

# Physique Quantique : de la base aux nouvelles technologies

S. Andrieu, Ph. Andilla, A. Froger



# sommaire

- ❑ Rappel du projet
- ❑ Conception globale
- ❑ Contenu de base
- ❑ Autour du contenu de base
- ❑ Evaluation, exercices
- ❑ Conclusion

# Rappel du projet

## ➤ Apprentissage de la physique quantique

- Expériences fondatrices
- Dualité onde-corpuscule
- Nouvelle théorie : éq. Schrödinger, méca ondulatoire
- Théorie + aboutie : approche matricielle
- Découverte du spin, apport de la nouvelle théorie

## ➤ Projets en 2 parties :

- Niveau L2 : mécanique ondulatoire
  - Niveau L3 : la nouvelle physique quantique
- 1<sup>ère</sup> partie finalisée en juillet prochain
  - 2<sup>ème</sup> partie en cours de réalisation

# Conception globale

## ➤ Proposer un « vrai » cours

Scénari s'y prête bien : le cours est le poly

## ➤ Ne pas tout mélanger

Structurer pour un meilleur apprentissage : bien séparer le contenu à acquérir des commentaires (démonstrations, objectifs, pédagogie,...)

## ➤ Susciter un intérêt

- Approche historique
- Application dans les laboratoires
- Application dans l'industrie

# Contenu de base

Présentation comme poly – plan joint – objectifs bien séparés

Physique Quantique : de la base aux nouvelles technologies

## Objectifs

### Introduction

I – Limites de la physique classique et Hypothèses historiques

II - La dualité Onde - Corpuscule

III – La mécanique ondulatoire : base de la mécanique quantique

Applications dans les labos

Applications dans l'industrie

Histoire

## Introduction

A partir des travaux de Newton (17ème siècle), la physique et la chimie se sont considérablement développées selon un chemin dit " classique " par la suite, et ceci jusqu'à la fin du 19ème siècle. Le point essentiel commun aux théories développées jusqu'alors est l'aspect déterministe des prédictions, basé essentiellement sur notre perception du monde à l'échelle de la taille humaine. En cette fin de 19ème siècle, les savants pensaient même alors que l'Homme avait compris l'essentiel de la nature autour de lui, et qu'il ne restait que quelques points de détail à régler dans notre compréhension du monde.

Néanmoins, il persistait quelques zones d'ombre. Et certains scientifiques comme Max Planck, Niels Bohr ou bien Albert Einstein ont su sentir que ces zones d'ombre n'étaient pas des points de détails à régler. Nous allons démarrer ce cours en présentant quelques phénomènes inexpliqués par les théories classiques qui ont déclenché un renouveau total dans le monde des sciences, et une révolution dans notre perception tout d'abord de l'infiniment petit, puis bien plus tard de l'infiniment grand. Ces concepts étant révolutionnaires, cette théorie a mis beaucoup de temps à se développer. On peut raisonnablement dire qu'elle a vu le jour au tout début du 20ème siècle pour finalement être finalisée dans un formalisme abouti vers 1930. Il est tout à fait remarquable qu'une théorie ait mis autant de temps à être construite alors même que de nombreux scientifiques extrêmement talentueux s'y sont attaqués.

# Contenu de base

## Animation Flash pour aider à la compréhension

Objectifs

Introduction

I – Limites de la physique classique  
et Hypothèses historiques

Cours

Introduction

I – Le rayonnement du corps  
noir

II - L'effet photoélectrique

III - Stabilité et spectre  
d'émission des atomes

Exercices

II - La dualité Onde - Corpuscule

III – La mécanique ondulatoire :  
base de la mécanique quantique

Applications dans les labos

Applications dans l'industrie

Histoire

## II - L'effet photoélectrique

### L'expérience

Un autre phénomène était observé à l'époque : l'effet photoélectrique. Du point de vue qualitatif, il ne posait pas de problème de fond aux savants de l'époque mais d'un point de vue quantitatif la situation était plutôt mystérieuse. L'expérience est la suivante : en envoyant de la lumière sur une plaque métallique, et en plaçant un collecteur sous vide près de cette plaque, on peut détecter un courant. Le Schéma de principe est donné sur la figure 2.

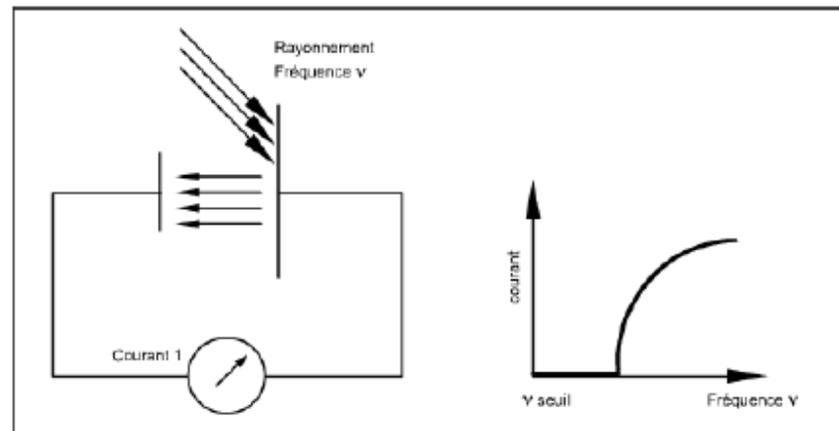


figure 2

# Autour du contenu : historique

*Replacer dans son contexte pour mieux comprendre  
le cheminement intellectuelle, notamment math*

