

LP

9 juin 2022

Niveau :

Commentaires

Prérequis



Expériences



Bibliographie

✍ Le nom du livre, l'auteur¹

→ Expliciter si besoin l'intérêt du livre dans la leçon et pour quelles parties il est utile.

Table des matières

1 Principe de Curie	1
1.1 Symétrie - Definition	1
1.2 Enoncé du principe de Curie	2
1.3 Application à l'électromagnétisme	2
2 Lois de conservation	2
2.1 Symétries en mécanique analytique	2
2.2 Théorème de Noether	3
3 Brisure de symétrie	3
3.1 Bifurcation mécanique	3

Introduction

Intuition forte dans la vie courante, une sphère par exemple très symétrique. Mais on ne l'a pas encore défini de façon formelle, donc on va en faire l'objectif de ce cours. On va voir pourquoi les objets symétriques sont pratiques.

D'abord, étudier le principe de Curie, puis que les propriétés de symétrie peuvent se traduire par la conservation de quantités, puis enfin on verra ce qu'il se passe quand on a brisure de symétrie et on verra le lien avec les transitions de phase.

1 Principe de Curie

1.1 Symétrie - Definition

Définition : Symétrie

Un **système physique** possède une symétrie s'il reste **inchangé** par une **transformation**

Par exemple, un carré est inchangé par rotation d'un angle $\frac{\pi}{2}$. Les cotés bougent mais si on considère le carré identique en chaque coin, il n'y a pas de changement. *faire schéma au tableau d'un carré qu'on tourne de $\frac{\pi}{2}$ puis $\frac{\pi}{4}$.*

Transition

Conséquence :

1.2 Enoncé du principe de Curie

Définition : Principe de Curie

Les **effets** ont au moins les **symétries** des causes.

Par exemple, les symétries des charges (causes) se voient dans la forme du champ électrique (conséquence).

On comprend alors de manière qualitative que si la distribution de causes permet de prédire comment vont se répartir les conséquences.

1.3 Application à l'électromagnétisme

On va d'abord définir les grandeurs polaires et axiales.

Définition : Grandeur polaire

Indépendante des conventions adoptées (par exemple, la position d'un objet, son impulsion...)

Définition : Grandeur axiale

Les *pseudovecteurs*. Axiale si le signe dépend des conventions.

Exemple : Le produit vectoriel - Le moment cinétique : $\vec{L} = \vec{r} \wedge \vec{p}$ Le signe de L, derrière le $\vec{e}_z$, dépend de la convention de $\vec{e}_z$

Important

J'ai pas trop bien compris.

Les transformations :

Quand on fait la symétrie par un plan, un vecteur polaire est transformé en son symétrique par le plan, et un vecteur axial est transformé en son symétrique par le plan puis par le plan perpendiculaire.

Pour une symétrie par un plan :

- Vecteur polaire :
 - Contenu dans un plan de symétrie des causes
 - $\perp$ plan d'antisymétrie des causes
- Vecteur axial :
 - $\perp$ plan de symétrie des causes
 - Contenu dans un plan de s'antisymétrie des causes.

Par exemple, le fil infiniment long, distribution de I avec plans de symétrie et symétrie de translation, qui donne la forme et la dépendance de B . On peut alors appliquer le théorème d'Ampère facilement avec un contour bien choisi.

Transition

Le théorème de Noether : Les symétries s'accompagnent à des conservations de quantités.

2 Lois de conservation

2.1 Symétries en mécanique analytique

Système est décrit par un lagrangien $\mathcal{L}(q, \dot{q}, t)$ Une transformation associe q à $f(q, t) = q'$.

