

Reconstruction des Systèmes Complexes par le flagship RAPSDOY

Spécimen Key et images

Reconstruction des Systèmes Complexes

Présentation diachronique et synchrone d'une
nouvelle science

Pr Pierre Collet **Paul Bourguin**
Laboratoire CNRS
Université de Strasbourg
pierre.collet@unistra.fr paul.bourguin@unistra.fr

French National Institute of Systems and Complexities
Centre for Systems Digital Sciences
UMR 5175 - CNRS - INRIA - UDS - UFR
UMR 5175 - CNRS

La matière est faite d'atomes et de vide ?

Pourquoi la matière est faite d'atomes et de vide ?
18e et 19e siècles
Nécessité de réviser sur le développement de la notion de matière
Matière continue pour deux siècles
- de 1800 à 1900
- de 1900 à 1950
- de 1950 à 1980
- de 1980 à 2000
- de 2000 à 2020
Une nouvelle science s'est développée : la physique des particules

Problème important posé par Michel Sarras

Problème important posé par Michel Sarras
1. La notion de matière est-elle toujours valable ?
2. La notion de vide est-elle toujours valable ?
3. La notion de particule est-elle toujours valable ?
4. La notion de champ est-elle toujours valable ?
5. La notion de force est-elle toujours valable ?
6. La notion de mouvement est-elle toujours valable ?
7. La notion de temps est-elle toujours valable ?
8. La notion d'espace est-elle toujours valable ?
9. La notion de matière est-elle toujours valable ?
10. La notion de vide est-elle toujours valable ?

Mise en pratique cognitive sur les connaissances 1900 y 2000 ans

Mise en pratique cognitive
sur les connaissances 1900 y 2000 ans
1. La notion de matière est-elle toujours valable ?
2. La notion de vide est-elle toujours valable ?
3. La notion de particule est-elle toujours valable ?
4. La notion de champ est-elle toujours valable ?
5. La notion de force est-elle toujours valable ?
6. La notion de mouvement est-elle toujours valable ?
7. La notion de temps est-elle toujours valable ?
8. La notion d'espace est-elle toujours valable ?
9. La notion de matière est-elle toujours valable ?
10. La notion de vide est-elle toujours valable ?

La philosophie de l'atome

La philosophie de l'atome
1. La notion de matière est-elle toujours valable ?
2. La notion de vide est-elle toujours valable ?
3. La notion de particule est-elle toujours valable ?
4. La notion de champ est-elle toujours valable ?
5. La notion de force est-elle toujours valable ?
6. La notion de mouvement est-elle toujours valable ?
7. La notion de temps est-elle toujours valable ?
8. La notion d'espace est-elle toujours valable ?
9. La notion de matière est-elle toujours valable ?
10. La notion de vide est-elle toujours valable ?

Quatre visions différentes de monde et son succès depuis l'antiquité

Quatre visions différentes de monde et son
succès depuis l'antiquité
1. La notion de matière est-elle toujours valable ?
2. La notion de vide est-elle toujours valable ?
3. La notion de particule est-elle toujours valable ?
4. La notion de champ est-elle toujours valable ?
5. La notion de force est-elle toujours valable ?
6. La notion de mouvement est-elle toujours valable ?
7. La notion de temps est-elle toujours valable ?
8. La notion d'espace est-elle toujours valable ?
9. La notion de matière est-elle toujours valable ?
10. La notion de vide est-elle toujours valable ?

Reconstruction des Systèmes Complexes

Présentation diachronique et synchronique d'une
nouvelle science

Pr Pierre Collet

Laboratoire ICUBE
Université de Strasbourg
pierre.collet@unistra.fr



Paul Bourguine

École polytechnique
paul.bourguine@polytechnique.edu

Réseau National des Systèmes Complexes
Complex Systems Digital Campus
CS-DC UNESCO UniTwin
<http://cs-dc.org>



**Il y a tout plein
d'espace en bas !!!**

Richard Feynman, 1959

La "matière" est faite d'atomes et de vide

Paris

VIDE QUANTIQUE

Noyau : Boule de 1m

Chartres

Électron : Grain de riz à 100km



La matière est faite d'atomes et de vide ?

Mais c'est la vision du monde de Leucippe, Démocrite et les atomistes
d'il y a 2400 ans !!!

Nécessité de revenir sur le développement de la vision du monde
depuis l'antiquité, pour bien comprendre :

- où nous en sommes au XXI^e siècle,
- la vision de la science qu'a la société actuelle
- ce que les scientifiques peuvent enfin proposer à la société

**Une nouvelle science unifiant
les sciences humaines et les
sciences exactes**

Quatre visions différentes du monde se sont succédées depuis l'antiquité

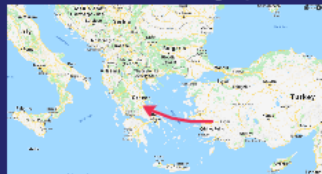
- 1) Les présocratiques, ou plutôt pré-aristotéliens, de Thalès à Leucippe et Démocrite, en passant par Pythagore, Anaxagore puis Euclide, Aristarque et Épicure
- 2) Platon et Aristote, dont la philosophie malheureuse mise en avant par le christianisme a quasiment arrêté l'avancée de la science pendant 2000 ans
- 3) Galilée et Newton, auteurs avec Giordano Bruno, Copernic, Tycho Brahe de la révolution scientifique du 17^e siècle et enfin
- 4) l'avènement de la science moderne et complexe du 20^e siècle avec Poincaré, Planck, Einstein, Bohr, Pauli, Schrödinger et plus tard Turing, Lorentz, Thom, Prigogine, Holland et les scientifiques qui nous entourent

La philosophie de l'antiquité

Une vision du monde d'une modernité incroyable, basée sur les "expériences de pensée" chères à Galilée et Einstein

Origine géographique

de l'Asie mineure (colonies grecques, Milet)



vers la Grèce

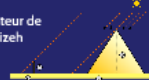
Thalès

(de Milet : -625, -547)

- Crée l'école milésienne
- Réfléchit sur les astres : invente le mot "planète" = astre errant
- Prédit l'éclipse du 28 mai -585
- Se rend en Égypte pour étudier les mathématiques et la géométrie
- Réfléchit sur les angles (mais démonstration du "théorème de Thalès" par Euclide, dans le livre VI, proposition 2)
- Détermine la hauteur de la pyramide de Gizeh



Thalès (425-547)



Anaxagore & Aristarque

- Anaxagore (-510, -428, Clazomène, Ionie - Turquie) :
 - Travail sur la quadrature du cercle
 - Selon lui, rien ne naît, rien ne périt, mais des choses déjà existantes se combinent puis se créent à nouveau (repris par Lavollier)
 - Le soleil est une pierre chaude (théorie "prouvée" 20 ans après qu'il l'ait dit, par un météore brûlant tombé du ciel, qui, retrouvé, était une pierre brune)
 - La lune n'est pas un dieu, mais un gros caillou formé par la terre, qui reflète la lumière du soleil
- Aristarque (-310, -230, Samos, Grèce) :
 - Mesure le diamètre de la Lune et du Soleil / terre
 - Mesure la distance de la Terre au Soleil
 - Le soleil et les étoiles sont fixes et immobiles
 - La terre tourne sur elle-même et se déplace sur un cercle centré sur le soleil



Anaxagore (425-547)



Aristarque (310-230)

Entre Anaxagore et Aristarque, c'est une cosmologie héliocentrique parfaite éliminant le recours aux Dieux pour expliquer les astres

Leucippe & Démocrite

- Leucippe (né à Milet ? -500 -420 ?) :
 - Le monde est fait de vide et d'éléments si petits qu'on ne peut les voir et les toucher et qu'on ne peut couper : les atomes, qui sont éternels
 - L'agencement des atomes forme toutes choses de l'univers
- Démocrite (né à Abdera, -460 -370 ?) :
 - Grand voyageur (Égypte, Perse, Inde, Éthiopie...)
 - Disciple de Leucippe, c'est la philosophie du rire
 - Les atomes sont d'une extrême dureté et ne peuvent être modifiés. Ils sont lisses, rudes ou crochus
 - Les atomes peuvent se combiner pour créer des matières plus complexes, mais sans proposition stochastique : il y a négation du libre-arbitre
 - Seuls les atomes sont réels. Le reste qui apparaît aux sens n'est qu'apparence
 - Persuadé que l'âme meurt avec le corps, Démocrite dit que Dieu est l'idée qu'on en a...



Leucippe (500-420)



Démocrite (460-370)

C'est la philosophie "atomiste" "matérialiste"

Épicure

(Samos ou Athènes, -341, -270)

- Reprend l'atomisme de Démocrite, en l'enrichissant
- Les 300 livres écrits par Épicure ont été détruits par les romains (il n'en subsiste que 3 lettres) :
- Prône une vie simple : le bonheur, c'est de ne pas souffrir (ataraxie) mais sa quête du bonheur a été utilisée par les romains pour le dénigrer : en le qualifiant d'insipide et de débouché, lui qui prônait au contraire la mesure et la sobriété
- Il propose la faillibilité pour valider une théorie scientifique
- Pour lui, les atomes chutent indéfiniment dans le vide en tourbillonnant, de haut en bas du fait de la pesanteur, sans différence de vitesse, car la vide n'offre pas de résistance
- Introduction du mouvement brownien en regardant le vin se diffuser dans l'eau
- Il pense qu'il existe une pluralité de mondes parallèles correspondant à des combinaisons atomistiques
- Introduction du "daimon" (turbulence ?) : écart, déviation des atomes dans leur chute linéaire qui leur permettrait de s'entrechoquer de manière aléatoire et indéterminée et de composer ainsi la matière. Permet de s'extraire du déterminisme, et de permettre la liberté accordée sur terre aux êtres vivants



Épicure (341-270)

Les corps complexes formés par les atomes finissent par se décomposer : les atomes se séparent sans disparaître car ils sont "immortels". C'est incompatible avec les dieux, eux-mêmes immortels

Euclide

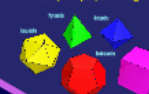
(d'Alexandrie : ~-300)

- Euclide (~-300, Alexandrie, Grèce) :
 - Contribution majeure avec les "Éléments" : traité de mathématiques et de géométrie en 13 livres
 - Naissance d'après Euclide :
 - Contient l'un des premiers algorithmes connus pour déterminer le plus grand diviseur de 2 entiers sans en connaître la factorisation



Euclide (~-300)

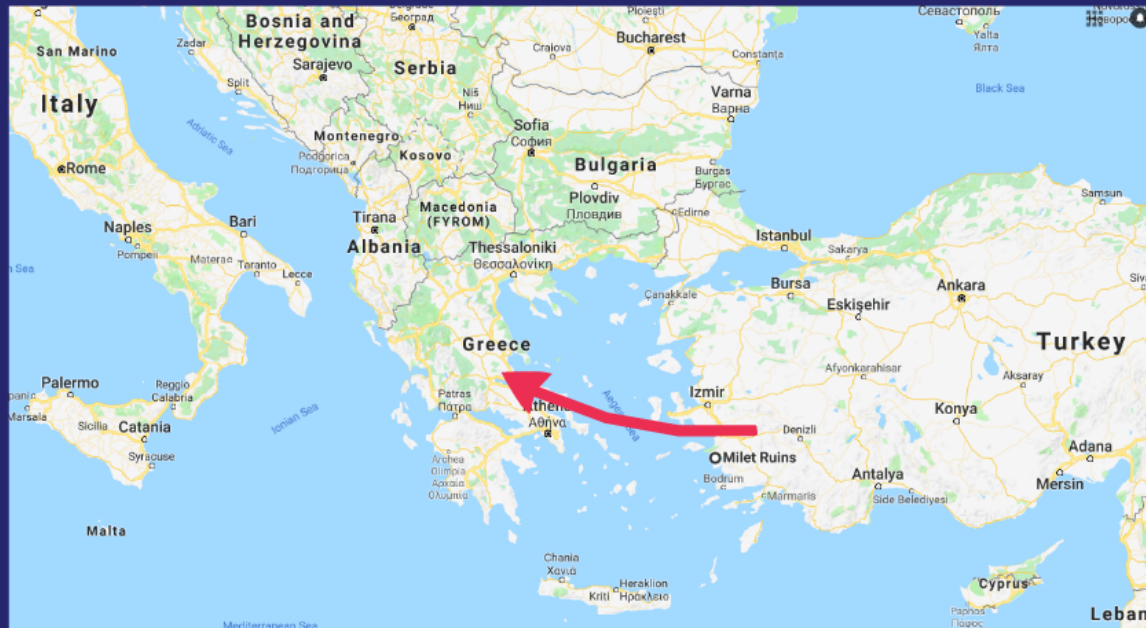
- Démonstration majeure pour les systèmes complexes (livre XIII) :
 - Propositions 13 à 17 : construction de 5 polyèdres réguliers convexes : le tétraèdre, l'octaèdre, l'icosaèdre (le cube), l'hexaèdre et le dodécaèdre
 - Pour être régulier, un polyèdre doit posséder le même nombre de polygones en chacun de ses sommets, et la somme des angles au sommet des polygones doit être < 360°
 - Proposition 18 : il n'existe que 5 polyèdres réguliers convexes :



La quasi
principe
dévelop
siècle so
400 ans

Origine géographique

de l'asie mineure (colonies grecques, Milet)

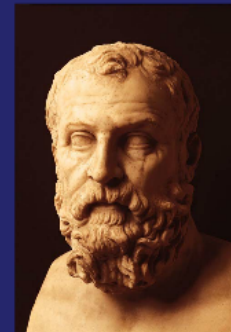


vers la Grèce

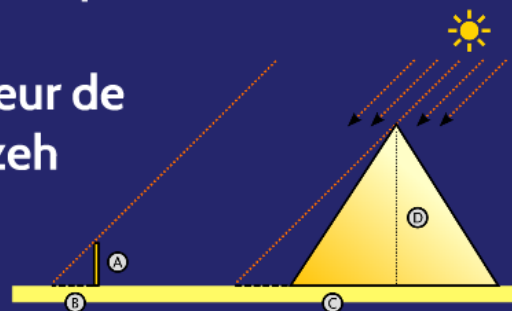
Thalès

(de Milet : -625, -547)

- Crée l'école milésienne
- Réfléchit sur les astres : invente le mot "planète" = astre errant
- Prédit l'éclipse du 28 mai -585
- Se rend en Égypte pour étudier les mathématiques et la géométrie
- Réfléchit sur les angles (mais démonstration du "théorème de Thalès" par Euclide, dans le livre VI, proposition 2)
- Détermine la hauteur de la pyramide de Gizeh



Thalès (-625 -547)



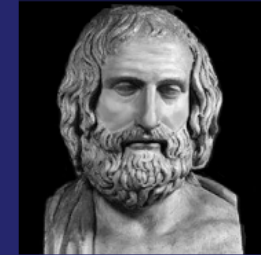
Anaxagore & Aristarque

Anaxagore (-510, -428, Clazomène, Ionie – Turquie) :

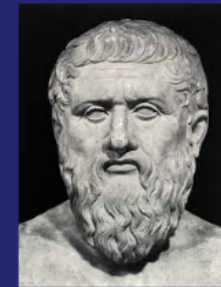
- Travaille sur la quadrature du cercle
- Selon lui, **rien ne naît, rien ne périt, mais des choses déjà existantes se combinent puis se créent à nouveau** (repris par Lavoisier)
- Le soleil est une pierre chaude (théorie "prouvée" 20 ans après qu'il l'ait dit, par un météore brûlant tombé du ciel, qui, retrouvé, était une pierre brune)
- La lune n'est pas un dieu, mais un gros caillou formé par la terre, qui reflète la lumière du soleil

Aristarque (-310, -230, Samos, Grèce) :

- Mesure le diamètre de la Lune et du Soleil / terre
- Mesure la distance de la Terre au Soleil
- **Le soleil et les étoiles sont fixes et immobiles**
- **La terre tourne sur elle-même et se déplace sur un cercle centré sur le soleil**



Anaxagore (-625 -547)



Aristarque (-310 -230)

Entre Anaxagore et Aristarque, c'est une cosmologie
héliocentrique parfaite éliminant le recours
aux Dieux pour expliquer les astres

Leucippe & Démocrite

Leucippe (né à Milet ? –500 –420 ?) :

- Le monde est fait de vide et d'éléments si petits qu'on ne peut les voir et les toucher et qu'on ne peut couper : les atomes, qui sont éternels
- L'agencement des atomes forme toutes choses de l'univers

Démocrite (né à Abdère, –460 –370 ?) :

- Grand voyageur (Égypte, Perse, Inde, Éthiopie,...)
- Disciple de Leucippe, c'est le philosophe du rire
- Les atomes sont d'une extrême dureté et ne peuvent être modifiés. Ils sont lisses, rudes ou crochus
- Les atomes peuvent se combiner pour créer des matières plus complexes, mais sans proposition stochastique : il y a négation du libre-arbitre
- Seuls les atomes sont réels. Le reste qui apparaît aux sens n'est qu'apparence
- Persuadé que l'âme meurt avec le corps, Démocrite dit que Dieu est l'idée qu'on en a...



