



Transitions micro-ondes pour le ^{85}Rb et le ^{87}Rb et résonances de Feshbach

Théo Rybarczyk

Quantum Degenerate Gases laboratory

University of British Columbia, Vancouver, Canada

encadré par Kirk W. Madison

Stage de recherche - Phytem master première année

20 Avril au 14 Août 2009

Table des matières

1	Sélecteur d'états hyperfins RbSS	3
1.1	Multiplication et stabilisation de fréquence	3
1.1.1	La boucle à verrouillage de phase	3
1.1.2	Stabilité en fréquence de plusieurs références	5
1.2	Obtention des signaux à 3.0 GHz and 6.8 GHz	8
1.3	Amplification et contrôle de la puissance de sortie	8
1.4	Comportement du système	8
1.4.1	Sensibilité à la température des composants RF	8
1.4.2	Temps nécessaire pour obtenir un signal de sortie	9
2	Antennes hélices	12
3	Résonances de Feshbach	15
3.1	Courte introduction aux résonances de Feshbach	15
3.2	Recherche de la résonance à 155 G pour le ^{85}Rb	15
A	Filtre de la PLL	18
B	Diagrammes pour la génération des fréquences micro-onde	19
C	Diagramme de l'amplification des signaux	21
D	Filtre de la boucle de puissance	22

Chapitre 1

Sélecteur d'états hyperfins RbSS

Le but du RbSS (Rubidium State Selector, conçu à l'origine par Alan Robinson [1]) est de produire des micro-ondes à 3.0 GHz et à 6.8 GHz, simultanément si nécessaire et jusqu'à 1 W environ de puissance maximale. Il s'agit de pouvoir promouvoir des électrons du niveau $5S_{1/2}$ de l'état $F = 2$ vers $F = 3$ (transition à 3.0 GHz) pour le ^{85}Rb et $F = 1$ vers $F = 2$ (6.8 GHz) pour le ^{87}Rb (voir fig. 1.1 [2]).

La première étape est de multiplier une fréquence de référence par dix à l'aide d'un oscillateur contrôlé en tension (VCO) grâce à une boucle à verrouillage de phase (PLL) [3] [4]. Les fréquences sont encore doublées un certain nombre de fois pour atteindre les valeurs voulues et les signaux sont purifiés. Enfin, ils sont amplifiés, la puissance de sortie étant ajustable via une tension contrôlée par ordinateur ("setpoint"). Cette puissance finale est de plus stabilisée via une autre boucle.

Chaque étape avec les problèmes rencontrés et leurs solutions seront expliquées en détail dans ce rapport.

1.1 Multiplication et stabilisation de fréquence

1.1.1 La boucle à verrouillage de phase

On utilise le VCO pour multiplier par dix une fréquence de référence. Sa fréquence de sortie, f_{VCO} , est contrôlée par une tension constante. La PLL englobant le VCO va servir à verrouiller et stabiliser cette fréquence. Un diagramme de la boucle est présenté fig. 1.2.

Les phases du signal référence (de fréquence f_{ref}) et du VCO sont comparées et une tension constante proportionnelle à cette différence est générée

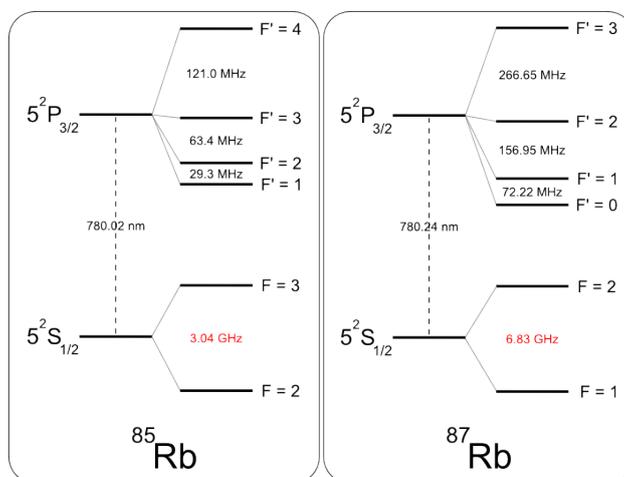


FIGURE 1.1 – Niveaux du ^{85}Rb et du ^{87}Rb

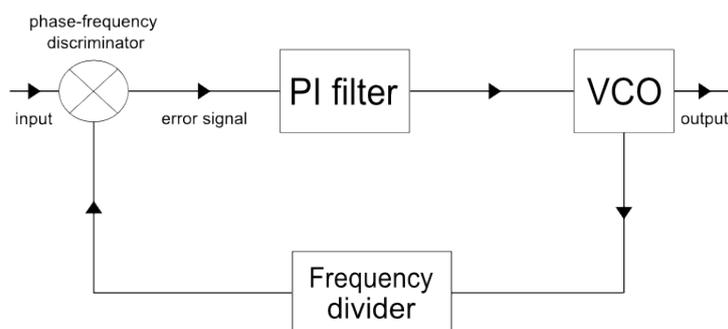


FIGURE 1.2 – Diagramme de la boucle à verrouillage de phase

(tension "servo").

Pour avoir une boucle stable et couper les hautes fréquences, il faut préalablement faire passer le signal servo par un filtre (voir annexe A). Si on ferme la boucle et qu'elle est verrouillée on aura une fréquence produite par le VCO égale à celle de la référence. Pour produire une fréquence dix fois plus grande il faut donc diviser celle produite par le VCO. Ici elle donc est divisée par 10. Ce n'est pas suffisant pour obtenir des signaux à 3.0 ou 6.8 GHz donc le signal passe par plusieurs doubleurs de fréquence (voir section 1.2). Le tableau 1.1 résume les étapes de multiplication de la fréquence initiale.

La boucle étant verrouillée il faut aussi qu'elle soit stable. Pour s'assurer de cela on fait faire un saut de 100 kHz à la fréquence de référence et on observe la réponse de la boucle. Avec cette marche en fréquence, le signal servo va brusquement évoluer et la boucle va suivre pour s'assurer que la

but	référence	sortie du VCO	nombre de doubleurs
3.0 GHz	75 MHz	750 MHz	2
6.8 GHz	85 MHz	850 MHz	3

TABLE 1.1 – Obtenir les fréquences finales

fréquence du VCO évolue en conséquence. Mais la boucle a de l'inertie et cette transition vers un nouveau régime permanent prend un certain temps qui est régi par les composants de la boucle et en particulier par son filtre. En optimisant la réponse, c'est à dire en évitant que la réponse oscille (ce qui peut rendre la boucle instable) et que la réponse soit trop lente (trop d'atténuation des oscillations), on obtient un temps de stabilisation de $20 \pm 1\mu s$ pour la ligne 3.0 GHz et $17 \pm 1\mu s$ pour la ligne 6.8 GHz. Seules les courbes de transition pour la ligne 3.0 GHz sont montrées fig. 1.3, celles pour la ligne 6.8 GHz sont très similaires.