Alors on a un nouveau Lagrangien transformé : $\mathcal{L}'(q', \dot{q}', t) = \mathcal{L}(q, \dot{q}, t)$

Cette transformation est une symétrie du système si $\mathcal{L}'(q, \dot{q}, t) = \mathcal{L}(q, \dot{q}, t) + \frac{dF}{dt}(q, t)$

On peut de même considérer des transformations infinitésimales $q' = q + \epsilon g(q, t) = q + \delta q$

Donc $\delta \mathcal{L} = \mathcal{L}(q', \dot{q}', t) - \mathcal{L}(q, \dot{q}, t)$

$$= \epsilon \frac{dG}{dt}(q, t)$$

2.2 Théorème de Noether

Pour une transformation, on peut appliquer le principe de moindre action, qui demande $\frac{\delta \mathcal{L}}{\delta q_i} = 0$ qui redonne Euler Lagrange. Et charge de Noether. Calcul classique de la charge de Noether pour une translation dans l'espace, qui conserve l'impulsion.

3 Brisure de symétrie

3.1 Bifurcation mécanique

Anneau sur un cerceau, position d'équilibre se dédouble. On a perte de symétrie quand deux solutions, mais symétrie sur la moyenne des effets.

Conclusion

Message clé

le message est

Compléments

Questions

- **Pourquoi on utilise des vecteurs en physique ?** Parce qu'on a besoin de grandeurs qui sont dirigées et normées. Par exemple la force qui a ces propriétés. **Pour que la description soit indépendante du référentiel.**
- **On dépense de l'énergie quand on applique une force ?** Non, certaines forces ne travaillent pas !
- **Exemple de force qui ne travaille pas ?** La composante magnétique de la force de Lorentz
- **Vecteurs axiaux par exemples ?** Vecteur tourbillon
- **Quelles hypothèses sur l'application de Curie avec le fil, théorème d'Ampère ?** Fil infiniment long, d'intensité uniforme, fil infiniment fin, ou juste au delà du fil. ARQS
- **$\mathcal{B}$ est un produit vectoriel de vecteurs polaires ?** La loi de Biot et Savart... *coupé par Laibe : Est ce que vous pouvez me démontrer la loi de Biot et Savart ? Enfin, déjà me l'énoncer.*
- **Est ce que connaissant uniquement le rotationnel on peut définir un champ de façon univoque ?**
- **Comment on trouve Biot et Savart from les lois de Maxwell sur $\mathcal{B}$**
- **Hypothèse d'inversion d'une équation de Poisson ?** Conditions à l'infini qui marchent bien.
- **Équations de Maxwell électrique ?** Loi de
- **Qu'est ce qui fait une telle différence entre $\mathcal{B}$ et $\mathcal{E}$**
- **Quelques équations de conservation en EM ?** Poynting (énergie électromagnétique), la charge
- **Un disque conducteur placé dans un champ $\mathcal{B}$, on lance le disque, avec un courant dans le disque, Le disque de Feynmann (problème d'une induction).**
- **Quel type de symétrie le théorème de Noether ?** Symétries globales qui ne dépendent pas des dérivées temporelles, et continues.
- **Interface plane entre deux DLHI, indices n_1 et n_2 , onde incidente sur n_1 , qu'est ce qu'il se passe ?** Plusieurs cas, si $n_1 > n_2$, Snell Descartes, un rayon réfléchi, un rayon réfracté, on a conservation de la fréquence ?

