

iL

Ismail LabiaDe

Di

Rapport du Projet de fin d'étude

Les techniques spectroscopiques et leurs applications

Elaboré par :

Ismail LABIADE (SMP)

3 ème année SMP

Année Universitaire 2023/2024

Filière : Licence Fondamentale Sciences de la Matière Physique

Les Techniques Spectroscopiques Et Leurs Applications

Ismail LABIADE

**Année Universitaire
2023-2024**

Dédicace

À mes chers parents
À ma famille
À mes amis
Et à tous ceux qu'on aime.

Remerciement

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à **M.Amine Labiade**, professeur à la faculté de l'espace vide qui a été généreux par ses conseils éclairés, ses orientations précieuses et son soutien inconditionnel.

J'exprime ma grande reconnaissance et mes remerciements les plus sincères envers le directeur du projet **M.IsMail LaBiaDe** pour son accueil, pour le suivi fructueux et la confiance motivante.

Aussi, je remercie vivement **M Ami L**, pour ses suggestions et ses encouragements.

Je remercie également le corps enseignant de la – Faculté de l'espace vide – qui déploie des efforts considérables pour assurer une formation de renommée et de bonne qualité.

Que les membres du jury veuillent retrouver ici une compensation de leurs sacrifices et de l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'évaluer ce travail.

Finalement, je remercie du fond du cœur tous ceux qui ont contribué de **près** ou de **loin** à la réalisation de ce travail.

Gemini⁺

LATEX

Table des matières

Introduction	5
Chapitre 1	7
1.1.1 Effet photoélectrique	15
1.1.2 Effet photovoltaïque	16
1.1.3 Spectroscopie	17
1.1.4 Dispersion de la lumière polychromatique par un prisme .	18
1.1.5 Dispersion de la lumière polychromatique par un réseau .	19
1.1.6 Importance de la spectroscopie en physique	22
Chapitre 2	25
1.3 Spectre	25
1.3.1 Spectroscopie gamma γ	25
1.3.2 Spectroscopie X	26
1.3.3 Spectrométrie UV	27
1.3.4 Spectroscopie infrarouge IR	27
1.3.5 Spectroscopie Radio	27
Chapitre 3	31
1.4 Techniques spectroscopiques	31
1.4.1 Spectroscopie de résonance magnétique nucléaire RMN .	31
1.4.2 Spectroscopie IRTF	31
1.4.3 Spectrométrie de mobilité ionique	33
1.4.4 Spectroscopie de résonance acoustique	33
Chapitre 4	35
1.5 Applications de la spectroscopie	35
1.6 Exemples des applications de la spectroscopie	36
Conclusion	37

Introduction

La lumière est une onde électromagnétique, ce qui signifie qu'elle est composée de champs électriques et magnétiques oscillants perpendiculairement l'un à l'autre et se propageant à travers l'espace sous forme de photons. Elle est visible à l'œil humain et est essentielle à la vie sur terre. Pour voir un objet, il est nécessaire que de la lumière provenant de cet objet pénètre dans les yeux de l'observateur. Les détecteurs de lumières (œil, caméra, ...) sont sensibles à l'intensité lumineuse. Celle-ci est définie comme étant l'énergie lumineuse reçue par unité de surface et par unité de temps. C'est donc une puissance par unité de surface. La spectroscopie a été développée par plusieurs scientifiques au cours des siècles. Isaac Newton au XVIIe siècle, découvert que la lumière blanche pouvait être décomposée en une gamme de couleurs à travers un prisme. Au XIXe siècle, Gustav Kirchhoff et Robert Bunsen ont utilisé la spectroscopie pour étudier les spectres de lumière émis par les éléments chimiques. Ils ont ainsi découvert que chaque élément émet une lumière avec une gamme de longueurs d'onde spécifiques, créant un "spectre de raies" unique pour chaque élément.

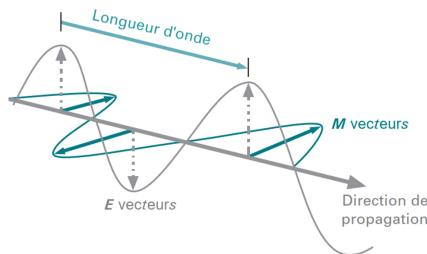


FIGURE 1 – Onde électromagnétique

Quelle sont les domaines de la spectroscopie ?
Existe-t-il plusieurs techniques de spectroscopie ? Lesquels ?
La spectroscopie est-elle importante ?

Chapitre 1

la matière

En physique, la matière est tout ce qui compose les corps qui nous entourent, tout ce qui a une masse et un volume. On peut la définir plus simplement comme une substance matérielle dont les caractéristiques fondamentales sont l'étendue et la masse, et qui occupe donc de l'espace. La matière peut se présenter sous différents états :

Solide : les particules sont très proches les unes des autres et ont une structure fixe.

Liquide : les particules sont proches les unes des autres mais peuvent se déplacer librement.

Gazeux : les particules sont très éloignées les unes des autres et se déplacent librement.

Plasma : un état ionisé de la matière où les particules sont chargées électriquement.

La matière est composée d'atomes, qui sont les plus petites particules d'un élément qui conservent ses propriétés chimiques. Les atomes sont eux-mêmes composés de protons (**z**), de neutrons (**n**) et d'électrons, (**e⁻**), (**A=z+n**) c'est le nombre de masse atomique



Il existe différents types de matière, comme la matière ordinaire, la matière noire et l'énergie noire. La matière ordinaire est celle que nous connaissons et qui compose les étoiles, les planètes et les êtres vivants. La matière noire est une matière invisible qui ne peut être détectée que par son interaction gravitationnelle. L'énergie noire est une force mystérieuse qui est responsable de l'expansion accélérée de l'univers. La matière est un sujet fascinant qui est étudié par les scientifiques depuis des siècles. Il y a encore beaucoup de choses que nous ne savons pas sur la matière, mais nous continuons à en apprendre davantage chaque jour.

• Le modèle de Dalton (1803) : Ce modèle proposait que toute la matière soit composée de particules minuscules et indivisibles appelées atomes. Les atomes

d'un même élément sont identiques, tandis que les atomes d'éléments différents sont différents. Les atomes peuvent s'agréger pour former des composés. Le modèle de Dalton (1803)

- Le modèle de Thomson (1904) : Ce modèle, également connu sous le nom de modèle «pudding aux prunes», proposait que l'atome soit une sphère positive uniformément chargée dans laquelle des électrons négativement chargés étaient incrustés. Le modèle de Thomson (1904)

- Le modèle de Rutherford (1911) : Ce modèle, basé sur la célèbre expérience de la feuille d'or de Rutherford, proposait que l'atome ait un noyau central dense et positif contenant la plupart de la masse de l'atome. Les électrons étaient censés orbiter autour du noyau à grande distance. Le modèle de Rutherford (1911)

- Le modèle de Bohr (1913) : Ce modèle intégrait les idées de la quantification de l'énergie de Planck dans le modèle atomique de Rutherford. Les électrons étaient proposés pour exister dans des orbites spécifiques à l'énergie autour du noyau. Le modèle de Bohr (1913)

- Le modèle mécanique quantique (début du 20e siècle) : Le modèle mécanique quantique actuel de l'atome est le modèle atomique le plus précis et le plus largement accepté. Il s'appuie sur l'idée que le comportement des électrons à l'intérieur d'un atome ne peut pas être décrit par des trajectoires orbitales définies, mais plutôt par des zones de probabilité où un électron est susceptible d'être trouvé. Ce modèle utilise des orbitales atomiques et des nombres quantiques pour décrire la probabilité de trouver un électron à un endroit donné autour du noyau. Le modèle mécanique quantique est un modèle mathématique complexe qui a été très fructueux pour expliquer et prédire le comportement des atomes et la formation de liaisons chimiques.

L'interaction entre la matière et les ondes est un phénomène fondamental qui joue un rôle crucial dans de nombreux domaines de la science et de la technologie. Voici quelques exemples clés de ces interactions :

Réflexion : Une onde peut également être réfléchie par la matière. Le reflet peut être spéculaire (similaire à un miroir) ou diffus (dispersé dans toutes les directions). La réflexion est utilisée dans de nombreux domaines, des miroirs aux radars.

Transmission : Dans certains cas, une onde peut traverser la matière. La quantité d'onde transmise dépend de la propriété de la matière et de la longueur d'onde de l'onde elle-même. Par exemple, la lumière visible traverse facilement le verre, tandis que les rayons X le traversent plus facilement.

Diffraction : Lorsque les ondes rencontrent un obstacle ou une ouverture de taille comparable à leur longueur d'onde, elles peuvent se diffracter. La diffraction signifie que les ondes se courbent autour de l'obstacle et pénètrent dans son ombre. La diffraction est utilisée dans de nombreux instruments scientifiques, tels que les microscopes et les spectroscopes.

Ces exemples ne sont que quelques-unes des nombreuses façons dont la matière et les ondes interagissent.

