

## I.2 Atomes de Rydberg en interaction

### I.2.1 Deux atomes de Rydberg

hamiltonien d'interaction entre deux dipôles

$$V_{dd} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 r^3} \left( \mathbf{d}_1 \cdot \mathbf{d}_2 - 3(\mathbf{d}_1 \cdot \frac{\mathbf{r}}{r})(\mathbf{d}_2 \cdot \frac{\mathbf{r}}{r}) \right)$$

de l'interaction dipole-dipole générale au terme de Van der Waals en  $1/r^6$   
terme d'énergie et terme d'échange

### I.2.2 les interactions entre Rydberg de bas $l$

origine du  $C_6$  pour 60s-60s et  $C_6/A_6$  avec les voisins

reprendre Raul.figI.3 qui présente la partie radiale du dipôle 60s-ns en fonction de  $n$   
principe du blocage dipolaire et facilitation (rapide)

### I.2.3 les interactions entre Rydberg circulaires

$C_6$  pour 50c-50c et  $C_6/A_6$  avec les voisins

attention à l'anisotropie

équivalent de la figure ci dessus (Raul.figI.3) pour les 50c, à modifier pour l'anisotropie

# Chapitre II

## Des atomes de Rydberg froids en environnement cryogénique

### II.1 Les atomes froids

#### II.1.1 le cryostat et la puce

schéma et description du cryostat

schéma et description de la puce supra et des bobines supra

#### II.1.2 séquence de piégeage et refroidissement

piégeage magnéto-optique : 2D-MOT, QUAD-MOT, U-MOT

piégeage magnétique de Ioffe Pritchard : principe et potentiel créé par le fil Z (cf. code Mathematica Radia)

refroidissement évaporatif jusqu'au BEC : principe de l'évaporation RF et fils d'évap sur la puce

#### II.1.3 imagerie atomique

optique d'imagerie : schéma optique et caractéristiques des caméras

imagerie par absorption : transition sonde, intensité de saturation

imagerie par réflexion sur la puce : spécificités de la géométrie et double absorption du faisceau sonde

tweaks : absorption no-log et réduction des franges : qu'a-t-on utilisé comme méthodes de traitement pour améliorer notre imagerie → un paragraphe sur la réduction de franges et un(ou deux) paragraphe(s) sur l'absorption no-log et sa pertinence dans les mesures de mélasses.

### II.1.4 nuages typiques

quels MOTs, mélasses et nuages froids obtenus : tailles, températures, nombres d'atomes, distance à la puce.

## II.2 Excitation et détection d'atomes de Rydberg près d'une puce

### II.2.1 schéma d'excitation

schéma de niveau de l'excitation à deux photons (Raul.figIII.1) et caractéristiques de l'excitation à deux photons (Rabi vs Detuning du niveau intermédiaire)  
schéma laser - puce - électrodes et petit mot sur la géométrie des faisceaux

### II.2.2 schéma de détection

principe de la détection par ionisation  
implémentation : géométrie des électrodes d'ionisation, de déflexion et du channeltron avec une rampe de champ, on peut savoir quel niveau est détecté → principe des arrivées et note sur l'ionisation diabatique vs adiabatique.

### II.2.3 problème des champs électriques et flash de Rb

on travaille près d'une puce qui est une surface, et avec des objets ultra-sensibles -> ça peut créer des problèmes!  
vieilles raies larges et moches : expliquer par l'effet Stark quadratique et l'élargissement inhomogène.  
potentiel de contact et flash de Rb : dessins et schéma + dispensers et leur emplacement et boîte de protection  
c'est magiques, ça nous donne de belles raies fines!

### II.2.4 compensation et contrôle des champs

c'est bien d'avoir ces raies fines mais on veut contrôler le champ électrique le mieux possible électrode Vcomp et schéma de contrôle mixte excitation/détection. Le contrôle du champ sur  $Oy$  c'est bien, ça permet de faire plein de trucs, mais il reste des gradients (au moins).

si on veut faire encore mieux, il faut contrôler les champs selon  $Ox$  et  $Oy$  → électrodes RF :

schéma d'installation des électrodes

SIMION pour vérifier que ça permet de créer des champs y compris très près de la puce en plus, ça servira de source de RF polarisée!!

