

**Caractérisation directe d'un état de polarisation à l'aide des mesures  
faibles temporelles**

Thèse présentée à la faculté des sciences de l'université de Moncton  
pour l'obtention du grade de  
maîtrise ès sciences et spécialisation physique (M. Sc.)

**Shane Gervais**  
A00198792

Département de physique et d'astronomie  
Université de Moncton

**DATE**

## Composition du jury

Président du jury : **noms**  
Professeur,  
Université de Moncton

Examineur interne : **noms**  
Professeur,  
Université de Moncton

Examineur externe : **noms**  
Professeur,  
Université de **noms de l'uni**

Directeur de thèse : Lambert Giner  
Professeur,  
Université de Moncton

## Remerciements

## Sommaire

## Abstract

## Table des matières

Page titre	i
Composition du jury	ii
Remerciements	iii
Sommaire	iv
Abstract	v
Liste des tableaux	viii
Liste des figures	ix
Liste des symboles	x
<b>1 INTRODUCTION DES PROCÉDURES DIRECTES POUR LES MESURES QUANTIQUES</b>	<b>1</b>
1.1 La notion des mesures quantiques . . . . .	1
1.2 Les procédures des mesures directes . . . . .	3
1.2.1 Avec mesure forte . . . . .	3
1.2.2 Avec mesure faible . . . . .	4
1.3 Motivation de la thèse . . . . .	5
<b>2 LES MESURES FAIBLES TEMPORELLES ET FRÉQUENCIAELLES D'UN SYSTÈME QUANTIQUE</b>	<b>6</b>
2.1 Proposition d'une procédure directe avec des mesures temporelles faibles	6
2.2 Relation d'un délai temporel et la valeur faible de l'état de polarisation	7
2.2.1 La partie réelle du système . . . . .	7
2.2.2 La relation d'une mesure temporelle et un décalage de fréquence	7
2.2.3 La partie imaginaire du système . . . . .	7
2.3 Proposition expérimentale pour la caractérisation de la valeur faible .	8
<b>3 MESURE EXPÉRIMENTALE DIRECTE D'UN ÉTAT DE POLARISATION EN UTILISANT UNE MESURE FAIBLE TEMPORELLE</b>	<b>9</b>
3.1 Acquisition de donnée et mesure d'un délai en utilisant un oscilloscope	9
3.1.1 Fonctionnement d'un oscilloscope . . . . .	9
3.1.2 Acquisition du délai temporel . . . . .	9
3.1.3 Note physique sur la réalité de l'acquisition . . . . .	9
3.2 Caractérisation de la partie réelle de la valeur faible . . . . .	10
3.2.1 Montage expérimental . . . . .	10
3.2.2 Résultats expérimentaux sur la partie réelle . . . . .	10
3.3 Caractérisation de la partie imaginaire de la valeur faible . . . . .	11

3.3.1	**SECTION SUR LA MÉTHODE DE MESURE SUR LES DÉCALAGES DE FRÉQUENCE . . . . .	11
3.3.2	**SECTION SUR LE MONTAGE DE LA PARTIE IMAGI- NAIRE . . . . .	11
3.3.3	**SECTION SUR LES RÉSULTATS . . . . .	11
<b>4</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>12</b>
4.1	Discussion des résultats expérimentaux . . . . .	12
4.2	Conclusion sur la thèse . . . . .	13
4.3	Applications et projet de future . . . . .	14

## Liste des tableaux



**Table des figures**

1	L'état du dé en superposition et puisque réduit à une de ses valeurs .	2
---	--	---

## Liste des symboles

# 1 INTRODUCTION DES PROCÉDURES DIRECTES POUR LES MESURES QUANTIQUES

## 1.1 La notion des mesures quantiques

Les mesures en physique ont toujours troublé les scientifiques et les philosophes depuis aussi longtemps qu'on puisse l'imaginer. Même l'idée d'une mesure simple comme telle que la mesure de la taille d'une personne pourrait être discutée en profondeur. De nombreux éléments sont à prendre en compte, tel que la définition du point de départ et du point d'arrivée de la mesure, les unités ou la méthodologie à utiliser pour mesurer la taille de la personne, on considère-tu la hauteur de ses cheveux ou pas ? Qu'est-ce que sont les incertitudes de nos mesures, etc. Aujourd'hui, nous discutons ces idées en profondeur dans nos cours d'expérimental au baccalauréat. Ce n'est qu'au cours des années 1900 que le domaine de la mécanique quantique a été introduit, ce qui a encore compliqué ces notions de mesures. Dans cette section, nous discuterons principalement de l'approche de John von Neumann concernant les mesures en mécanique quantique et de la manière dont elle est utilisée dans des procédures directes d'une mesure d'un état quantique à l'aide des mesures faibles. La mécanique quantique étant une théorie non déterministe, comme démontré par le théorème de Bell, décrit un état quantique, au sein d'un système quantique, a de multiples possibilités de se réduire à un résultat lorsqu'il est mesuré ou observé. Plus discrètement, un état quantique  $|\Psi\rangle \equiv \sum_i^N c_i |\psi_i\rangle$  dont à dimension  $N$  avec des vecteur propres  $|\psi_i\rangle$  associé avec un coefficient de probabilité  $c_i$ , vit dans un espace de Hilbert  $|\Psi\rangle \in \mathcal{H}$  où chaque élément dans cet espace est un état  $|\psi_i\rangle$  possible auquel l'état quantique  $|\Psi\rangle$  peut se réduire quand elle est mesuré. von Neumann décrit les mesures en mécanique quantique avec des observables soit  $\hat{A}$ . En mécanique quantique, les observables sont des opérateurs qui peuvent être appliqués à un état quantique pour réduire physiquement l'état à l'une de ses valeurs propres associées à son état propre mesuré  $\hat{A}|\Psi\rangle = a_i |\psi_i\rangle$  dont  $a_i$  une valeur propre du observable  $\hat{A}$  que l'état quantique  $|\Psi\rangle$  est réduit deçu. Classiquement, les observables sont simplement des propriétés physiques d'un système, comme la taille d'une personne. Nous pouvons utiliser comme analogie un dé à six faces en tant d'état quantique et nous sommes l'observable, on tir le dé et on notons ça valeur. Avant de lancer le dé, l'état du dé peut s'exprimer par une superposition de toutes ses valeurs possibles (de 1 à 6). Après le lancer, le dé est tombé sur une de ses faces et son état est parfaitement défini comme étant la valeur inscrite sur cette face. Définissons l'état du dé avant le lancer comme étant la superposition des états propres représentant chaque face du