Électrons et niveaux d'énergie :

Les atomes d'un élément possèdent des électrons qui occupent différents niveaux d'énergie. Imaginez des orbites autour du noyau atomique, chaque orbite représentant un niveau d'énergie spécifique.

Absorption et émission d'énergie, excitation

L'absorption et l'émission d'énergie sont des processus fondamentaux qui se produisent dans les systèmes quantiques, tels que les atomes, les molécules et les noyaux. Ils impliquent l'interaction de ces systèmes avec des photons, qui sont des quanta d'énergie électromagnétique.

Absorption d'énergie

Lorsqu'un système quantique absorbe un photon, il passe à un état d'énergie plus élevé. Ce processus est appelé excitation. L'énergie du photon doit être égale à la différence d'énergie entre les deux niveaux d'énergie impliqués dans la transition.

Émission d'énergie

Lorsqu'un système quantique redescend à un état d'énergie plus bas, il émet un photon. Ce processus est appelé émission. L'énergie du photon émis est égale à la différence d'énergie entre les deux niveaux d'énergie impliqués dans la transition.

Types d'excitation

Excitation électrique : Un système quantique peut être excité par un champ électrique.

Excitation optique : Un système quantique peut être excité par un photon.

Excitation thermique : Un système quantique peut être excité par l'absorption d'énergie thermique.

Spectre d'émission

Est composé de raies lumineuses de différentes longueurs d'onde. Chaque raie correspond à une transition d'un électron d'un niveau d'énergie à un autre niveau d'énergie plus bas. La longueur d'onde de la raie est déterminée par la différence

d'énergie entre les deux niveaux d'énergie. Par exemple, le spectre d'émission de l'hydrogène est composé de quatre raies principales dans le visible : rouge, bleu-vert, violet et bleu.

Spectre d'absorption

Est composé de raies noires sur un fond continu. Les raies noires correspondent aux longueurs d'onde de la lumière qui ont été absorbées par les atomes ou les molécules du gaz. L'absorption de la lumière se produit lorsque l'énergie des photons correspond à la différence d'énergie entre deux niveaux d'énergie des électrons. Par exemple, le spectre d'absorption du sodium montre une raie noire caractéristique à la longueur d'onde de 589 nm.

Utilisations

Les spectres d'émission et d'absorption sont utilisés pour identifier les éléments et les composés chimiques. Ils sont également utilisés pour déterminer la composition des étoiles et des galaxies. De plus, ils permettent d'étudier la structure des atomes et des molécules. En résumé : Spectre d'émission : raies lumineuses, unique à chaque élément/composé. Spectre d'absorption : raies noires, unique à chaque élément/composé. Les deux spectres sont utilisés pour identifier et analyser les substances.

L'émission d'un élément chimique se traduit par un spectre d'émission, qui est comme une empreinte digitale lumineuse unique à cet élément. Voici comment ça fonctionne : Spectre d'émission : Le spectre d'émission d'un élément est constitué de raies lumineuses distinctes à des longueurs d'onde spécifiques. Chaque raie correspond à une transition d'un niveau d'énergie excité vers un niveau d'énergie inférieur. En analysant le spectre d'émission, on peut identifier l'élément chimique qui l'a produit. Exemple : Considérons l'hydrogène, l'élément le plus simple. Son spectre d'émission présente plusieurs raies distinctes, dont les plus connues sont dans le spectre visible (rouge, bleu-vert, violet et bleu). Chaque raie correspond à un "saut" spécifique d'un électron excité vers un niveau d'énergie inférieur. Utilisations des spectres d'émission : Les spectres d'émission sont utilisés pour : Identifier la composition chimique des étoiles et des galaxies. Analyser la composition des matériaux. Étudier la structure des atomes. En résumé, l'émission d'un élément chimique est un phénomène qui permet d'obtenir un spectre d'émission unique, servant d'outil précieux pour identifier et analyser la matière. L'absorption d'un élément chimique se produit lorsque l'élément interagit avec un rayonnement électromagnétique, comme la lumière, et absorbe des quantités spécifiques d'énergie à des longueurs d'onde particulières. Cette absorption d'énergie provoque le passage des électrons de l'atome d'un niveau d'énergie inférieur (plus stable) à

un niveau d'énergie supérieur (moins stable). Lorsqu'un atome absorbe de l'énergie sous forme de lumière, une partie du spectre lumineux est absorbée, ce qui se traduit par des zones sombres sur un spectre continu. Ces zones sombres, appelées raies d'absorption, sont spécifiques à chaque élément chimique en raison de la configuration unique des électrons dans ses atomes. Un spectre d'émission est un graphique représentant l'intensité du rayonnement électromagnétique émis par un atome, une molécule ou un ion, en fonction de sa longueur d'onde ou de sa fréquence. Il se présente sous forme de raies lumineuses de différentes couleurs, chaque couleur correspondant à une transition électronique spécifique. Un spectre d'absorption est un graphique qui représente l'absorption de la lumière par une substance en fonction de la longueur d'onde de la lumière. On l'obtient en faisant passer un faisceau de lumière blanche à travers la substance et en mesurant l'intensité de la lumière transmise à différentes longueurs d'onde.

Exemple d'atome de l'hydrogène 1H :

Pendant l'ionisation de l'hydrogène, l'électron émet un nombre infini de raies spectrales jusqu'à ce qu'il soit arraché de l'atome. Ces raies correspondent à l'émission de photons par l'électron lorsqu'il passe d'un état d'énergie élevé à un état d'énergie inférieur.

La série de raies la plus connue de l'hydrogène est la série de Lyman, qui correspond à la transition de l'électron vers le niveau d'énergie 1. Les autres séries importantes sont la série de Balmer (transition vers le niveau d'énergie 2), la série de Paschen (transition vers le niveau d'énergie 3), etc.

Le nombre de raies émises par l'électron dépend de l'énergie initiale de l'électron. Plus l'énergie initiale est élevée, plus l'électron émettra de raies.

Cependant, il est important de noter que l'électron ne peut pas émettre n'importe quelle raie spectrale. Les raies émises sont quantifiées, c'est-à-dire qu'elles correspondent à des transitions spécifiques entre des niveaux d'énergie bien définis.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

E est l'énergie du photon en joules (J)

h est la constante de Planck

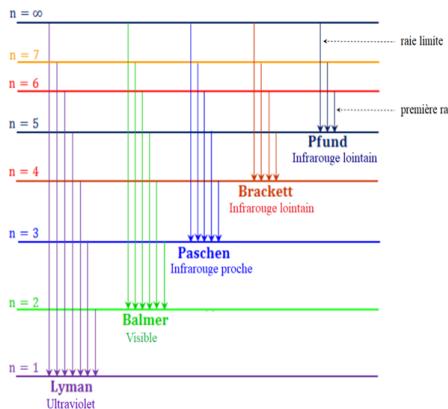
c est la vitesse de la lumière dans le vide

λ est la longueur d'onde du photon en mètres (m)

R est la constante de Rydberg

quelques exemples de raies émises par l'hydrogène lors de son ionisation :

Série de Lyman :



(a) Transition électronique

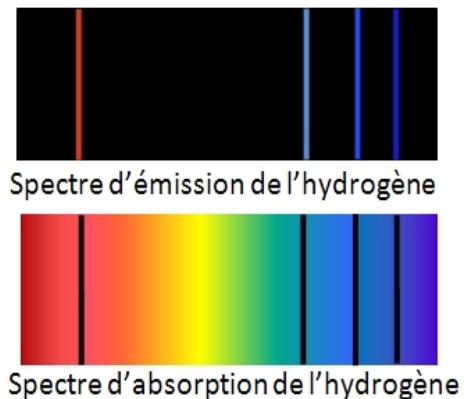
(b) Exemple de 1H :

FIGURE 2 – Transition électronique

Lyman alpha ($\lambda = 121,5 \text{ nm}$)

Lyman bêta ($\lambda = 102,6 \text{ nm}$)

Lyman gamma ($\lambda = 97,3 \text{ nm}$)

Série de Balmer :

Balmer alpha ($\lambda = 656,3 \text{ nm}$)

Balmer bêta ($\lambda = 486,1 \text{ nm}$)

Balmer gamma ($\lambda = 434,0 \text{ nm}$)

L'ionisation de l'hydrogène est un processus important en astrophysique, car elle permet d'expliquer le spectre des étoiles et des nébuleuses.

Particules qui peuvent produire les rayonnements

- Les électrons : Ils peuvent produire du rayonnement lorsqu'ils sont accélérés ou décélérés. C'est le cas, par exemple, dans les tubes à rayons X, où les électrons sont accélérés à grande vitesse par un champ électrique puis brusquement stoppés par une cible métallique. Cela produit des rayons X, qui sont des ondes électromagnétiques de haute énergie.

- Les noyaux atomiques : Ils peuvent produire du rayonnement lorsqu'ils sont instables et se désintègrent. C'est le cas de la radioactivité. Il existe trois types principaux de rayonnement radioactif :

- o Le rayonnement alpha : Il s'agit de noyaux d'hélium, constitués de deux protons et de deux neutrons.