Leucippe (-500 -420)



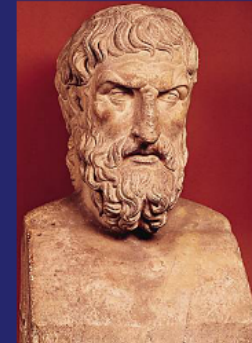
Democrite (-460 -370)

**C'est la philosophie "atomiste"
"matérialiste"**

Épicure

(Samos ou Athènes, -341, -270)

- Reprend l'atomisme de Démocrite, en l'enrichissant
- Les 300 livres écrits par Épicure ont été détruits par les romains (il n'en subsiste que 3 lettres) !
- Prône une vie simple : le bonheur, c'est de ne pas souffrir (ataraxie) mais sa quête du bonheur a été utilisée par les romains pour le dénigrer, en le qualifiant d'impie et de débauché, lui qui prônait au contraire la mesure et la raison.
- **Il propose la falsification pour valider une théorie scientifique**
- Pour lui, les atomes chutent indéfiniment dans le vide **en tourbillonnant**, de haut en bas du fait de la pesanteur, **sans différence de vitesses, car le vide n'offre pas de résistance.**
- **Intuition du mouvement Brownien** en regardant le vin se diffuser dans l'eau
- Il pense qu'il existe une **pluralité de mondes parallèles** correspondant à des combinaisons atomistiques
- **Introduction du "clinamen"** (turbulence ?) : écart, déviation des atomes dans leur chute linéaire qui leur permettrait de s'entrechoquer de manière aléatoire et indéterminée et de composer ainsi la matière. Permet de s'extraire du déterminisme, et de permettre la liberté accordée sur terre aux êtres vivants



Épicure (-341 -270)

Les corps complexes formés par les atomes finissent par se décomposer : **les atomes se séparent sans disparaître car ils sont "inusables"**. C'est incompatible avec les dieux, eux-aussi immortels

Euclide

(d'Alexandrie : ~ -300)

Euclide (~ -300 , Alexandrie, Grèce) :

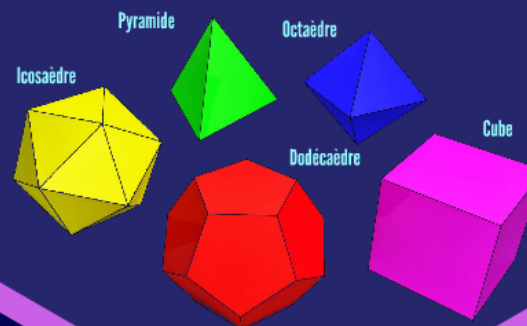
- Contribution majeure avec les "*Éléments*" : traité de mathématiques et de géométrie en 13 livres
- **Notion d'espace Euclidien**
- **Contient l'un des premiers algorithmes connus** pour déterminer le plus grand diviseur de 2 entiers sans en connaître la factorisation



Euclide (~ -300)

Démonstration majeure pour les systèmes complexes (livre XIII) :

- Propositions 13 à 17 : construction de 5 polyèdres réguliers convexes : le tétraèdre, l'octaèdre, l'hexaèdre (le cube), l'icosaèdre et le dodécaèdre
- Pour être régulier, un polyèdre doit posséder le même nombre de polygones en chacun de ses sommets, et la somme des angles au sommet des polygones doit être < 360
- Proposition 18 : **Il n'existe que 5 polyèdres réguliers convexes :**



La philosophie de l'antiquité

Une vision du monde d'une modernité incroyable, basée sur les "expériences de pensée" chères à Galilée et Einstein

Origine géographique

de l'Asie mineure (colonies grecques, Milet)

vers la Grèce

Thalès

(de Milet : -625, -547)

- Crée l'école milésienne
- Réfléchit sur les autres : invente le mot "planète" = astre errant
- Prédit l'éclipse du 28 mai -585
- Se rend en Égypte pour étudier les mathématiques et la géométrie
- Réfléchit sur les arêtes (mais démonstration du "théorème de Thalès" par Euclide, dans le livre VI, proposition 12)
- Détermine la hauteur de la pyramide de Gizeh

Thalès (81 00)

Anaxagore & Aristarque

Anaxagore (-510, -428, Clazomène, Ionie - Turquie) :

- Travaille sur la quadrature du cercle
- Selon lui, rien ne vaut, rien ne perd, mais des choses déjà existantes se combinent puis se séparent à nouveau (inspiré par Lézard)
- La lune est une pierre chaude (théorie "provoquée" 25 ans après qu'il l'ait dite, par un météore brillant tombé du ciel, 464, entraînant, d'ailleurs, une grande terreur)
- La lune n'est pas un dieu, mais un gros caillou formé par la terre, qui reflète la lumière du soleil
- Mesure le diamètre de la lune et du soleil / terre
- Mesure la distance de la lune au soleil
- La lune et les étoiles sont faites de bric et de broc
- Le temps tourne sur elle-même et se déplace sur un axe continu sur le soleil

Aristarque (-310, -230, Samos, Grèce) :

- Mesure la distance de la lune et du soleil / terre
- La lune et les étoiles sont faites de bric et de broc
- Le temps tourne sur elle-même et se déplace sur un axe continu sur le soleil

Anaxagore (45 00) / Aristarque (45 00)

Leucippe & Démocrite

Leucippe (né à Milet 7-500 -430 ?) :

- Le monde est fait de minuscules éléments et parties qui ne perdent ni leur nature et ne se perdent pas
- Les atomes, qui sont éternels
- L'agencement des atomes forme toutes choses du Univers

Démocrite (né à Abdera, -460 -370 ?) :

- Grand voyageur (Égypte, Perse, Inde, Éthiopie...)
- Disciple de Leucippe, c'est le philosophe du rire
- Les atomes sont d'une extrême densité et ne peuvent être modifiés, ils sont éternels, indivisibles et éternels
- Les atomes peuvent se combiner pour créer des machines plus complexes, mais sans propositions nouvelles : il n'y a ni création, ni destruction
- Selon les atomes sont dans le monde, ce qui apparaît aux sens n'est qu'apparence
- Personne ne s'élève au-dessus du corps, Démocrite dit que Dieu est "l'âme qui est en soi"

C'est la philosophie "atomiste" "matérialiste"

Leucippe (45 00) / Démocrite (45 00)

Épicure

(Samos ou Athènes, -341, -270)

Reprend l'atomisme de Démocrite, en l'élaborant :

- Les atomes sont éternels et ne se perdent pas
- Les atomes sont d'une extrême densité et ne peuvent être modifiés, ils sont éternels, indivisibles et éternels
- Les atomes peuvent se combiner pour créer des machines plus complexes, mais sans propositions nouvelles : il n'y a ni création, ni destruction
- Selon les atomes sont dans le monde, ce qui apparaît aux sens n'est qu'apparence
- Personne ne s'élève au-dessus du corps, Démocrite dit que Dieu est "l'âme qui est en soi"

Épicure (45 00)

Euclide

(d'Alexandrie, ? -300)

Euclide (-300, Alexandrie, Grèce) :

- Contribue à la géométrie avec les "Éléments", traité de mathématiques et de géométrie en 13 livres
- Nombre d'années inconnues
- Contient des principes algorithmes connus pour l'époque et le plus grand nombre de 1000 ans en mathématiques

Démonstration rigoureuse pour les géomètres (livre 1) :

- Proposition 13 à 17 : construction des 5 polyèdres réguliers convexes : le tétraèdre, l'octaèdre, l'icosaèdre, le cube, l'hexaèdre et le dodécaèdre
- Plus d'un million de polyèdres réguliers convexes
- Proposition 18 : il n'y a que 5 polyèdres réguliers convexes

Euclide (45 00)

La quasi-totalité de tous les principes physiques développés jusqu'au XX^e siècle sont présents dès 400 ans avant J-C !!!

... mais Platon, Aristote et le christianisme ...

Platon

(Athènes, -427, -348)

- Probablement jaloux de Démocrite, il cherche à brûler tous ses écrits
- Platon est atomiste mais 5 atomes seulement (reprise des quatre éléments de la matière d'Empédocle : l'eau, la terre, le feu, l'air
 - La terre, c'est le cube, car c'est le solide le plus stable.
 - L'eau, c'est l'icosaèdre, car c'est le plus rond, et il s'échappe donc le plus facilement des doigts
 - L'air, c'est l'octaèdre, car il est si petit qu'on peine à le sentir
 - le feu, c'est le tétraèdre, car il est pointu comme un poignard
- Problème : il y a 5 solides convexes réguliers. Le 5^e élément (le dodécaèdre) ce sera l'éther, qu'il décrit comme "celui que Dieu a utilisé pour arranger les constellations sur tout le ciel"

Platon propose une philosophie "réaliste", où le réel, c'est l'idée...
Distinction entre "substance" (ousie) et "accident".
Pour un atomiste, l'atome, c'est la substance. Pour un réaliste, un objet est un accident !

L'ousie (la substance, le "réel") permet l'existence de Dieu en parallèle de l'existence des choses



L'école d'Athènes, Raphaël, 1512

Interaction avec la religion

- La métaphysique d'Aristote rend Dieu possible (le réel, la substance vs l'accident)
- Concile de Trente (1553) : affirme la doctrine chrétienne de la transsubstantiation lors de l'eucharistie (c'est-à-dire valide aujourd'hui)
 - la transsubstantiation affecte la substance, pas l'accident
- Abandon de Démocrite ou Épicure : tout est existant, pas de "substance"
- Platonisme : "contenir-le-vous du monde qui existe"

La philosophie de Platon et Aristote est choisie par le christianisme. Les postulats d'Aristote doivent être considérés comme valides (la mauvaise théorie du mouvement ne empêcher tout progrès dans sa compréhension pendant des siècles).

Resultat: 3000 ark förbenrättade religioner

Gondacio Bruno Latouriste est accusé d'hérésie : il est brûlé vif à Rome en **1600**

Aristote

(Stagire, -394, -322)

Aristote : élève de Platon, mais s'oppose à son maître

- Définit 10 catégories par lesquelles le monde peut être dit : la substance (ou essence), la quantité, la qualité, la relation, le lieu, le temps, la position, la possession, l'action, la passion.
- **Refus des atomes.** Comment la forme naîtrait-elle de l'informe ?
- Ajoute 4 qualités aux 4 éléments de Platon : chaud, froid, sec, humide, puis invente des équations régissant le monde :

chaud + sec = feu / chaud + humide = air / froid + humide = eau
 feu + terre = sec / eau + air = humide / air + chaud = feu / eau + terre = froid

Crée la "métaphysique" pour ce qui est "au delà" de la matière. Mise en relation de la forme et la matière, la substance et l'accident, la puissance et l'acte, l'espèce et le genre.

Mise en
œuvre "difficile"

[illegible]

Platon

(Athènes, -427, -348)

- Probablement jaloux de Démocrite, il cherche à brûler tous ses écrits
- Platon est atomiste mais 5 atomes seulement (reprise des quatre éléments de la matière d'Empédocle : l'eau, la terre, le feu, l'air)
 - La terre, c'est le cube, car c'est le solide le plus stable.
 - L'eau, c'est l'icosaèdre, car c'est le plus rond, et il s'échappe donc le plus facilement des doigts
 - L'air, c'est l'octaèdre, car il est si petit qu'on peine à le sentir
 - le feu, c'est le tétraèdre, car il est pointu comme un poignard
- Problème : il y a 5 solides convexes réguliers. Le 5^e élément (le dodécaèdre) ce sera l'éther, qu'il décrit comme "celui que Dieu a utilisé pour arranger les constellations sur tout le ciel"

Platon propose une philosophie "réaliste", où le réel, c'est l'idée...

Distinction entre "substance" (ousie) et "accident".

Pour un atomiste, l'atome, c'est la substance. Pour un réaliste, un objet est un accident !

L'ousie (la substance, le "réel") permet l'existence de Dieu en parallèle de l'existence des choses



L'école d'Athènes

Interaction av

- La métaphysique d'Aristote rend Dieu possible
- Concile de Trente (1553) : affirme la doctrine de l'eucharistie (toujours valide aujourd'hui) :
 - la transsubstantiation effecte la substance.
- Atomisme de Démocrite ou Épicure : tout e
- Matérialisme : "contentez-vous du monde"

La philosophie de Platon et Aristote
Les postulats d'Aristote doivent être considérés co
va empêcher tout progrès dans sa co
Les atomistes se

Résultat : 2000 ans d'ob

Giordano Bruno (atomiste) est accusé d'h

Aristote

(Stagire, -394, -322)

Aristote : élève de Platon, mais s'oppose à son maître

- Définit 10 catégories par lesquelles le monde peut être dit : la substance (ou essence), la quantité, la qualité, la relation, le lieu, le temps, la position, la possession, l'action, la passion.
- **Refus des atomes.** Comment la forme naîtrait-elle de l'informe ?
- Ajoute 4 qualités aux 4 éléments de Platon : chaud, froid, sec, humide, puis invente des équations régissant le monde :

chaud + sec = feu / chaud + humide = air / froid + humide = eau

feu + terre = sec / eau + air = humide / air + chaud = feu / eau + terre = froid

Crée la "métaphysique" pour ce qui est "au delà" de la matière. Mise en relation de la forme et la matière, la substance et l'accident, la puissance et l'acte, l'espèce et le genre.

