

Cours d'histoire critique des sciences

Introduction

Ce que l'histoire n'est pas :

Une série de grands bonshommes qui inventent tout de toute pièce et chacun dans leur coin ; il y a une continuité dans l'histoire

Isaac newton : « si j'ai pu voir au devant, c'est que j'étais assis sur les épaules de géants ». Il a été en dépendant et en compétition avec les mesures de John Flamsteed.

James Watson il fait croire qu'il a trouvé la formation de l'AND en un jour, or cela est impossible. Les découvertes ne peuvent pas tomber du ciel !

Rosalind Franklin : cristallographe : elle travaillait beaucoup à cette découverte mais est restée inconnue. Cela montre bien que tout ne tombe pas du ciel et que ce n'est pas une personne qui découvre un jour quelque chose mais plutôt que les découvertes sont le fruit d'un long travail.

Ce que l'histoire n'est pas :

Une série de réussites. Il y a en effet eu souvent des expériences qui ne fonctionnaient pas et qui ont pu mettre en évidence de nouveaux principes.

Exemple : le jet-Pack en 1960 : bientôt partout. Qu'en est-il ? En fait très rare et dangereux

Exemple : au années 70 , Renault prévoit une voiture électrique lors de la crise du pétrole.

Aujourd'hui ce n'est pas encore au point.

Ce que l'histoire n'est pas :

Une marche en ligne droite vers un but recherché : il y a des conséquences indirectes et inattendues dues à des concepts intéressants mais inutiles dans un premiers temps.

Exemple : les nombres imaginaires découverts au 16^e siècle. Au 19^e siècle seulement ils deviennent utiles notamment pour les circuits électriques où ils permettent de simplifier les calculs.

Ce que l'histoire pourrait être :

« One damned thing after another » : « histoire n'a pas de sens » = une suite de choses inutiles et aléatoires tout comme le mouvement des molécules.

Il dit qu'il y a deux possibilités d'organisation sur terre ;

- si les choses sont comme elles sont, il doit y avoir un principe qui dirige le tout → le créationnisme : possible car on ne sait pas tout. (Trickle-down theory)
- la vie se serait développée de façon aveugle. Il faut se demander comment les quelques règles simples de la vie ont pour donner lieu à notre organisation

actuelle. (bubble-up) Dennett est un scientifique qui a beaucoup écrit sur cette théorie.

Ce qui est de l'histoire pour ce cours ;

De la renaissance à aujourd'hui.

Deux dates importantes pour le cours : 1604 et 1830 avec comme fil conducteur la **mesure** !
(ne pas connaître les dates par cœur mais avoir une idée du cheminement du tout – avoir de grands repères, et connaître les grandes périodes)

Cours 2

Moment : entre renaissance et l'époque des lumières : autour de 1600.



Gravure : « la tempérance » d'après Brueghel. C'est une allégorie : gravure qui manifeste des symboles, qui témoignent de l'actualité de l'époque.

« La tempérance » = modération : capacité à maintenir le contrôle : trouver équilibre.

L'image montre une scène **chaotique** et montre que la tempérance ne fait pas partie de tous.
Pourquoi cette image en guise d'introduction du cours ? **Mesure** ! (Cette gravure sert de support pour tout ce cours 2 mais on s'en éloigne par moments)

On peut la déchiffrer avec les concepts des **7 arts libéraux**

4 disciplines mathématiques : les quatre voies :

- Arithmétique (nombres discrets : nombres naturels)
- Musique : rapports entre les nombres discrets
- Géométrie : les grandeurs (grandeurs continues nombres réels)
- L'astronomie : grandeurs continues en mouvement

3 disciplines avec le langage : le trivium : trois voies :

- Grammaire (Mécanique de base de la langue)
- La logique : analyse et argumentation
- La rhétorique : communication et persuasion

La grammaire : Le maître tient son martinet afin de maintenir la discipline au cours.

L'argumentation : au dessus les dialecticiens discutent- une disputatio » sans ouvrir la Bible, censée pourtant être à la base de leur discussion (typique de l'époque). L'argumentation s'emballe et tourne à vide.

La rhétorique : l'art de l'expression éloquente, ici sous la forme de l'art dramatique. Le personnage masculin joue l'espoir, et le féminin la foi, tandis que le fou représente la folie du monde.

L'arithmétique : (on montre ici l'existence de deux méthodes utilisées simultanément : chiffres arabes, système de traits) (Breughel se fout de ce déploiement du système de mesures). Un marchand compte ses sous, encadré par deux collègues, l'un qui enregistre par des traits au dos d'un support de circonstance (un soufflet), l'autre qui calcule en arabe. On voit le peintre aussi qui se peint pour montrer qu'il n'est pas d'accord.