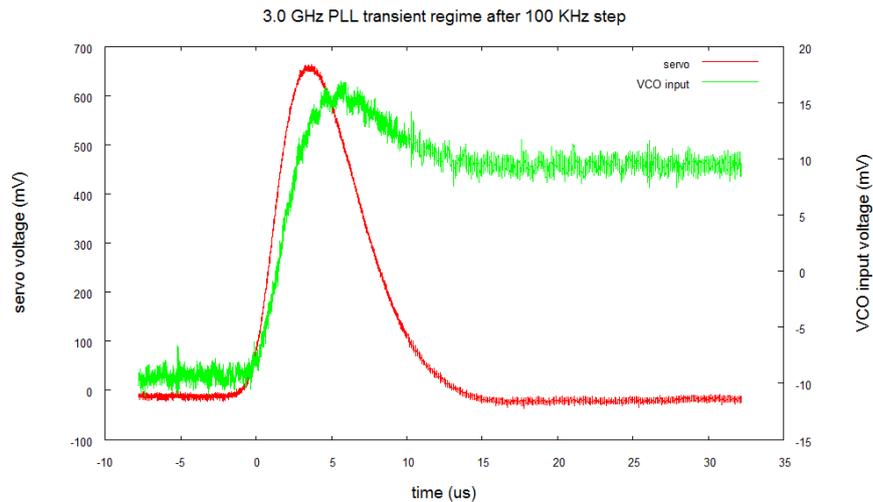


FIGURE 1.3 – Réponse de la boucle à un saut de fréquence

1.1.2 Stabilité en fréquence de plusieurs références

Une fois le système mis en place pour l'expérience, une certaine référence en fréquence sera utilisée : un DDS (Direct Digital Synthesizer). L'utilisation d'un DDS (à la place du générateur de fonction Agilent utilisé alors pour optimiser la boucle) a révélé une instabilité en fréquence de ces sources. En

refaisant le test de stabilité de la boucle on remarque que les courbes de réponse sont "sales" : il y a clairement un bruit de phase visible sur le signal servo et ce bruit se répercute naturellement sur le signal en entrée du VCO (voir fig 1.4).

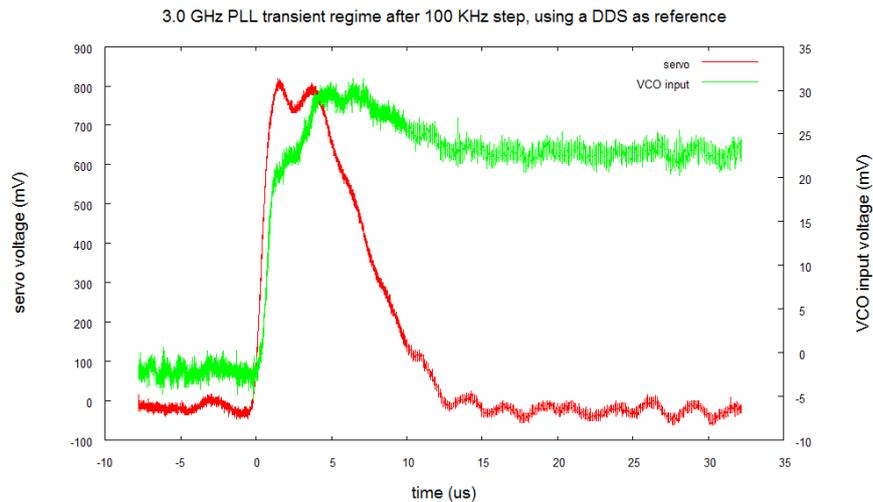


FIGURE 1.4 – Réponse de la boucle à un saut de fréquence - DDS comme référence - ligne 3.0 GHz

Les fréquences de sortie du DDS sont aussi générées grâce à une boucle à verrouillage de phase. Ce synthétiseur est verrouillé sur un premier DDS oscillant à 15 MHz lui même verrouillé sur l'horloge atomique du laboratoire. Pour comparaison, les spectres de l'Agilent, du DDS à 75 MHz et du DDS à 15 MHz ont été relevés (voir fig. 1.5). Le spectre du DDS à 15 MHz a été centré sur 75 MHz pour faciliter la comparaison avec les deux autres.

Il y a des différences évidentes entre les pics en terme de largeur et on observe des ailes dans le cas des DDS. Elles sont la conséquence de l'utilisation de PLL(s) : le bruit de phase dans la boucle est transformé par le VCO en bruit fréquentiel. Comme la génération du signal du DDS à 75 MHz a demandé plus d'une PLL les ailes sont donc d'autant plus larges.

Bien que ces ailes soient à très basse puissance par rapport au pic, cela a des effets sur le spectre du signal à 750 MHz en sortie du VCO comme montré fig. 1.6.

On remarque que même pour le spectre du signal avec l'Agilent comme référence il y a présence d'ailes autour du pic central, preuve qu'elles sont bien l'œuvre du bruit de phase dans la PLL. Heureusement, vu la puissance

