Grüneisen  $\frac{d \ln c}{d \ln \rho} = (\rho \mu'' / \mu' + 1) / 2$ . À l'ordre dominant, ceci rajoute deux diagrammes médiés par  $\hat{H}_{\phi-\phi}^{(3)}$  à l'équation (7) de la lettre :

$$\begin{aligned} \mathcal{A}_2^{\text{eff}}(\mathbf{k}, \mathbf{q}; \mathbf{k}', \mathbf{q}') &= \text{diagram 1} + \text{diagram 2} + \text{diagram 3} + \text{diagram 4} + \text{diagram 5} \\ &= \mathcal{A}_2(\mathbf{k}, \mathbf{q}; \mathbf{k}', \mathbf{q}') + \frac{\mathcal{A}_1(\mathbf{k}, \mathbf{q}; \mathbf{k} + \mathbf{q}) \mathcal{A}_1(\mathbf{k}', \mathbf{q}'; \mathbf{k}' + \mathbf{q}')}{\hbar \omega_{\mathbf{q}} + \epsilon_{\mathbf{k}} - \epsilon_{\mathbf{k} + \mathbf{q}}} + \frac{\mathcal{A}_1(\mathbf{k} - \mathbf{q}', \mathbf{q}'; \mathbf{k}) \mathcal{A}_1(\mathbf{k} - \mathbf{q}', \mathbf{q}; \mathbf{k}')}{\epsilon_{\mathbf{k}} - \hbar \omega_{\mathbf{q}'} - \epsilon_{\mathbf{k} - \mathbf{q}'}} \\ &\quad + \frac{2 \mathcal{A}_{\phi-\phi}^{2\leftrightarrow 1}(\mathbf{q}', \mathbf{q} - \mathbf{q}'; \mathbf{q}) \mathcal{A}_1(\mathbf{k}, \mathbf{q} - \mathbf{q}'; \mathbf{k}')}{\hbar(\omega_{\mathbf{q}} - \omega_{\mathbf{q} - \mathbf{q}'} - \omega_{\mathbf{q}'})} + \frac{2 \mathcal{A}_{\phi-\phi}^{2\leftrightarrow 1}(\mathbf{q}, \mathbf{q}' - \mathbf{q}; \mathbf{q}') \mathcal{A}_1(\mathbf{k}', \mathbf{q}' - \mathbf{q}; \mathbf{k})}{\epsilon_{\mathbf{k}} - \epsilon_{\mathbf{k}'} - \hbar \omega_{\mathbf{q} - \mathbf{q}'}} \end{aligned} \quad (3)$$

À l'ordre dominant, les dénominateurs d'énergie des deux nouveaux diagrammes sont égaux à  $-\hbar \omega_{\mathbf{q} - \mathbf{q}'}$  (voir la note [12] de la lettre). Il faut donc ajouter à l'équation (10) de la lettre le terme  $-(\hbar q / mc \rho)(\rho \Delta' / 2)(2d \ln c / d \ln \rho - 1 + w)$  pour obtenir :

$$\begin{aligned} \mathcal{A}_2^{\text{eff}}(\mathbf{k}, \mathbf{q}; \mathbf{k}', \mathbf{q}') &\underset{T \rightarrow 0}{\sim} \frac{\hbar q}{mc \rho} \left\{ \frac{1}{2} \rho^2 \Delta'' - \frac{\rho \Delta'}{2} \left( 2 \frac{d \ln c}{d \ln \rho} - 1 \right) + \frac{(\hbar \rho k_0')^2}{2m_*} + \frac{\hbar^2 k_0^2}{2m_*} \left\{ \left( \frac{\rho \Delta'}{\hbar c k_0} \right)^2 uu' \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{\rho \Delta'}{\hbar c k_0} \left[ (u + u') \left( uu' - \frac{\rho k_0'}{k_0} \right) + \frac{m_* c}{\hbar k_0} w \right] + \frac{m_* c}{\hbar k_0} (u + u') w + u^2 u'^2 - \frac{\rho k_0'}{k_0} (u^2 + u'^2) \right\} \right\} \end{aligned} \quad (4)$$

Ceci modifie aussi l'intégrale angulaire donnée dans la note [14] de la lettre :  $I / (4\pi)^2 = (\frac{\hbar^2 k_0^2}{2m_* mc^2})^2 [\frac{1}{25} - \frac{4\alpha}{15} + \frac{28}{45} \alpha^2 + \frac{2\beta^2}{9} + A(\frac{2}{9} - \frac{4\alpha}{3}) + A^2 + 4\beta B(\frac{1}{15} - \frac{\alpha}{9}) + B^2(\frac{2}{15} - \frac{4\alpha}{9} + \frac{2\alpha^2}{3} + \frac{\beta^2}{3}) + \frac{2\beta}{9} B^3 + \frac{B^4}{9}]$ , ainsi que la définition de  $A = \frac{m_*}{(\hbar k_0)^2} [\rho^2 \Delta'' + \rho \Delta' (1 - 2d \ln c / d \ln \rho)] + \alpha^2$ . Par conséquent, les courbes en tireté noir sur les figures 1, 2(a) et 2(b) doivent être multipliées respectivement par 0,46, 0,78 et 0,85. Notons que le paramètre de Grüneisen apparaît déjà dans la référence [3], avec laquelle nous demeurons cependant en désaccord pour les coefficients des monômes  $uu'$  et  $w$  dans  $\mathcal{A}_2^{\text{eff}}$ .

[1] L. Landau, I. Khalatnikov, « Teoriya vyzkostki Geliya-II », Zh. Eksp. Teor. Fiz. **19**, 637 (1949).

[2] H. Kurkjian, Y. Castin, A. Sinatra, « Three-phonon and four phonon interaction processes in a pair-condensed Fermi gas », Ann. Phys. (Berlin) **529**, 1600352 (2017).

[3] A. Nicolis, R. Penco, « Mutual interactions of phonons, rotons, and gravity », Phys. Rev. B **97**, 134516 (2018).