L'astronomie : on voit un astronome en train de calculer la distance entre la terre et la lune, un autre en train de calculer d'autres choses. Ces techniques seront utilisées dans la branche de la navigation : la mesure = entreprise indispensable.

La géométrie : On constate que les gens mesurent des distances, utilisent des outils tels que l'équerre, on voit des armes car la géométrie peut être utilisée pour la balistique.

L'imprimerie (on est une centaine d'années après cette invention) inventeur : **Gutenberg** au 15^e (même si l'Asie est là d'abord dès le 9^e siècle). Mais les asiatiques n'utilisent pas de la même manière que nous. Eux l'utilisent pour écrire des textes de l'empereur pour ses propres usages lors des fêtes. (idem pour la poudre et leurs artifices).

Grande influence de l'imprimerie sur la vie des gens. En quelques années, 20 millions de livres sont imprimés.

Le **quadrivium** n'a pas été inventé avec la renaissance. Cela vient déjà des pythagoriciens en Antiquité. C'est grâce à l'imprimerie qu'on redécouvre les textes traduits par les penseurs de l'Antiquité. Les pythagoriciens avaient déjà « découverts » ceci :

Deux sortes de quantités : **discrète** (nombres naturels) ou **continue** (nombres réels).

Deux sortes de rapport : **arithmétique** (a-b : différence) ou **géométrique** (a/b : quotient)

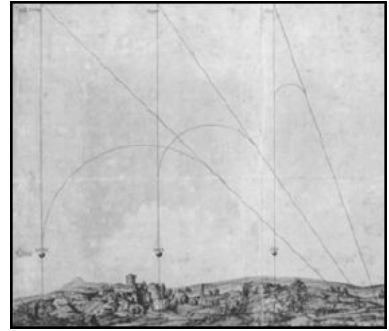
5 types de proportions :

- Proportions arithmétique ($a-b = b-c$)
- Proportions géométrique ($a/b = b/c$)
- Proportion harmonique : (musique : principe selon lequel on combine une opération arithmétique et géométrique)
- Proportion musicale : parfait : contient tous les rapports. (voir suite du cours)
- Proportion divine : rapport parfait, du nombre d'or.

Les deux seuls phénomènes qu'on peut mathématiser avec la théorie des proportions : Le déplacement en MRU et les bras de levier.

Au 16^e siècle, la cartographie se développe, mais n'est pas très précis. Le Mercator est une nouvelle technique de projection sphérique.

La balistique n'est pas encore théorisée de manière correcte. On pensait à cette époque que les corps tombaient d'abord en ligne droite, puis selon un arc de cercle, puis encore selon une droite. Il faudra attendre les travaux de Galilée pour avoir de vraies notions de balistique (suite du cours).

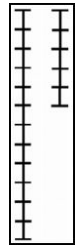


Comment les gens considéraient-ils la mesure au 16^e siècle ?

Chez Euclide, selon E Cousquer :

C'est de mettre un certain nombre de fois une longueur dans une autre.

Si on ne sait pas faire un nombre entier de fois : les 2 longueurs en question sont incommensurables.



Il faut définir un étalon qui peut être partagé

Étalon : le mètre mis au centre de la place pour aider les gens à faire du commerce.

Pour comparer leurs mesures. Un étalon doit être partout et en tout temps le même.

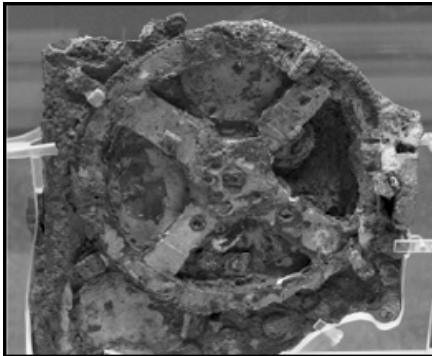
Il faut définir un instrument de mesure

Sur la toile, on remarque une horloge en plein centre.

Objet très cher et rare à l'époque. Horloge pour coordonner tous les actes d'une société. Très utile pour organiser les nations pour coordonner tout le monde.

Cette quête de la mesure du temps ne date pas du 16^e siècle

On a retrouvé une machine appelée la machine d'Anticythère permettant semble-t-il de mesurer le temps et surtout de prédire le mouvement des astres.



Celle-ci aurait été conçue par Archimède mais on n'en est pas sûrs.

Encore faut-il pouvoir définir qu'est-ce que le temps :

Aristote dit : quand au contraire nous percevons l'antérieur et le postérieur, alors nous disons qu'il y a temps, voici en effet ce qu'est le temps, le nombre de mouvement selon l'antérieur-postérieur.

Concevoir une horloge a été l'affaire de tous depuis toujours. La mesure du temps dépend toujours d'un mouvement.

L'Eglise a essayé de fixer un système pour pouvoir coordonner les grandes activités telles que Pâques. L'église installe des sortes d'automates pour prévenir les gens qu'il est par exemple l'heure d'aller à la messe, etc.