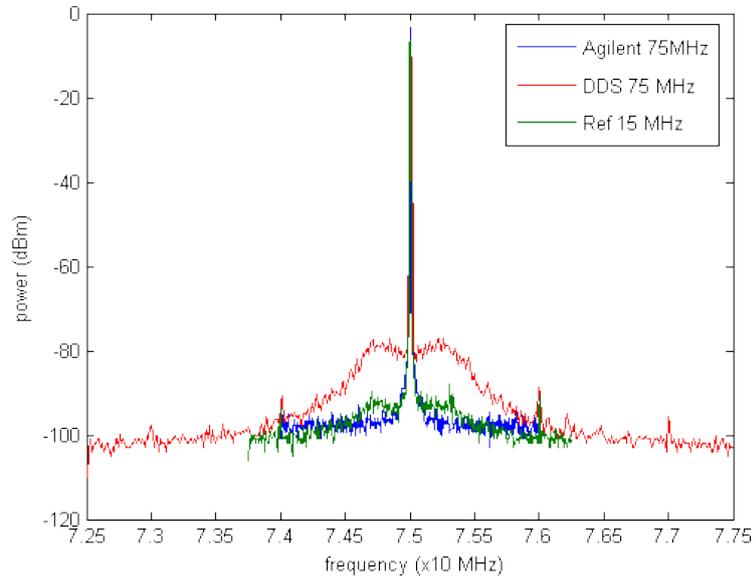


FIGURE 1.5 – Spectres des signaux de référence

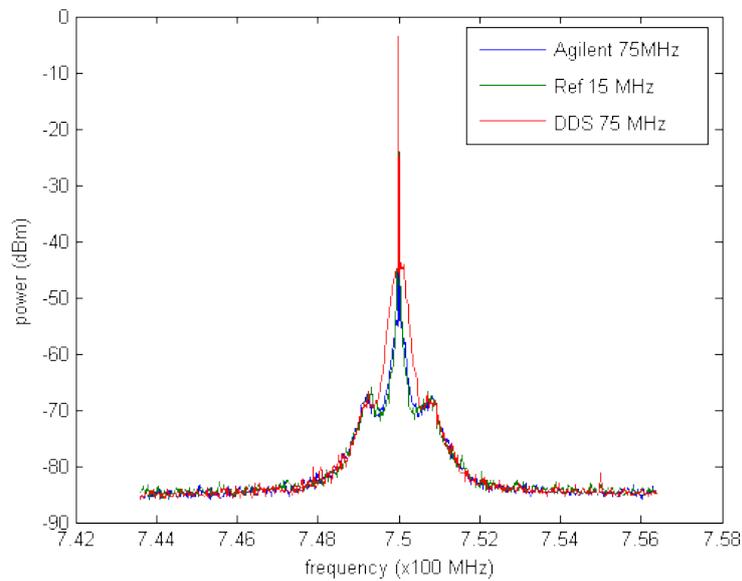


FIGURE 1.6 – Spectres du signal en sortie du VCO pour les trois références

de ces ailes, cela n'aura probablement pas d'importance pour les transitions hyperfines mais c'est une information utile pour le groupe.

1.2 Obtention des signaux à 3.0 GHz and 6.8 GHz

Avant l'amplification finale des signaux jusqu'à 1W au maximum, il faut arriver à générer les fréquences voulues. Après le VCO, les signaux passent donc alternativement par des doubleurs de fréquence, par des filtres passe-bande et par des amplificateurs. Ainsi, on atteint progressivement les fréquences finales en atténuant le plus possible les harmoniques générées par les doubleurs et en conservant le signal utile à une puissance suffisante. Les diagrammes montrant les composants utilisés sont présentés à l'annexe B.

1.3 Amplification et contrôle de la puissance de sortie

Une fois les bonnes fréquences générées, il faut amplifier le signal. Un diagramme de l'amplification est présenté en annexe C. Chaque ligne a un ou deux amplificateurs, le signal amplifié passe ensuite par un coupleur directionnel qui prélève une petite partie du signal (20 dB) qui est envoyé à un détecteur de puissance, la majorité du signal étant dirigée vers l'interrupteur de sortie. Il y a aussi des isolateurs pour dissiper la puissance lorsque les interrupteurs sont ouverts. Ces éléments de puissance sont montés sur un radiateur refroidi par un ventilateur.

Cette puissance est stabilisée par une boucle. La puissance mesurée par le détecteur est comparée avec la tension setpoint, le signal différence est filtré (voir annexe D) et envoyé vers un atténuateur contrôlé en tension (voir annexe B). Ainsi suivant que la puissance est trop forte ou trop faible par rapport à ce que l'on souhaite, le signal est plus ou moins atténué en amont.

1.4 Comportement du système

1.4.1 Sensibilité à la température des composants RF

Un effet observé est la dépendance à la température du système. En effet les caractéristiques des amplificateurs et du détecteur de puissance sont sensibles à leur chauffe. La plus grande variation observée est d'environ 0.5 dBm ce qui est acceptable pour les transitions micro-onde. Le temps caractéristique de cette dérive est difficile à évaluer. Il est de l'ordre de la dizaine de seconde voire de la minute.

Pour caractériser les variations, on mesure la puissance pour différents set-points avec un analyseur de spectre et cela de deux façons. La première est de mesurer chaque point le plus vite ("fast") possible (environ 15 s le temps de moyenner sur 30 spectres avec l'analyseur) et de laisser ensuite le système se refroidir pour environ 30 s. La deuxième façon est de laisser le système émettre pendant 30 mn avant de prendre le point ("slow"). Les résultats de cette mesure sont présentés fig. 1.7, on remarque que les variations sont très faibles pour celle-ci.

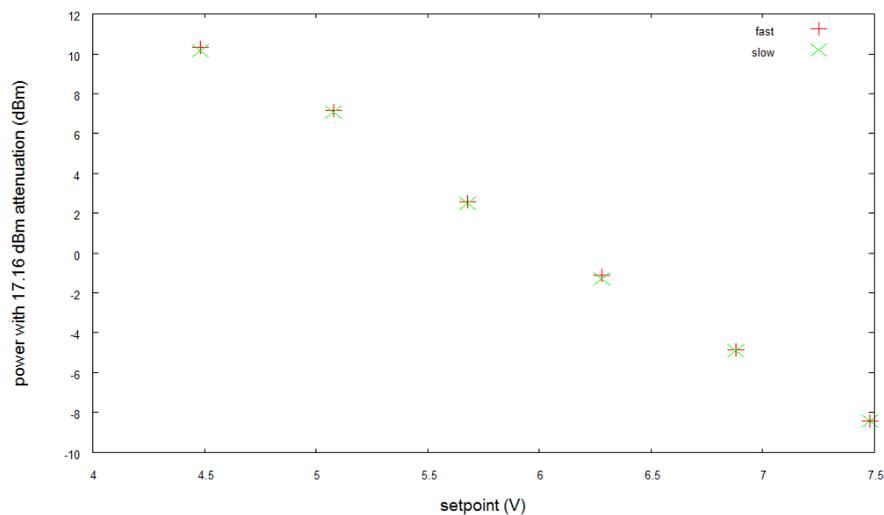


FIGURE 1.7 – Variation de la puissance de sortie à cause de la température

1.4.2 Temps nécessaire pour obtenir un signal de sortie

A quel point le système est rapide à envoyer un signal de sortie stable (vers les antennes) est une information de la plus grande importance. Il a été rapporté que dans le cas du premier système RbSS il était impossible de le faire fonctionner en dessous d'une durée d'environ 5 ou 6 ms après mise en marche. Il a donc fallu mesurer cette vitesse de fonctionnement et deux cas sont possibles : soit l'interrupteur lame souple (ILS) est fermé et on fait passer le setpoint de 0 au voltage correspondant à la puissance maximale soit le setpoint est préalablement réglé au maximum et on regarde le temps de fermeture de l'interrupteur mécanique. Bien entendu ce dernier est vraisemblablement l'élément limitant.