Objectifs	<b>Historique</b>
Introduction	
I – Limites de la physique classique et Hypothèses historiques	
II - La dualité Onde - Corpuscule	
III – La mécanique ondulatoire : base de la mécanique quantique	
Applications dans les labos	
Applications dans l'industrie	
Histoire	Examiner l'enchaînement des faits historiques qui ont permis d'aboutir à la théorie quantique est sans doute une étape nécessaire à l'acceptation des concepts – la compréhension serait plus souhaitable, mais difficile puisque des questions conceptuelles fondamentales se posent encore actuellement. Cet exercice est néanmoins trompeur pour une raison simple : notre esprit est déjà imprégné d'images et de concepts postérieurs à l'époque où s'est construite cette théorie. Aussi est-il très difficile de se replacer dans l'état d'esprit des scientifiques de l'époque. Un exemple évocateur est la structure de l'atome, inculqué aux générations actuelles dès le secondaire, alors que l'ébauche de cet édifice est réalisé au fur et à mesure de la construction de la théorie quantique. Il faut donc se replacer dans le contexte en oubliant ce que nous savons. Difficile, voire

*Photo et biographie de grands scientifiques  
Récapitulatifs des découvertes (tableaux)*

# Autour du contenu : applications dans les labo

*Mieux connaître ce qui se passe dans les labo autour des écoles / universités : susciter un intérêt. Films*

Objectifs

Introduction

I – Limites de la physique classique et Hypothèses historiques

II - La dualité Onde - Corpuscule

III – La mécanique ondulatoire : base de la mécanique quantique

Applications dans les labos

Applications dans l'industrie

Histoire

## Applications dans les labos

### INTRODUCTION GENERALE

Le principe de l'absorption de photons par la matière à la base de l'effet photoélectrique est largement utilisé pour caractériser cette matière dans les laboratoires, mais aussi dans le monde médical (radiographie, imagerie médicale) et dans le monde industriel (analyse chimique, radiographie,...). Sont présentés ici deux types d'appareillage largement utilisés aussi bien en physique qu'en chimie : la **spectroscopie de photoémission** et l'analyse de la matière par **rayonnement synchrotron**. La première technique conduit à des appareillages de taille modeste utilisable dans des « petits » laboratoires. La seconde technique nécessite un accélérateur de particules (électrons ou positrons) permettant de créer des faisceaux de rayons X extrêmement intenses sur une large gamme d'énergie (10eV à 100keV). Ce type d'appareillage est un laboratoire à lui seul, mais en fonctionnant 24h sur 24, et en fournissant des photons pour une trentaine de postes expérimentaux (on parle de lignes de lumière), il permet de faire travailler simultanément un grand nombre de chercheurs dans des domaines aussi variés que la physique, la chimie, la biologie, la géologie, la médecine ou l'expertise historique ou/et artistique. Certaines lignes sont de plus ouvertes aux industriels pour des caractérisations spécifiques.

# Autour du contenu : applications industrielles

*A quoi ça sert ? Beaucoup de technologies, parfois très proches des étudiants (multimédia). Films*

Physique Quantique : de la base aux nouvelles technologies

I – Limites de la physique classique  
et Hypothèses historiques  
Introduction  
I – Le rayonnement du corps noir  
II - L'effet photoélectrique  
III - Stabilité et spectre d'émission  
des atomes

## Applications industrielles

### Institut de soudure : Contrôle qualité par radiographie X

Créée en 1989 avec une première implantation à Cernay, l'Agence IS Services alsacienne déménage à Wittenheim en septembre 2001. Elle compte aujourd'hui 5 personnes : le responsable Christophe Bass, deux inspecteurs, un contrôleur et une assistante de gestion. Son activité : l'inspection contrôle, les CND: radiographie X et gamma, ultrasons, ressuage et magnétoscopie. Ses clients en matière de CND classiques dans la région sont nombreux et prestigieux, tant dans les domaines de la chaudronnerie, de l'énergie (General Electric, EDF) des équipements sous pression (ATCI, Rhodia Chalampe), du gaz (GDF), l'espace (Teclam)...



[Applications industrielles](#)  
[Applications dans les labos](#)  
[Historique](#)

SCENARI

# Evaluation Exercices

- Exercices :
- Tests de compréhension (sans calcul)
  - Refaire des démonstrations du cours
  - Exercices de réflexion (TD)

	Exercices
Objectifs	
Introduction	
I – Limites de la physique classique et Hypothèses historiques	
Cours	
Exercices	
Test de compréhension du cours : le corps noir	Test de compréhension du cours : le corps noir
Exercices : le corps noir	Exercices : le corps noir
Test de compréhension du cours : l'effet photoélectrique	Test de compréhension du cours : l'effet photoélectrique
Exercices : l'effet photoélectrique	Exercices : l'effet photoélectrique
Exercices : absorption des rayons X	Exercices : absorption des rayons X
Exercices : spectre discret de l'atome d'hydrogène	Exercices : spectre discret de l'atome d'hydrogène
II - La dualité Onde - Corpuscule	
III – La mécanique ondulatoire : base de la mécanique quantique	
Applications dans les labos	
Applications dans l'industrie	

# Conclusion

- Pb rencontrés : scenari : équations ! Il faut faire qq chose ! Mise en forme parfois austère, sans choix !
- Ce cours sera testé en 1<sup>ère</sup> année de l'école des Mines de Nancy en octobre prochain
- Evaluation par les élèves (ce qu'ils en pensent, comment se sont-ils impliqués)