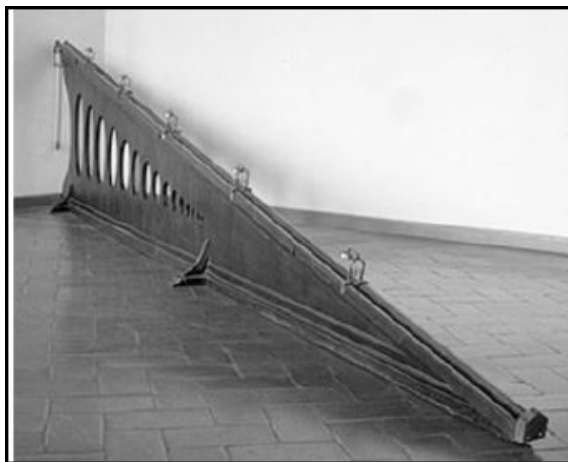
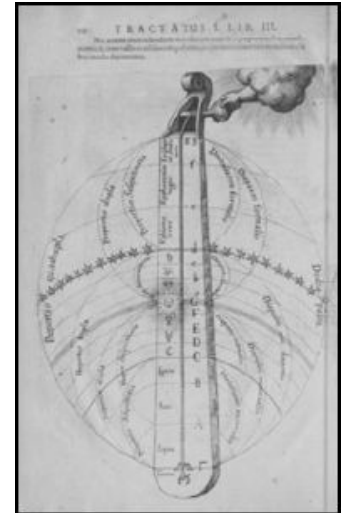
La musique (présente dans le tableau), Breughel la montre en représentant des chanteurs, joueurs d'orgue : il montre bien que rien n'est organisé, et tout le potentiel qu'on a est annulé par la **désorganisation** de toutes les personnes.

Quel est le statut de l'instrument de musique au 16^e siècle?

On pense qu'il y a des rapports mathématiques :

On retrouve des instruments à la fois marqués par une lettre et par des signes astrologiques : R. Fludd, 1618. (voir photo).

On voit aussi une main céleste venant accorder l'instrument : fait référence au fait que le monde est coordonné par des nombres entiers. Analogie : monde sonore, intervalle musical / supposition que le monde céleste se règle suivant les mathématiques.



On pense qu'il y a un lien avec les mesures de temps

Instrument de Galilée : plan incliné sur lequel il fait rouler une petite bille. Il essaye de confirmer ses connaissances sur la chute des corps.

Il utilise un plan incliné pour allonger le temps de chute.

Il a l'intuition que cela va s'agir de quelque chose du genre d'accélération. Il va essayer de régler son appareil de sorte que cela produise un son de

façon périodique. (il était fils d'un musicien d'où l'idée de diviser le temps).

Tout au centre de la toile : on observe la **Déesse de la tempérance**

Elle est remplie de symboles sur ses vêtements : lunettes, bride et le mors pour calmer le cheval, serpent en guise de ceinture (chasteté).

Elle piétine un moulin à vent, symbole de l'efficacité technique et de la régulation des processus naturels, ici délaissée dans la démesure générale : façon d'exprimer que toute cette folie dans la recherche de la mesure nous fait oublier le travail important, **le travail quotidien**.

On voit un boulet de canon, qui a suivi un chemin laissant du chaos : cela montre que l'activité de guerre risque de causer de grands dégâts pour la société.

Cours 3

Epistémologie (= valeur de la connaissance, on utilise le raisonnement pour savoir si oui ou non il y a un savoir fondé). C'est en gros ce qu'on fait dans ce cours.

Aristote nous a légué une division du savoir et une classification des sciences.

Il a une logique qui est basée sur 3 choses :

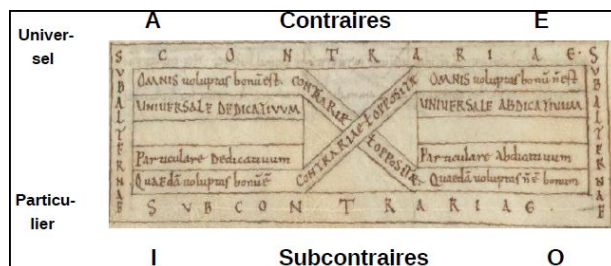
Le syllogisme : forme valide de raisonnement

Ex de syllogisme : Tout homme est mortel, or Socrate est un homme, donc Socrate est mortel.

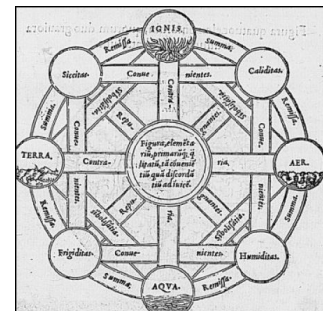
Carré logique : intéressant au point que c'est un domaine de recherche important.