Pour la première mesure une technique est de prendre à nouveau les signaux transitoires de la PLL et d'en tirer le temps de stabilisation du système. La courbe pour 3.0 GHz est présentée figure 1.8. On trouve un temps de $(85 \pm 1)\mu s$ pour la ligne du signal à 3.0 GHz et $(79 \pm 1)\mu s$ pour la ligne à 6.8 GHz. Ce temps est plus long qu'avec la PLL seule car ici tout est connecté et couplé ce qui ralentit la stabilisation.

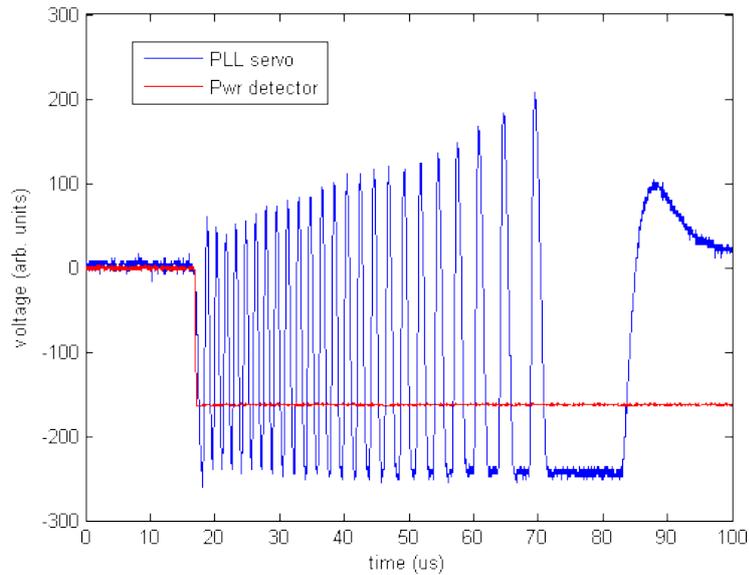


FIGURE 1.8 – Stabilisation du signal à 3.0 GHz

La mesure du temps de fermeture des ILS a été faite en prenant les signaux micro-ondes en sortie avec un oscilloscope qui ne peut tracer que des signaux jusqu'à 100 MHz. On pouvait cependant, comme espéré, voir un bruit qui permet de nettement distinguer le régime transitoire des régimes permanents. Le signal pour la ligne 3.0 GHz est présenté figure 1.9. On remarque clairement que l'interrupteur rebondit et que les temps de fermeture sont presque cent fois plus long que les temps déterminés plus haut. On trouve $(6.7 \pm 0.1)ms$ pour le signal à 3.0 GHz et $(7.0 \pm 0.1)ms$ pour celui à 6.8 GHz ce qui est comparable aux temps rapportés pour le premier système.

Ces résultats seront utiles à l'utilisation du système pour des temps inférieurs à la milliseconde en tenant compte la lenteur de l'interrupteur mécanique dans le programme de contrôle de l'expérience.

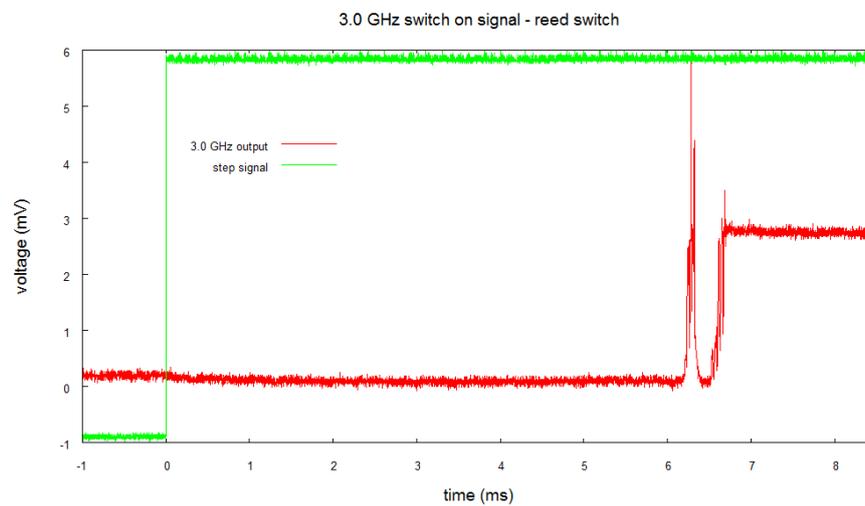


FIGURE 1.9 – Temps d'ouverture de l'ILS - 3.0 GHz

Chapitre 2

Antennes hélices

Le premier système reposait sur des antennes $\lambda/2$ qui émettent en dipôle, c'est à dire dans un très grand angle solide. Même avec un réflecteur, la directivité de cette antenne est assez faible. Une antenne plus directive est l'antenne hélice. Sa géométrie est présentée fig. 2.1. Une longueur exprimée en unités de la longueur d'onde de radiation dans l'antenne est indiquée par l'indice λ .

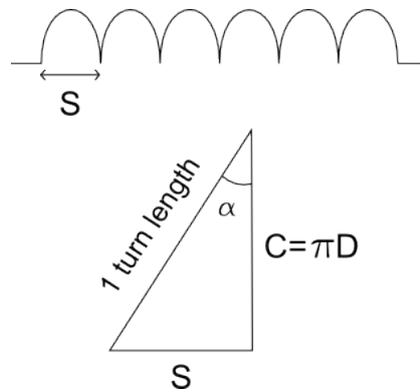


FIGURE 2.1 – Géométrie de l'hélice

On veut que l'antenne émette dans la direction de son axe (mode axial). D'après J. D. Kraus [5], il faut pour cela que C_λ , α et N soit dans certains intervalles :

$$3/4 < C_\lambda < 4/3$$

$$12 < \alpha < 14$$

$$N > 3$$

Un choix assez optimal est $C_\lambda = 1.20$, $\alpha = 13.0$ et $N = 8$ ce qui mène à $S_\lambda = 0.277$. Une estimation du gain de l'antenne selon Kraus est $G = 11.8 + 10 \log (NC_\lambda^2 S_\lambda)$. Les paramètres choisis permettent donc un haut gain tout en restant à une petite distance des limites du rayonnement en mode axial. Augmenter N signifie un meilleur gain et une meilleure directivité mais aussi une antenne plus longue.