dé soit  $|1\rangle, |2\rangle \dots |6\rangle$  avec des probabilités égales de  $\frac{1}{\sqrt{6}}$  à chacun des états propres. Après le lancer, le dé se trouve à d'être dans l'une de ses états propres. Donc, en mécanique quantique, l'état d'un système quantique est une superposition de tous ses vecteurs. Lors d'une mesure, l'état se réduit à une de ces valeurs propres.

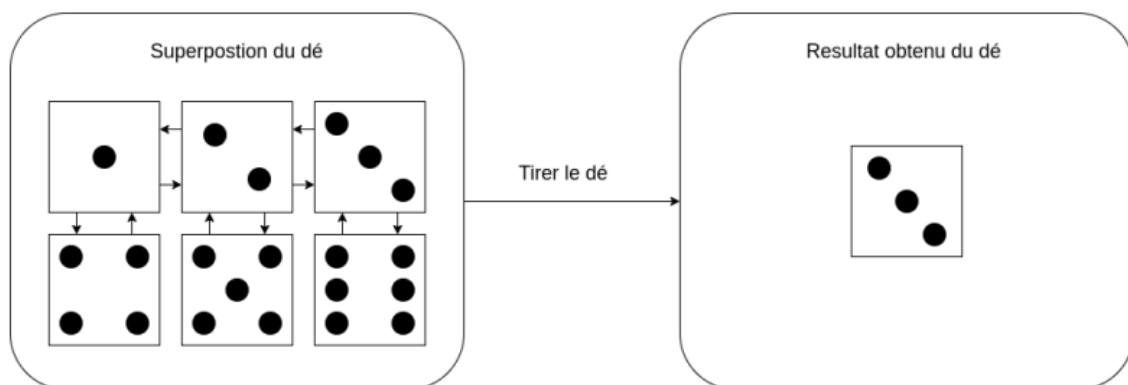


FIGURE 1 – L'état du dé en superposition et puisque réduit à une de ses valeurs

Les observables sont ce que nous pouvons physiquement observer, mais nous n'obtenons pas toute l'information du système quantique simplement par ses observables. Même en sciences humaines, nous pouvons faire des observations sur une personne, comme son ton ou ses goûts personnels, mais nous ne comprendrons toujours pas cette personne à son juste niveau, nous y reviendrons plus tard. En physique, nous pouvons mesurer l'intensité de la lumière, mais nous ne pouvons pas mesurer directement son champ électrique. Dans cette thèse, nous aimerons avoir la capacité de cartographier directement tous les états de polarisation d'un système quantique. La section suivante sera consacrée à la description des procédures de mesures directes d'un état quantique général.

## 1.2 Les procédures des mesures directes

### 1.2.1 Avec mesure forte

### 1.2.2 Avec mesure faible

### 1.3 Motivation de la thèse

## **2 LES MESURES FAIBLES TEMPORELLES ET FRÉQUENCIAELLES D'UN SYSTÈME QUANTIQUE**

### **2.1 Proposition d'une procédure directe avec des mesures temporelles faibles**



## 2.2 Relation d'un délai temporel et la valeur faible de l'état de polarisation

### 2.2.1 La partie réelle du système

### 2.2.2 La relation d'une mesure temporelle et un décalage de fréquence

### 2.2.3 La partie imaginaire du système

## 2.3 Proposition expérimentale pour la caractérisation de la valeur faible

### **3 MESURE EXPÉRIMENTALE DIRECTE D'UN ÉTAT DE POLARISATION EN UTILISANT UNE MESURE FAIBLE TEMPORELLE**

#### **3.1 Acquisition de donnée et mesure d'un délai en utilisant un oscilloscope**

##### **3.1.1 Fonctionnement d'un oscilloscope**

##### **3.1.2 Acquisition du délai temporel**

##### **3.1.3 Note physique sur la réalité de l'acquisition**

### 3.2 Caractérisation de la partie réelle de la valeur faible

#### 3.2.1 Montage expérimental

#### 3.2.2 Résultats expérimentaux sur la partie réelle

### **3.3 Caractérisation de la partie imaginaire de la valeur faible**

#### **3.3.1 \*\*SECTION SUR LA MÉTHODE DE MESURE SUR LES DÉ- CALAGES DE FRÉQUENCE**

#### **3.3.2 \*\*SECTION SUR LE MONTAGE DE LA PARTIE IMAGINAIRE**

#### **3.3.3 \*\*SECTION SUR LES RÉSULTATS**

## 4 CONCLUSION

### 4.1 Discussion des résultats expérimentaux

## 4.2 Conclusion sur la thèse

### 4.3 Applications et projet de future



## ANNEXE A

## ANNEXE B