Ce document montre les rapports des énoncés universels et énoncés particuliers. Dans un syllogisme : toujours une Majeure : universel et une Mineure, le cas particulier.

La forme d'un syllogisme est nécessairement celle d'un rapport : entre la théorie du raisonnement et le calcul des proportions, il y a une relation importante.



Il y a aussi le **carré des oppositions** qui existe, qui est assez similaire mais avec plus de cas pris en compte. (aucun intérêt à essayer de le comprendre)



Les opérations de pensée dans le raisonnement : démonstrations, inductions, définitions

On traduit la réalité en algèbre. Pour déterminer si c'est juste : on résout.

A l'antiquité, on avait ainsi considéré 19 règles qui permettaient d'analyser tous les cas de figure et déterminer dans une situation si c'est vrai ou non.

Si a alors b, si b alors c, donc si a alors c : relation transitive

Soit a ou b, mais non a, donc b : (soit il fait beau, soit il pleut)

L'argumentation : ses formes et sa structure dialectique

Exemple : si A lors B, Or A, donc B

ce que font les avocats, le juristes, ils trouvent une position. Ex : arguments d'autorité « tu ne feras pas ça car je suis le patron ».

A part ces 3 moyens logiques, les Grecs ne possédaient aucun autre arsenal logique pour traiter leurs problèmes. Ils n'ont seulement ce que Pythagore leur a donné. On a toujours pas évolué depuis le 4^e siècle avant JC. Alors qu'on est maintenant en 1600. Exemple montrant que cela n'était pas évident

de travailler dans de telles conditions : L'expression « le pont aux ânes » : un problème que les gens ont du mal à résoudre mais qui est finalement simple. Exemple : $A \text{ sur } B = C \text{ sur } D$. Les gens se sont cassé la tête à l'époque pour essayer de résoudre ce rapport alors qu'il est égal à $AD = BC$. C'est ce pont aux ânes qui sert de transition entre le Moyen-âge et le 17^e avec la renaissance (quand on arrive à transformer ce rapport en une équation).

Vers la fin du moyen âge, les arabes nous transmettent le goût des mathématiques. (autre que les simples rapports)

La quadrature du cercle, différentiation et intégration.

trois grands problèmes en 1600 que les gens ne comprennent pas : (quadrature du cercle, cycloïde-TUYAU et la tangence)

La quadrature du cercle (+cycloïde)

On remarque dans la littérature de l'époque, les gens ont un grand intérêt dans ces deux problèmes, notamment avec la quadrature du cercle, les gens projettent les rayons du soleil à travers un cercle découpé pour observer au sol l'ombre. En faisant ça, ils veulent pouvoir trouver un carré dont le périmètre vaut le périmètre du cercle. (or c'est impossible car il faudrait trouver la valeur de Pi).

Une solution qu'apporte Archimède à ce problème est dans le « Traité sur la mesure du cercle » où il arrive quand même à avoir une grande précision dans la valeur de Pi.

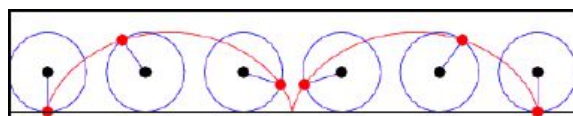
Aristote pose lui le problème de la Cycloïde.

Pour répondre à ce problème, les gens n'avaient que très peu d'outils mathématiques : les proportions

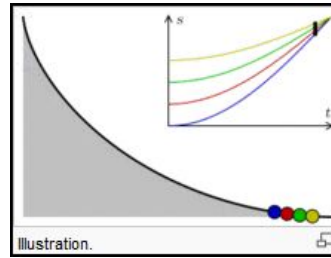
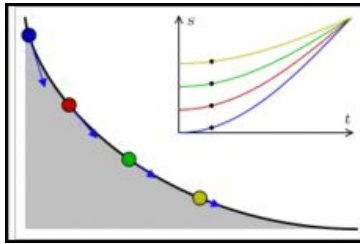
Ils avaient aussi des méthodes générales et particulières.

- **Preuve par exhaustion** : on travaille par approximation. Ici on essaye d'enclaver le cercle par un polygone. (EUCLIDE)
 - o Problème : selon les grecs les grandeurs sont divisibles à l'infini
 - o Solution : On en parle pas d'infini mais de choses plus grandes ou plus petites que toute grandeur donnée (donc pas de polygones à une infinité de cotés infiniment petits)
- **Preuve par contradiction** : Preuve par l'absurde : montrer que le contraire de ce qu'on veut prouver est impossible. : On montre que les rapports des carrés des diamètres ne peuvent être entre eux que dans le rapport de cercles ni plus petits ni plus grands que ceux proposés. Preuve par méthode mécanique : il va découper de la taule en forme de parabole pour étudier l'intégrale de celle-ci. il pèse les lignes. Il veut calculer l'aire de la partie paraboles et pour ça il trace la tangente. Il coupe le triangle de plus en plus petit. Il utilise la statique. Ces preuves ne démontrent pas mais donnent une apparence de vérité.
- **Méthode mécanique d'Archimède** : il s'agit d'opérer plutôt de manière intuitive. Pour calculer des aires (correspondant à notre calcul d'intégrales aujourd'hui), il prend une plaque qu'il découpe en petites lignes et il pèse ces dernières afin d'obtenir la surface totale. C'est donc une méthode qui est **mécanique** et qui **ne démontre rien** à part donner une apparence de vérité