La longueur est un paramètre critique étant donné le peu de place sur la table optique. La longueur est donnée par $L = NS_\lambda \lambda_0$ avec λ_0 la longueur d'onde de radiation dans le vide (ou l'air par approximation). Une hélice "baignant" dans l'air serait d'une longueur de 22.2 cm pour une émission centrée sur 3.0 GHz ce qui est beaucoup trop long. Il faut alors enrouler l'hélice autour d'un matériau diélectrique, dans ce cas la longueur devient $NS_\lambda \lambda_0 / \sqrt{\epsilon_r}$ avec ϵ_r la constante diélectrique du matériau. Il a fallu choisir un bon matériau pour fabriquer les antennes : avec un fort ϵ_r et facile à travailler.

Matériau	f (GHz)	ϵ_r	λ (mm)	L (mm)	D (mm)	S (mm)
PMMA (Plexiglas) [6]	3.0	2.475 @6.8GHz	63.56	140.88	24.28	17.61
	6.8	2.475 @6.8GHz	28.04	62.15	10.71	7.77
Macor [8]	3.0	5.67 @6.8GHz	42.00	93.08	16.04	11.64
	6.8	5.67 @6.8GHz	18.53	41.06	7.08	5.13
Mykroy/Mycalex [9]	3.0	6.79 @3.0GHz	38.38	85.06	14.66	10.63
	6.8	6.79 @6.8GHz	16.93	37.52	6.47	4.69
Delrin [7]	3.0	3.7 @1MHz	51.99	115.22	19.86	14.40
	6.8	3.7 @1MHz	22.94	50.83	8.76	6.35
	6.8	3.5 supposé	23.58	52.27	9.01	6.53

TABLE 2.1 – Constantes diélectriques et caractéristiques de l'hélice

Un autre problème est l'adaptation d'impédance. Cela peut être réalisé en partie en aplanissant le premier 1/4 de tour de l'hélice [5], c'est pourquoi il y a un espacement entre le plan de la masse (base en cuivre) et le cylindre diélectrique. Un tube externe a été fabriqué pour recouvrir l'antenne hélice. On peut voir l'antenne modélisée fig. 2.2.

Un prototype d'antenne à 6.8 GHz a été réalisée à partir de Delrin et en supposant que $\epsilon_r = 3, 5$. Malheureusement, la base en cuivre utilisée comme plan à la masse n'a pas pu être fabriquée à temps. Un plan carré V=0V, avec environ la même dimension a été faite "à la main" pour remplacer la base en cuivre. Un diamètre de 0,81 mm pour le fil de cuivre a été utilisé, ce n'est pas un paramètre critique car il doit se situer entre $0,005 \lambda$ et $0,05 \lambda$ [5]. Le

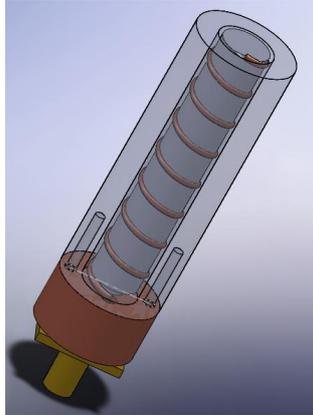


FIGURE 2.2 – Antenne créée avec Solidworks

test de ce prototype a révélé qu'il était moins bon que l'antenne dipôle pour 6.8 GHz : pour une distance identique à la bobine de mesure la puissance lue avec l'analyseur de spectre était moindre. Un test rapide de directivité a montré que le champ avait des lobes latéraux ce qui signifie que l'antenne ne fonctionne pas en mode radial pur. Les raisons pour tout cela doivent être que la constante diélectrique supposée pour le Delrin à cette fréquence était fausse, que le plan à la masse était de trop pauvre manufacture et qu'en conséquence l'adaptation d'impédance était mauvaise.

Chapitre 3

Résonances de Feshbach

3.1 Courte introduction aux résonances de Feshbach

Une résonance de Feshbach arrive lorsque l'énergie de collision entre deux atomes est dégénérée avec celle d'un état lié. C'est à dire qu'à l'aide d'un champ magnétique qui modifie l'énergie de la collision on peut obtenir des molécules à partir d'atomes préalablement refroidis. En réalité à la résonance toutes les collisions sont amplifiées, les élastiques qui rethermalisent le nuage d'atomes et les inélastiques responsables de pertes [10] [11] [12] [13]. C'est par cet effet que l'équipe compte créer différentes molécules hétéronucléaires ultra-froides avec du ^{85}Rb , du ^{87}Rb et du Li pour les étudier. Dans le cas du ^{85}Rb il existe une résonance très prononcée et large (plusieurs Gauss) à un champ magnétique $B = 155 \text{ G}$. Pour celle-ci il faut que les atomes soient dans l'état ($F = 2, m_F = -2$) [14] [15].

3.2 Recherche de la résonance à 155 G pour le ^{85}Rb

On applique un champ magnétique homogène grâce à deux bobines en configuration Helmholtz sur un nuage de ^{85}Rb refroidi et piégé. Le champ magnétique créé est relié à l'intensité dans ces bobines : une calibration donne $B = 31.8 \text{ I}$ en Gauss pour I en ampères, cette relation étant valide à environ 10%. Les mesures ont donc consisté à balayer en courant un intervalle en courant autour de 5 A ce qui correspond à la résonance attendue à 155 G. Quelques mesures préalables sur les pertes en fonction du temps d'exposition au champ magnétique ont été faites pour s'assurer que celui-ci ne

ne fasse pas partir les atomes du piège d'une façon qui rendrait les recherches de résonances de Feshbach impossibles. Les résultats pour différents temps d'expositions sont présentés figures 3.1, 3.2, 3.3 et 3.4.

