

Un peu de Science pour comprendre le monde moderne

Saison 3 - Autrement

[Bernard Remaud](#)

bernard.remaud@univ-nantes.fr
<https://www.un-peu-de-physique.fr>



[La chaîne YouTube](#)

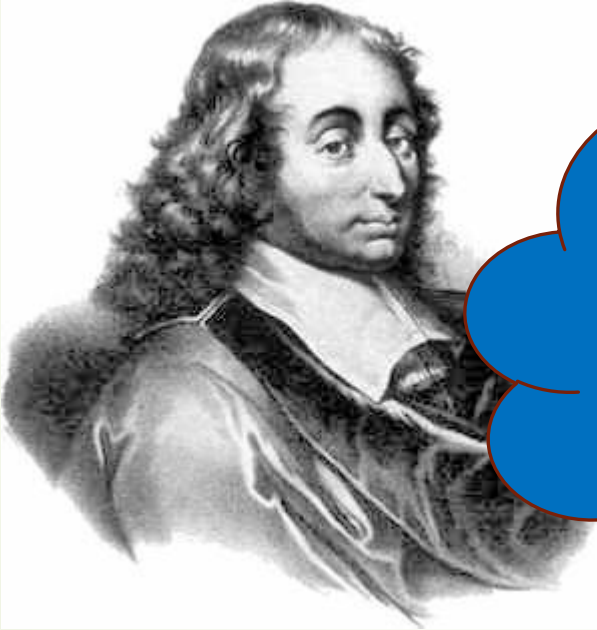


[Le blog](#)

Ch -0- Présentation

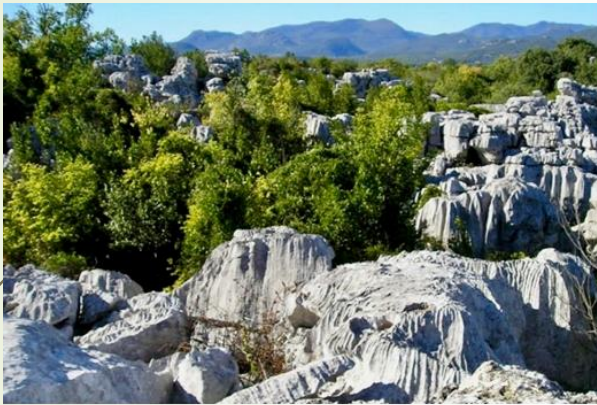
La Science de la
Complexité

Depuis les premiers philosophes grecs, les scientifiques ont cherché les principes permettant d'unifier la vision du monde dans sa complexité.



« C'est une chose étrange que les hommes aient voulu comprendre les principes des choses, et de là arriver à connaître tout, par une présomption aussi infinie que leur objet »
Pascal, Pensées 72-299

Les philosophes grecs notaient la régularité et l'immuabilité du mouvement des étoiles et des planètes (un peu moins), en opposition avec le monde ici-bas fluctuant et périssable.



<https://www.objectifgard.com/>

Désordre ici-bas

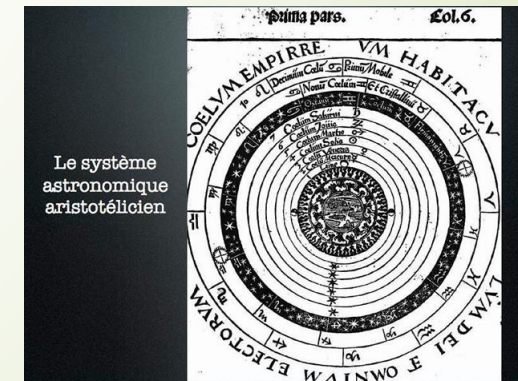
L'opposition simplicité – complexité déjà notée à l'époque d'Aristote



Steve Ryan pour wikipedia

Ordre du monde supralunaire

Des « lois » pour le monde supra-lunaire ...
Mais comment « comprendre » le monde sublunaire ?