Le problème que pose Aristote n'est pas nouveau du tout, il avait été énoncé par Masenne.

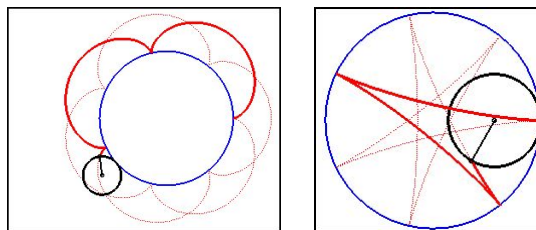


La cycloïde est **Tautochrone** ; Sur la cycloïde, quel que soit l'endroit auquel on laisse tomber une boule, elle arrivera en même temps que les autres lancées ailleurs au même moment.



La cycloïde est **brachytoshrone** ; c'est la courbe qui fait descendre une bille le plus rapidement possible. Bernoulli redémontrera ça plus tard.

Deux applications de la cycloïde : **l'épicycloïde** et **l'hypocycloïde**



Deux propriétés particulières des courbes ont mené au calcul **différentiel et intégral (!!)** :

- Quadrature
- Tangentes

Comment y est-t-on arrivés ?

- Descartes : il détermine la normale en un point et prend sa perpendiculaire
- Fermat : il utilise le problème déjà résolu du maxima et du minima. (voir démonstration des slides).
Ne pas savoir expliquer concrètement car le prof ne sait plus s'il l'a démontré au cours.
- Roberval et Torricelli : ils utilisent une analogie cinématique en rendant compte que la tangente est similaire à la vitesse instantanée d'une particule dans une trajectoire courbe.
Roberval décompose le mouvement en deux de direction et vitesse connue.
Recompose les 2 par règle du parallélogramme. La Tangente = diagonale

Torricelli : applique les résultats de Galilée sur le mouvement et trouve le rapport vitesse/déplacement sur l'axe générateur de la courbe. Puis il recompose les 2 pour trouver la tangente.
- Cavalieri : il suit la méthode d'Archimède en disant que la surface est une infinité de lignes.

Le théorème important qui en découle est celui de la relation entre la différentiation et celui de l'intégration.

Remarque supplémentaire :

Huygens a donné des propriétés de la cycloïde : elle est tautochrone. => dans un pendule, la période dépend de l'amplitude. Ce n'est pas le cas pour la cycloïde. Par une démonstration géométriques, que ce sera toujours en temps constants.

Son innovation repose sur une seconde découverte géométrique : la développée de la cycloïde qui est le lieu de tous les points par où passent les normales aux tangentes de la cycloïde. Et cette développée est aussi une cycloïde. Propriété particulière de la cycloïde. → isochronisme. Il dit que s'il force un balancier à suivre le déplacement selon une cycloïde, alors l'horloge affichera toujours le même temps. Ça c'est l'innovation d'Huygens.

Cours 4

En 1604 : Lettre de Galilée à Paolo Sarpi : Elle explique la loi de la chute des corps en 1604.

A cette époque, on fait encore une distinction entre la mécanique sublunaire et supra-lunaire. On ne considère pas les mêmes équations.

- Supra-lunaire : tout est parfait là haut : c'est circulaire et à vitesse uniforme : mouvement des astres.
- Le sublunaire : Sous terre : le rectiligne : monde imparfait

Galilée va devoir créer sa théorie bien connue de la chute des corps sur Terre. Pour cela il a besoin d'outils :

- Théorie des proportions (**Thales de Milet**) $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ bien avant JC
- Quadrature du cercle et de la parabole (**Archimède**)
- Calcul des volumes et des centres de gravité (**Euclide et Archimède**)
- Tentative d'écriture d'une équation du mouvement (sans notion de fonction, que des observations) (**Aristote**, bien avant JC) Pour décrire les mouvements, on utilise des rapports.
 $\frac{\text{vitesse}}{\text{temps}} = \frac{\text{distance}}{\text{temps}}$ 1 $\frac{\text{vitesse}}{\text{temps}} = \frac{\text{distance}}{\text{temps}}$ 2 $\frac{\text{vitesse}}{\text{temps}} = \frac{\text{distance}}{\text{temps}}$ 2
- Les questions de mécanique car on peut l'approcher par des rapports (toujours aristote)
 - o La loi du levier
 - o Le mouvement et la vitesse

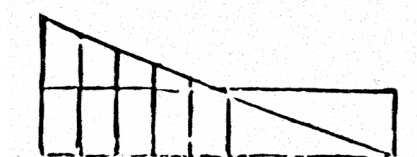
C'est donc **très limité** ce dont Galilée a à sa disposition ! Mais ce n'est pas tout, il dispose aussi de :

Vers le M-A : **Le collège de Merton** : 1330.