Mise en œuvre "difficile"

Beaucoup de choses sont fausses dans ce qu'écrivait Aristote :

- Le sexe des chèvres est déterminé par le sens du vent à leur conception
- L'âge de la terre est infini
- L'homme a 8 côtes de chaque côté (au XXe siècle, on en compte 12)
- Les comètes sont des phénomènes atmosphériques en dessous de la Lune.
- La terre attire les corps proportionnellement à leur masse.
- L'eau et la terre ont un "mouvement naturel" vers le bas, "car c'est leur origine"
- Pour les mêmes raisons, l'air et le feu, vont vers le haut "car c'est leur origine"
- Pour les "mouvements artificiels", si la cause du mouvement s'arrête, l'effet s'arrête immédiatement (peut sembler vrai pour un chariot, mais Aristote a-t-il jamais essayé de lancer une pierre ?)
- La nécessité de l'application permanente d'une force derrière tout mouvement empêche les aristotéliciens d'imaginer que la terre puisse bouger (démonstration que la terre est immobile : une pierre tombant du haut d'un arbre tombe au pied de l'arbre, "preuve" que la terre est immobile. Giordano Bruno montre, 1584 que c'est faux en essayant depuis le mât d'un bateau)
- Du coup, ce qui est mu a été mis en mouvement, etc. jusqu'à un moteur immobile non mu : Dieu

Heureusement, quelques fulgurances dont une importante pour les S. C. :
"le tout est plus que la somme des parties"



es, Raphaël, 1512

avec la religion

le (le réel, la substance vs l'accident)
chrétienne de la transsubstantiation lors de

e, pas l'accident

est matière, pas de "substance"
qui existe"

ote est choisie par le christianisme
comme vraie (la mauvaise théorie du mouvement
compréhension pendant des siècles)
sont persécutés

obscurantisme religieux

Thérèse : il est brûlé vif à Rome en 1600

Mise en oeuvre "difficile"

Beaucoup de choses sont fausses dans ce qu'écrit Aristote :

- Le sexe des chèvres est déterminé par le sens du vent à leur conception
- L'âge de la terre est infini
- L'homme a 8 côtes de chaque côté (au XX^e siècle, on en compte 12)
- Les comètes sont des phénomènes atmosphériques en dessous de la Lune.
- La terre attire les corps proportionnellement à leur masse.
- L'eau et la terre ont un "mouvement naturel" vers le bas, "car c'est leur origine"
- Pour les mêmes raisons, l'air et le feu, vont vers le haut "car c'est leur origine".
- Pour les "mouvements artificiels", si la cause du mouvement s'arrête, l'effet s'arrête immédiatement (peut sembler vrai pour un chariot, mais Aristote a-t-il jamais essayé de lancer une pierre ?)
- La nécessité de l'application permanente d'une force derrière tout mouvement empêche les aristotéliens d'imaginer que la terre puisse bouger (démonstration que la terre est immobile : une pierre tombant du haut d'un arbre tombe au pied de l'arbre, "preuve" que la terre est immobile. Giordano Bruno montre e, 1584 que c'est faux en essayant depuis le mât d'un bateau)
- Du coup, ce qui est mu a été mis en mouvement, etc, jusqu'à un moteur immobile non mu : Dieu

Heureusement, quelques fulgurances dont une importante pour les S. C. :
"le tout est plus que la somme des parties"

Interaction avec la religion

- La métaphysique d'Aristote rend Dieu possible (le réel, la substance vs l'accident)
- Concile de Trente (1553) : affirme la doctrine chrétienne de la transsubstantiation lors de l'eucharistie (toujours valide aujourd'hui) :
 - la transsubstantiation affecte la substance, pas l'accident
 - Atomisme de Démocrite ou Épicure : tout est matière, pas de "substance"
 - Matérialisme : "contentez-vous du monde qui existe"

La philosophie de Platon et Aristote est choisie par le christianisme
Les postulats d'Aristote doivent être considérés comme vrais (la mauvaise théorie du mouvement va empêcher tout progrès dans sa compréhension pendant des siècles)
Les atomistes sont persécutés

Résultat : 2000 ans d'obscurantisme religieux

Giordano Bruno (atomiste) est accusé d'hérésie : il est brûlé vif à Rome en **1600**

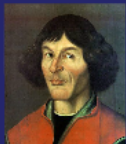
Première révolution scientifique

De la physique newtonienne au système solaire de Laplace :
l'espace redémarre la recherche scientifique

Copernic

(1473 – 1543, Thorn, Pologne)

- Exhume la théorie d'Aristarque et construit un modèle où toutes les planètes tournent autour du soleil, pour améliorer les prédictions de Ptolémée (théorie géocentrique où les planètes tournaient elles-mêmes sur des épicycles).



- Publication de sa théorie en 1543, mais ne fonctionnait pas bien car il pensait que les trajectoires étaient circulaires. Pour corriger le problème, il imagina que les planètes avaient en plus elles-mêmes des trajectoires circulaires, comme Ptolémée, s'ajoutant à leur rotation autour du soleil.

Tycho Brahe

(1546 – 1601, Knudstrup, Danemark)

- "Prince des observateurs". Ses observations à l'œil nu de comètes, d'étoiles ou d'explosions de supernovae sont toujours aujourd'hui dans les catalogues astronomiques !
- Mort juste avant la lunette de Galilée (1609)
- Convainc Frederic II du Danemark de consacrer l'île de Ven à l'observation astronomique où il compose les « tables d'Uraniborg ».
- Invente un système bâtarde (héliogéocentrique) où les planètes tournent autour du soleil mais le soleil (et ses planètes) tourne autour de la terre !!!
- Problème : Mars accélère, freine, recule, puis accélère à nouveau.
- On parle à Tycho Brahe d'un jeune mathématicien autrichien protestant qui s'intéressait à l'astronomie : Johannes Kepler.



Kepler

(1571 – 1630 à Weil der Stadt, Saint-Empire)

- Développe une théorie selon laquelle les 6 planètes connues sont séparées par les polyèdres réguliers de Platon, avec le soleil au centre
- Poursuivi par l'église pour ses idées coperniciennes, il se réfugie à Prague où il devient l'assistant de Tycho Brahe à 28 ans
- Relations houleuses avec Brahe (derrière le géo-héliocentrisme) et publie en 1609 les "lois de Kepler" héliocentriques
- Les orbites des planètes sont elliptiques et suivent la loi des aires
- Détermine que toutes les planètes sont situées dans un même plan, et tournent elles-mêmes dans le même sens.
- Détermine aussi que le soleil tourne sur lui-même et développe la nouvelle science de l'optique (nature de la lumière de vitesse infinie, miroirs, lentilles, réfraction, ...)



Galilée

(1564 – 1642, Pise)

Par une expérience de pensée, Galilée montre que tous les solides tombent à la même vitesse dans le vide : si on accroche un corps léger à un corps lourd avec une ficelle, la théorie d'Aristote dit que la somme des 2 corps est supérieure à la somme du corps lourd, donc les deux corps reliés par la ficelle devraient tomber plus vite que le corps le plus lourd des deux. Pourtant, Aristote dit aussi que le corps le plus léger devrait tomber moins vite que le corps le plus lourd, et ainsi, le ralentit, et pas l'accélère. Il identifie la cause de la différence de vitesse de chute des corps par la viscosité du milieu et en déduit que sans milieu entourant les corps (le vide, non encore réalisé à l'époque), tous les corps doivent tomber à la même vitesse indépendamment de leur poids. En 1609, il a connaissance de la création d'une longue vue en Hollande. Il la transforme pour créer la première lunette astronomique et regarde vers le ciel. Il découvre que la Lune n'est pas parfaite (Aristote avait dit que le monde sub lunaire était parfait, contrairement au monde supralunaire qui ne comportait que des sphères parfaites). Il découvre 4 satellites à Jupiter et voit que tous les corps ne tournent pas autour de la Terre. Il découvre les anneaux de Saturne, les phases de Vénus, et en déduit que le modèle héliocentrique de Copernic est le bon (il n'a pas les travaux que Kepler lui avait envoyés). Les Aristotéliciens géocentristes enragent. Ils lui font dire que la glace flotte car elle est moins dense (alors que selon Aristote, c'est parce que c'est sa "nature" de flotter). Les attaques s'accroissent et le 1er octobre 1632, il est convoqué pour avoir tenu et cru qu'une doctrine contraire aux saintes écritures était prouvable. Il prononce l'abjuration préparée pour lui en juin 1633. En 1992, Jean-Paul II reconnaît les erreurs de certains théologiens. Mais en 2008, Benoît XVI juge la position de l'église d'alors plus rationnelle que celle de Galilée !



Newton

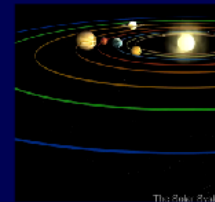
(1642 – 1727, Newton)

- Newton naît l'année de la mort de Galilée.
- Picasso disait "les grands artistes copient, les génies volent".
- Génie tourmenté, Newton a piqué plein de choses à plein de monde, mais a su les mettre en rapport.
- Il étudie la décomposition de la lumière par les prismes et invente le télescope à miroir, pour annuler les aberrations chromatiques des lunettes galiléennes
- Il publie en 1687 des travaux sur le calcul infinitésimal et accuse Leibnitz (qui a publié les siens en 1684) de l'avoir plagié...
- Chercheur de génie dans de nombreux domaines, il a eu le génie d'allier la théorie de la chute des corps de Galilée à la théorie héliocentrique de Kepler pour proposer en 1684 sa loi universelle de la gravitation qu'il met en equation :



$$\vec{F} = -G \frac{M_A M_B}{AB^2} \vec{u}$$

Profondément religieux, il dit que si la gravitation explique le mouvement des planètes, elle n'en explique pas la cause (Dieu ?)



Renaissance

Naissance d'une
compréhension
l'homme à
pour extraire

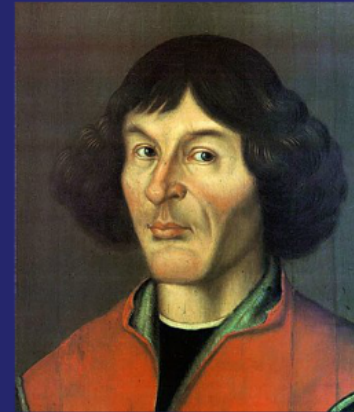
ses
En 1800,
système
équations de

On pense que
peut être
équation

Copernic

(1473 – 1543, Thorn, Pologne)

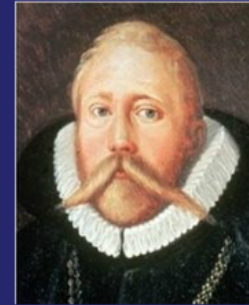
- Exhume la théorie d'Aristarque et construit un modèle où toutes les planètes tournent autour du soleil, pour améliorer les prédictions de Ptolémée (théorie géocentrique où les planètes tournoient elles-mêmes sur des epicycles).
- Publication de sa théorie en 1543, mais ne fonctionnait pas bien car il pensait que les trajectoires étaient circulaires. Pour corriger le problème, il imagina que les planètes avaient en plus elles-mêmes des trajectoires circulaires, comme Ptolémée, s'ajoutant à leur rotation autour du soleil.



Tyco Brahe

(1546 – 1601, Knudstrup, Danemark)

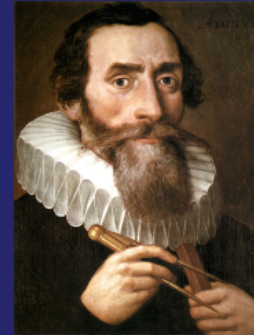
- "Prince des observateurs". Ses observations à l'œil nu de comètes, d'étoiles ou d'explosions de supernovae sont toujours aujourd'hui dans les catalogues astronomiques !
- Mort juste avant la lunette de Galilée (1609)
- Convainc Frederic II du Danemark de consacrer l'île de Ven à l'observation astronomique où il compose les « tables d'Uraniborg ».
- **Invente un système bâtard (héliogéocentrique) où les planètes tournent autour du soleil mais le soleil (et ses planètes) tourne autour de la terre !!!**
- Problème : Mars accélère, freine, recule, puis accélère à nouveau.
- On parle à Tycho Brahe d'un jeune mathématicien autrichien protestant qui s'intéressait à l'astronomie : Johannes Kepler.



Kepler

(1571 – 1630 à Weil der Stadt, Saint-Empire)

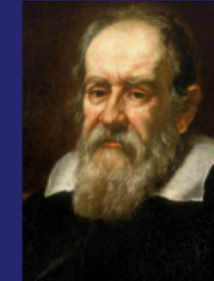
- Développe une théorie selon laquelle les 6 planètes connues sont séparées par les polyèdres réguliers de Platon, avec le soleil au centre
 - Poursuivi par l'église pour ses idées coperniciennes, il se réfugie à Prague où il devient l'assistant de Tycho Brahe à 28 ans
 - Relations houleuses avec Brahe (derrière le géo-héliocentrisme) et **publie en 1609 les "lois de Kepler" héliocentriques**
 - **Les orbites des planètes sont elliptiques et suivent la loi des aires**
 - Détermine que toutes les planètes sont situées dans un même plan, et tournent elles-mêmes dans le même sens.
- Détermine aussi que le soleil tourne sur lui-même et développe la nouvelle science de l'optique (nature de la lumière de vitesse infinie, miroirs, lentilles, réfraction, ...)



Galilée

(1564 – 1642, Pise)

Par une expérience de pensée, Galilée montre que tous les solides tombent à la même vitesse dans le vide : si on accroche un corps léger à un corps lourd avec une ficelle, la théorie d'Aristote dit que la somme des 2 corps est supérieure à la somme du corps lourd, donc les deux corps reliés par la ficelle devraient tomber plus vite que le corps le plus lourd des deux. Pourtant, Aristote dit aussi que le corps le plus léger devrait tomber moins vite que le corps le plus lourd, et ainsi, le ralentir, et pas l'accélérer.



Il identifie la cause de la différence de vitesse de chute des corps par la viscosité du milieu et en déduit que sans milieu entourant les corps (le vide, non encore réalisé à l'époque), tous les corps doivent tomber à la même vitesse indépendamment de leur poids.

En 1609, il a connaissance de la création d'une longue vue en Hollande. Il la transforme pour créer la première lunette astronomique et regarde vers le ciel.

Il découvre que la Lune n'est pas parfaite (or, Aristote avait dit que le monde sublunaire était imparfait, contrairement au monde supralunaire qui ne comptait que des sphères parfaites).

Il découvre 4 satellites à Jupiter et voit que tous les corps ne tournent pas autour de la Terre.

Il découvre les anneaux de Saturne, les phases de Vénus, et en déduit que le modèle héliocentrique de Copernic est le bon (il n'a pas les travaux que Kepler lui avaient envoyés).

Les Aristotéliens géocentristes enragent. Ils lui font dire que la glace flotte car elle est moins dense (alors que selon Aristote, c'est parce que c'est sa "nature" de flotter).