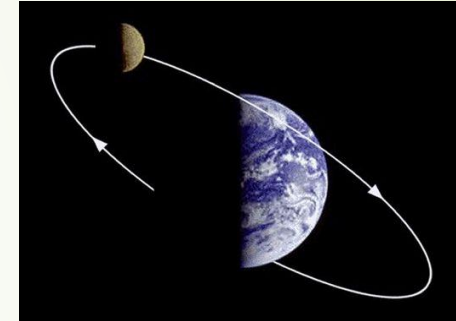


Comment imaginer une loi « universelle » ?



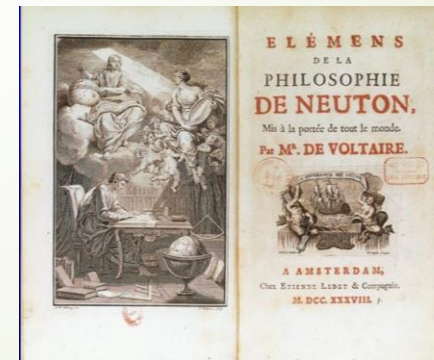
Newton

« Unifier la chute des corps
et l'orbite de la Lune »

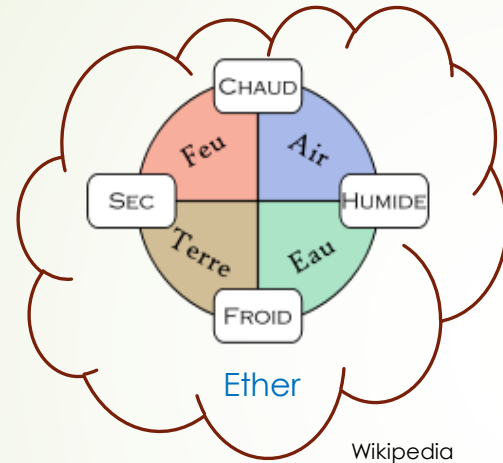


<http://www.aerospaceweb.org>

*Il faudra presque un siècle
aux esprits éclairés pour
« imaginer »*



Les éléments du monde sublunaire selon Empédocle (5^{ème} siècle avant notre ère) et Aristote (4^{ème} siècle avant notre ère) :



Les 4 éléments et leurs propriétés, qui peuvent se combiner, se transformer

Le tout baignant dans l'éther (cosmos)