On commence à parler d'accélération : augmentation de la vitesse de façon linéaire.

Il prend un mouvement qui fait accélérer le système. Il remarque que la vitesse finale vaut la moitié de la vitesse moyenne.

Puis ils vont s'amuser mathématiquement à imaginer si la vitesse augmente, ou si l'accélération aussi augmente.



Navigation : Dans un bateau, pour aller d'un point A à un point B, le mieux est de prendre l'orthodrome : le chemin le plus court, or, cela est difficile à suivre => la boussole permet de croiser les méridiens avec un même angle.

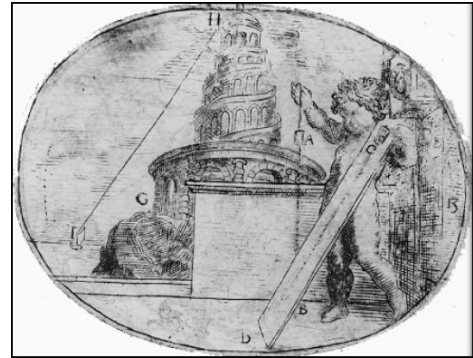
Pedro Nunes va dire qu'il faut prendre des dx les plus petits possibles pour une grande précision. Cette idée sera encore affirmée par Stevin.

Il donne un tableau vide dans son rapport car tout le monde doit le remplir en fonction de son voyage. : l'arc de méridien. dy

La différence de longitude. dx

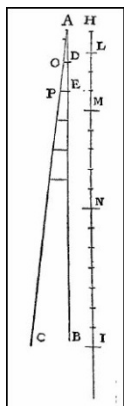
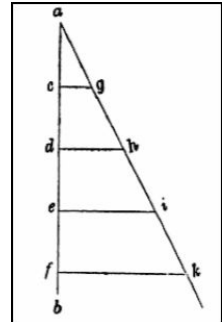
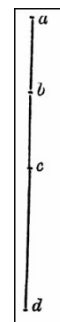
La longueur du trajet : ds

Autre outils que Galilée a à sa disposition : Saint Vincent
dit qu'on peut soit descendre en spirale, en ligne droite, on aura la même vitesse.



Galilée revoit donc son principe de la chute des corps en 1604.

- Il étudie les mouvements accélérés sur un plan incliné plutôt qu'en chute libre, il constate que la loi de chute est la même. (il fait ça pour pouvoir observer une accélération un peu plus lente, par facilité).
- Il constate aussi que quand un corps tombe, il acquiert une vitesse plus grande en fonction de la distance qu'il parcourt. Cela revient à des proportions au carré. Il trouve la formule : $s/s = t^2/t^2$. Ce qui revient en forme d'équation à notre formule : $E = \frac{1}{2}gt^2$



Comment arrive-t-il à avoir un rapport avec des nombres au carré ?

Il remarque que dans un premier instant, le corps parcourt un certain intervalle HL, Dans un deuxième temps, il parcourt 3 fois une longueur HL, puis, dans un 3^e temps, 5 fois HL, puis 4^e temps : 7 fois HL.

Si bien que

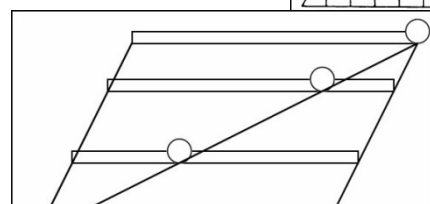
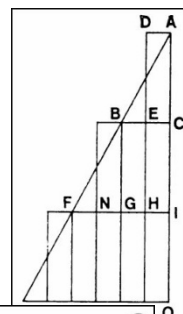
1+3 = 4 après 2 temps

4+5 = 9 après 3 temps

9+7 = 16 après 4 temps

Galilée doit encore expliquer le mouvement parabolique d'un projectile. Il a des **outils** :

- Discorsi : il reprend le principe et donne une définition de l'accélération. Il la définit : comme donnant un accroissement de la vitesse à chaque instant dV . Il dit que l'accélération est linéaire. En des fractions de temps égales, se produisent des additions égales de vitesse.
 - Les questions de mécanique d'Aristote :
 - o Composition des mouvements rectilignes et uniformes ; Il reprend le théorème de Murton avec les triangles.
- Composition des mouvements : On



remarque que par les vecteurs, avec une latte qui peut bouger : dans un même temps, on arrive au même moment. Loi de composition des mouvements. Cette démonstration reste de vigueur jusqu'à Newton. Lui va le reprendre en généralisant en disant qu'il faut considérer le fait que c'est un point ponctuel.