- o Le rayonnement bêta : Il s'agit d'électrons ou de positrons (électrons antiparticules).
- o Le rayonnement gamma : Il s'agit d'un rayonnement électromagnétique de très haute énergie, similaire aux rayons X mais d'origine nucléaire.

- Les photons : Ce sont des particules élémentaires qui constituent la lumière et les autres ondes électromagnétiques. Ils peuvent être produits par des transitions d'électrons dans les atomes ou par des réactions nucléaires.

Le type de rayonnement produit dépend de la source et de l'énergie des particules ou des ondes en jeu. Chaque type de rayonnement a ses propres propriétés et peut interagir avec la matière de différentes manières. Il est important de noter que le rayonnement peut être dangereux pour la santé humaine. Il est donc important de se protéger des sources de rayonnement, en particulier des rayonnements ionisants tels que les rayons X et le rayonnement gamma.

Incandescence

L'incandescence est un phénomène physique qui se manifeste par l'émission de lumière visible par un objet chauffé à une température élevée.

Explication du phénomène :

Échauffement : Lorsque l'objet est chauffé, ses atomes et molécules commencent à vibrer très rapidement. Cette vibration augmente l'énergie interne de l'objet.

Émission d'énergie : En perdant cette énergie, l'objet émet un rayonnement électromagnétique. À des températures suffisamment élevées, une partie de ce rayonnement se situe dans le spectre visible, ce qui correspond à la lumière que nous percevons.

Couleur de la lumière : La couleur de la lumière incandescente dépend de la température de l'objet. À des températures plus basses, l'objet émet une lumière rouge ou orange. À mesure que la température augmente, la couleur se déplace vers le jaune, le blanc et finalement le bleu.

Exemples d'incandescence :

Le filament d'une ampoule à incandescence classique : Le filament est chauffé par un courant électrique jusqu'à ce qu'il devienne incandescent et émette de la lumière.

Les charbons ardents d'un feu : Les charbons sont chauffés par la combustion du bois ou d'un autre combustible, atteignant des températures suffisamment élevées pour devenir incandescents.

La surface du Soleil : La surface du Soleil, appelée photosphère, a une température extrêmement élevée (environ 5 500 °C) et est donc incandescente, émettant une lumière intense dans toutes les directions.

Importance de l'incandescence :

L'incandescence a joué un rôle crucial dans l'histoire de l'humanité, fournissant une source de lumière artificielle pendant des siècles. Elle est encore utilisée aujourd'hui dans diverses applications, notamment les ampoules à incandescence, les lampes halogènes et les chauffages à infrarouge.

Cependant, l'incandescence n'est pas l'unique source de lumière artificielle. D'autres technologies, comme les lampes à LED et les lampes fluorescentes, sont devenues plus populaires en raison de leur meilleure efficacité énergétique et de leur durée de vie plus longue.

Néanmoins, l'incandescence reste un phénomène fascinant et important qui nous éclaire depuis des millénaires.

Fluorescence

La fluorescence est un phénomène d'émission de lumière par un matériau après avoir été exposé à un rayonnement électromagnétique, généralement de la lumière ultraviolette (UV) ou visible. La lumière émise est généralement de couleur différente de la lumière incidente.

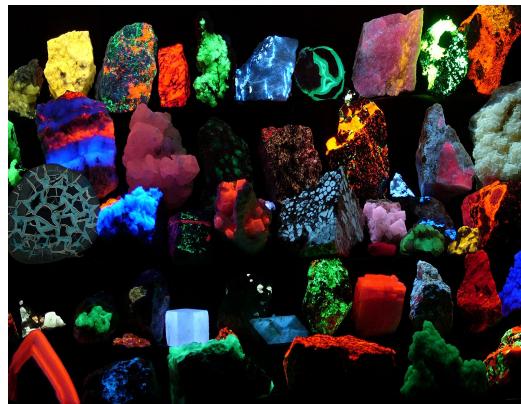


FIGURE 3 – Fluorescence

Phosphorescence

La phosphorescence est un phénomène lumineux qui se produit lorsqu'une matière continue d'émettre de la lumière après avoir été exposée à une source d'excitation, comme la lumière du soleil ou une lampe UV. Contrairement à la fluorescence, où l'émission de lumière est instantanée et cesse dès que la source d'excitation est retirée, la phosphorescence peut durer plusieurs secondes, minutes, voire heures, après l'arrêt de l'excitation.



FIGURE 4 – Phosphorescence

1.1.1 Effet photoélectrique

Lorsque le rayonnement lumineux d'une certaine fréquence frappe un matériau, il peut éjecter des électrons de ce matériau. Ce phénomène est appelé l'effet photoélectrique. L'énergie des photons incidents est transférée aux électrons, ce qui leur permet de surmonter l'énergie de liaison et d'être éjectés. L'énergie cinétique des électrons émis est proportionnelle à la fréquence du rayonnement lumineux incident.

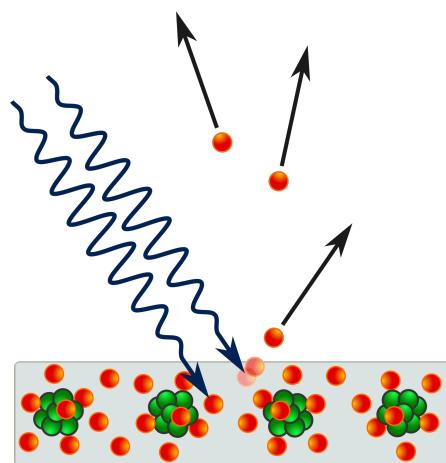


FIGURE 5 – Effet photoélectrique

1.1.2 Effet photovoltaïque

Lorsque le rayonnement lumineux frappe un matériau semi-conducteur, il peut créer une tension électrique. Ce phénomène est appelé l'effet photovoltaïque. L'énergie des photons incidents est transférée aux électrons du semi-conducteur, ce qui les excite et leur permet de se déplacer librement dans le matériau. Cela crée une différence de potentiel entre les deux bornes du semi-conducteur, ce qui génère un courant électrique.

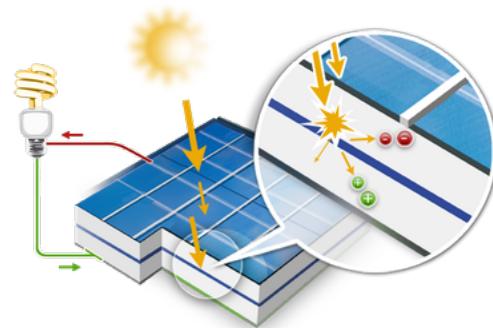


FIGURE 6 – Effet photovoltaïque

Relation entre rayonnement et signal

Le rayonnement agit souvent comme un support pour transporter le signal. Par exemple, dans les communications optiques, des signaux numériques codés sous forme d'impulsions lumineuses sont envoyés par fibre optique à l'aide d'un rayonnement laser. Dans la radiodiffusion, le signal audio est modulé sur une onde porteuse radio pour être diffusé.

Rayonnement :

Le rayonnement est une énergie qui se propage dans l'espace sous forme d'ondes électromagnétiques (lumière visible, infrarouge, ultraviolet, rayons X, etc.) ou d'ondes sonores. Il peut être émis par diverses sources naturelles ou artificielles, comme le soleil, une lampe, un microphone vibrant, etc. Le rayonnement transporte de l'énergie, mais pas nécessairement de l'information.

Signal :

Un signal est une variation délibérée d'une grandeur physique (tension électrique, intensité lumineuse, etc.) qui transporte une information. Ce signal peut être codé à partir d'un autre signal ou d'une information numérique. Le signal est souvent modulé sur un rayonnement porteur pour faciliter sa transmission sur de longues distances.

1.1.3 Spectroscopie

La Spectroscopie : La spectrométrie est une technique d'analyse qui consiste à mesurer l'interaction entre un rayonnement électromagnétique et un échantillon de matière.

Spectroscope

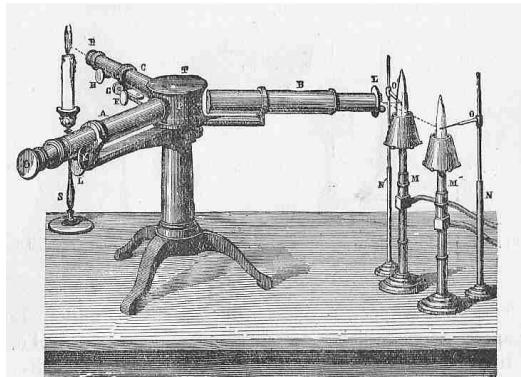


Fig. 13. — Spectroscope de MM. Bunsen et Kirchoff.

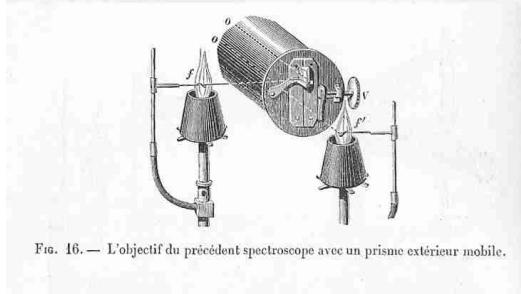


Fig. 16. — L'objectif du précédent spectroscope avec un prisme extérieur mobile.