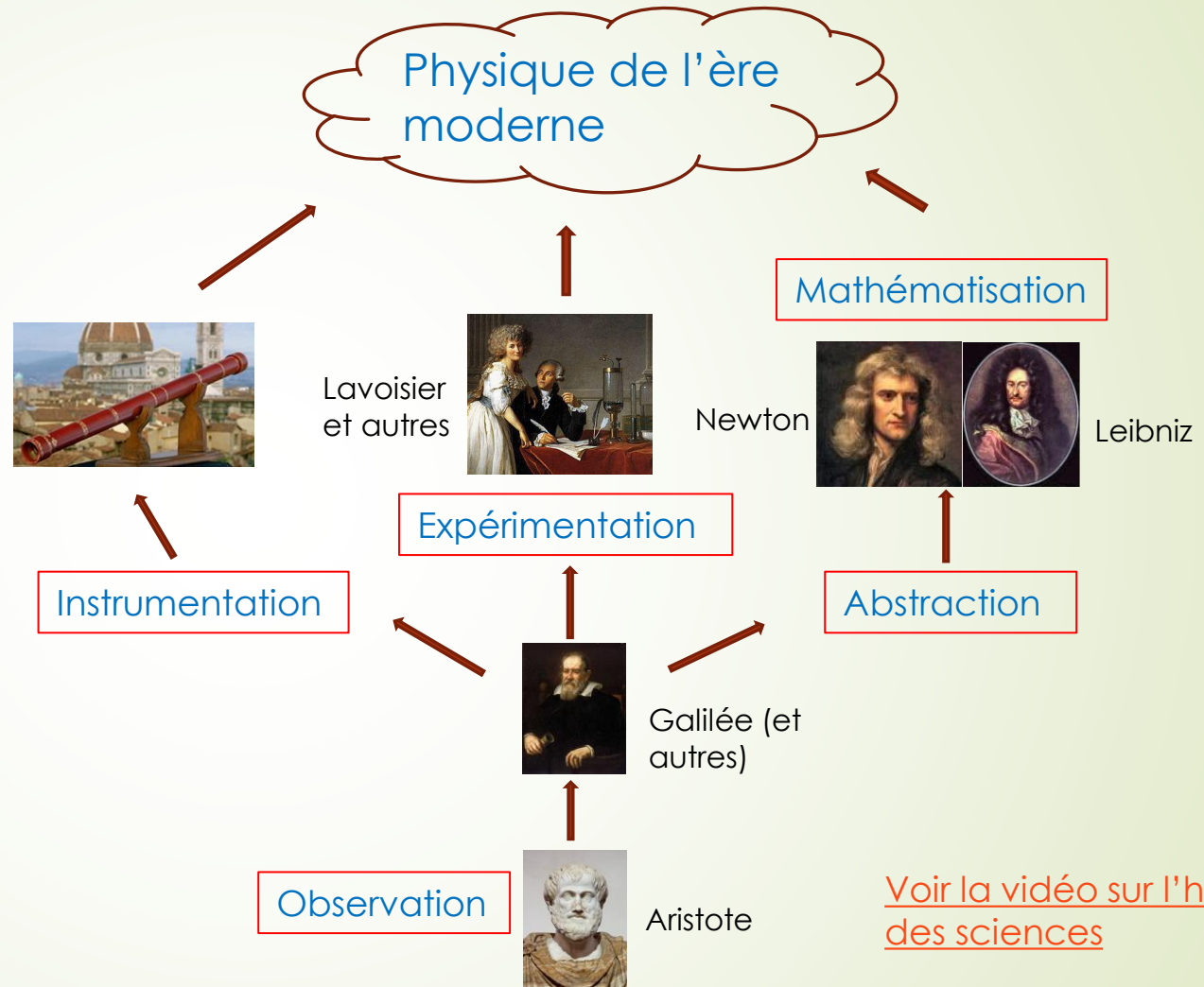
Certaines écoles de pensée allaient plus loin :

- **Pythagoriciens** (-6^{ème} siècle) « tout ce qu'on peut connaître a un **nombre** » Philolaos (-5^{ème} siècle)
- **Démocrite** (-5^{ème} siècle) : l'univers est constitué de **vide** et d'éléments insécables (**atomes**) qui s'entrechoquent et se combinent pour former tous les éléments

Une démarche que l'on qualifiera deux millénaires plus tard de « réductionniste » !

L'ère moderne de la Physique naît à l'époque de Galilée/Newton, avec le triptyque :

- Expérimentation
- Instrumentation
- Abstraction (mathématiques)



[Voir la vidéo sur l'histoire des sciences](#)