Les attaques s'accumulent et le 1er octobre 1632, il est convoqué pour "avoir tenu et cru qu'une doctrine contraire aux saintes écritures était prouvable". Il prononce l'abjuration préparée pour lui en juin 1633. En 1992, Jean-Paul II reconnaît les erreurs de certains théologiens.

Mais en 2008, Benoît XVI juge la position de l'église d'alors plus rationnelle que celle de Galilée !

Newton

(1642 – 1727, Newton)

- Newton naît l'année de la mort de Galilée.
- Picasso disait "les grands artistes copient, les génies volent".
- Génie tourmenté, Newton a piqué plein de choses à plein de monde, mais a su les mettre en rapport.
- Il étudie la décomposition de la lumière par les prismes et invente le télescope à miroir, pour annuler les aberrations chromatiques des lunettes galiléennes
- Il publie en 1687 des travaux sur le calcul infinitésimal et accuse Leibnitz (qui a publié les siens en 1684) de l'avoir plagié...
- Chercheur de génie dans de nombreux domaines, il a eu le génie d'allier la théorie de la chute des corps de Galilée à la théorie héliocentrique de Kepler pour proposer en 1684 sa loi universelle de la gravitation qu'il met en équation :



$$\vec{F} = -G \frac{M_A M_B}{AB^2} \vec{u}$$

Profondément religieux, il dit que si la gravitation explique le mouvement des planètes, elle n'en explique pas la cause (Dieu ?)

Première révolution scientifique

De la physique newtonienne au système solaire de Laplace : l'espace redémarre la recherche scientifique

Copernic

(1473 – 1543, Thorn, Pologne)

- Exhume la théorie d'Aristarque et construit un modèle où toutes les planètes tournent autour du soleil, pour améliorer les prédictions de Ptolémée (théorie géocentrique où les planètes tournoient elles-mêmes sur des épicycles).
- Publication de sa théorie en 1543, mais ne fonctionnait pas bien car il pensait que les trajectoires étaient circulaires. Pour corriger le problème, il imagina que les planètes avaient en plus elles-mêmes des trajectoires circulaires, comme Ptolémée. S'ajoutant à leur rotation autour du soleil.



Tycho Brahe

(1546 – 1601, Knudstrup, Danemark)

- "Prince des observateurs". Ses observations à l'œil nu de comètes, d'étoiles ou d'explosions de supernovae sont toujours aujourd'hui dans les catalogues astronomiques !
- Mort juste avant la lunette de Galilée (1609)
- Convainc Frederic II du Danemark de consacrer l'île de Ven à l'observation astronomique où il compose les « tables d'Uraniborg ».
- Invente un système bâtarde (héliogéocentrique) où les planètes tournent autour du soleil mais le soleil (et ses planètes) tourne autour de la terre !!!
- Problème : Mais acclaire, freine, recule, puis accélère à nouveau.
- On parle à Tycho Brahe d'un jeune mathématicien autrichien protestant qui s'intéressait à l'astronomie : Johannes Kepler.



Kepler

(1571 – 1630 à Weil der Stadt, Saint-Empire)

- Développe une théorie selon laquelle les 6 planètes connues sont séparées par les polyèdres réguliers de Platon, avec le soleil au centre
- Poursuivi par l'église pour ses idées coperniciennes, il se réfugie à Prague où il devient l'assistant de Tycho Brahe à 28 ans
- Relations houleuses avec Brahe (dernière le géo-héliocentrique) et publie en 1609 les "lois de Kepler" héliocentriques
- Les orbites des planètes sont elliptiques et suivent la loi des aires
- Détermine que toutes les planètes sont situées dans un même plan, et tournent elles-mêmes dans le même sens.
- Détermine aussi que le soleil tourne sur lui-même et développe la nouvelle science de l'optique (nature de la lumière de vitesse infinie, miroirs, lentilles, réfraction, ...)



Galilée

(1564 – 1642, Pise)

Sur une expédition de pensée, Galilée montre que tous les astres tombent à la même vitesse dans le vide, et se accélèrent en corps léger à un corps lourd avec une force. Le théorème d'Aristote dit que le sommet des 2 corps est supérieur à la surface du corps lourd, donc les deux corps retiens par la terre devaient tomber plus vite que le corps le plus léger des deux. Pourtant, Aristote dit aussi que le corps le plus léger devrait tomber moins vite que le corps le plus lourd, et ainsi se démentir, et pas l'accélérer.

Il découvre la raison de la différence de vitesse de chute des corps par la viscosité du milieu et conclut que sans milieu extérieur les corps se vident, non encore stabilisé à l'équilibre, tous les corps tombent vers la même vitesse indépendamment de leur poids.

En 1609, la connaissance de la rotation d'une lunette vue en hollandaise. Il la transforme pour créer la première lunette astronomique et regarde vers le ciel.

Il démontre que la lune n'est pas parfaite. Les Aristoteles ont dit que le monde céleste était parfait, contrairement au monde supralunaire qui ne consistait que des sphères parfaites.

Il découvre il s'agit d'un système à quatre corps se trouvant pas autour de la terre, il découvre les anneaux de Saturne, les phases de Vénus, et en conclut que le modèle héliocentrique de Copernic est le bon (il n'a pas les preuves que Kepler lui avait envoyé).

Les astronomes protestent et le 10 octobre 1610, il est condamné par "Sainte Inquisition" à se taire sous peine de mort.

Les astronomes s'accrochent et le 10 octobre 1610, il est condamné par "Sainte Inquisition" à se taire sous peine de mort.

La papauté prépare pour lui, en juin 1615. En 1612, Jean-Paul II reconnaît les erreurs de certains théologiens.

Mais en 2018, Benoît XVI juge la condamnation de Galilée injustifiée.



Newton

(1642 – 1727, Newton)

- Newton naît l'année de la mort de Galilée.
- Picasso disait "les grands artistes copient, les génies volent".
- Génie tourmenté, Newton a piqué plein de choses à plein de monde, mais a su les mettre en rapport.
- Il étudie la décomposition de la lumière par les prismes et invente le télescope à miroir, pour annuler les aberrations chromatiques des lunettes galiléennes
- Il publie en 1687 des travaux sur le calcul infinitésimal et accuse Leibnitz (qui a publié les siens en 1684) de l'avoir plagié.
- Chercheur de génie dans de nombreux domaines, il a eu le génie d'allier la théorie de la chute des corps de Galilée à la théorie héliocentrique de Kepler pour proposer en 1684 sa loi universelle de la gravitation qu'il met en équation :
$$F = G \frac{M_1 M_2}{d^2}$$
- Profondément religieux, il dit que si la gravitation explique le mouvement des planètes, elle n'en explique pas la cause (Dieu !)



Renaissance de la science vers 1600

Naissance de la science moderne : compréhension de l'incapacité de l'homme à se fier à son intuition pour extraire des lois physiques de ses observations

En 1800, Laplace présente un système solaire basé sur les équations déterministes de Newton.

On pense que le monde physique peut être représenté par des équations exactes

Deuxième révolution scientifique celle du XX^e siècle

Poincaré (1851 – 1914 Nancy)

Henri, pas son cousin Raymond (Président de la République en 1913)
Mathématicien / philosophe : l'un des derniers grands savants universels
Travaille sur le calcul infinitésimal, la physique, l'optique, l'astronomie et bien sûr, les mathématiques.



Il a l'idée de reprendre la loi universelle de la gravitation de Newton, mais de l'appliquer à 3 corps... Mais là, ce n'est plus aussi simple que le pense Laplace...



Dans les systèmes chaotiques, la sensibilité aux conditions initiales fait que même avec des équations simples et exactes, on ne peut pas prédire le futur !!!

Planck (1858–1947, Kiel)

Planck n'est pas atomiste ! mais il ne croit pas à l'énergétisme (théorie de ceux qui ne croient pas à l'atome)

Il travaille sur l'entropie et les corps noirs mais problème : les équations qui les modélisent montrent qu'ils devraient exploser (hypothèse de la catastrophe ultraviolette)

Pour voir, il fait comme si Boltzmann (atomiste) avait raison et essaie avec succès un modèle qui suppose l'existence d'atomes. Et il introduit une constante h (pour *hille* !) qui impose que les échanges énergétiques se fassent par quanta d'énergie pour éviter la catastrophe ultraviolette.

En fait, sans le savoir, son astuce mathématique vient de terrasser la physique classique au profit de la physique quantique

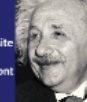
- Il organise en 1911 le premier congrès Solvay
- en 1918, il obtient le Nobel de Physique pour sa découverte des quanta d'énergie



Einstein (1879 – 1955, Ulm)

En 1905, il travaille à l'Office des Brevets en tant qu'**Expert 3^e classe**. Il publiera cette année 4 articles miraculeux pour la physique :

- 17 mars 1905 : il reprend Planck et dit que la lumière est faite de quanta qu'il appelle **photons** qui n'ont pas de masse.
- 11 mai 1905 : malgré les critiques contre les atomistes qui ont conduit Boltzmann au suicide, Einstein est atomiste. Il explique comment les mouvements des molécules expliquent le **mouvement Brownien**.
- 30 juin 1905 : il publie son article sur la relativité générale, qui dit que tous les référentiels sont relatifs les uns par rapport aux autres. Il élimine le concept d'éther en disant que la **lumière se transmet dans le vide à une vitesse limite** non infinie (contredisant Newton), imposant le concept de localité.
- sept. 1905 : expérience de pensée, de 1.5 pages. Si on chauffe un métal, il émet du rayonnement infrarouge qui lui fait perdre de l'énergie par l'émission de photons qui n'ont pas de masse. La seule possibilité pour perdre de l'énergie via des photons sans masse, c'est qu'il y ait une équivalence entre énergie et masse via c , la vitesse de la lumière. Il postule que $E=mc^2$ pourrait fonctionner sans émission de photons, ce qui ferait de c une constante universelle.
- 1907 : intuition de la **relativité générale** (publiée en 1915). Il est promu **Expert 2^e classe**.



Perrin (1870–1942 Lille)

En 1906, Jean Perrin prouve enfin l'existence des atomes.

De 1907 à 1909, il valide l'interprétation du mouvement Brownien d'Einstein, et détermine le nombre d'Avogadro

Prix Nobel de Physique en 1926 pour avoir démontré l'existence réelle des molécules

Fondateur du Palais de la Découverte en 1936

Créateur du CNRS en 1939

Grand vulgarisateur, il est l'un des premiers à faire des films scientifiques :

<https://videotheque.cnrs.fr/doc=1250>



Thom (1923 – 2002 Montbéliard)

Médaille Fields en 1958 pour la résolution du cobordisme

Propose en 1968 la théorie des catastrophes :
7 manières de passer d'un état topologique stable à un autre, avec un déploiement de dimension ≤ 4



Poincaré

(1851 - 1914 Nancy)

Henri, pas son cousin Raymond (Président de la République en 1913)

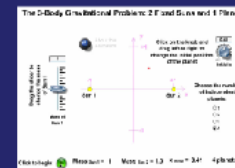
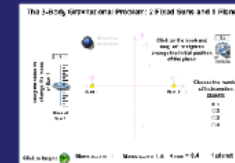
Mathématicien / philosophe : l'un des derniers grands savants universels

Travaille sur le calcul infinitésimal, la physique, l'optique, l'astronomie et bien sûr, les mathématiques.

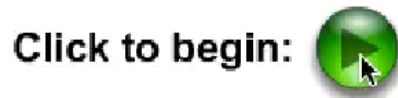
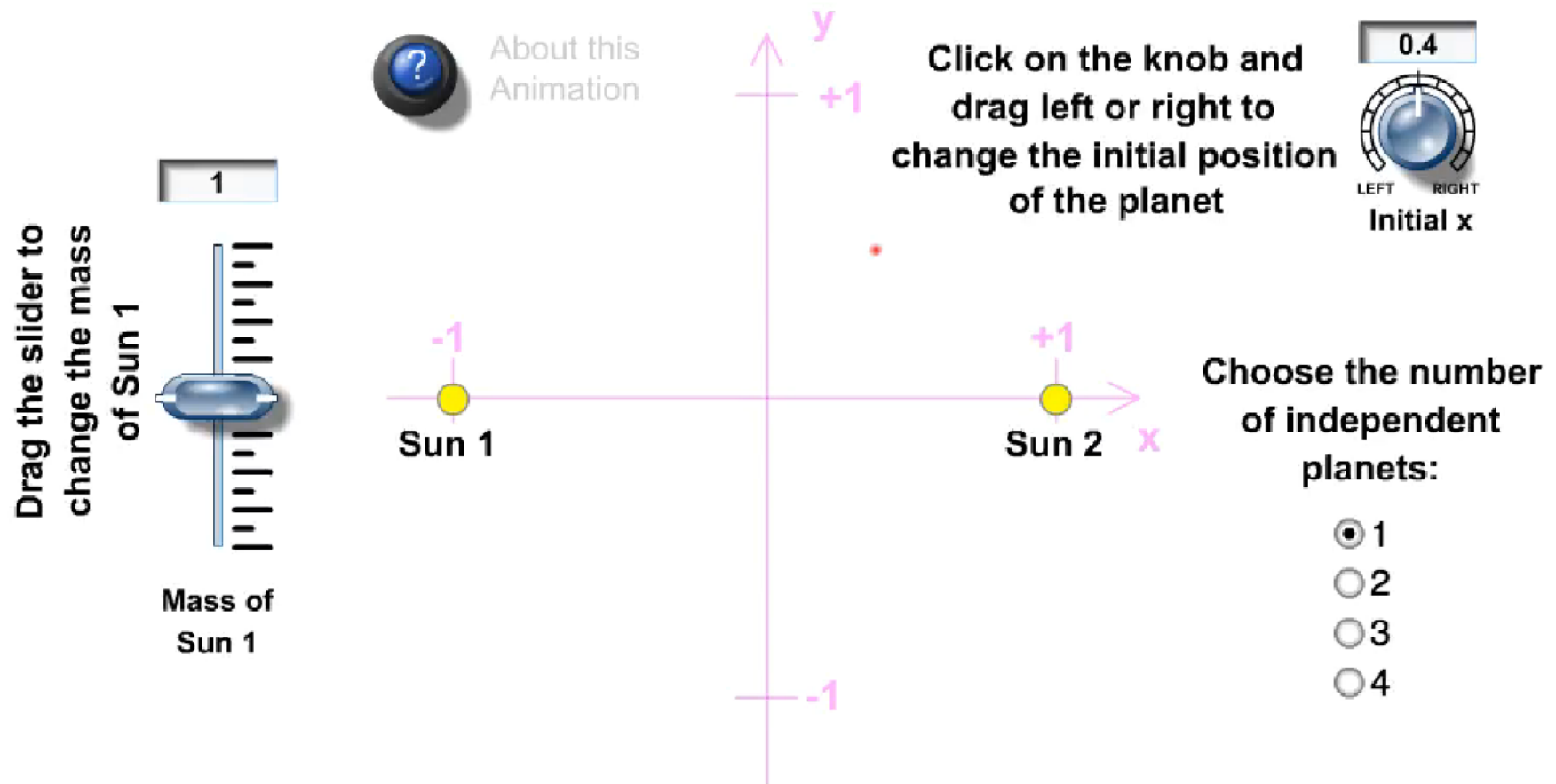


Il a l'idée de reprendre la loi universelle de la gravitation de Newton, mais de l'appliquer à 3 corps... Mais là, ce n'est plus aussi simple que le pense Laplace...