FIGURE 7 – Spectrope

Un spectrope est un instrument qui permet d'analyser la lumière en séparant ses différentes couleurs, également appelées longueurs d'onde. On peut se baser sur l'analogie avec un arc-en-ciel, où la lumière solaire est dispersée par les gouttelettes d'eau en un spectre visible.

Le spectrope fonctionne grâce à un élément séparateur, généralement un prisme ou un réseau. Le prisme dévie la lumière selon sa longueur d'onde, ce qui crée un étalement des couleurs. En observant cet étalement à travers l'instrument, on obtient un spectre optique.

Les spectroscopes sont utilisés dans de nombreux domaines scientifiques pour analyser la composition chimique des matériaux, étudier les étoiles et les galaxies,

ou encore identifier des molécules. L'analyse du spectre permet de révéler des informations précieuses sur la composition et les propriétés de l'objet analysé.

1.1.4 Dispersion de la lumière polychromatique par un prisme

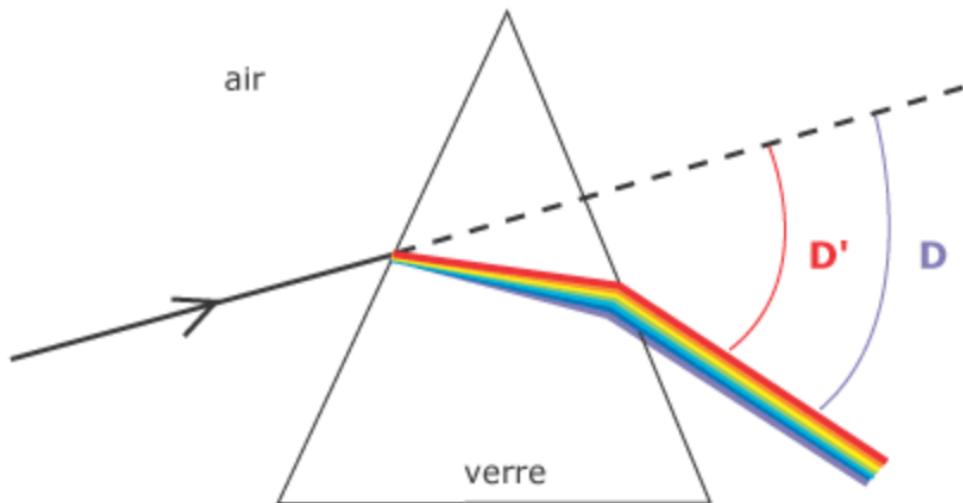


FIGURE 8 – Dispersion de la lumière polychromatique par un prisme

Lorsqu'un faisceau de lumière polychromatique (comme la lumière blanche) traverse un prisme, il est décomposé en ses différentes couleurs constitutives. Ce phénomène est appelé dispersion de la lumière.

Explication :

La lumière blanche est composée de toutes les couleurs du spectre visible. Chaque couleur a une longueur d'onde différente. Lorsque la lumière blanche traverse un prisme, les différentes longueurs d'onde sont réfractées à des angles différents par le matériau du prisme. La lumière rouge, qui a la longueur d'onde la plus longue, est réfractée le moins, tandis que la lumière violette, qui a la longueur d'onde la plus courte, est réfractée le plus.

Résultat :

Le prisme sépare la lumière blanche en ses différentes couleurs constitutives, créant un spectre visible. Ce spectre est composé des couleurs suivantes, par ordre décroissant de longueur d'onde : rouge, orange, jaune, vert, bleu, indigo et violet

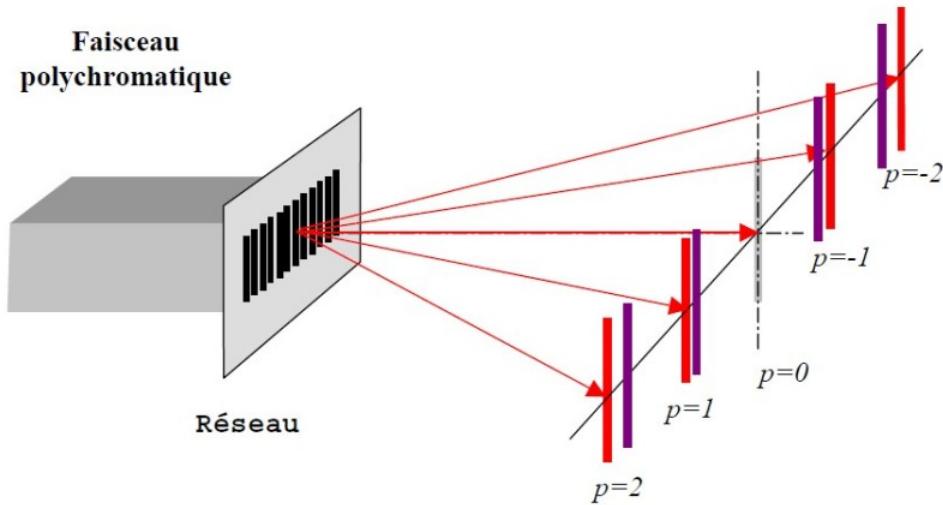


FIGURE 9 – Dispersion de la lumière polychromatique par un réseau

1.1.5 Dispersion de la lumière polychromatique par un réseau

La lumière polychromatique, composée de différentes longueurs d'onde, est diffractée par un réseau selon un angle qui dépend de la longueur d'onde. Ce phénomène est appelé dispersion de la lumière.

Fonctionnement : Un réseau est constitué d'un ensemble de fentes fines et parallèles séparées par des intervalles réguliers. Lorsque la lumière polychromatique traverse le réseau, elle est diffractée par chaque fente. La direction de la diffraction dépend de la longueur d'onde de la lumière et de l'angle d'incidence de la lumière sur le réseau.

Équation de réseau : L'angle de diffraction θ est donné par l'équation de réseau :

$$n\lambda = d(\sin\theta + \sin\alpha) \text{ où :}$$

- n est l'ordre de la diffraction
- λ est la longueur d'onde de la lumière
- d est la distance entre les fentes du réseau
- α est l'angle d'incidence de la lumière sur le réseau

Conséquences :

- Les différentes longueurs d'onde de la lumière polychromatique sont diffractées dans des directions différentes.
- Un spectre est formé, avec les différentes couleurs de la lumière séparées. La résolution du spectre dépend du nombre de fentes du réseau.

Comparaison de la Lumière Polychromatique Dispersée par les Réseaux et les Prismes

Diffraction par un réseau :

Un réseau de diffraction est constitué d'un ensemble de fentes ou de rainures régulièrement espacées. Lorsque la lumière polychromatique traverse un réseau, elle est diffractée dans différentes directions selon sa longueur d'onde. Les directions de diffraction sont déterminées par l'angle d'incidence de la lumière et la période du réseau.

Diffraction par un prisme :

Un prisme est un matériau transparent à faces planes, généralement en verre ou en plastique. Lorsque la lumière polychromatique traverse un prisme, elle est réfractée à différentes vitesses selon sa longueur d'onde. Les indices de réfraction des différents matériaux varient en fonction de la longueur d'onde, ce qui explique la dispersion de la lumière. Applications Spectroscopie, lasers Décomposition de la lumière, analyse de la lumière

Différences entre prisme et réseau en spectroscopie

Avantages des réseaux :

- Plus grande résolution que les prismes
- Spectre plus net avec des raies distinctes
- Utilisés dans des applications où une haute résolution est nécessaire, comme la spectroscopie et les lasers.

Avantages des prismes :

- Plus simples et moins chers que les réseaux
- Spectre continu avec toutes les couleurs visibles
- Utilisés dans des applications où une haute résolution n'est pas nécessaire, comme la décomposition de la lumière et l'analyse de la lumière

Conclusion :

Le choix entre un réseau et un prisme dépend de l'application et de la résolution souhaitée. Les réseaux sont plus performants pour les applications nécessitant une haute résolution, tandis que les prismes sont plus simples et moins chers pour les applications où une haute résolution n'est pas nécessaire.

Potentiel Hydrogène pH

Le **pH**, ou **potentiel hydrogène**, est une mesure de l'acidité ou de la basicité d'une solution. Il s'agit d'une grandeur adimensionnelle qui exprime la concentration en ions hydronium (H_3O^+) dans une solution.

Méthodes pour mesurer le pH

Les deux principales méthodes pour mesurer le pH :

- **Papier pH** : Le papier pH est une méthode simple et peu coûteuse qui permet d'obtenir une estimation approximative du pH d'une solution.
- **pH-mètre** : Le pH-mètre est un appareil électronique qui permet de mesurer le pH d'une solution avec une grande précision.