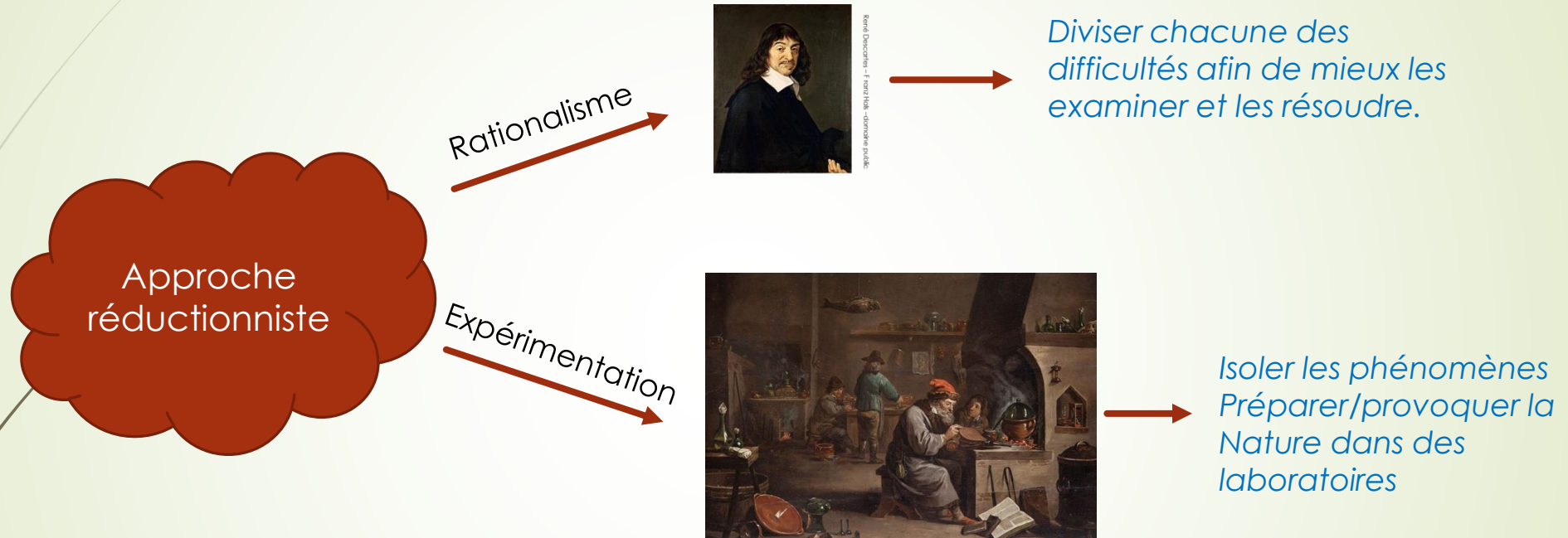
Le paradigme dominant pendant 3 siècles, le **rationalisme** théorisé par **Descartes**.
(Discours de la Méthode, « Pour bien conduire sa raison, et chercher la vérité dans les sciences », 1637)

- ▶ Ne recevoir aucune chose pour vraie tant que son esprit ne l'aura clairement et distinctement assimilée préalablement.
- ▶ **Diviser chacune des difficultés afin de mieux les examiner et les résoudre.**
- ▶ Établir un ordre de pensées, **en commençant par les objets les plus simples jusqu'aux plus complexes et divers**, et ainsi de les retenir toutes et en ordre.
- ▶ Passer toutes les choses en revue afin de ne rien omettre