- Nicolo Tartaglia : il voyait une trajectoire parabolique comme étant une suite de 3 mouvements : rectiligne et circulaire. (Comme expliqué au début).

Galilée comprend qu'il y a plusieurs mouvements à décomposer. C'est l'indépendance des mouvements qui entraîne le fait qu'on ait une chute selon la trajectoire d'une parabole.

Dans le supra-lunaire.

En 1609 : Galilée possède un télescope. Il ne l'a pas inventé, mais l'a vite utilisé.

Galilée va comprendre le mouvement des **astres**, il a à nouveau des **outils** ;

- La vision d'**Aristote** :
 - o Le monde est sphérique
 - o Le mouvement est uniforme dans le ciel- au dessus de la lune, les mouvements sont parfaits : circulaires et uniformes.
 - o La terre est immobile au centre du monde : Si la terre n'était pas au centre, elle tomberait vers ce sens
- **Ptolémée** : son procédé est excellent et très peu différent de ce qui fera fait plus tard par Copernic.. ; il dit que la terre est au centre, et il a du mal à décrire les équations du mouvements de la terre. « il faut travailler qu'avec des cercles et à vitesse uniforme ».
- **Copernic** : il veut réintroduire un système circulaire et uniforme, comme Platon et Aristote, il est conservateur. Copernic va devoir dire à tout le monde que c'est la terre qui est en mouvement autour du soleil.
Il faut faire comprendre aux gens que la terre peut être en mouvement et qu'on ne s'en aperçoit pas. Il faut introduire la notion de relativité. Exemple : voir un truc tourner au tour de soi ; ça peut être en fait moi qui tourne et le truc au repos : relativité optique.
- **Kepler**
 - o veut expliquer la distance qu'il y a entre les planètes. Le 8 mars 1618, il découvre la 3^e loi. Il trouve une relation entre les distances et périodes.
 - o Veut prouver qu'il y a une loi des aires parcourues Lorsqu'on voit mars tourner sur son orbite, on peut mesurer un temps, l'aire balayée par le rayon de mars = aire du rayon vecteur qui supporte mars.
Kepler va développer le problème d'intégration.
- **Un télescope**

Galilée énonce le principe de relativité central. Il reste représenté par un bateau entre les personnages qui départage Ptolémée et les autres. Peinture de Grégoire de Saint-Vincent. Que ce bateau soit au repos ou en mouvement rectiligne et uniforme, les expériences qu'on fait dedans donnent les mêmes résultats.

Isaac Newton clôt l'histoire en énonçant ses 3 lois.

Plusieurs **légendes** racontent comment les pythagoriciens expliquent le **rapport** entre les **math** et la **musique** :

- Pythagore passant près d'un forgeron voyant des gens taper sur une enclume. Sur chaque marteau, il y a un chiffre et selon la légende, en entendant frapper les différents marteaux des différents poids auraient fait différents sons. Or, c'est toujours le même ton.
- Autre légende : des verres plus ou moins remplis d'une certaine quantité d'eau, en // avec des cloches plus ou moins grandes.
- Autre légende pour laquelle les pythagoriciens sont célèbres : rapport entre les poids qui créent une tension dans les cordes, et le son produit par les cordes. Or, entre deux poids de masse double, on a pas un son doublement aigu. Le son ne varie pas de manière linéaire : si on veut doubler le son, il faut avoir le poids au carré.

Commensurabilité, grâce au diapason. Les pythagoriciens veulent empêcher la non commensurabilité : le fait de ne pas pouvoir faire de rapports.

⇒ Les pythagoriciens essaient de trouver tout rapport entre les nombres grâce à la musique.
Tous les procédés n'étaient pas justes sauf un :

1 : 1 = unisson	2 : 3 = quinte
1 : 2 = octave	3 : 4 = quarte
1 : 4 = double octave (1 : 2*2)	1 : 5 = tierce majeur
1 : 3 = octave + quinte	1 : 6 = tierce mineur
8 : 9 = seconde	

« sans déplaire à l'oreille » : à l'époque : contradiction entre les gens, certains **pensent que ce sont les math qui doivent dicter qu'est-ce qu'une bonne note**. D'autres disent que c'est **l'oreille qui doit juger si une note est bonne ou non**.

Mais, **comma pythagoricien** : petite erreur qui s'empile au fur et à mesure des notes. => conflit entre les mathématiques qui veulent tout régir. S'en suivait tout un système de gamme tempérée pour partager cette erreur tout au long de la gamme pour que cette erreur soit la moins perçue possible.