Papier pH :

Le papier pH est une méthode simple et peu coûteuse qui permet d'obtenir une estimation approximative du pH d'une solution. Il s'agit de papier imprégné d'un indicateur coloré qui change de couleur en fonction de l'acidité ou de la basicité de la solution.

Mode d'emploi :

Plonger une bande de papier pH dans la solution à tester pendant quelques secondes.

Retirer le papier pH et comparer sa couleur à la charte de couleurs fournie avec le papier. La couleur du papier pH vous donnera une indication du pH de la solution.

Précautions :

Le papier pH est sensible à l'humidité et à la lumière. Il est important de le conserver dans un endroit sec et frais. Ne pas toucher la zone du papier pH qui sera immergée dans la solution. Rincer le papier pH à l'eau distillée après utilisation.



FIGURE 10 – Papier pH

Les couleurs du papier pH et leur signification :

Rouge : Solution acide (pH inférieur à 7)

Orange : Solution légèrement acide (pH autour de 6)

Jaune : Solution neutre (pH 7)

Vert : Solution légèrement basique (pH autour de 8)

Bleu : Solution basique (pH supérieur à 8)

Violet : Solution fortement basique (pH supérieur à 12)

pH-mètre :

Le pH-mètre est un appareil électronique qui permet de mesurer le pH d'une solution avec une grande précision. Il fonctionne grâce à une électrode sensible aux ions hydronium.

Mode d'emploi :

Rincer l'électrode du pH-mètre avec de l'eau distillée. Plonger l'électrode dans la solution à tester. Attendre que la valeur se stabilise sur l'écran du pH-mètre. Lire la valeur du pH sur l'écran du pH-mètre.

Précautions :

Calibrer le pH-mètre régulièrement avec des solutions tampons de référence. Rincer l'électrode du pH-mètre avec de l'eau distillée après utilisation. Stocker le pH-mètre dans un endroit sec et frais.

Choix de la méthode :

Le choix de la méthode de mesure du pH dépend de la précision requise et de l'application.

Papier pH : utilisation simple et peu coûteuse, idéale pour une estimation rapide du pH.

pH-mètre : mesure précise du pH, indispensable pour les applications scientifiques ou industrielles. Le but de l'indicateur basé sur le potentiel de l'hydrogène pH c'est de distinguer entre les éléments ou bien les substances pour dire c'est ils sont basique ou acidique

1.1.6 Importance de la spectroscopie en physique

Importance de la spectroscopie en physique quelques-unes des utilisations les plus courantes des spectres :

a - Identification des substances : Les spectres peuvent être utilisés pour identifier des substances inconnues en comparant leurs spectres avec ceux de substances connues. Cela permet de caractériser la structure et les propriétés de la substance en question.

b - Étude des réactions chimiques : Les spectres peuvent être utilisés pour étudier les réactions chimiques, notamment en mesurant les changements dans l'absorption ou l'émission de lumière qui se produisent pendant la réaction.

c - Étude de la structure moléculaire : Les spectres peuvent être utilisés pour étudier la structure moléculaire en mesurant les vibrations des atomes dans les molécules. Cela permet de déterminer la structure moléculaire et les liaisons chimiques.

d - Caractérisation de matériaux : Les spectres peuvent être utilisés pour caractériser les propriétés optiques, thermiques, électriques ou magnétiques de différents matériaux. Cela permet de mieux comprendre les propriétés des matériaux et de les optimiser pour des applications spécifiques.

e - Diagnostic médical : Les spectres peuvent être utilisés en médecine pour diagnostiquer des maladies en mesurant les niveaux d'émission ou d'absorption de lumière par des tissus ou des fluides corporels.

En somme, les spectres sont largement utilisés dans de nombreux domaines, tels que la chimie, la physique, la biologie, la médecine, la science des matériaux et l'astronomie, pour caractériser des substances, étudier des processus physiques et chimiques, et comprendre les propriétés des matériaux.

L'Approximation de Wien

Approximation de Wien et Température des Etoiles L'approximation de Wien, formulée par Wilhelm Wien en 1896, permet d'estimer la température d'un corps noir à partir de la longueur d'onde du maximum de son émission spectrale. Cette relation est particulièrement utile en astrophysique pour déterminer la température des étoiles.

Formule : L'approximation de Wien se présente sous la forme suivante :

$\lambda_{max} \times T = a$ où :

- λ_{max} est la longueur d'onde du maximum d'émission spectrale en mètres (m)
- T est la température du corps noir en Kelvin (K)
- a est la constante de Wien, approximativement égale à $2,89777 * 10^{-3}$ mK

Limites :

Il est important de noter que l'approximation de Wien est une approximation et ne donne pas une valeur exacte de la température. Elle est plus précise pour les corps noirs parfaits, ce qui n'est pas toujours le cas des étoiles. De plus, l'approximation de Wien ne prend pas en compte l'absorption atmosphérique, qui peut affecter la longueur d'onde du maximum d'émission spectrale observée.

Conclusion

L'approximation de Wien est un outil utile pour estimer la température des étoiles et d'autres corps noirs. Bien qu'elle ne soit pas toujours exacte, elle offre une première approximation rapide et simple.

Exercice : Application de la loi de Wien à une étoile

Énoncé

Soit une étoile dont le spectre présente un pic d'émission à une longueur d'onde de 459 nm.

Déterminons

La température de l'étoile en utilisant la loi de Wien. La couleur approximative de l'étoile.

Données

Longueur d'onde du pic d'émission (λ_{max}) = 459 nm = $459 \times (10^{-9})$ m

Constante de Wien (a) = $2,89777 \times (10^{-3})$ m K

Solution

1. Calcul de la température :

Utilisons la formule de la loi de Wien :

$$T = a / \lambda_{max} \quad T = (2,89777 \times 10^{-3}) mK / (459 \times 10^{-9}) m = 6313 K.$$

2. Détermination de la couleur :

Rappelons que la couleur d'une étoile est liée à sa température. Plus la température est élevée, plus la couleur est bleue. Plus la température est basse, plus la couleur est rouge.

Avec une température de 6313 K, l'étoile est bleue.

Conclusion

L'étoile a une température approximative de 6313 K. Sa couleur approximative est bleue.

Chapitre 2

1.3 Spectre

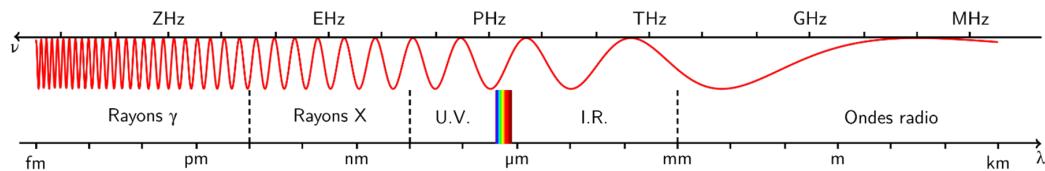


FIGURE 11 – Spectre

Un spectre est une représentation de la répartition d'une onde en fonction de sa longueur d'onde, de sa fréquence ou d'une autre propriété physique. Il peut être utilisé dans divers domaines, comme la physique, l'optique, la chimie, la médecine et même au sens figuré.

Domaines du Spectre

1.3.1 Spectroscopie gamma γ

La spectroscopie gamma est une technique d'analyse qui utilise les rayons gamma émis par les noyaux radioactifs pour identifier les éléments présents dans un échantillon et déterminer leur concentration.

Principe de Spectroscopie gamma γ

Lorsque les noyaux radioactifs se désintègrent, ils émettent des rayons gamma, qui sont des photons de haute énergie. L'énergie des rayons gamma est caractéristique de l'isotope radioactif qui se désintègre.

Nom	Longueur d'onde	Fréquence	Énergie du photon (eV)	Type de phénomène physique
Rayon gamma	< 5 pm	$> 6 \times 10^{19}$ Hz	$> 2,5 \times 10^5$ eV	Transitions au sein du noyau atomique , souvent émis lors de la désexcitation radioactive d'un noyau instable, de façon spontanée ou sous l'effet d'une accélération au sein d'un accélérateur de particules.
Rayon X	5 pm — 10 nm	30 PHz — 60 EHz	$1,2 \times 10^2$ eV — $2,5 \times 10^5$ eV	Transitions d'électrons des couches profondes au sein d'un atome, accélération ou décélération (bremsstrahlung) d'électrons libres de haute énergie.
Ultraviolet	1 nm — 380 nm	789 THz — 300 PHz	4,1 eV — $1,2 \times 10^3$ eV	Transitions d'électrons de valence d'atomes ou de molécules de plus haute énergie encore, non observables par l'œil humain.
Visible	380 nm — 780 nm	384 THz — 789 THz	1,7 eV — 3,3 eV	
Infrarouge	780 nm — 100 µm	3 THz — 384 THz	$1,2 \times 10^{-2}$ eV — 1,7 eV	Oscillations de particules, vibration moléculaire, transitions d'électrons de valence au sein d' atomes ou de molécules .
Térahertz / submillimétrique	0,1 mm — 1 mm	300 GHz — 3 THz	$1,2 \times 10^{-3}$ eV — $1,2 \times 10^{-2}$ eV	Vibration de molécules complexes, de réseaux cristallins.
Micro-ondes	1 mm — 1 m	300 MHz — 300 GHz	$1,2 \times 10^{-6}$ eV — $1,2 \times 10^{-3}$ eV	Oscillations d'électrons au sein de composants électriques spécifiques (comme une diode Gunn par exemple), rotation moléculaire, ou d'antenne (comme c'est le cas pour la téléphonie mobile, qui peuvent utiliser des micro-ondes comme ondes porteuses, comme 60 GHz).
Ondes radio	1 m — 100 000 km	3 Hz — 300 MHz	$1,2 \times 10^{-14}$ eV — $1,2 \times 10^{-6}$ eV	Oscillations d'électrons au sein d'un circuit électrique comme une antenne.

