

## Sommario

**Relatore:** Augusto Smerzi *augusto.smerzi@ino.it*

**Corelatore:** Luca Pezzé *luca.pezze@ino.it*

**Candidato:** Giacomo Sorelli *giacomo.sorelli@gmail.com*

Gli interferometri sono fra gli strumenti di misura più precisi, e più usati, tra quelli messi a disposizione dalla fisica moderna. L'interferometria ha lo scopo di stimare lo sfasamento fra due onde (onde di luce in interferometria ottica e onde di materia in interferometria atomica). La massima sensibilità permessa nella stima della fase, usando solo correlazioni classiche, è limitata dal cosiddetto rumore shot. Negli ultimi anni si è però scoperto che possiamo superare questo limite utilizzando un particolare tipo di stati entangled. Questi stati, che ci permettono di avvicinarci al più fondamentale limite di Heisenberg, sono riconosciuti dalla Fisher Information.

In questa tesi abbiamo studiato la generazione dinamica di questi stati entangled in un condensato di Bose-Einstein a due modi. Questo sistema fisico presenta diversi regimi di interazione accessibili sperimentalmente. Quando lasciamo il sistema interagire solo mediante le collisioni fra atomi otteniamo la Hamiltoniana non lineare di One Axis Twisting. Aggiungendo invece un accoppiamento lineare fra i due modi si ottiene la cosiddetta giunzione Josephson bosonica. La dinamica semiclassica della giunzione Josephson bosonica presenta un punto fisso stabile ed un'altro punto fisso che passa da un regime stabile ad uno instabile al variare delle interazioni. Tutti questi regimi permettono di ottenere stati entangled utili: noi abbiamo cercato in quale regime venisse generato più entanglement ed in maniera più rapida. Abbiamo usato un modello di fase esatto per ottenere espressioni analitiche approssimate della Fisher Information dipendente dal tempo.

È noto che la dinamica One Axis Twisting produce elevate correlazioni quantistiche quantificabili mediante espressioni analitiche esatte che abbiamo usato per testare la nostra approssimazione.

In corrispondenza dei due regimi semiclassicamente stabili l'entanglement viene generato in maniera periodica, ma in quantità minore rispetto al caso One Axis Twisting. In questi regimi la nostra approssimazione risulta particolarmente efficace.

Il caso in cui viene generato più entanglement ed in maniera più rapida si ha in corrispondenza del regime semiclassicamente instabile. In questo regime, a causa dell'instabilità, la nostra approssimazione analitica funziona solo per tempi brevi, ma nonostante questa limitazione ci ha permesso di evidenziare le principali differenze fra questa dinamica e quella di One Axis Twisting. Abbiamo mostrato che queste due dinamiche sono uguali per tempi molto brevi, ma per tempi appena più lunghi la generazione di entanglement nel regime instabile della giunzione Josephson diventa più rapida.

Questo metodo per generare entanglement utile è stato testato in esperimenti di magnetometria di precisione dal gruppo di Oberthaler ad Heidelberg. Il nostro lavoro permette una comprensione analitica delle caratteristiche principali di questi esperimenti.