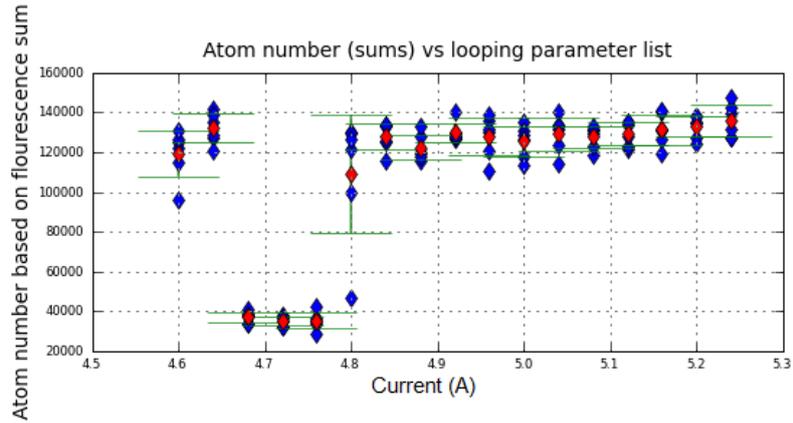


FIGURE 3.1 – Une résonance de Feshbach ? - temps d'exposition 1 s

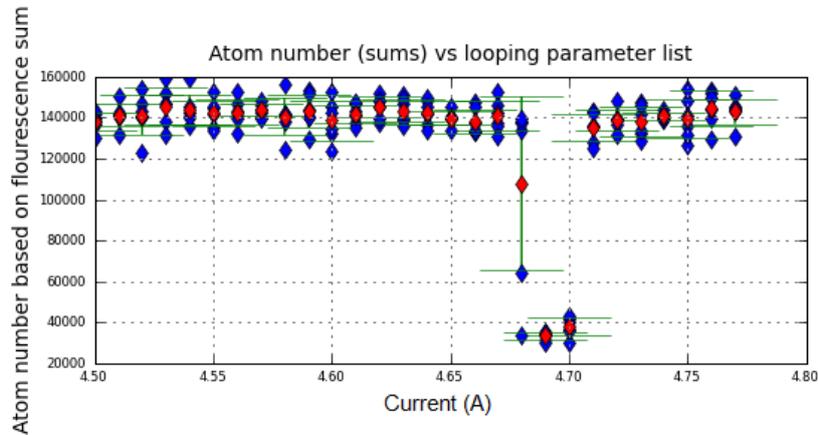


FIGURE 3.2 – Une résonance de Feshbach ? - temps d'exposition 1 s - intervalle plus précis

Il se passe effectivement quelque chose à l'endroit attendu. En revanche le fait que la "résonance" n'apparaisse pas à chaque fois pour le même champ et semble changer de largeur est un problème. Les mesures ont été répétées pour certains temps d'exposition et la résonance n'est pas apparue pour une de ces répétition. Un champ magnétique qui varie à chaque allumage des bobines ou dans le temps est une explication pour ces deux effets observés. Il a été reporté que, pour certaines valeurs du courant, un contrôleur pour

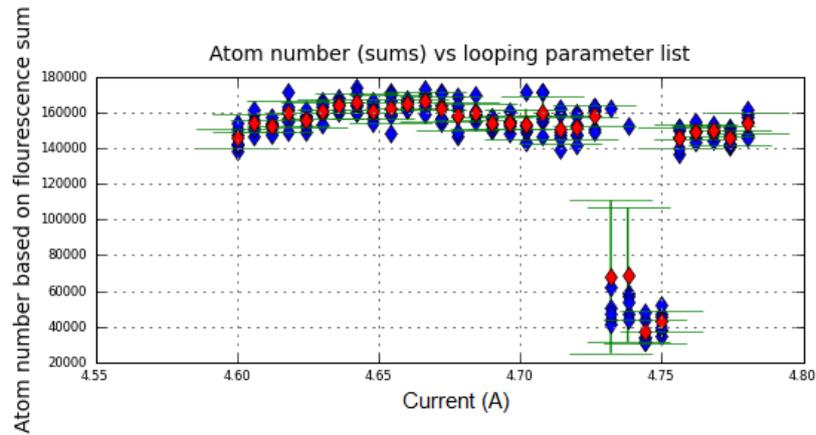


FIGURE 3.3 – Une résonance de Feshbach? - temps d'exposition 500 ms

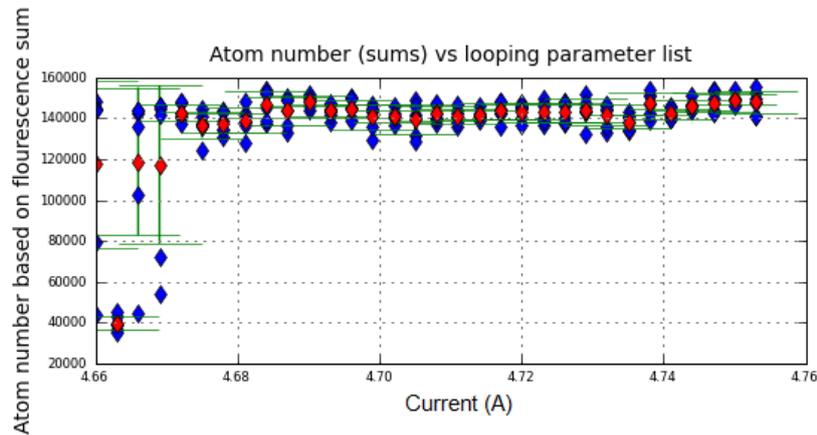


FIGURE 3.4 – Une résonance de Feshbach? - temps d'exposition 250 ms

les bobines identique à celui utilisé ici provoquait de grandes oscillations de courant et donc de champ magnétique. Il se peut que cela se passe ici pour des valeurs proches de 5 A. Le fait que lors de la "résonance" le nombre d'atomes tombe systématiquement à 40000 est un autre problème. Soit cela est normal et il faudrait essayer de diminuer le temps d'exposition soit la recapture des atomes (pour obtenir une image d'où on tire le nombre d'atomes présent dans le nuage) se fait mal. Le manque de temps a empêché de rechercher les causes d'un possible problème avec le champ magnétique et de pousser les mesures à des temps d'expositions plus faibles pour voir si le nombre d'atomes continuait à "saturer" ou non.

