**Appunti dello sviluppo del progetto di dispositivi**

* Cosa succede se aumentiamo la dimensione della griglia?

Aumenta la risoluzione delle simulazioni, ottenendo valori più precisi, e un livello di rumore generalmente più alto. Aumentando la risoluzione, aumenta significativamente il tempo di esecuzione.

* Cosa succede al variare della saturazione dei fotoni?

Una saturazione troppo bassa induce un comportamento oscillatorio nel grafico di “Constant behaviour”. Per i valori “standard”, il valore di saturazione dei fotoni minimo valido risulta 3, al di sotto del quale si manifesta un comportamento oscillatorio.

* Cosa succede al variare del tempo di vita del fotone?

Aumentando il tempo di vita, la quantità di fotoni emessi aumenta notevolmente. Viceversa, se diminuisce troppo, il numero di fotoni sta sotto la soglia, non permettendo al laser di funzionare. Inoltre abbiamo appurato che con l’aumentare del tempo di vita del fotone, fissato il rumore e il tempo di vita degli elettroni, c’è una piccola decrescita della soglia minima di pumping.

* Cosa succede al variare del tempo di vita dell’elettrone?

Con un basso valore di probabilità di pumping, entriamo in regime oscillatorio, ed è una considerazione analoga al caso del tempo di vita del fotone. Quello che non siamo riusciti a verificare è che aumentando il tempo di vita degli elettroni, lasciando invariato il rumore e il tempo di vita dei fotoni (e gli altri parametri di simulazione), la soglia minima di pumping decresce. Abbiamo testato e modificato tutti i possibili parametri per cercare di ottenere una curva decrescente, ma il risultato è sempre una retta costante che non dipende da nessun altro parametro di simulazione. Nessun valore di tempo di vita del fotone e di rumore ha mostrato una retta decrescente. Abbiamo anche provato a fare i calcoli con le formule mostrate in un’altra versione del paper, ma senza risultati. Otteniamo sempre una retta costante, in cui le oscillazioni sono dell’ordine di al più 10^-5 ma dovute agli effetti randomici della simulazione stessa. Le *nostre ipotesi* sul perché non riusciamo a replicare correttamente il grafico proposto sono due:

* Il paper non menziona alcuni dettagli che sono essenziali per poter descrivere in maniera più precisa l’automa cellulare e l’algoritmo di simulazione stesso. Quindi manca qualcosa che ci sfugge o qualche parametro di simulazione in più che noi non conosciamo.
* In realtà la curva decresce effettivamente solo che non abbiamo modo di verificarlo visto che le oscillazioni sono così piccole da essere ricondotte ad effetti randomici e non al fenomeno fisico che vogliamo mostrare. E’ probabile che una decrescita effettivamente ci sia, solo che è comunque troppo piccola per poter essere apprezzabile (né visualizzabile).
* Cosa succede al variare del rumore generalizzato?

Cambia il rumore, e quindi le curve che vengono plottate subiscono delle oscillazioni locali più evidenti. Infatti aumentando il rumore, le curve appaiono più oscillanti e non mantengono un andamento perfettamente costante. Inoltre avere un rumore troppo basso porta ad aumentare il tempo richiesto per portare a regime il sistema, in quanto server più tempo per arrivare all’emissione stimolata.

* Cosa succede al variare della Stimulated emission probability (Moore Neighborhood threshold)?

Aumentando il neighbour threshold (da 1 a valori interi minori di 9) otteniamo un transitorio sempre più lungo. Quindi il laser impiega sempre più tempo per arrivare a regime. Di conseguenza l’inversione di popolazione tende a decrescere molto più lentamente. Però per valori sopra il 4, non si ottiene una simulazione fisicamente realistica, in accordo con le *rate equations*.

* Cosa succede all’aumentare della probabilità di pumping?

Aumenta notevolmente il numero di fotoni nella griglia (come previsto), e quindi chiaramente la luce emessa. Se lo diminuiamo troppo, scendendo sotto il pumping threshold, l’effetto è che il laser non funziona e non emette abbastanza fotoni.

* Descrizione del modello più avanzato con probabilità di agitazione termica senza pumping
  + La electron decay rule simula il decadimento non radiativo. Separando l’agitazione termica dall’emissione spontanea otteniamo un rumore più definito.
  + Aumentando la probabilità di eccitazione termica, otteniamo un numero di fotoni maggiore.
  + Aumentando l’emissione spontanea, il modello va presto a regime. Viceversa, diminuendo la probabilità di emissione spontanea, aumenta il tempo del transitorio dei fotoni.
* Quale è il criterio per trovare il pumping threshold dati i valori di rumore e costanti di tempo?

Cerchiamo il valore di lambda per il quale il numero medio di fotoni emessi nel tempo è poco sopra il numero medio di fotoni emessi a causa del rumore. Abbiamo anche usato un altro criterio suggerito in un altro paper trovato, ma il risultato è pressochè analogo.

**Risposta alle domande del professore:**

* Esiste un legame tra periodo dell’oscillazione e i tempi di vita?

Applicando la formula per il calcolo della pulsazione delle oscillazioni, e confrontandola con il grafico dell’evoluzione nel tempo, abbiamo verificato che il risultato teorico non coincide con quello visivo. Abbiamo inoltre plottato una curva della variazione rispetto al tempo di vita dei fotoni, ma non ci viene un andamento di cui potessimo essere sicuri.

* Fit teorico della curva in funzione del tempo della cavità (fotoni)

Abbiamo eseguito un curve fitting con successo, applicando la formula presente sul paper, a meno di un intercetta di correzione. La curva è un ramo di iperbole, quasi lineare per valori grandi del tempo di vita dei fotoni, come è atteso dal modello matematico.

* L’andamento del noise pumping rispetto al noise probability è atteso?

Si è atteso, perché aumentando la probabilità di rumore (nelle rate equations definito come tasso di emissione spontanea), bisogna aumentare di conseguenza il pompaggio per mantenere costante l’inversione di popolazione nel tempo.

* L’andamento del pumping threshold rispetto alla stimulated emission threshold è atteso?

Il guadagno g svolge un ruolo simile a quello della soglia di emissione stimolata nelle rate equations. Abbiamo notato che dobbiamo aumentare il pompaggio per mantenere l’inversione di popolazione costante e quindi laserare correttamente a regime, se noi aumentiamo il valore di soglia di emissione. Infatti, nel modello di calcolo usato, corrisponde al fatto che devono essere presenti più fotoni nell’intorno della cella stessa per poter avere emissione stimolata. Nel modello fisico, corrisponde alla diminuzione della *stimulated emission cross section*.