FIGURE 12 – Domaines du Spectre

1.3.2 Spectroscopie X

La spectrométrie photoélectronique X, ou spectrométrie de photoélectrons induits par La spectrométrie photoélectronique X est une méthode de spectrométrie photoélectronique qui implique la mesure des spectres de photoélectrons induits par des photons de rayon X. Dans une expérience XPS, l'échantillon est bombardé par des rayons X d'une certaine longueur d'onde, ce qui émet un photoélectron qui est par la suite détecté. Les photoélectrons ont des énergies propres à chaque élément, ce qui permet de déterminer la composition de l'échantillon. Pour une analyse qualitative, l'élément doit avoir une concentration plus élevée que 0,1

Principe de Spectroscopie X

La spectrométrie photoélectronique X a la particularité d'émettre les électrons de cœur des atomes à la surface de l'échantillon, contrairement à la spectrométrie photoélectronique UV qui émet les électrons de valence1. Spectroscopie Photo-

électronique UV.

1.3.3 Spectrométrie UV

La spectrométrie photoélectronique UV est une méthode de spectrométrie photoélectronique qui implique la mesure des spectres de photoélectrons induits par des photons ultraviolets (UV). Elle est utilisée pour étudier les niveaux d'énergie de la couche de valence et les liaisons chimiques, surtout le caractère liant des orbitales moléculaires.

Principe de Spectroscopie UV

Son principe consiste à mesurer l'énergie des électrons émis par effet photoélectrique en ionisant les atomes d'un solide, un gaz ou un liquide avec un rayonnement ultra-violet ou X. Dans le cas des solides, seuls les atomes de surface (moins de 1 nm) peuvent être ionisés, il s'agit donc d'une technique limitée à l'étude des surfaces.

1.3.4 Spectroscopie infrarouge IR

La spectroscopie infrarouge (IR) est une technique d'analyse chimique qui utilise le rayonnement infrarouge pour étudier les molécules et les composés chimiques. Cette technique est basée sur le fait que les molécules absorbent les rayonnements infrarouges à des fréquences spécifiques, ce qui permet de détecter les vibrations moléculaires qui sont caractéristiques de chaque composé.

Principe de la spectroscopie infrarouge

En pratique, la spectroscopie infrarouge consiste à mesurer l'absorption des rayonnements infrarouges par un échantillon de matériau à des fréquences précises. Ces fréquences sont ensuite utilisées pour identifier les groupes fonctionnels présents dans le composé. Par exemple, la spectroscopie infrarouge peut être utilisée pour identifier les groupes hydroxyles (-OH) présents dans les alcools, les groupes carbonyles (-C=O) présents dans les cétones et les aldéhydes, les groupes amines (-NH₂) présents dans les protéines, etc..

1.3.5 Spectroscopie Radio

La spectroscopie radio est une technique d'analyse qui utilise les propriétés radioélectriques des atomes et des molécules pour les identifier et déterminer leur structure. Elle repose sur l'absorption ou l'émission de photons radio par

les noyaux atomiques ou les électrons des molécules. Les ondes radio sont de très faible énergie.

Principe de spectroscopie Radio

Lorsque les atomes ou les molécules sont exposés à un rayonnement radioélectrique de fréquence appropriée, ils peuvent absorber l'énergie des photons et passer à un état d'énergie plus élevé. Cette absorption est quantifiée et se produit à des fréquences spécifiques caractéristiques de chaque élément ou composé.

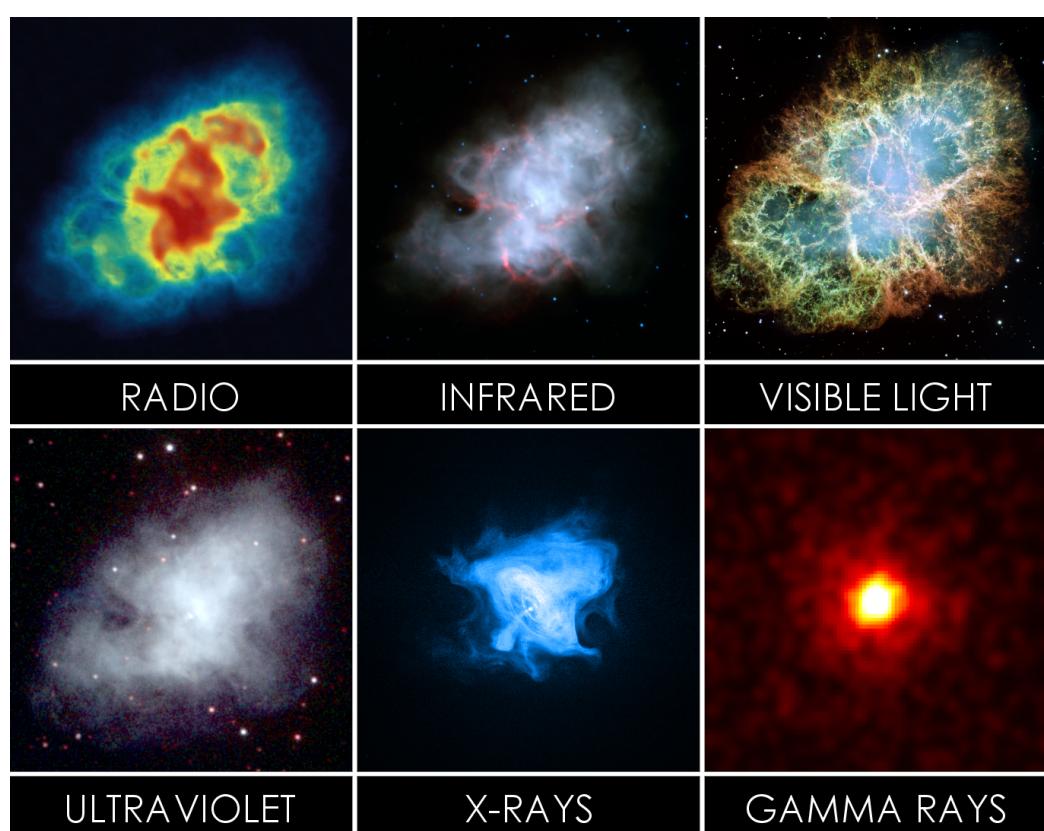
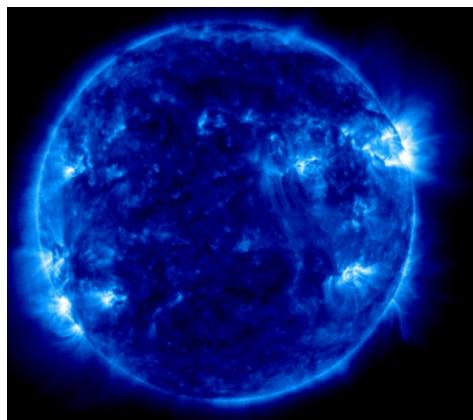


FIGURE 13 – Images par des différents détecteurs

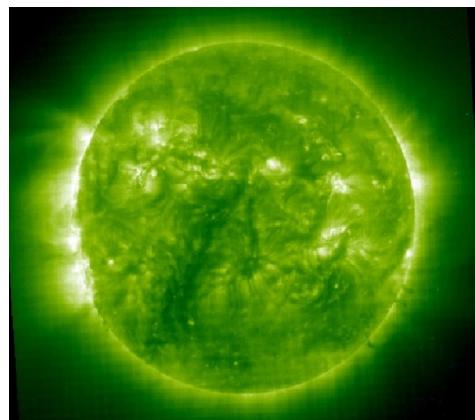
Classement énergétique des rayonnements ionisants

Les rayonnements ionisants sont classés en fonction de leur énergie et de leur capacité à pénétrer la matière. Voici un classement approximatif du plus énergétique au moins énergétique :

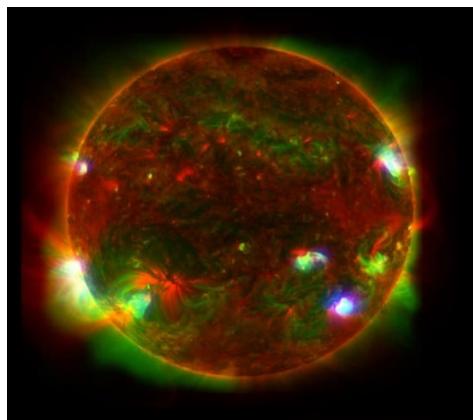
Rayons gamma (γ) : Ce sont les rayonnements les plus énergétiques et les plus pénétrants. Ils peuvent traverser plusieurs centimètres de plomb ou d'acier.