Dans les systèmes chaotiques, la sensibilité aux conditions initiales fait que même avec des équations simples et exactes, on ne peut pas prédire le futur !!!



The 3-Body Gravitational Problem: 2 Fixed Suns and 1 Planet



Mass Sun 1 = 1

Mass Sun 2 = 1.0

$x_{\text{initial}} = 0.4$

1 planet

The 3-Body Gravitational Problem: 2 Fixed Suns and 1 Planet

About this Animation

Drag the slider to change the mass of Sun 1

1

Mass of Sun 1

Click on the knob and drag left or right to change the initial position of the planet

0.41

Initial x

Choose the number of independent planets:

☐ 1
☐ 2
☐ 3
☒ 4

Click to begin:

Mass_{Sun 1} = 1 Mass_{Sun 2} = 1.0 x_{initial} = 0.41 4 planets

Poincaré

(1851 – 1914 Nancy)

Henri, pas son cousin Raymond (Président de la République en 1913)

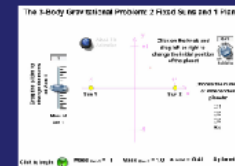
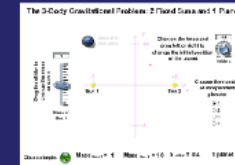
Mathématicien / philosophe : l'un des derniers grands savants universels

Travaille sur le calcul infinitésimal, la physique, l'optique, l'astronomie et bien sûr, les mathématiques.



Il a l'idée de reprendre la loi universelle de la gravitation de Newton, mais de l'appliquer à 3 corps... Mais là, ce n'est plus aussi simple que le pense Laplace...

Dans les systèmes chaotiques, la sensibilité aux conditions initiales fait que même avec des équations simples et exactes, on ne peut pas prédire le futur !!!



Planck

(1858–1947, Kiel)

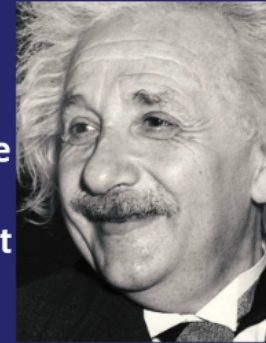
- Planck n'est pas atomiste ! mais il ne croit pas à l'énergétisme (théorie de ceux qui ne croient pas à l'atome)
- Il travaille sur l'entropie et les corps noirs mais problème : les équations qui les modélisent montrent qu'ils devraient exploser (hypothèse de la catastrophe ultraviolette)
- Pour voir, il fait comme si Boltzmann (atomiste) avait raison et **essaie avec succès un modèle qui suppose l'existence d'atomes. Et il introduit une constante h (pour *hilfe* !) qui impose que les échanges énergétiques se fassent par quanta d'énergie** pour éviter la catastrophe ultraviolette.
- En fait, sans le savoir, **son astuce mathématique vient de terrasser la physique classique au profit de la physique quantique**
 - Il organise en 1911 le premier congrès Solvay
 - en 1918, il obtient le Nobel de Physique pour sa découverte des quanta d'énergie



Einstein

(1879 – 1955, Ulm)

En 1905, il travaille à l'Office des Brevets en tant qu'**Expert 3è classe**. Il publiera cette année 4 articles miraculeux pour la physique :

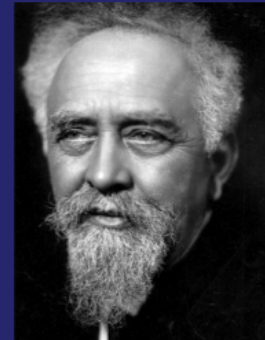


- 17 mars 1905 : il reprend Planck et dit que la lumière est faite de quanta qu'il appelle **photons** qui n'ont pas de masse.
- 11 mai 1905 : malgré les critiques contre les atomistes qui ont conduit Boltzmann au suicide, Einstein est atomiste. Il explique comment les mouvements des molécules expliquent le **mouvement Brownien**.
- 30 juin 1905 : il publie son article sur la relativité générale, qui dit que tous les référentiels sont relatifs les uns par rapport aux autres. Il **élimine le concept d'éther** en disant que la **lumière se transmet dans le vide à une vitesse limite** non infinie (contredisant Newton), imposant le concept de localité.
- sept. 1905 : expérience de pensée. de 1,5 pages. Si on chauffe un métal, il émet du rayonnement infrarouge qui lui fait perdre de l'énergie par l'émission de photons qui n'ont pas de masse. La seule possibilité pour perdre de l'énergie via des photons sans masse, c'est qu'il y ait une équivalence entre énergie et masse via c , la vitesse de la lumière. Il postule que **$E=mc^2$** pourrait fonctionner sans émission de photons, ce qui ferait de c une constante universelle.
- 1907 : intuition de la **relativité générale** (publiée en 1915). Il est **promu Expert 2è classe**.

Perrin

(1870–1942 Lille)

- En 1906, Jean Perrin prouve enfin l'existence des atomes.
- De 1907 à 1909, il valide l'interprétation du mouvement Brownien d'Einstein, et détermine le nombre d'Avogadro
- Prix Nobel de Physique en 1926 pour avoir démontré l'existence réelle des molécules
- Fondateur du Palais de la Découverte en 1936
- Créateur du CNRS en 1939
- Grand vulgarisateur, il est l'un des premiers à faire des films scientifiques :

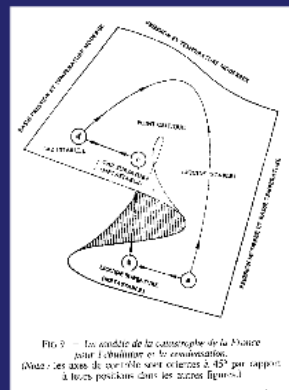


<https://videotheque.cnrs.fr/doc=1250>

Thom

(1923 – 2002 Montbéliard)

- Médaille Fields en 1958 pour la résolution du cobordisme
- Propose en 1968 la théorie des catastrophes :
 - 7 manières de passer d'un état topologique stable à un autre, avec un déploiement de dimension ≤ 4



Le type de catastrophe	Structure de la catastrophe	Structure de la catastrophe	Structure de la catastrophe	Structure de la catastrophe
1. Point de saut		Point de saut	Point de saut	Point de saut
2. Point de saut		Point de saut	Point de saut	Point de saut
3. Point de saut		Point de saut	Point de saut	Point de saut
4. Point de saut		Point de saut	Point de saut	Point de saut
5. Point de saut		Point de saut	Point de saut	Point de saut
6. Point de saut		Point de saut	Point de saut	Point de saut
7. Point de saut		Point de saut	Point de saut	Point de saut

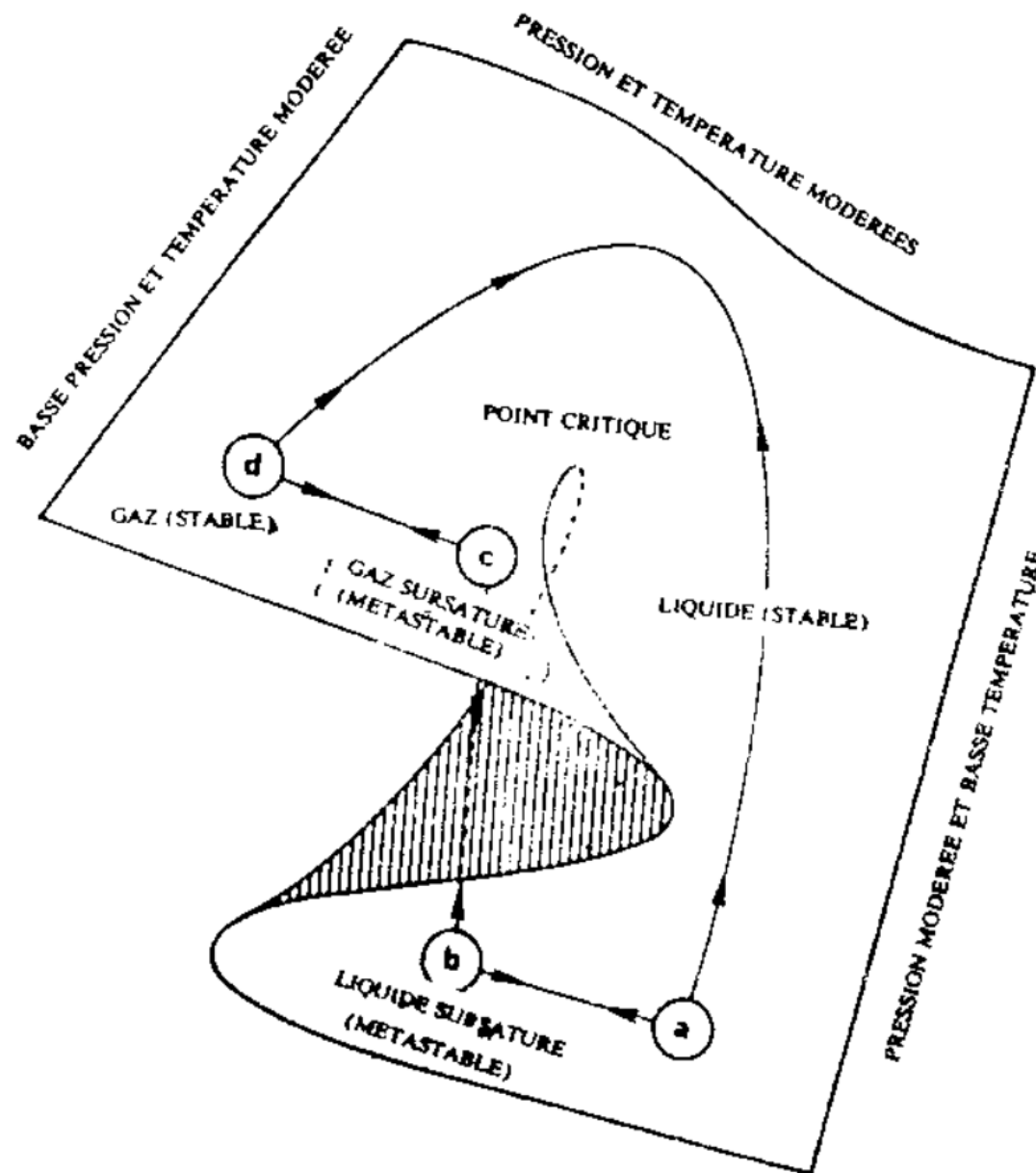


FIG 9. – Un modèle de la catastrophe de la Fronce pour l'ébullition et la condensation.
 (Nota : les axes de contrôle sont orientés à 45° par rapport à leurs positions dans les autres figures.)



Min

Pli

Fro

Qu

Pa

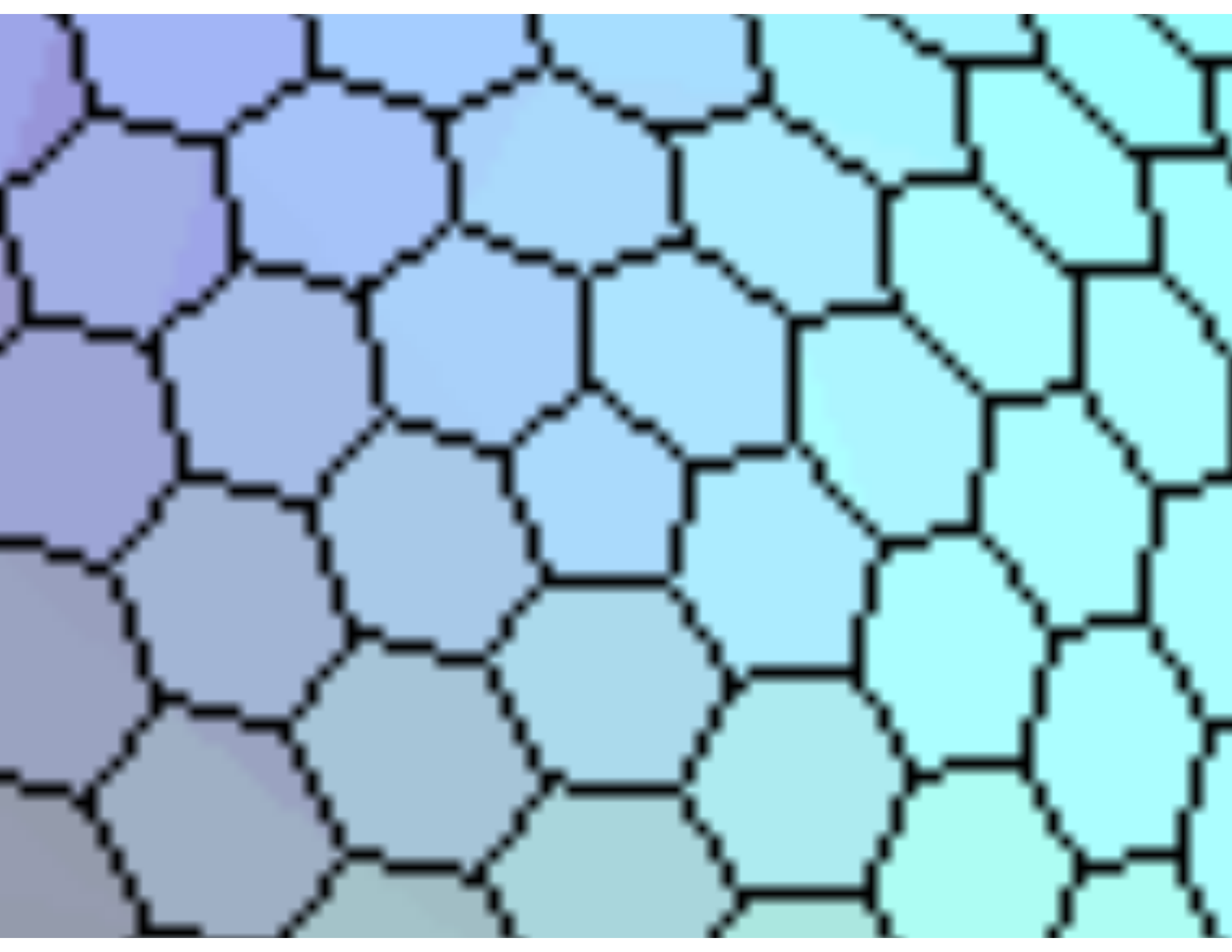
Om

Om

Om



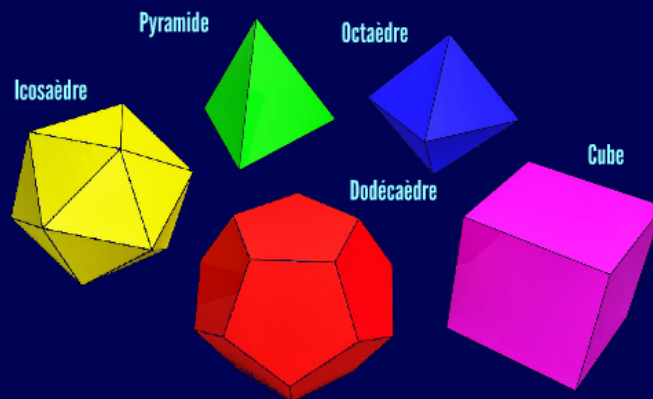
singularité	Graphe élémentaire d'interaction	Interprétation spatiale substantif	Interprétation temporelle (verbes)	
			Sens destructif	Sens constructif
Minimum simple		Etre Objet	Etre	Durer
Pli		Le bord le bout	Fin Finir	commencer
Fronce		La faille	Capturer casser	Engendrer unir devenir
Queue d'aronde		La fente le coin	Déchirer Fendre	Coudre
Papillon		La poche l'écaille	S'écailer S'exfolier remplir poche	Donner recevoir Vider poche
Ombilic hyperbolique		Le crêt de la vague La voute	Briser S'effondrer	Recouvrir
Ombilic elliptique		L'aiguille la pique	Piquer Pénétrer	Boucher
Ombilic parabolique		Le jet d'eau Le champignon la bouche	Briser éjecter lancer Percer couper pincer prendre	Lier Ouvrir Fermer