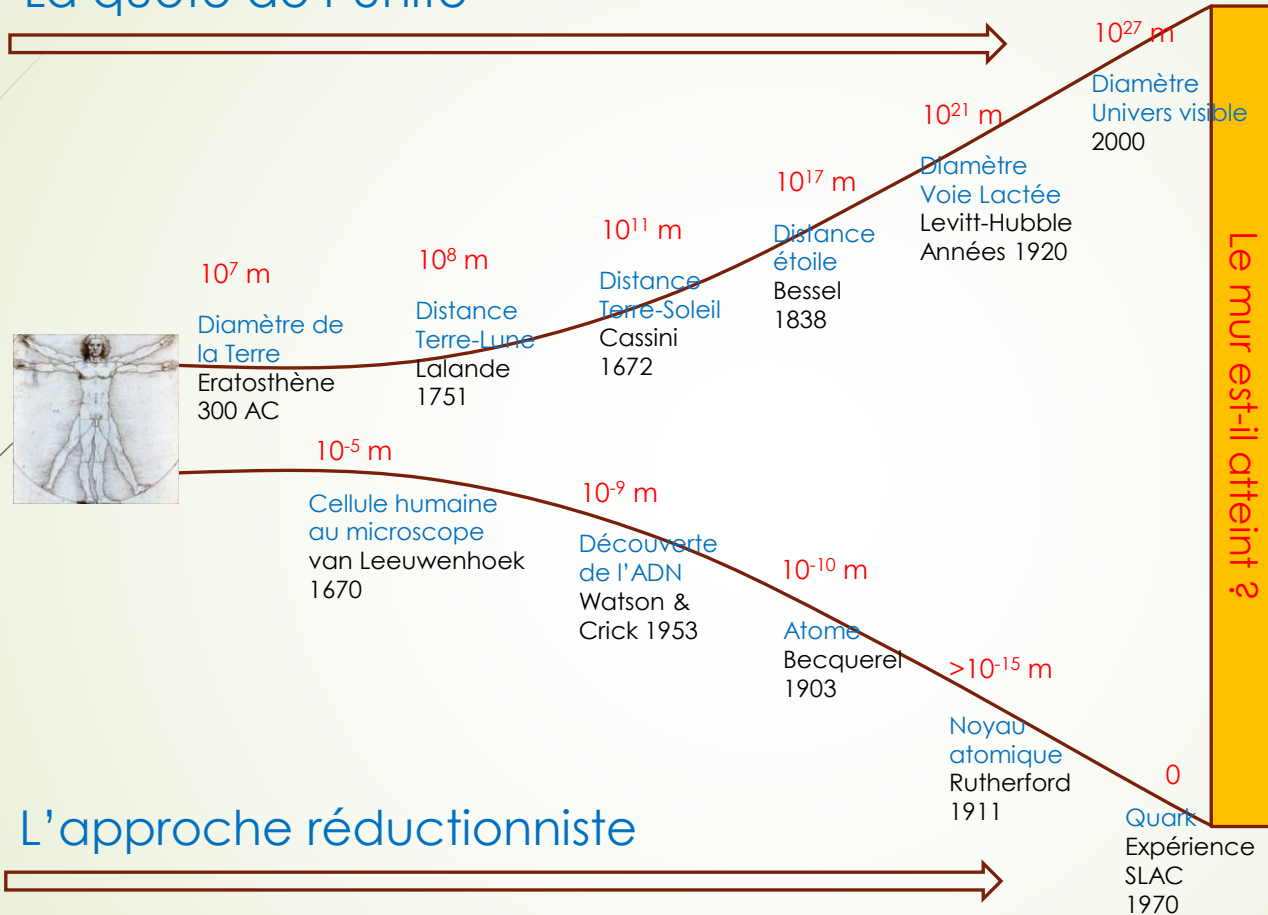
René Descartes – Franz Hals – domaine public

****** « Puisque rien n'existe ou n'arrive sans cause, il n'est rien, dès lors, qui ne soit, en droit, intelligible et explicable par la raison ». Le plus connu des représentants est René Descartes (1596-1650), a été développé aussi par Leibniz (1646-1716) et Spinoza (1632-1677) ;



Comprendre les propriétés d'un système à partir de la connaissance de ses composants et de leurs interactions