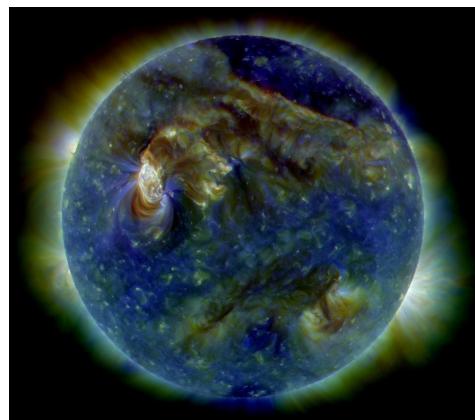
(a) Gamma ray



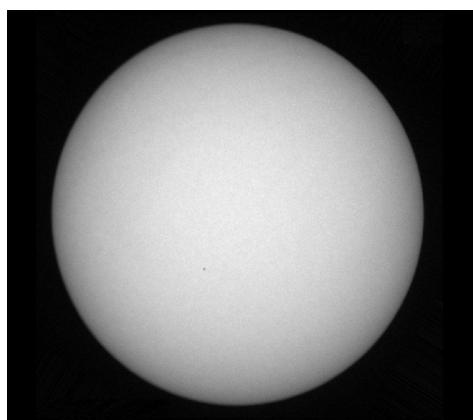
(b) X ray



(c) X ray



(d) UV ray



(e) Visible



(f) Radio

FIGURE 14 – Image de Soleil avec différents spectre domaine

Rayons X : Ils sont moins énergétiques que les rayons gamma mais plus pénétrants que les autres types de rayonnements ionisants. Ils peuvent traverser quelques centimètres de tissu corporel.

Rayons bêta (β) : Il existe deux types de rayons bêta : les rayons β^+ et les rayons bêta-. Les rayons β^+ sont des positrons, c'est-à-dire des électrons ayant une charge positive. Les rayons bêta- sont des électrons. Ils sont moins pénétrants que les rayons gamma et les rayons X, mais peuvent néanmoins traverser plusieurs millimètres de tissu corporel.

Rayons alpha (α) : Ce sont les rayonnements les moins énergétiques et les moins pénétrants des rayonnements ionisants. Ils peuvent être arrêtés par une feuille de papier ou quelques centimètres d'air.

Chapitre 3

1.4 Techniques spectroscopiques

1.4.1 Spectroscopie de résonance magnétique nucléaire RMN

La spectroscopie UV-Visible (UV-Vis) est une technique d'analyse chimique qui utilise le rayonnement électromagnétique dans les domaines de l'ultraviolet (UV) et du visible pour étudier les propriétés électroniques des molécules. Cette technique est basée sur le fait que les molécules absorbent les rayonnements UV-Vis à des longueurs d'onde spécifiques, ce qui permet de détecter les transitions électroniques qui sont caractéristiques de chaque composé.

Principe de la spectroscopie RMN

En pratique, la spectroscopie UV-Vis consiste à mesurer l'absorption des rayonnements UV-Vis par un échantillon de matériau à des longueurs d'onde précises. Ces longueurs d'onde sont ensuite utilisées pour identifier les groupes chromophores présents dans le composé. Les chromophores sont des groupes fonctionnels qui ont une structure électronique qui facilite l'absorption des rayonnements UV-Vis. Par exemple, les groupes carbonyle ($-C=O$) et les doubles liaisons carbon-carbone ($C=C$) sont des chromophores couramment présents dans les composés organiques.

1.4.2 Spectroscopie IRTF

La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier ou spectroscopie IRTF (ou encore FTIR, de l'anglais Fourier Transform InfraRed spectroscopy)¹ est une technique utilisée pour obtenir le spectre d'absorption, d'émission, la photoconductivité ou la diffusion Raman dans l'infrarouge d'un échantillon solide, liquide ou gazeux.

Un spectromètre FTIR permet de collecter simultanément les données spectrales sur un spectre large. Ceci lui confère un avantage significatif sur les spec-

tromètres à dispersion qui ne peuvent mesurer l'intensité que dans une gamme réduite de longueurs d'onde à un instant donné.

Le terme « spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier » vient du fait qu'il est nécessaire de passer par une transformation de Fourier pour convertir les données brutes en réel résultat spectral. Pour d'autres usages de ce genre de technique, voir spectroscopie par transformée de Fourier.

Principe de la spectroscopie par transformée de Fourier

Le principe de la spectroscopie par transformée de Fourier est une façon moins intuitive d'obtenir la même information. Plutôt que d'illuminer l'échantillon avec un faisceau de lumière monochromatique, cette technique utilise un faisceau contenant une combinaison de multiples fréquences de la lumière, et on mesure l'absorption par l'échantillon. Le faisceau est ensuite modifié pour contenir une combinaison de fréquences différentes, on mesure de nouveau l'absorption par l'échantillon, et l'opération est répétée de nouveau, de multiples fois. Une fois toutes les données acquises, un ordinateur prend toutes ces données et calcule à rebours pour en déduire l'absorption à chaque longueur d'onde.

Spectroscopie IRTF lointain infrarouge

-Spectroscopie IRTF lointain infrarouge

Les premiers spectromètres IRTF ont été développés pour le domaine de l'infrarouge lointain, en raison de la tolérance mécanique nécessaire pour une bonne performance optique, liée à la longueur d'onde de la lumière utilisée. Pour des longueurs d'onde relativement longues de l'infrarouge lointain ($10 \mu\text{m}$), ces tolérances sont suffisantes, alors que pour le « domaine sel gemme », ces tolérances doivent être meilleures qu' $1 \mu\text{m}$. Un appareil typique est l'interféromètre cube développé par NPL7 commercialisé par Grubb Parsons. Il utilise un moteur pas à pas pour déplacer le miroir, enregistrant la réponse du détecteur après chaque pas.

Spectroscopie IRTF moyen infrarouge

-Spectroscopie IRTF moyen infrarouge Avec l'avènement des micro-ordinateurs à bas-coût, il est devenu possible d'avoir un ordinateur dédié au contrôle du spectromètre, recueillant les données, calculant la transformation de Fourier et affichant le spectre. Cela a donné l'impulsion pour le développement des spectromètres FTIR dans le domaine sel gemme, les problèmes de fabrication de composants optiques et mécaniques à ultra-haute précision ayant alors été résolus. Aujourd'hui, un large éventail d'appareils est à présent disponible dans le commerce.

Bien que la conception de l'instrument soit devenue plus sophistiquée, les principes de base restent les mêmes. À présent, le miroir mobile de l'interféromètre bouge à vitesse constante et l'échantillonnage de l'interférogramme est déclenché en trouvant les passages à zéro dans les franges d'un interféromètre secondaire illuminé par un laser hélium-néon. Ceci lui permet d'avoir une haute précision par rapport au nombre d'onde du spectre infrarouge résultant, et permet d'éviter les erreurs d'étalonnage.

Spectroscopie IRTF proche infrarouge

-Spectroscopie IRTF proche infrarouge Article détaillé : Spectroscopie proche infrarouge. La région de proche infrarouge couvre la gamme comprise entre ce domaine sel gemme et le début du spectre visible, environ 750 nm. Les harmoniques des vibrations fondamentales peuvent être observées dans ce domaine. La spectroscopie FTIR est utilisée principalement dans ce domaine pour des applications industrielles telles que la supervision des procédés et l'imagerie chimique (en).

1.4.3 Spectrométrie de mobilité ionique

La spectrométrie de mobilité ionique (SMI) est une technique d'analyse chimique en phase gazeuse. Elle permet de séparer et d'identifier des ions en fonction de leur mobilité dans un champ électrique. La mobilité est définie comme la vitesse à laquelle un ion se déplace sous l'influence d'un champ électrique, et elle dépend de la taille, de la forme et de la charge de l'ion.

Principe de Spectrométrie de mobilité ionique

Ionisation : l'échantillon est ionisé, généralement par électrospray ou par ionisation chimique.

Séparation : Les ions sont ensuite introduits dans un tube à dérive où ils sont soumis à un champ électrique.

Détection : Les ions sont détectés à l'aide d'un détecteur, comme un détecteur à photomultiplicateur ou un détecteur à ionisation par flamme.

1.4.4 Spectroscopie de résonance acoustique

La spectroscopie par résonance acoustique (SRA) est une technique d'analyse qui utilise les propriétés acoustiques d'un matériau pour en déterminer la composition et la structure. La SRA est basée sur le principe de la résonance, qui se produit lorsqu'un objet est soumis à une onde acoustique de fréquence spécifique.