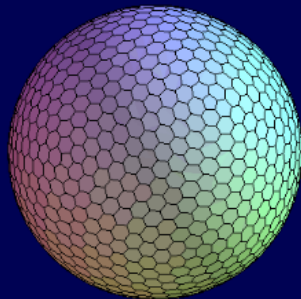
Mise en pratique cognitive sur les connaissances d'il y a 2400 ans

Solides de Platon (démonstration par Euclide)

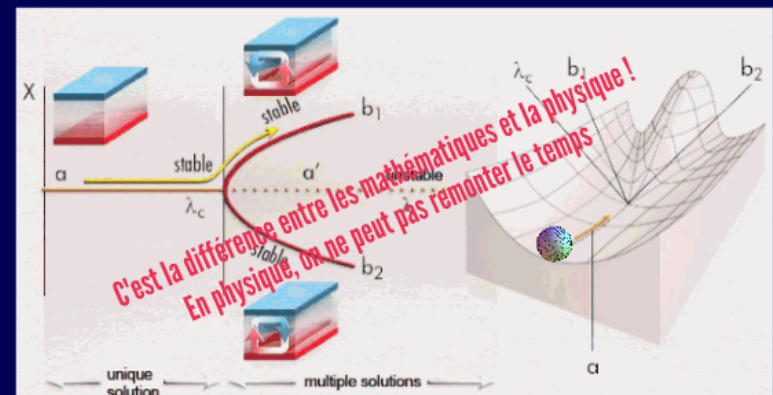
seulement 5 polyèdres
réguliers convexes



Question : la sphère des mathématiciens existe-t-elle dans
un monde matérialiste fait d'atomes et de vide ?



Question à un mathématicien : où va la sphère ?



Question à un physicien : où va la bille ?

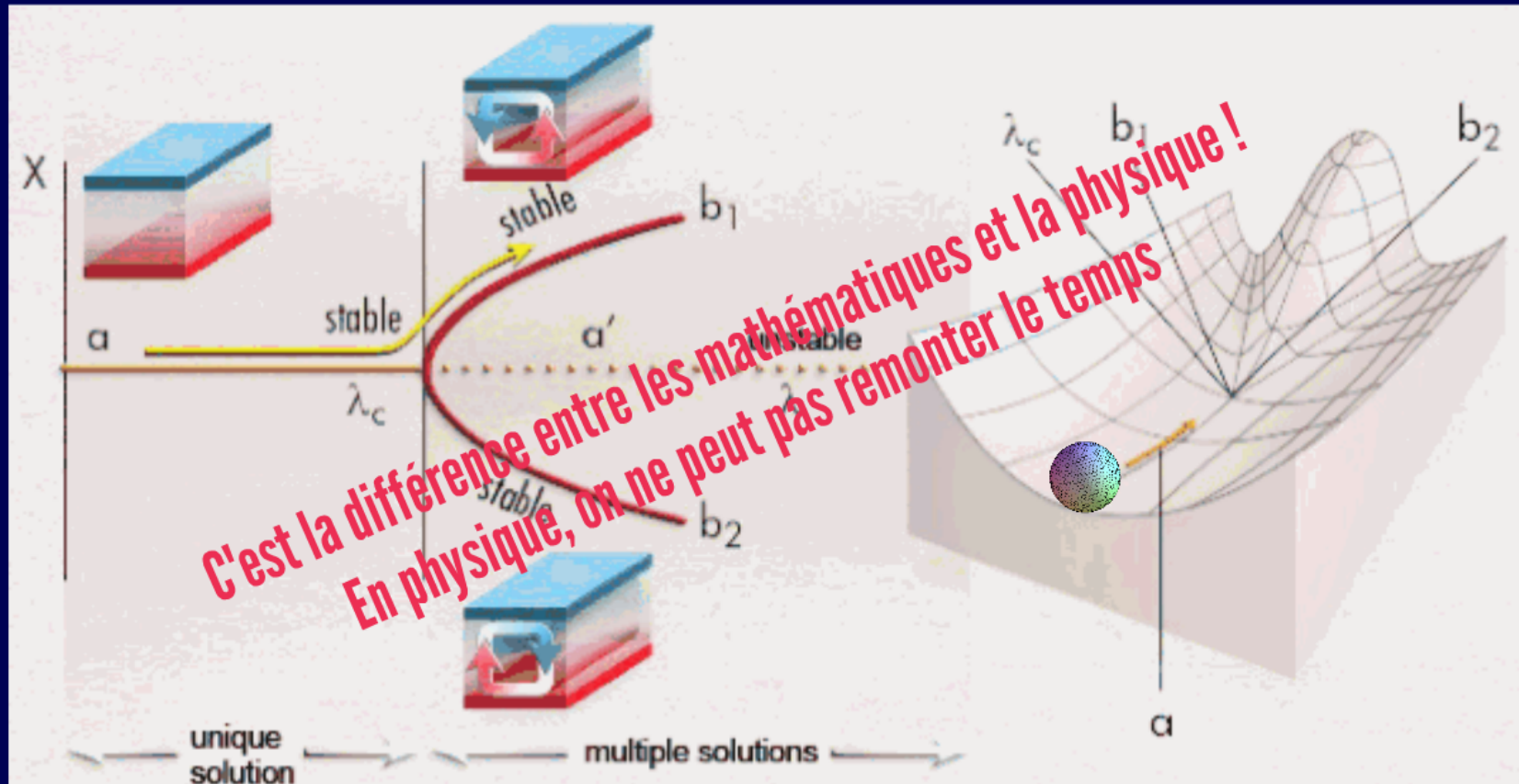
La bille fait un choix !

**Cristallisation : les mathématiques nous disent que la
physique ne peut pas être modélisée de manière déterministe !**

**Il ne s'agit plus de prévoir ce qui va se passer,
mais ce qui peut se passer**

Ilya Prigogine,
Prix Nobel de Chimie 1977
Juste 2477 ans de retard !!!

Question à un mathématicien : où va la sphère ?



Question à un physicien : où va la bille ?

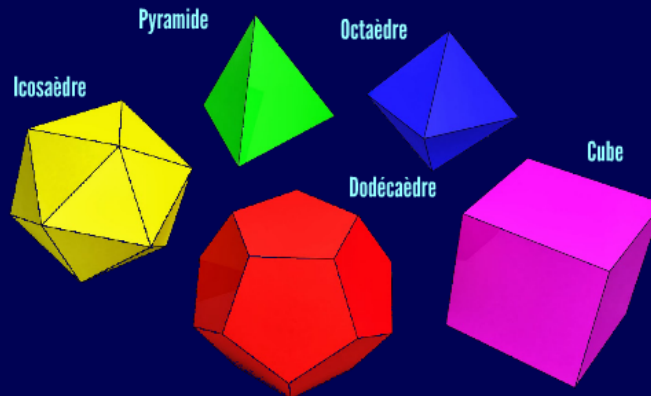
La bille fait un choix !

Cristallisation : les mathématiques nous disent que la physique ne peut pas être modélisée de manière déterministe !

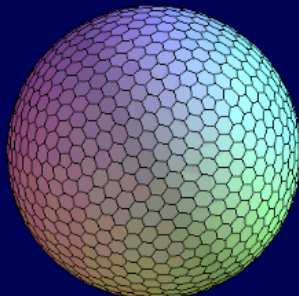
Mise en pratique cognitive sur les connaissances d'il y a 2400 ans

Solides de Platon (démonstration par Euclide)

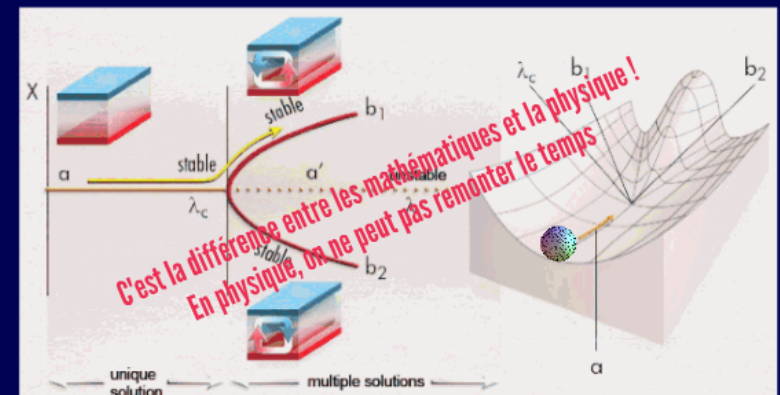
ulement 5 polyèdres
réguliers convexes



Question : la sphère des mathématiciens existe-t-elle dans
un monde matérialiste fait d'atomes et de vide ?



Question à un mathématicien : où va la sphère ?



Question à un physicien : où va la bille ?

La bille fait un choix !

**Cristallisation : les mathématiques nous disent que la
physique ne peut pas être modélisée de manière déterministe !**

**Il ne s'agit plus de prévoir ce qui va se passer,
mais ce qui peut se passer**

Ilya Prigogine,
Prix Nobel de Chimie 1977
Juste 2477 ans de retard !!!

Autre cristallisation



Démocrite

+



Euclide

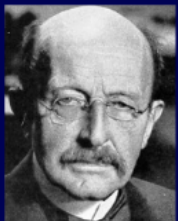


Poincaré

+

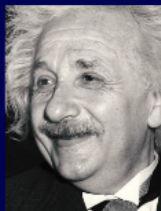


Thom



Planck

+



Einstein

Atomes + vide + billes imparfaites
+ systèmes chaotiques +
théorie des catastrophes +
quanta + relativité



Seuls les systèmes complexes peuvent
représenter (en probabilité)
le monde qui nous entoure

Problème important exposé par Michel Serres

Révolution scientifique du XX^e siècle

Même si pas totalement intuitives, les découvertes de la première révolution scientifique étaient compréhensibles :

- Avec un minimum d'éducation, l'homme de la rue pouvait avoir à peu près la même vision du monde que Laplace, qui déduit la totalité des mouvements du monde à partir des lois de Newton

La deuxième révolution scientifique (XX^e siècle) est d'un autre niveau : elle n'est pas intuitive même pour les scientifiques qui l'ont créée !

- Constante hille de Planck,
- Einstein qui ne croit pas qu'observer un photon intriqué avec un autre fait changer instantanément l'autre d'état (ça casse le principe de localité)

- ...

4 ruptures profondes entre la science et la "société civile"

- 1^{re} rupture : avec la science de Newton, Laplace, Flammarion, Jules Verne, les atomes de Jean Perrin, le congrès Solvay, Poincaré, Dirac, Einstein, Schrödinger, Bohr, Pauli, etc... qui cassent la physique classique. C'est une rupture d'inflation qui perturbe le public aussi bien dans l'infiniment grand (relativité générale), que dans l'infiniment petit (mécanique quantique, relativité restreinte). Le pb est toujours présent. C'est une rupture intrinsèque à la recherche scientifique.
- 2^e rupture : Au début du XX^e siècle, tous les paysans comprenaient la représentation du monde décrite dans les manuels d'histoire naturelle. En 1944, Schrödinger écrit *What is life*. C'est les prémises de la biologie moléculaire, de l'ADN, avec des erreurs de traduction, etc... Rupture complète entre le paradigme d'avant-guerre et le paradigme d'après-guerre : la courroie de transmission entre la science et le grand public ne fonctionne plus. Là aussi, c'est une rupture intrinsèque à la recherche scientifique.

Ruptures idéologiques

- 3^e rupture : Jusqu'à la 2^e guerre mondiale, philosophie des lumières du 18^e siècle qui disait que la recherche scientifique était source de progrès : elle améliorait le sort des hommes, le confort, la santé, etc... La rupture a été Hiroshima et Nagasaki, la bombe H. Orne dans la communauté scientifique pas inotieuse à la science, mais à l'utilisation de la science.
- Et toutes les sciences ont été touchées par des problèmes déontologique et éthiques en chimie, en biologie, dans l'alimentation, ... Des comités d'éthique ont été créés pas pour penser la morale, mais pour repenser l'idéologie du progrès.
- L'idéologie scientifique s'est effondrée. Tout progrès a un coût qu'il faut mesurer.
- 4^e rupture la plus importante : aujourd'hui, les gens qui nous gouvernent sont tous exclusivement formés aux sciences humaines, à l'économie, à la sociologie, ... Aucun ne connaît les sciences dures, alors que le moteur de la transformation de la société, c'est les sciences dures, mais ni le gouvernement ni les médias ne le savent !!

Ruptures générales

Depuis le début du XX^e siècle, ces ruptures ont lieu partout !

- musique sérieuse
- art abstrait
- peinture abstraite

Les gens sont perdus devant Ligeti, Xenakis, Brach, Picasso, les métiers agricoles (et leur vocabulaire) disparaissent, aucune étude linguistique sur le vocabulaire scientifique pour en étudier l'évolution

La notion de propriété est en train de disparaître grâce à l'information (on peut partager la voiture si on sait qu'elle est disponible)

**L'exclusivité des sciences humaines déchire la société
entre ceux qui ont le pouvoir et la parole, et ceux qui
ne l'ont pas, mais qui transforment la société**
**Les scientifiques doivent réinvestir la place publique
en vulgarisant plus, en étant plus présents en politique**

Révolution scientifique du XX^e siècle

Même si pas totalement intuitives, les découvertes de la première révolution scientifique étaient compréhensibles :

- Avec un minimum d'éducation, l'homme de la rue pouvait avoir à peu près la même vision du monde que Laplace, qui déduit la totalité des mouvements du monde à partir des lois de Newton

La deuxième révolution scientifique (XX^e siècle) est d'un autre niveau : elle n'est pas intuitive même pour les scientifiques qui l'ont créée !

- Constante *hilfe* de Planck,
- Einstein qui ne croit pas qu'observer un photon intriqué avec un autre fait changer instantanément l'autre d'état (ça casse le principe de localité !)
- ...

