

# LA MECANIQUE CLASSIQUE ET SA PLACE DANS LA STRUCTURE GENERALE DE LA PHYSIQUE

## I – (TROP) RAPIDE HISTORIQUE

⇒ XVII<sup>ème</sup> Siècle

• Galilée, introduction de la notion de vitesse et du mouvement uniformément accéléré en termes précis. Utilisation du langage mathématiques pour décrire la nature.

• 1687 : Newton publie « Les principes mathématiques de la philosophie naturelle », fondement de la mécanique classique, notions de force, d'accélération, de gravitation etc...

⇒ Début du XX<sup>ème</sup> siècle

• 1905 : Einstein publie la théorie de la relativité restreinte (sans oublier les travaux précurseurs de Poincaré et Lorentz). C'est la remise en cause de la mécanique de Newton (la vitesse de la lumière est constante, le temps n'est plus absolu, concept d'espace-temps...).

• 1916 : Einstein publie la théorie de la relativité générale. Les objets massifs déforment l'espace-temps, explication géométrique de la gravité.

⇒ De 1900 à 1930

Elaboration de la mécanique quantique (Shrödinger, Heisenberg, Bohr, De Broglie), remise en cause de la notion de vitesse et de position, description des particules en termes de probabilité de présence.

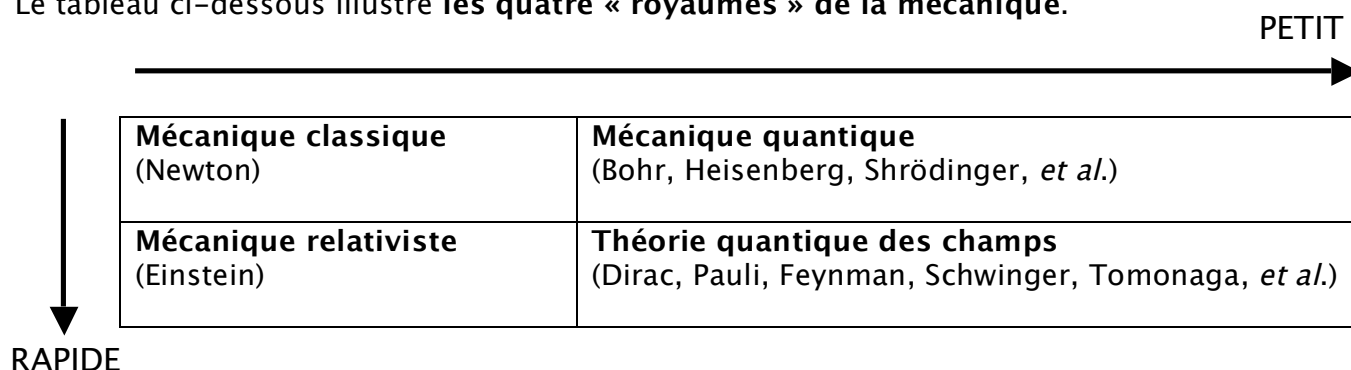
⇒ De 1930 à 1950

Elaboration d'une mécanique quantique et relativiste (Dirac, Pauli, Feynman, Schwinger, Tomonaga).

## II – LES TYPES DE MECANIQUE

Les propos qui suivent sont adaptés de l'introduction du livre Introduction to Electrodynamics par David J. Griffiths, 3<sup>ème</sup> édition, chez Pearson Addison-Wesley, 1999. C'est un livre que je vous recommande fortement si vous devez approfondir l'étude de l'électromagnétisme après votre CPGE.

Le tableau ci-dessous illustre **les quatre « royaumes » de la mécanique.**



La mécanique classique (ou mécanique Newtonienne) s'est révélée incomplète au début du XX<sup>ème</sup> siècle. Elle fonctionne très bien pour décrire les phénomènes de la vie « quotidienne » mais pour des objets à très grande vitesse (proche de celle de la lumière), elle est incorrecte et doit être remplacée par **la mécanique relativiste** (restreinte et/ou générale). Pour des objets extrêmement petits, elle ne fonctionne pas non plus (pour diverses raisons) et doit être remplacée par **la mécanique quantique**. Pour décrire des objets à la fois rapides et petits (comme c'est le cas dans l'étude des particules élémentaires), il faut une mécanique à la fois relativiste et quantique : c'est la mécanique quantique relativiste ou, de façon plus correcte, **la théorie quantique des champs** (élaborée dans les années 1930–50). Même cette dernière mécanique n'est pas complètement satisfaisante à l'heure actuellement (les expériences qui auront lieu au CERN, grâce au LHC, dans les prochaines décennies, permettront sans doute de compléter les choses).