La fréquence de résonance dépend des propriétés physiques de l'objet, telles que sa taille, sa forme et sa composition.

Principe de spectroscopie par résonance acoustique

La technique consiste à exciter un objet avec un balayage rapide d'onde acoustique pour faire vibrer l'objet en mode normal de vibration. Ce dernier est en fait une oscillation de l'objet à la suite d'une perturbation qui est semblable à l'état stable de l'objet, cette oscillation est alors associée à une fréquence. Le domaine des ondes de cette technique est large, puisqu'il inclut les ultrasons et les infrasons qui ont une fréquence variant de 0 à 10 MHz. Cela permet de produire un spectre de résonance acoustique de l'objet. À l'aide de ce spectre, beaucoup d'informations sur la structure et sur la composition de l'objet peuvent être déterminées. En spectroscopie de résonance acoustique, l'analyte n'est pas nécessairement un solide, il peut aussi être un liquide ou un gel. L'ARS permet d'analyser des objets très petits, qui peuvent faire partie de l'échelle du millimètre, jusqu'à de gros objets de la gamme du mètre. La taille de l'objet va déterminer la zone de fréquence de résonance dans la mesure du spectre. La fréquence de résonance des petits objets est généralement proche du mégahertz, tandis que les gros objets sont plus compliqués et leurs spectres peuvent s'étendre du kilohertz aux mégahertz. Les spectres sont transformés à l'aide d'une transformée de Fourier pour faciliter les lectures des résonances de l'objet analysé. Comme la technique repose sur le principe d'un balayage de plusieurs longueurs d'onde sur l'objet, la résolution varie selon la vitesse du balayage. Plus le balayage sera rapide, moins bonne sera la résolution. L'énergie d'excitation est gardée constante et très basse. Cette énergie est conservée basse en cas d'analyse d'objets très explosifs pour des raisons de sécurité.

Excitation : Un échantillon est excité par une onde acoustique de fréquence variable.

Détection : La réponse de l'échantillon à l'onde acoustique est détectée.

Analyse : La réponse de l'échantillon est analysée pour déterminer ses propriétés physiques.

Types de SRA :

Il existe deux types principaux de SRA :

SRA à onde de cisaillement : Ce type de SRA utilise des ondes de cisaillement, qui se propagent parallèlement à la surface de l'échantillon.

SRA à onde de compression : Ce type de SRA utilise des ondes de compression, qui se propagent dans toutes les directions à partir de la source.

Chapitre 4

1.5 Applications de la spectroscopie

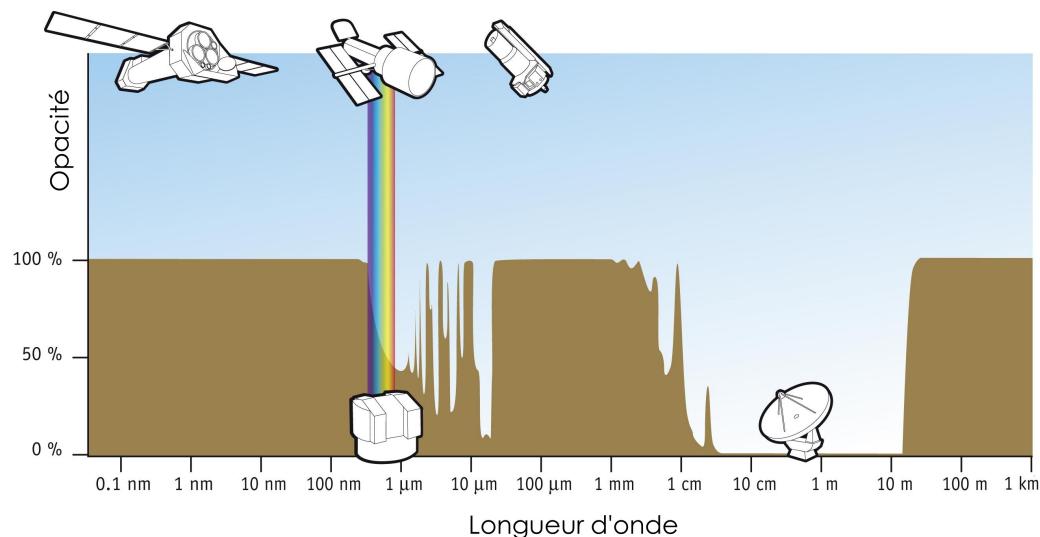


FIGURE 15 – Applications de la spectroscopie

applications de la spectroscopie dans différents domaines :

1-En chimie : la spectroscopie permet d'identifier et de quantifier les composants chimiques d'un échantillon, de caractériser la structure des molécules et de comprendre les réactions chimiques. Elle est utilisée dans l'analyse de l'eau et des sols, le contrôle qualité des produits chimiques et pharmaceutiques, ainsi que dans la synthèse et la caractérisation de nouveaux matériaux.

2-En médecine : la spectroscopie est utilisée dans le diagnostic et le suivi de maladies. Par exemple, la spectroscopie infrarouge permet de détecter des anomalies dans les tissus et de diagnostiquer des maladies comme le cancer. La spectroscopie Raman permet également d'identifier des molécules et des tissus biologiques.

3-En astronomie : la spectroscopie permet d'analyser la lumière émise par les étoiles, les galaxies et les objets célestes pour comprendre leur composition chimique, leur température et leur mouvement. Cette technique permet également de détecter des exoplanètes et de comprendre leur atmosphère.

4-En géologie : la spectroscopie est utilisée pour étudier la composition des minéraux et des roches, pour comprendre leur formation et leur évolution géologique. La spectroscopie infrarouge est particulièrement utile dans ce domaine pour identifier les minéraux dans les échantillons.

5-En environnement : la spectroscopie est utilisée pour détecter et quantifier les polluants dans l'eau, l'air et les sols. Elle permet également de surveiller les changements climatiques en étudiant les gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Ces exemples montrent la diversité des applications de la spectroscopie dans différents domaines scientifiques et technologiques.

1.6 Exemples des applications de la spectroscopie

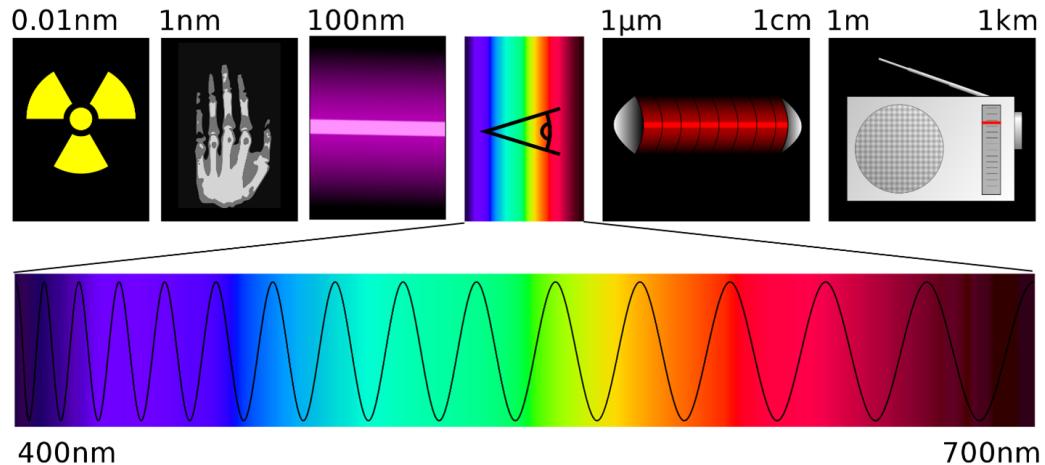


FIGURE 16 – Exemples des applications de la spectroscopie

Conclusion

La spectroscopie est un domaine en évolution qui continue de se développer et d'offrir de nouvelles possibilités pour la recherche en physique. Voici quelques perspectives d'avenir pour la spectroscopie en physique : Spectroscopie haute, Spectroscopie non-invasive, Spectroscopie en temps réel Spectroscopie dans le domaine temporel Utilisation de la spectroscopie pour la caractérisation de matériaux avancés En somme, la spectroscopie continue d'être un domaine de recherche en constante évolution qui offre des perspectives prometteuses pour la compréhension et la caractérisation des matériaux et des systèmes physiques. Les avancées technologiques récentes permettent des mesures toujours plus précises et de nouveaux domaines d'application, offrant de nombreuses opportunités pour la recherche en physique.

Table des figures

1	Onde électromagnétique	5
2	Transition électronique	12
3	Fluorescence	14
4	Phosphorescence	15
5	Effet photoélectrique	15
6	Effet photovoltaïque	16
7	Spectroscope	17
8	Dispersion de la lumière polychromatique par un prisme	18
9	Dispersion de la lumière polychromatique par un réseau	19
10	Papier pH	21
11	Spectre	25
12	Domaines du Spectre	26
13	Images par des différents détecteurs	28
14	Image de Soleil avec différents spectre domaine	29
15	Applications de la spectroscopie	35
16	Exemples des applications de la spectroscopie	36