

Voyage Aux Tréfonds du Chaos ...

*Université libre de Bruxelles – Faculté des Sciences – Département de Physique
Badalyan Mariam, Postiau Nicolas, Schmidt Vincent*

"Aux Tréfonds de Chaos,,," voilà de bien grands mots, très explicatifs de ce que nous présenterons en alliant l'expérimental à la théorie : nous irons à l'essentiel pour le grand public, de façon à ce que la majorité des visiteurs quittent notre stand en ayant compris de nouvelles notions et nous poursuivrons aussi jusqu'aux détails pour les curieux.

Introduction

Le chaos est présent au quotidien : que ce soit en rue ou dans une réserve naturelle, il est difficile de ne pas croiser l'une de ses manifestations. A ne pas confondre avec le mot hasard cependant, bien différent du chaos des points de vue mathématique et physique.

Lors du Printemps des Sciences, notre stand décrira les phénomènes chaotiques sous diverses facettes :

- Seuil d'Énergie nécessaire pour l'apparition des phénomènes dits "chaotiques" visualisable à l'aide d'un pendule double ; les différents types de mouvements et trajectoires seront traités,
- Le chaos des attracteurs étranges : définition explicite, dépendance aux conditions initiales, points d'équilibre, contraction de volume; ceci est directement applicable en météorologie et en géologie,
- Phénomènes naturels et applications du chaos : récupération d'énergie de la houle (nouvelle forme d'énergie renouvelable), cyclones des tornades, en passant par la thématique des geysers.

Tout de même, la théorie du chaos est l'un des grands piliers de la compréhension de l'Univers, découverte au XXe siècle, tout comme la mécanique quantique et la théorie de la relativité !

Expérience du pendule double

Mesures d'angles limites entre deux types de comportements différents, sensibilité aux conditions initiales lors des lancers, espace des configurations sous forme de tore dû à la combinaison de deux mouvements harmoniques, différence marquée entre les mouvements de libération et de rotation pour le pendule : nous mettons pour cette première partie l'accent sur la visualisation du chaos et ce qu'il implique.

Nous avons également effectué des simulations informatiques de ce système dynamique, utiles pour montrer la sensibilité aux conditions initiales.

Quelles différences y a-t-il entre le pendule simple, non chaotique, et le pendule double ?

Quand les mouvements deviennent-ils chaotiques ? Nous répondrons bien entendu à ces questions.

Les Attracteurs Etranges vus en électronique

A partir d'un système d'équations couplées, on peut générer ce qu'on appelle un attracteur étrange, système complexe par définition chaotique de par ses propriétés, et en choisissant consciencieusement les valeurs des composants du circuit correspondant à des paramètres variables -que ce soit manuellement ou numériquement, tout est possible... ,

on peut analyser différents cas de figure suivant ces paramètres.

Manuellement, nous ferons varier une résistance regroupant les divers paramètres et expliquerons pourquoi les trajectoires deviennent petit à petit chaotiques, avec les répercussions visibles directement via un oscilloscope ; par programme informatique, nous montrerons ce qu'il en est en faisant varier d'autres paramètres d'attracteurs.

Bulle chaotique des geysers, Houle & Problème à trois corps

Des attracteurs étranges liés fortement aux conditions initiales sont observés numériquement selon la périodicité des éruptions de geysers, se déclenchant lorsqu'une bulle caractéristique d'eau et de gaz se forme. Or l'apparition de cette bulle est soumise à des équations non-linéaires et présente une forte dépendance de la perméabilité relative dans le conduit.

Il en découle que ce phénomène naturel est lui aussi chaotique.

L'énergie des vagues peut être récupérée en plaçant des capteurs dans les océans

(près des rivages ou au niveau de plates-formes dédiées à cela) : basés sur les interférences d'ondes et la récupération de l'énergie émise en surplus, des dispositifs sont aujourd'hui étudiés à un certain nombre de stations marines européennes dans le cadre des énergies renouvelables.

L'arrivée de ces vagues et la fraction d'énergie récupérée peuvent présenter des aspects chaotiques.

En astronomie, le problème à trois corps est important dans la mesure où il tient compte de mouvements de trois astres à la fois. Celui-ci possède une solution analytique exacte, non utilisable en pratique pour effectuer des prédictions.

Certains scientifiques envisagent de nouvelles théories planétaires à partir de ce problème.

Conclusion

En bref, le chaos se retrouve dans plusieurs disciplines scientifiques et se croise même en dehors des phénomènes mécaniques et naturels expliqués à notre stand. Ses applications sont donc nombreuses.

Une fois un seuil atteint (d'énergie, angle mécanique ou intensité électrique notamment), les phénomènes chaotiques se manifestent. Ceux-ci dépendent fort des conditions fixées au départ des mécanismes et problèmes décrits : une légère variation entraîne un comportement parfois très différent ; un paramètre qui varie et, directement, le résultat est tout autre.

Avec un oeil attentif, on peut remarquer les effets du chaos un peu partout, même si nous n'en saisissons pas toujours la portée, tout comme le disait le météorologiste M. Edward Lorenz.

Commentaires

Dès l'idée du projet, en début d'année, nous avons décidé de travailler

sur la même thématique qu'un stand de mathématiciens : nous traitons surtout les aspects expérimentaux alors que les explications mathématiques plus poussées des phénomènes seront accessibles au stand "Lyapunov, contre Vents et Marées", s'intéressant surtout aux concepts importants historiques et aux répercussions de prévision météo.

Pour d'éventuels mordus à nos expériences ou explications, nous aurons en fiches attachées une description détaillée (composants, calculs pour chaque "bloc" du circuit, détermination des équations différentielles associées, etc.) de notre circuit de l'attracteur de Rössler monté à l'ULB ; et si tout se passe bien, un site actif sera mis à jour lors de la semaine de l'expo pour les vidéos réalisées au cours de la semaine du Printemps des Sciences.

Nous remercions M. Pierre Gaspard pour ses explications et son aide au niveau du matériel concernant l'expérience du pendule double, ainsi que Messieurs Pierre De Buyl et Mikaël Dhen pour une compréhension claire des mécanismes du circuit électronique monté, puis soudé sous leur surveillance à l'atelier.