En CPGE, nous n'étudierons que la mécanique classique même si nous parlerons un peu de mécanique quantique dans le cours sur l'architecture de la matière en chimie.

### III - QUATRE TYPES DE FORCE

La mécanique nous informe de la façon dont va se comporter un système quand ce dernier est soumis à une force. Dans la nature, nous connaissons (actuellement) **seulement quatre forces fondamentales** (on parle aussi d'interactions) :

- 1- Forte
- 2- Electromagnétique
- 3- Faible
- 4- Gravitationnelle

La brièveté de cette liste peut surprendre ? qu'en est-il des forces de friction ? De la force qui nous maintient au sol ? Des forces chimiques qui lient les molécules entre elles ? Toutes ces forces ont pour origine une des quatre forces précédentes. En fait, dans la vie de tous les jours, à l'exception notable de la gravité qui nous cloue au sol, toutes les forces que nous rencontrons sont d'origine **électromagnétique** (nous en reparlerons dans le cours d'électromagnétisme). **La force forte** qui lie les protons et les neutrons ensemble dans le noyau atomique est à très faible portée et nous ne la ressentons pas, même si elle est une centaine de fois plus intense que la force électromagnétique. **La force faible** est responsable de certains processus radioactifs dans les noyaux. Elle n'est pas seulement à courte portée, elle est aussi beaucoup plus faible que l'interaction électromagnétique. Enfin, la force de gravité est de loin la plus faible de toutes et c'est seulement à cause de concentrations énormes de masses (comme la terre, le soleil) que nous percevons ses effets. La force de répulsion électrostatique entre deux électrons est  $10^{42}$  fois plus intense que la force

d'attraction gravitationnelle. Si les atomes étaient liés par la force de gravité et non par la force électromagnétique, un simple atome d'hydrogène serait plus large que l'univers connu !

Il faut bien faire la distinction entre, d'une part, **un type de mécanique** et, d'autre part, **une loi de force particulière**. Par exemple, la loi universelle de la gravitation de Newton décrit une force particulière, la gravité, alors que les trois lois de Newton définissent une mécanique particulière, la mécanique classique qui gouverne (dans son domaine de validité) toutes les forces. Une loi de force nous dit ce que vaut  $\vec{F}$ , une mécanique nous dit comment utiliser  $\vec{F}$  pour déterminer le mouvement des particules.

En CPGE, vous allez travailler dans le cadre de la mécanique classique et rencontrer deux forces fondamentales : la gravité (loi universelle de la gravitation de Newton) et la force électromagnétique gouvernée par les quatre équations de Maxwell. Il existe une loi de force électromagnétique dans le cadre de la théorie quantique des champs, on parle d'électrodynamique quantique. Il s'agit de la théorie la plus précise que l'on possède à l'heure actuelle en termes d'accord entre les mesures expérimentales et les prédictions théoriques. Il n'existe toujours pas de loi complètement satisfaisante pour la gravité dans le cadre de la théorie quantique des champs. Par contre, la force forte et la force faible ont été dès le départ élaborées dans le cadre de la théorie quantique des champs (elles n'existent pas dans le cadre de la mécanique classique).

Le but des physiciens est de trouver une loi de force unique capable de décrire les quatre forces en une seule et ceci dans le cadre d'une mécanique unique. Actuellement, c'est la **théorie des cordes** qui semble la plus prometteuse pour atteindre ce but mais la route est encore longue et difficile (il y a du travail pour de futurs physiciens). Il faut noter que dans les années 1960, la force faible et la force électromagnétique ont été unifiées (Glashow, Weinberg, Salam). Ces deux forces sont deux facettes d'une seule force, **la force électrofaible**. Cette unification a été parfaitement vérifiée expérimentalement dans les années 1980-90 auprès des accélérateurs de particule comme le LEP au CERN.