- **Energie et qdm d'un photon ? On a conservation de l'impulsion d'un photon ici ? Ici le système est invariant par translation dans la direction tangente au plan.** La conservation de l'impulsion complète est celle selon cette tangente, donc on a une modulation dans l'amplitude des champs réfractés et réfléchis.
- **Problème à 2 corps, conservations ?** Energie, Impulsion, Moment cinétique, Symétrie du vecteur de Rung Lenz.
- **Quelle est la particularité dans le problème de Kepler qui fait qu'on a cette dernière conservation ?** Vient de la dépendance du potentiel d'interaction en $1/r$. Direction du Perielie est constante. Donc trajectoire fermée.
- **Développer l'anneau sur le cerceau. Pourquoi g est constant ?** On se place dans le référentiel qui tourne avec le cerceau.
- **Pulsation caractéristique, et temps caractéristique ?** On a un rayon et une accélération, d'où pulsation caractéristique.
- **Pourquoi la masse n'apparaît pas dans l'équation ?** Force proportionnelle à la masse ici. **Quelle masse ?** Masse grave. **Quelles sont les masses ?** Masse grave et inertielle. **Elles sont égales ?** Principe d'équivalence.
- **D'où vient la brisure de symétrie ?** Plusieurs solutions possibles.
- **Autre exemple de brisure de symétrie ?** Cristallisation, on passe de pleins de symétrie, notamment de
- **Equation de D'Alembert 1D ?**
- **Equation de diffusion 1D ?**
- **Propriétés d'invariances communes et différentes entre les deux ?** dérivées secondes en x dans les deux, symétrie par renversement de l'espace et dérivées en x donne invariance par translation, laplacien donne aussi invariance par rotation car en somme des secondes. Invariance par renversement du temps uniquement pour l'un des deux.
- **Symétries en MQ ?** Invariance de Jauge en EM, c'est à dire qu'on peut faire des choix différents de jauge et obtenir les mêmes choses. CPT
- **Différence entre jauge et symétries faites dans la leçon ?** Jauge sont locales.
- **Conséquences des symétries sur la modélisation des systèmes ? Par exemple, un milieu en EM, la forme microscopique peut elle avoir des conséquences sur le comportement des champs ?** La diffraction ? Symétrie par translation donne une polarisation nulle dans le milieu ? La biréfringence, les symétries du cristal se retrouvent dans les tenseurs de réponse.
- **Invariance d'échelle en physique ?** Les équations de Navier Stokes peuvent être adimensionnées pour changer d'échelle.
Pas d'échelle caractéristique dans les invariances d'échelle. A ne pas confondre avec les transformations d'échelle (pour NS).
- **Comment ça se manifeste mathématiquement une invariance d'échelle ?** Un système qu'on va pouvoir adimensionner. Dans l'autre sens, JSP
- **Choix pédagogiques et points de blocage ici ?** Difficulté : la démonstration du théorème de Noether. Gros cap.
Aussi, lien partie I et II très très faible ail ouil pas bien.
- **Pourquoi être parti du principe de Curie ? Sans jugement de valeur.** C'est ce qui traduit ce qu'on a l'habitude de faire quand on a un problème de physique.
- **Mais un peu après on dit que ça marche plus.** Euh
- **Comment on aurait pu faire cette leçon autrement ?**
- **Dates ?**

Commentaires

- Bon il a fait exprès de mettre la pression.
- Leçon difficile, polyphysique, polythème, manque de recul à notre niveau.
- On voit du rouge, on voit du bleu, et là on voit pas le violet.
- Légèrer mieux les schémas
- User et abuser de la description des systèmes et être rigoureux, ça fait gagner du temps et fait une leçon moins fournie mais mieux décrite.
- Ordres de grandeur c'est pas mal.
- Ici c'est une approche historique des symétries.
- L'autre approche possible, c'est de voir différentes façons de voir l'évolution d'un système physique et montrer que ces changements là n'impactent pas comment il évolue.
- Problème : Les deux approches (EM et Noether) sont logiques car elles sont fortes en symétries, mais elles n'ont AUCUN RAPPORT dans la leçon, manque de connecteurs logiques.
- Ce qu'on peut faire c'est lier le caractère axial et polaire aux équations de Maxwell, soit on le voit dans les opérateurs, soit on retrouve à partir de la force de Lorentz, on trouve le caractère polaire et axial de E et B .
- Ou passer par les lois de Snell Descartes, qui permet de faire le lien entre les deux parties.
- Point positif : Très bien d'avoir défini les symétries dans les deux parties. Peut-être définir mieux une transformation
-