### II.2.5 manipulation et observation des Rydbergs

C'est bien de détecter des Rydberg, mais il faut aussi pouvoir les manipuler et les caractériser. Pour ça, on a un outil fabuleux : la spectroscopie microonde vers les

niveaux voisins !

schéma de niveaux ? schéma de dispositif ?

on peut mentionner ici qu'avec ça on a pu calibrer les champs électriques résiduels, et faire un qubit  $60s - 61s$  qui vit très longtemps.

## **Conclusion**

On a un dispositif lourd et complexe mais qui permet de faire beaucoup de belles choses avec des Rydbergs ultra-froids.

## Chapitre III

# Interaction entre atomes de Rydberg sphériques et excitation de gaz dense

### III.1 Régimes d'excitation en nuage dense : blocage et facilitation

#### III.1.1 Rappels sur l'interaction

hamiltonien d'interaction de paire

approximation de  $N$  atomes comme somme de  $\frac{N(N-1)}{2}$  paires

#### III.1.2 mouvement des atomes au sein d'un gaz dense de Rydberg

traitement classique du mouvement et ordres de grandeurs pertinents

#### III.1.3 Le blocage dipolaire et la facilitation

les deux régimes d'excitation déterminée par les interactions :

explication du blocage dipolaire, et des effets qui le limitent (ailes de la gaussienne du nuage)

pourquoi c'est difficile dans un BEC : mention du Pfau shift

mention de la négligeabilité des excitations de paires ?

### III.2 Spectroscopie optique du nuage

#### III.2.1 Description de la manip

spectres à différents temps d'interaction

ou  $N_{rydberg}$  en fonction du temps d'interaction pour différents detunings

#### III.2.2 Données : élargissement de la raie laser par interactions

conséquence de la facilitation

### III.3 Modèle de la dynamique d'excitation

#### III.3.1 Simulations

modèle d'équation de taux  
résultats de simulations comparés aux manip

#### III.3.2 Les limites du modèle

photons thermiques et apparition de niveaux  $p$   
LIRE T. PORTO

### III.4 Spectroscopie microonde du nuage : voir le mouvement

#### III.4.1 Description de la manip

spectroscopie 60s-57s et son spectre d'excitation : comment cela nous donne accès au spectre des énergies d'interaction  
sonder le nuage à différents moments de son explosion

#### III.4.2 Données et accord avec les simulations

présenter les courbes de Raul.IV.3.2

### Conclusion

il faut prendre en compte le mouvement, mais aussi les transferts thermiques vers les niveaux  $p$

## Chapitre IV

# Les atomes de Rydberg circulaires en interaction : vers un simulateur quantique

Reprendre le PRX

# Chapitre V

## Des atomes de Rydberg circulaires sur puce

### V.1 Comment exciter des atomes de Rydberg circulaires

**V.1.1 Les niveaux atomiques du fondamental au Rydberg circulaire**  
schéma de niveaux et Stark maps

**V.1.2 Spectroscopie 5s-50d**

en champ nul et en champ non-nul -> choix de  $m_j$

**V.1.3 Spectroscopie 50d-50f**

en champ nul et en champ non-nul -> choix de  $m_l$  et problème d'élargissement Stark

### Le passage adiabatique

présenter le principe du passage adiabatique (cf Jay, Brian, Eva) et le dispositif radio-fréquence tel qu'il est chez nous

### V.2 Comment caractériser les atomes de Rydberg circulaires

**V.2.1 Spectroscopie microonde vers les niveaux voisins**

50c-51c et optimisation de la RF  
50c-49c ?

**V.2.2 Temps de vie**

temps de vie théorique, temps de vie mesuré, température effective

**V.2.3 Temps de cohérence**

franges de Ramsey



## V.3 Éjectable : Première évidence du piégeage des atomes circulaires

### V.3.1 Dispositif laser de piégeage

description de l'optique de mise en forme  
et caractérisation du faisceau de piégeage

### V.3.2 Comment observer le piégeage des atomes circulaires

problème du temps de vie qui empêche d'observer l'absence de chute libre  
comment observer un piégeage de niveaux qui ne vivent pas longtemps ? propositions  
envisagées  
premiers signaux s'ils existent