4 ruptures profondes entre la science et la "société civile"

- **1^{ère} rupture** avec la science de Newton, Laplace, Flammarion, Jules Vernes : les atomes de Jean Perrin, le congrès Solvay, Poincaré, Dirac, Einstein, Schrödinger, Bohr, Pauli, etc... qui cassent la physique classique
C'est une **rupture d'intuition** qui perturbe le public aussi bien dans l'infiniment grand (relativité générale), que dans l'infiniment petit (mécanique quantique, relativité restreinte). Le pb est toujours présent.
C'est une **rupture intrinsèque à la recherche scientifique**.
- **2^{ème} rupture** : Au début du XX^e siècle, **tous les paysans comprenaient la représentation du monde décrite dans les manuels d'histoire naturelle**.
En 1944, Schrödinger écrit What is life. C'est les prémisses de la **biologie moléculaire, de l'ADN**, avec des erreurs de traduction, etc...
Rupture complète entre le paradigme d'avant-guerre et le paradigme d'après-guerre : la courroie de transmission entre la science et le grand public ne fonctionne plus
Là aussi, c'est une **rupture intrinsèque à la recherche scientifique**

Ruptures idéologiques

- **3è rupture** : Jusqu'à la 2è guerre mondiale, philosophie des lumières du 18è siècle qui disait que la recherche scientifique était source de progrès : elle améliorerait le sort des hommes, le confort, la santé, etc...
La rupture a été Hiroshima et Nagasaki, la bombe H.
Crise dans la communauté scientifique pas intrinsèque à la science, mais à l'utilisation de la science.
Et **toutes les sciences ont été touchées par des problèmes déontologique et éthiques en chimie, en biologie, dans l'alimentation, ...**
Des comités d'éthique ont été créés pas pour penser la morale, mais pour repenser l'idéologie du progrès.
L'idéologie scientiste s'est effondrée. Tout progrès a un coût qu'il faut mesurer
- **4è coupure la plus importante** : aujourd'hui, **les gens qui nous gouvernent sont tous exclusivement formés aux sciences humaines**, à l'économie, à la sociologie, ... Aucun ne connaît les sciences dures, alors que **le moteur de la transformation de la société, c'est les sciences dures**, mais ni le gouvernement ni les media ne le savent !!!

Ruptures générales

Depuis le début du XX^e siècle, **ces ruptures ont lieu partout !**

- musique sérielle
- art abstrait
- peinture abstraite

Les gens sont perdus devant Ligeti, Xenakis, Brach, Picasso, les métiers agricoles (et leur vocabulaire) disparaissent, aucune étude linguistique sur le vocabulaire scientifique pour en étudier l'évolution

La notion de propriété est en train de disparaître grâce à l'information (on peut partager la voiture si on sait qu'elle est disponible)

Problème important exposé par Michel Serres

Révolution scientifique du XX^e siècle

Même si pas totalement intuitives, les découvertes de la première révolution scientifique étaient compréhensibles :

- Avec un minimum d'éducation, l'homme de la rue pouvait avoir à peu près la même vision du monde que Laplace, qui déduit la totalité des mouvements du monde à partir des lois de Newton

La deuxième révolution scientifique (XX^e siècle) est d'un autre niveau : elle n'est pas intuitive même pour les scientifiques qui l'ont créée !

- Constante hile de Planck,
- Einstein qui ne croit pas qu'observer un photon intriqué avec un autre fait changer instantanément l'autre d'état (ça casse le principe de localité !)
- ...

4 ruptures profondes entre la science et la "société civile"

- 1^{re} rupture avec la science de Newton, Laplace, Flammarion, Jules Verne : les atomes de Jean Perrin, le congrès Solvay, Poincaré, Dirac, Einstein, Schrödinger, Bohr, Pauli, etc... qui cassent la physique classique. C'est une rupture d'intuition qui perturbe le public aussi bien dans l'infiniment grand (relativité générale), que dans l'infiniment petit (mécanique quantique, relativité restreinte). Le pb est toujours présent. C'est une rupture intrinsèque à la recherche scientifique.
- 2^e rupture : Au début du XX^e siècle, tous les paysans comprenaient la représentation du monde décrite dans les manuels d'histoire naturelle. En 1944, Schrödinger écrit What is life. C'est les prémisses de la biologie moléculaire, de l'ADN, avec des erreurs de traduction, etc... Rupture complète entre le paradigme d'avant-guerre et le paradigme d'après-guerre : la courroie de transmission entre la science et le grand public ne fonctionne plus. Là aussi, c'est une rupture intrinsèque à la recherche scientifique

Ruptures idéologiques

- 3^e rupture : Jusqu'à la 2^e guerre mondiale, philosophie des lumières du 18^e siècle qui disait que la recherche scientifique était source de progrès : elle améliorerait le sort des hommes, le confort, la santé, etc... La rupture a été Hiroshima et Nagasaki, la bombe H. Crise dans la communauté scientifique pas intrinsèque à la science, mais à l'utilisation de la science.
- Et toutes les sciences ont été touchées par des problèmes idéologiques et éthiques en chimie, en biologie, dans l'alimentation, ... Des comités d'éthique ont été créés pas pour penser la morale, mais pour repenser l'idéologie du progrès.
- 4^e rupture : L'idéologie scientifique s'est effondrée. Tout progrès a un coût qu'il faut mesurer.
- 4^e coupure la plus importante : aujourd'hui, les gens qui nous gouvernent sont tous exclusivement formés aux sciences humaines, à l'économie, à la sociologie, ... Aucun ne connaît les sciences dures, alors que le moteur de la transformation de la société, c'est les sciences dures, mais ni le gouvernement ni les médias ne le savent !!

Ruptures générales

Depuis le début du XX^e siècle, ces ruptures ont lieu partout !

- musique sérielle
- art abstrait
- peinture abstraite

Les gens sont perdus devant Ligeti, Xenakis, Brach, Picasso, les métiers agricoles (et leur vocabulaire) disparaissent, aucune étude linguistique sur le vocabulaire scientifique pour en étudier l'évolution

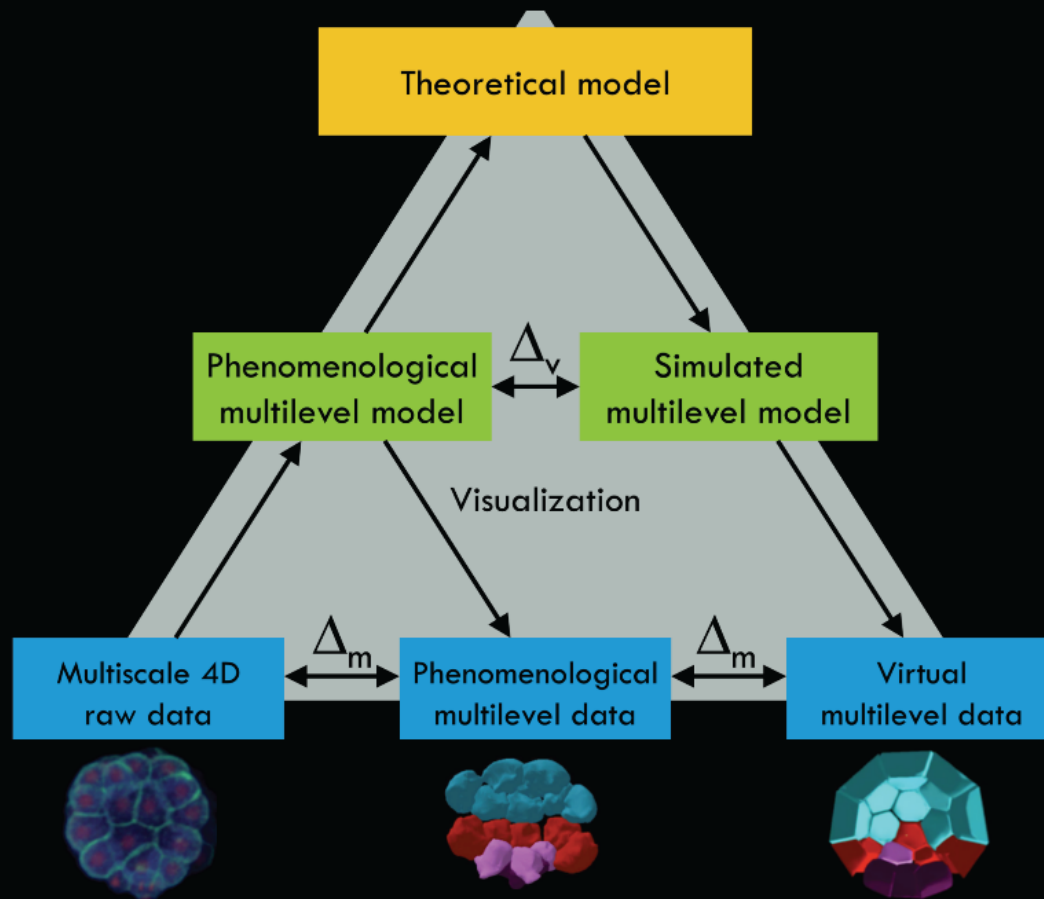
La notion de propriété est en train de disparaître grâce à l'information (on peut partager la voiture si on sait qu'elle est disponible)

L'exclusivité des sciences humaines déchire la société entre ceux qui ont le pouvoir et la parole, et ceux qui ne l'ont pas, mais qui transforment la société

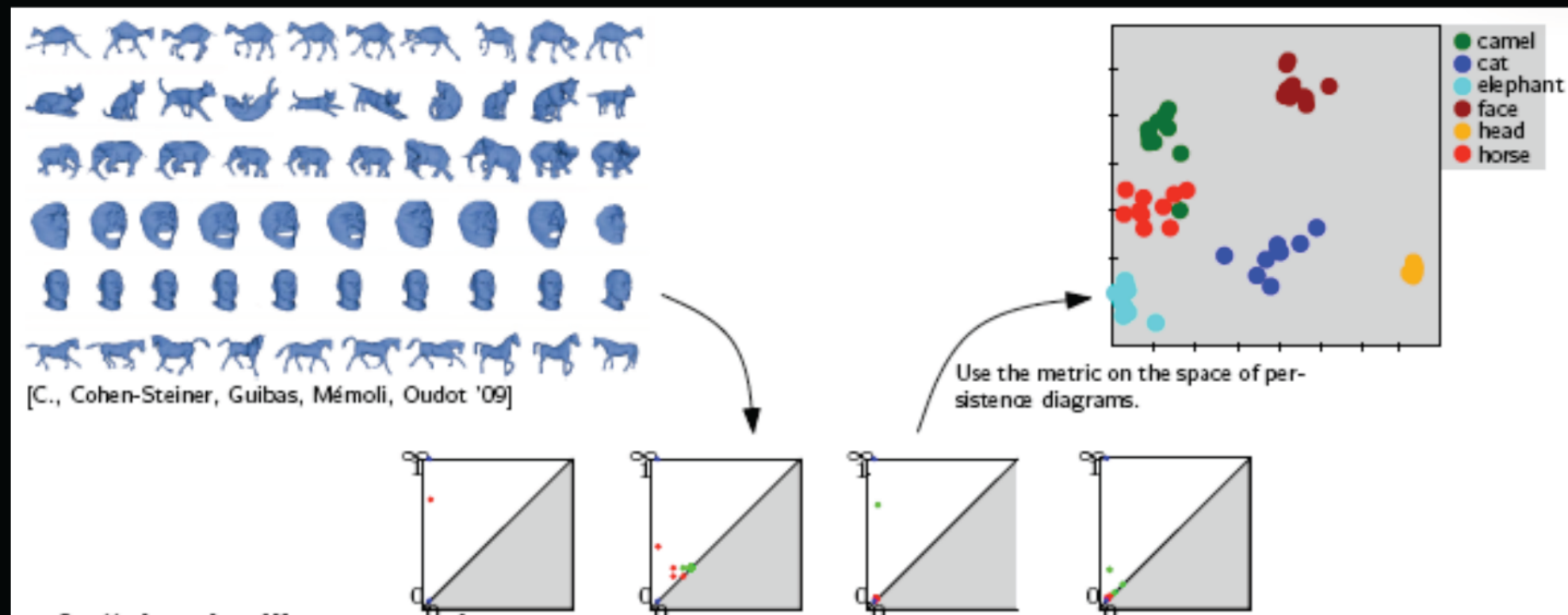
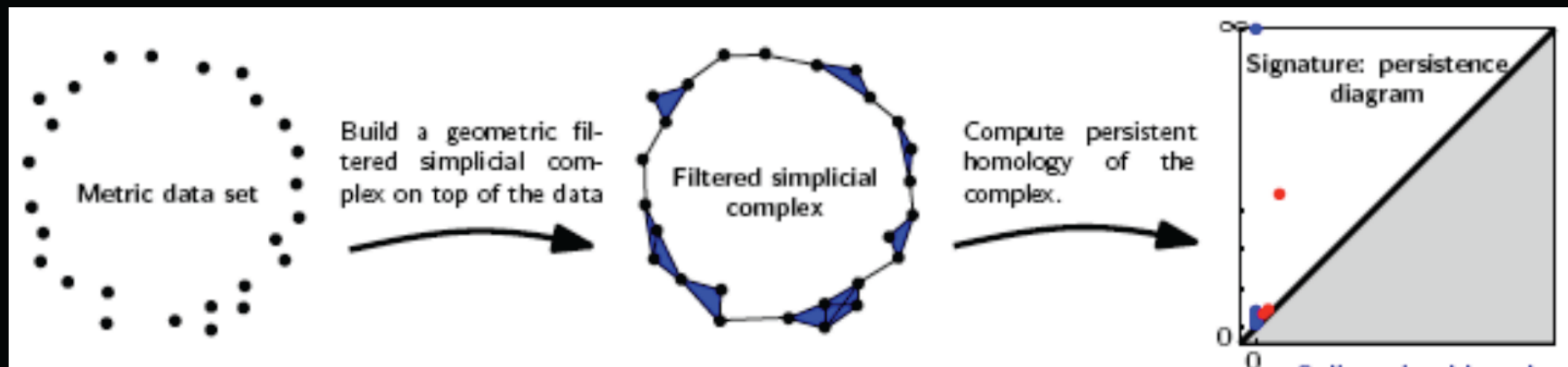
Les scientifiques doivent réinvestir la place publique en vulgarisant plus, en étant plus présents en politique