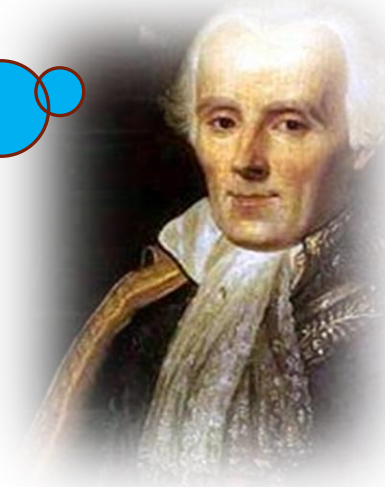
La quête de l'Unité



L'approche réductionniste

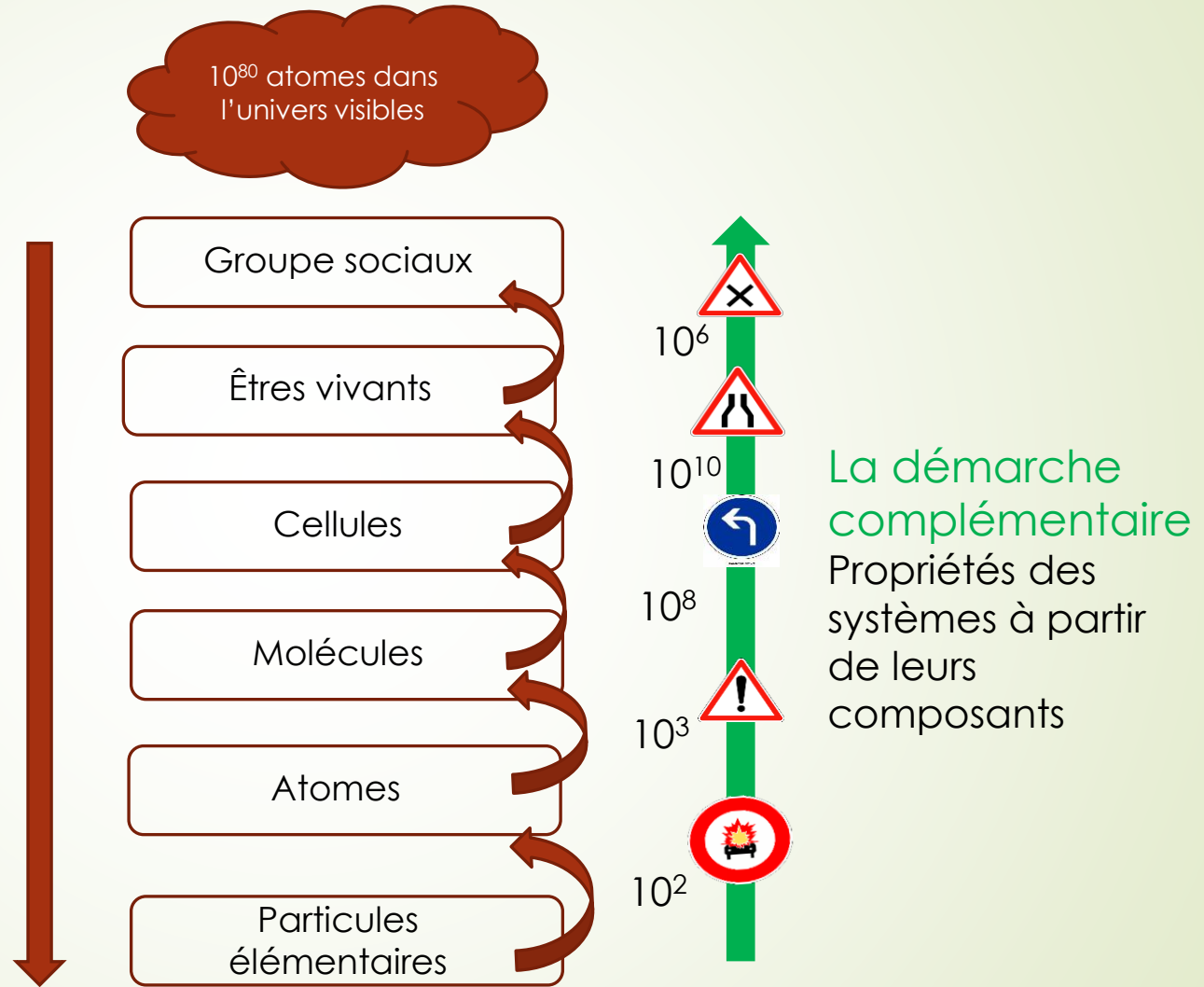
« Une intelligence qui, à un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était suffisamment vaste pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome ; rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir, comme le passé, serait présent à ses yeux. »

— Pierre-Simon Laplace, *Essai philosophique sur les probabilités*



L'échec du rêve de Laplace a donné naissance à la Science de la complexité au XX^{ème} siècle

La quête de l'unité



Comment étudier les systèmes de la Nature ?