Annexe A

Filtre de la PLL

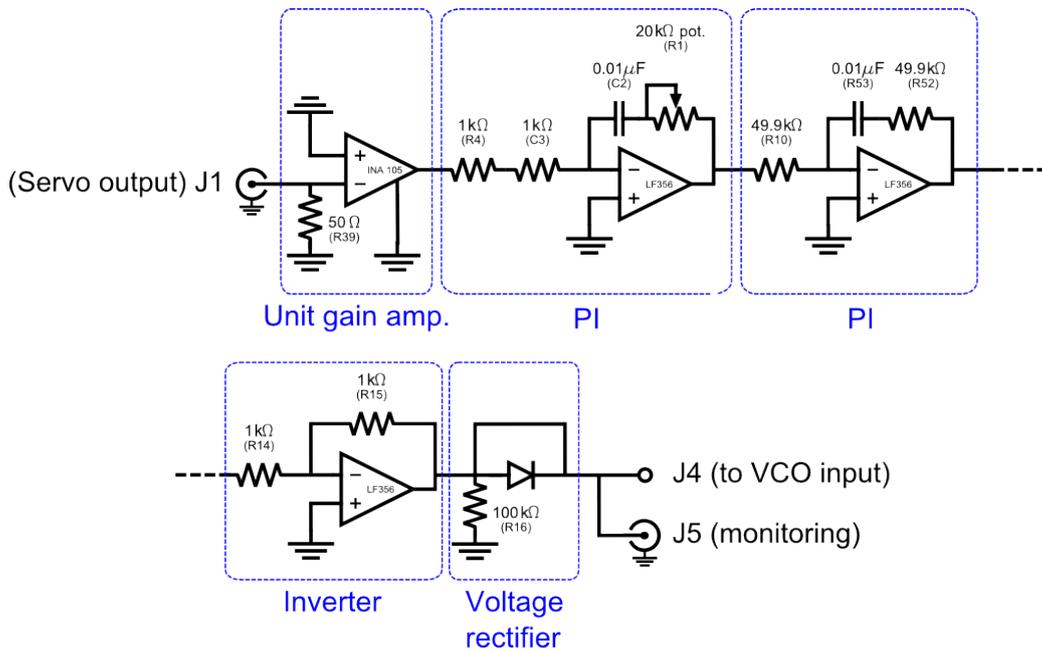


FIGURE A.1 – Schéma du filtre

Annexe B

Diagrammes pour la génération des fréquences micro-onde

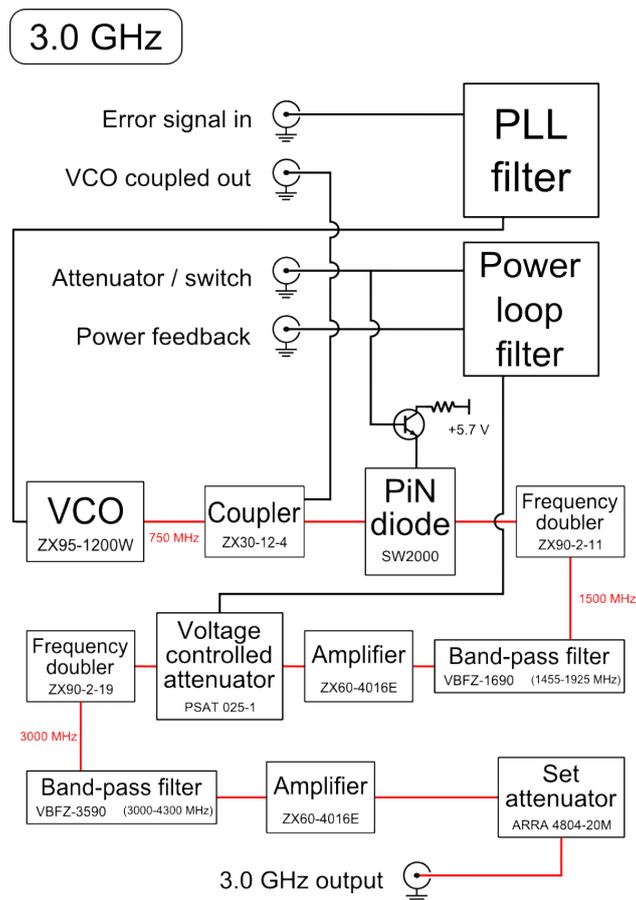


FIGURE B.1 – Diagramme pour le ligne 3.0 GHz

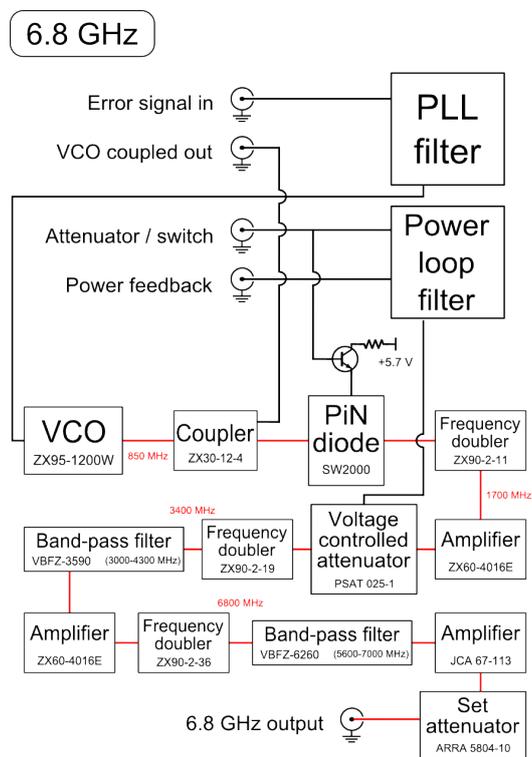


FIGURE B.2 – Diagramme pour le ligne 6.8 GHz

Annexe C

Diagramme de l'amplification des signaux

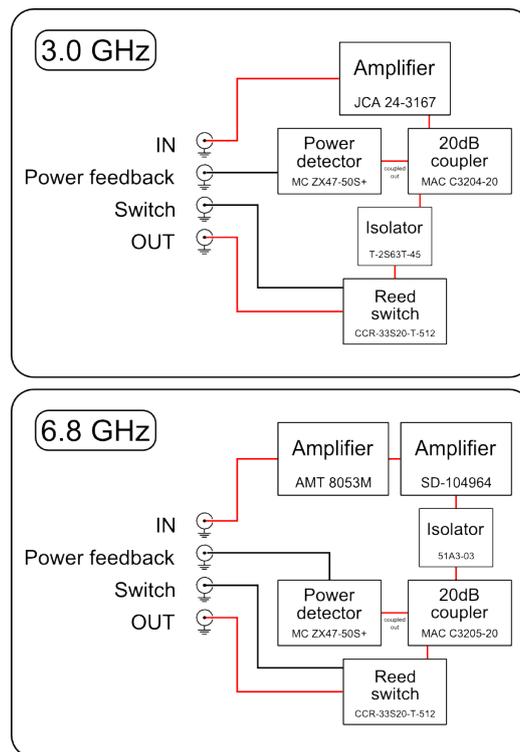


FIGURE C.1 – Diagramme de l'amplification

Annexe D

Filtre de la boucle de puissance

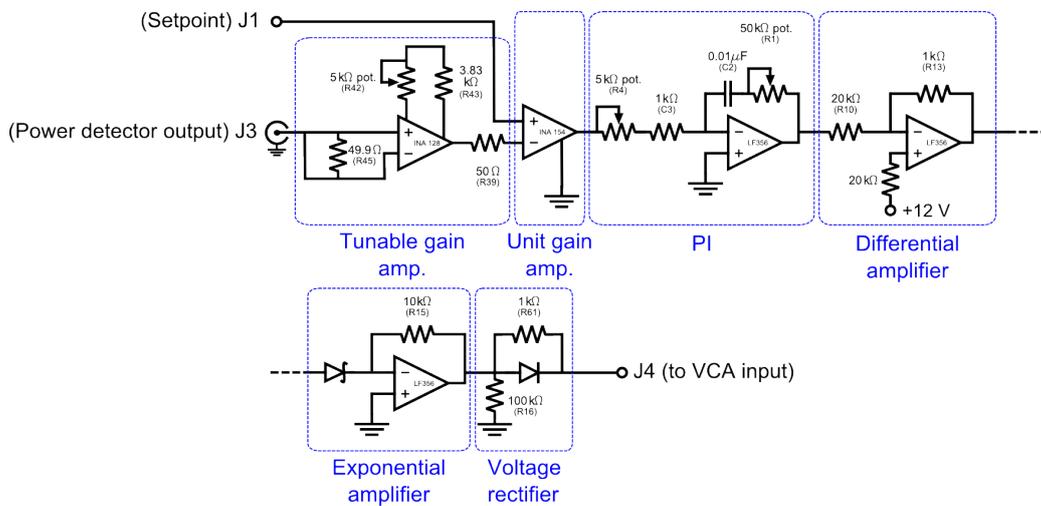


FIGURE D.1 – Schéma du filtre

Bibliographie

- [1] A. Robinson, Measuring the Molecular Structure of Ultracold Lithium-Rubidium Dimers by Feshbach Resonances, Master thesis, University of British Columbia, 2009.
- [2] D. A. Steck, Rubidium 85 D Line Data and Rubidium 87 D Line Data, <http://george.ph.utexas.edu/~dsteck/alkalidata/>, 2008.
- [3] F. M. Gardner, *Phaselock Techniques* 3rd ed. , Wiley-Interscience, 2005.
- [4] J. B. Desmoulins, Notions sur les systèmes bouclés, http://www.phytem.ens-cachan.fr/telechargement/Module_IETI/Phytem_Systèmesbouclés_2009_2010.pdf, 2009.
- [5] J. D. Kraus, *Antennas* 2nd ed. , McGraw-Hill, 1988.
- [6] Benjamin Deh, communication privée.
- [7] Delrin datasheet, http://plastics.dupont.com/myplastics/Mediator?id=34&p=1&locale=fr_FR, DuPont.
- [8] Macor datasheet, <http://www.corning.com/docs/specialtymaterials/pisheets/Macor.pdf>, Corning.
- [9] Crystex Composites LLC, communication privée.
- [10] M. S. Child, *Molecular collision theory*, Dover Publications, 1996.
- [11] C. Cohen-Tannoudji, Condensation de Bose-Einstein des gaz atomiques ultra froids : effets des interactions, <http://www.phys.ens.fr/cours/college-de-france/>, 1999.
- [12] J. L. Roberts, Bose-Einstein Condensates with Tunable Atom-atom Interactions : The First Experiments with ^{85}Rb BECs, Ph.D. thesis, University of Colorado, 2001.
- [13] J. P. Burke, Theoretical Investigation of Cold Alkali Atom Collisions, Ph.D. thesis, University of Colorado, 1999.
- [14] S. L. Cornish, N. R. Claussen, J. L. Roberts, E.A. Cornell and C. E. Wieman, Stable ^{85}Rb Bose-Einstein Condensates with Widely Tunable Interactions, *Phys. Rev. Lett.* **85**, 1795 (2000)

- [15] J. L. Roberts, N. R. Claussen, S. L. Cornish, and C. E. Wieman Magnetic Field Dependence of Ultracold Inelastic Collisions near a Feshbach Resonance, *Phys. Rev. Lett.* **85**, 728 (2000)

Dates	Durée	Travail
20/04 - 01/05	2 semaines	arrivée - définition du travail - lecture sur les boucles à verrouillage de phase