Reconstruction des Systèmes Complexes par le flagship RAPSODY

Epistemology of models

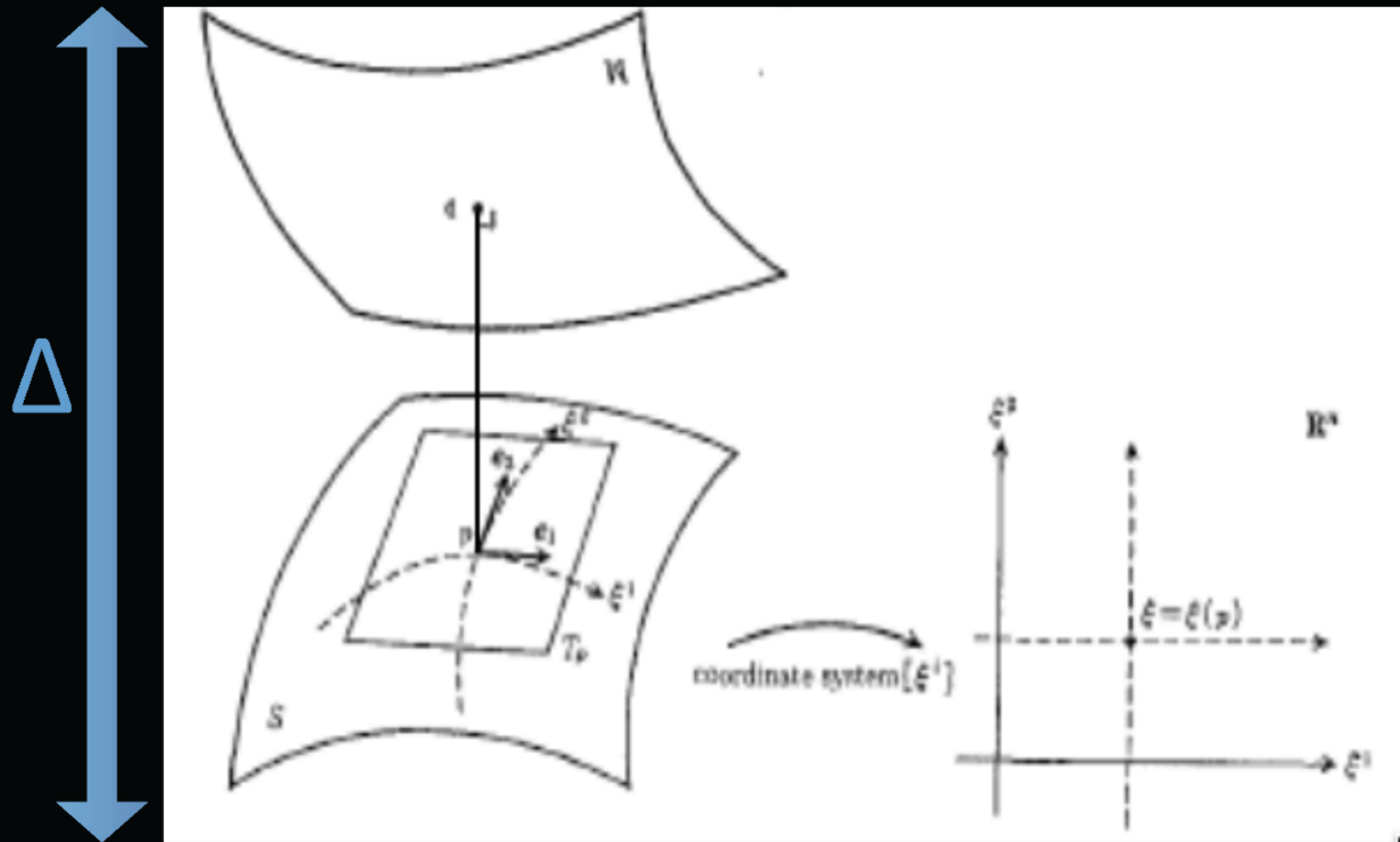


Algebraic Topology



Algebraic Geometry

Data manifold



Model manifold

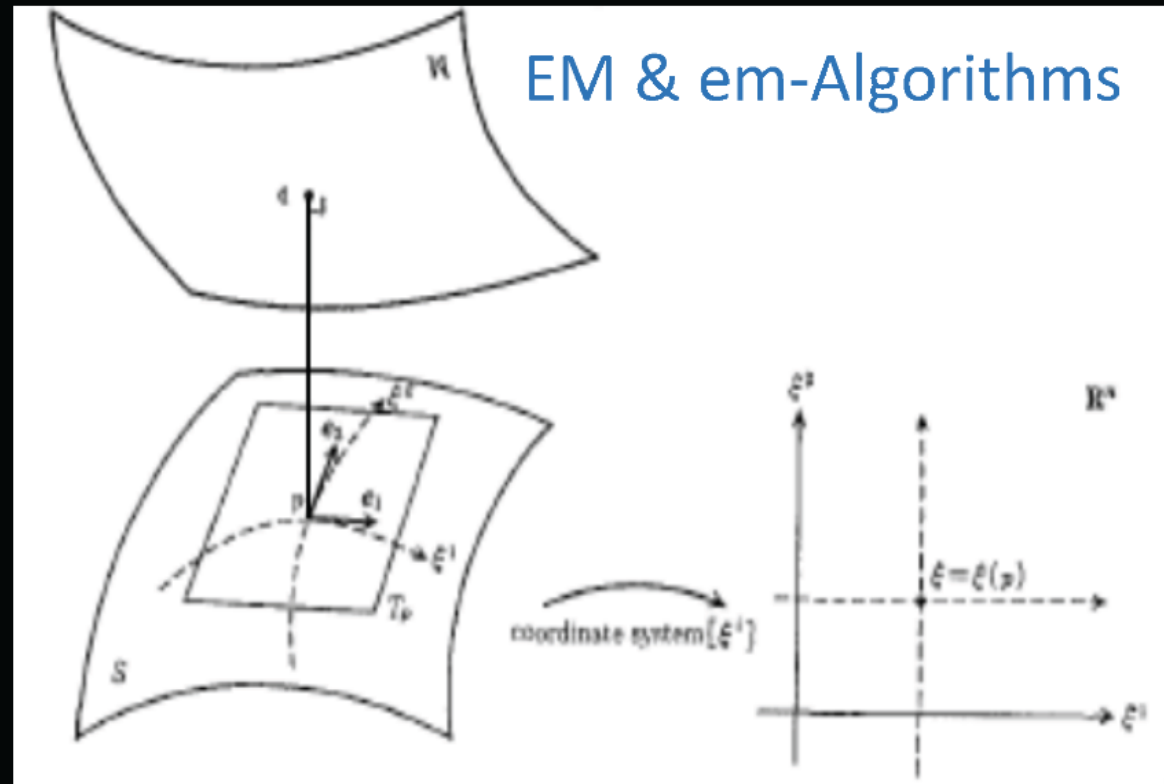
Information Geometry

Shun-ichi Amari

Data manifold: reduced to a point if data without noise and without hidden variable



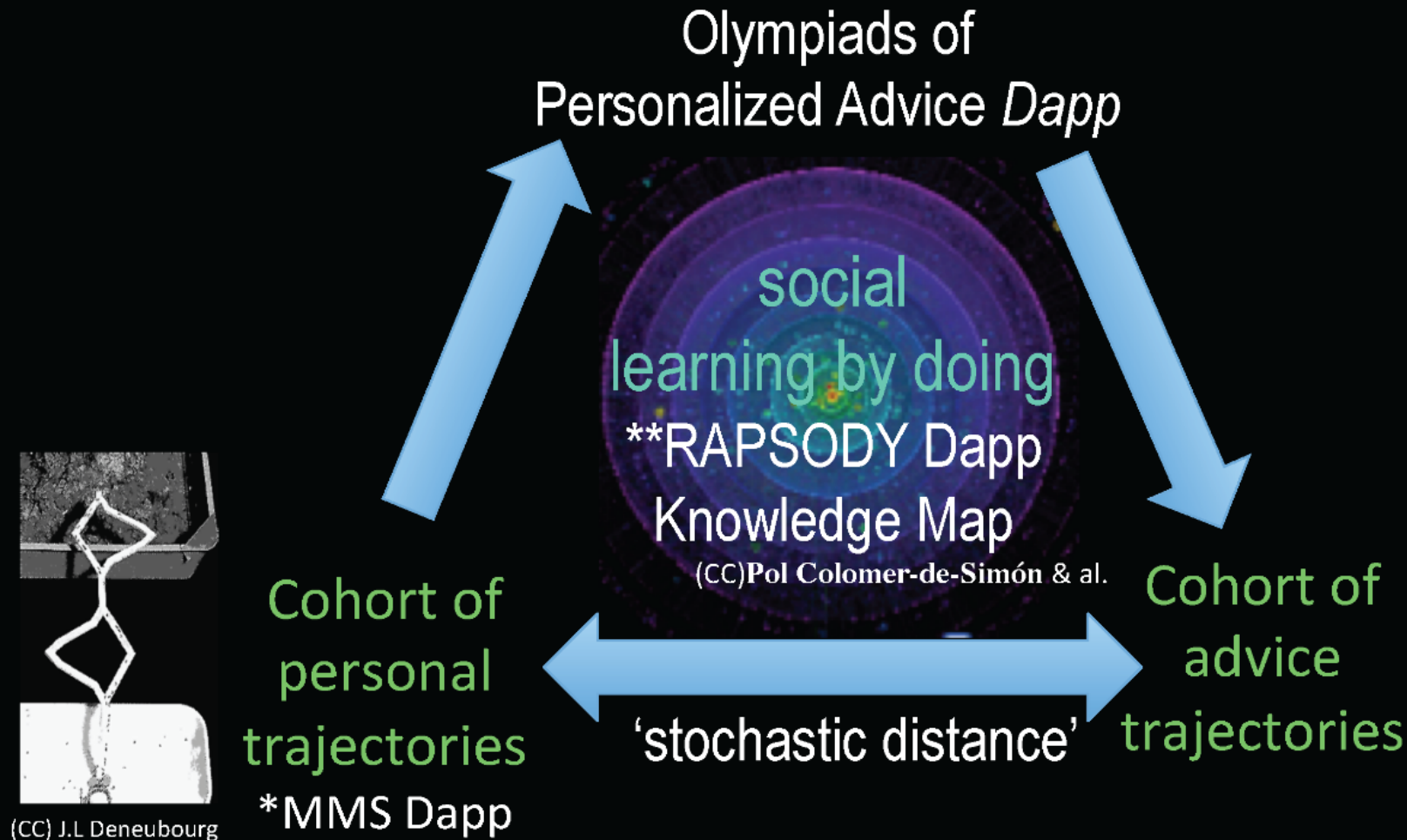
Model manifold with its Fisher distance and its parameter space



Parametric Models - Machine Learning - Deep Learning



2.The Social Learning Problem as a global & individuated Knowledge accelerator

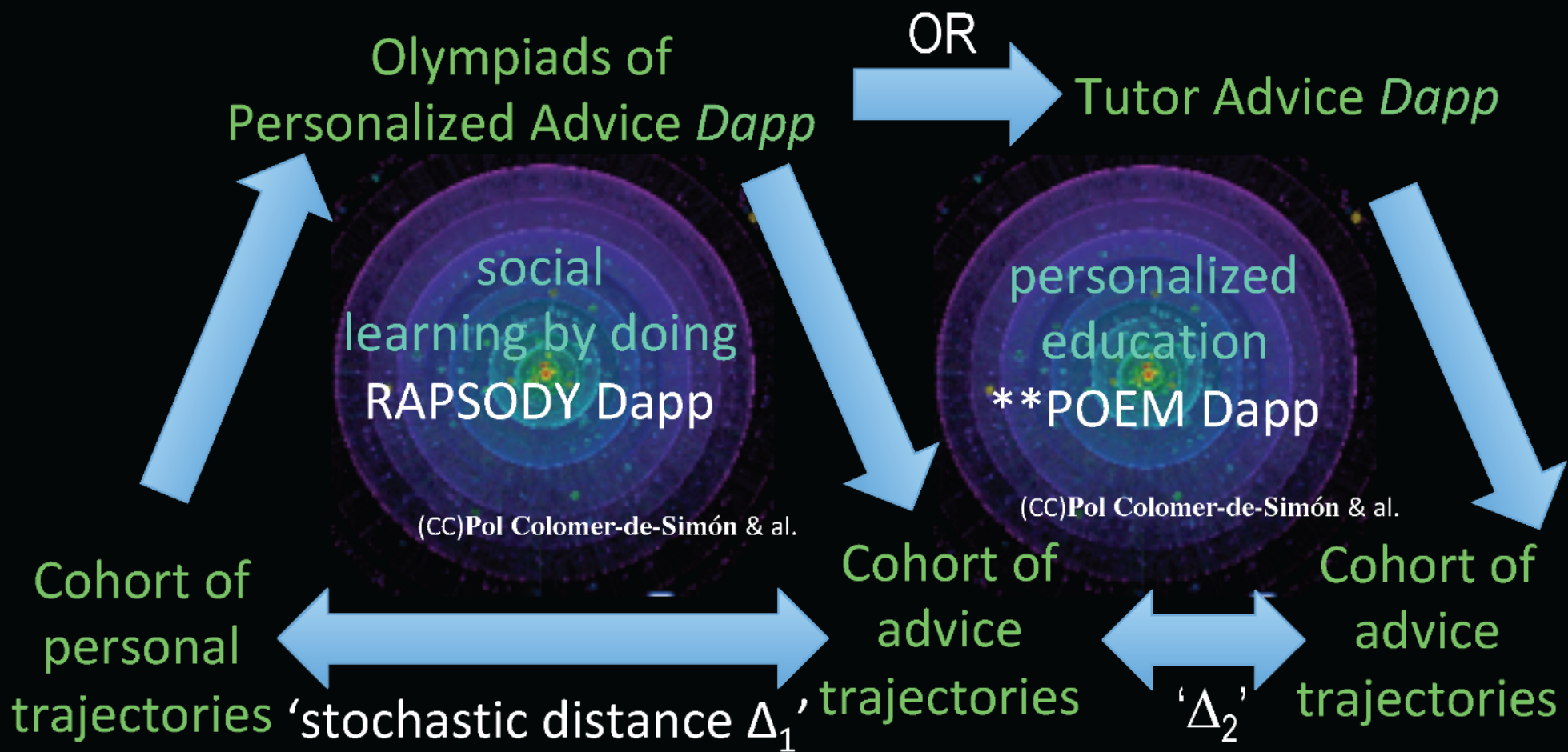


*MMS (Megadiversity Management System) is a CS-DC Dapp organizing images, videos, ..

**RAPSODY (Reconstruction And Prediction of Multiscale Dynamics) is a CS-DC Dapp creating:

- the first Personalized Advice Dapp &
- Knowledge Map of the Domain

1.4. The Social Learning Problem as a global & individuated Knowledge accelerator



- ** POEM (Personalized Open Education for the Masses) is a CS-DC *Dapp* creating
- the 'Personalized Tutorship Advice' *Dapp* &
 - The 'Personalized Knowledge Map'

Reconstruction des Systèmes Complexes par le flagship RAPSDOY

Spécimen Key et images

Reconstruction des Systèmes Complexes

Présentation diachronique et synchrone d'une
nouvelle science

Pr Pierre Collet **Paul Bourguin**
Laboratoire CIRM
Université de Strasbourg
pierre.collet@unistra.fr paul.bourguin@unistra.fr

French National of the Systems Complexes
Centre National de la Recherche Scientifique
UMR 7003 - LIRIS - UMR 5175 - LIRIS - UMR 5175 - LIRIS

La matière est faite d'atomes et de vide ?

Pourquoi la matière est faite d'atomes et de vide ?
1808-1908 : les atomes
Nécessité de penser sur le développement de la science du monde
Méthode scientifique pour penser le monde
- la science du monde est une science
- la science du monde est une science
- la science du monde est une science

Problème important posé par Michel Serres

Michel Serres : la science du monde est une science
la science du monde est une science
la science du monde est une science

Mise en pratique cognitive sur les connaissances 400 y 2400 ans

Tableau de Platon
la science du monde est une science
la science du monde est une science
la science du monde est une science