- Les acquis de l'approche réductionniste des sciences physiques
 - ❖ La quête de l'Unité
 - ❖ Des particules aux systèmes physiques
- L'émergence de la Science de la Complexité
 - ❖ Un peu d'épistémologie
- Les systèmes complexes et leurs modélisations
 - ❖ Les automates déterministes
 - ❖ Le hasard et les modèles aléatoires
 - ❖ La genèse de l'ordre

Plan du cours (1)

Chapitres	Commentaires
Ch 0 – Introduction et plan	
<p>Ch 1 – La Physique en 2020 – la quête de l'unité</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les forces et les constituants élémentaires • Les symétries • L'arpentage de l'Univers : les constantes fondamentales, le système d'unités 	<p>Depuis l'époque Galilée-Newton, la physique est à la recherche des « axiomes » de base de l'Univers. Quels sont les résultats de cette « quête de l'unité » ?</p>
<p>Ch 2 – Des particules aux système physiques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hiérarchisation-encapsulation : du quark à l'étoile • La physique statistique : relier le microscopique et le macroscopique avec Boltzmann 	<p>Les approches de la physique moderne pour passer de l'interaction de quelques particules à la physique de la molécule ou des gaz. L'entropie comme propriété émergente</p>
<p>Ch 3 – La complexité – survol épistémologique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les « quêtes de l'unité » en Mathématiques et en Physique • Enjeux et problèmes de la remontée vers la complexité • Qu'est-ce qu'un système complexe ? • Un peu d'épistémologie de la complexité 	<p>Les mathématiques ont mené en parallèle une quête de leurs fondements, et en ont démontré les limites formelles. Quelles sont les limites théoriques et techniques en physique des systèmes complexes ?</p>

Plan du cours (2)

Un peu de physique autrement

Chapitres	Commentaires
<p>Ch 4 – Les systèmes dynamiques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les grandes équations de la physique et leur résolution • L'ordinateur et la discrétisation : éléments finis → vers les automates • Stabilité des systèmes dynamiques (espace des phases, attracteurs, chaos déterministe) 	<p>Les premières approches de la complexité sont apparues avec la recherche de solutions (analytiques, numériques) des équations de la dynamique. Elles ont mis en évidence le concept de chaos déterministe qui limite la prédictibilité de nombreux phénomènes physiques.</p>
<p>Ch 5 – Le hasard</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir le hasard, le quantifier • Modéliser le hasard sur ordinateur • Modéliser avec le hasard : la marche au hasard et ses avatars • La percolation 	<p>Qu'est-ce que le hasard, est une question qui traverse toute l'histoire des Sciences. Nombre d'algorithmes stochastiques (basés sur le hasard) sont utilisés en modélisation. Il a fallu résoudre le paradoxe de simuler le hasard sur des machines déterministes (les ordinateurs).</p>
<p>Ch 6 – Les modèles à automates et propriétés émergentes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les automates cellulaires • Les fractales • Les réseaux neuronaux et les algorithmes biomimétiques • Retour sur l'émergence 	<p>Les systèmes d'automates permettent d'illustrer/comprendre le phénomène d'émergence. Les fractales sont générées par des systèmes bouclés non-linéaires. Les réseaux neuronaux sont des systèmes bouclés adaptatifs, qui font partie des algorithmes biomimétiques</p>

Plan du cours (3)

Un peu de physique autrement

Chapitres	Commentaires
Ch 7 – La genèse de l'ordre <ul style="list-style-type: none">• La morphogénèse• La néguentropie• L'auto-organisation• Systèmes adaptatifs complexes	Le principe de <i>croissance de l'entropie</i> (du désordre) semble contradictoire avec l'apparition <i>de structures ordonnées</i> , de comportements organisés dans les systèmes complexes.
Ch 8 - Conclusions : décrire, comprendre, prédire	

Comment aborder un domaine si divers et si interdisciplinaire ?

Des vidéo conférences sur la chaîne YouTube
: **la Science de Bernie – Saison 3**



Mon blog <https://un-peu-de-physique.fr/>
Des cours, des ressources...

Des cours en ligne ou présentiels à
l'Université Permanente de Nantes :
<https://up.univ-nantes.fr/>



Un peu de Physique pour comprendre le monde moderne
autrement

C'est parti !

bernard.remaud@univ-nantes.fr

<https://www.un-peu-de-physique.fr>