04/05 - 08/05	1 semaine	stage de mécanique
11/05 - 19/06	6 semaines	travail sur le système micro-onde (RbSS)
22/06 - 26/06	1 semaine	lecture sur le piégeage et le refroidissement d'atomes
29/06 - 24/07	4 semaines	finitions du RbSS - conception des antennes hélices
27/07 - 31/08	1 semaine	lecture/biblio sur les collisions ultra-froides et les résonances de Feshbach
03/08 - 14/08	2 semaines	test du prototype d'antenne - recherche de résonances de Feshbach

Calendrier du stage

Résumé

L'étude des atomes ultra-froids demande de pouvoir manipuler et contrôler les états dans lesquels sont les électrons de valence afin de pouvoir refroidir, piéger, mesurer et étudier différents effets quantiques en physique atomique et moléculaire. Pour le ^{85}Rb et le ^{87}Rb les transitions hyperfines du niveau fondamental se trouvent dans le domaine des micro-ondes. Il faut arriver à émettre un tel signal et maîtriser sa longueur d'onde et le temps d'émission. Le but de ce stage a été de remplacer le système micro-onde actuel afin d'être capable de produire des radiations simultanément pour le ^{85}Rb et le ^{87}Rb en vue de la création de molécules hétéronucléaires ultra-froides. Ce rapport présente dans un premier temps les différents problèmes rencontrés et les solutions apportées. La conception de nouvelles antennes (antennes hélice) pour le même but constitue la deuxième partie. Enfin, une recherche de résonances de Feshbach pour le ^{85}Rb est montrée en dernière partie, ce type de résonance est l'effet qui mène à la création des molécules ultra-froides.

Abstract

Ultracold atoms need the control of the valence shell electrons states to cool and trap, to measure and to study different quantum effects in atomic and molecular physics. Hyperfine transitions in the ground state of ^{85}Rb and ^{87}Rb lie in the microwave range of the electromagnetic spectrum. To emit such a signal one must control the wavelength and the emission duration. The aim of this internship was to replace the microwave system with a new one which could produce fields simultaneously for ^{85}Rb and ^{87}Rb in order to be able to create heteronuclear ultracold molecules. Encountered problems and their solutions are presented in the first part of this report. Design of new antennae for the system (helical antennae) is the second part. Searches for ^{85}Rb Feshbach resonances are also presented, these resonances are the effect leading to the creation of ultracold molecules.