Il y a bien une correspondance entre les **math** et le **monde** mais quand il s'agit de les mettre en mouvement, on a pas les outils nécessaires pour les décrire : d'où les erreurs.
Le nombre 129, 7463 n'est pas connu. Ce n'est qu'après qu'on le découvrira.

Ils travaillent avec des rapports. A est à B, ce que C est à D. ce n'est pas encore fonction ni une équation.

Dans le monde des quantités discrètes, les gens s'aperçoivent qu'il y a une relation quand on prend le produit des extrêmes et qu'on l'égale au produit des moyens. Or, si cela est comme pour les discrètes, ce n'est pas encore connu dans les nombres continues.

Il y a deux sciences qui sont déconnectées dans la tête des gens avant la période de Descartes : le monde des quantités discrètes (1,2,3,4,...), et le monde des quantités continues (129,56846464). Le deuxième : lieu de la géométrie.

A cette époque, ils ne connaissent que les rapports et non les nombres en eux-mêmes. On ne s'intéresse pas aux nombres qui constituent le rapport mais le rapport en lui-même.

Dans le problème de mesure, ce qui importe c'est de trouver une commune mesure pour faire des rapports.

Descartes va lui faire changer les choses : il va casser la barrière entre l'arithmétique et la géométrie : on se sépare du rapport \Rightarrow on va $a \cdot d = c \cdot b$. Descartes doit écrire tout un livre pour prouver cela à ses contemporains difficile à croire à l'époque.

Descartes va pouvoir calculer en géométrie.

On est en 1637

Newton : méthode des fluxions.(suites infinies) Il ne l'a pas publiée.

Si on divise deux polynômes, on obtient un développement en série. Par cette approche, Newton entre dans le calcul différentiel.

Leibniz a coiffé Newton car il lui vole la vedette.

Il publie un article de 5 pages qui explique tout le calcul différentiel et intégral en 5 pages.

Dx de **Leibniz**. Il l'utilise pour donner sur le dessin une unité. Ce qui est remarquable, c'est que l'unité est le dx. Or, normalement, ce dx est infiniment petit. Ddx est infiniment petit par rapport à dx. En gros, sur le dessin il est assez grand et Leibniz veut montrer que la mesure peut être de grandeur macroscopique, ce sont quand même des infiniment petits les uns par rapport aux autres.

Premier problème de la caténaire. Posé par les frères Bernoulli.

Cours 6

Début de la thermodynamique et probabilités.

Rappel :

Les 4 premiers cours : aux alentours de 1604. : 17^e siècle. Galilée, Copernic, etc.

A partir de maintenant : 1830, thermodynamique : plus évolué et utilisation des probabilités.

Brown : biologiste : son texte n'a pas été beaucoup lu. Il n'a pas vraiment découvert le mouvement brownien.

A l'époque on avait observé qu'en plaçant des particules comme du pollen dans de l'eau, elles s'agitaient d'elles-mêmes. Brown a donné une observation concrète et juste (autre que dire que c'est du vivant) en disant que c'est la chaleur de l'eau et l'agitation moléculaire de l'eau qui les met en mouvement.

Le mouvement brownien est très aléatoire. On sent qu'on va devoir utiliser les probabilités.

Ce mouvement brownien n'a pu être bien théorisé que par Einstein. C'est une des 3 grandes découvertes d'Einstein.

Il y a deux explications différentes :

- l'une phlogistique : transmission de chaleur. Le phlogistique est la chaleur qui peut s'écouler comme un fluide d'un corps plus chaud vers un corps froid.
- Deuxième théorie : mouvement et mécanisme de la chaleur : c'est l'agitation des molécules qui crée la chaleur.

Cette opposition entre les théories est aussi visible partout depuis le MA. Entre le discret et le continu.

Lavoisier est le partisan du calorique et il dit même que chauffer une molécule revient à lui faire prendre un plus grand volume du à l'agitation plus importante des molécules dedans.

Bernouilli va donner un modèle qu'on utilise encore aujourd'hui : il veut montrer la loi de **Boyle-Mariotte** est juste, que le produit de la pression et du volume est constante. (par expérience)

John James Waterson ajoute le fait que les collisions entre les molécules des atomes sont parfaitement élastiques. Il dit qu'elles sont toutes semblables entre elles d'où les probabilités qu'on peut faire sur leur position.

Notion importante : **le libre parcours moyen**. Il faut que le nombre de particules soit négligeable par rapport au volume du bocal. Le libre parcours moyen est la distance traversée par une molécule, après en avoir heurté une autre et avant d'en rencontrer une nouvelle. Ce temps est inversement proportionnel à la densité du milieu.

Il souligne aussi qu'il y a une conservation de l'énergie aussi appelée force vive.

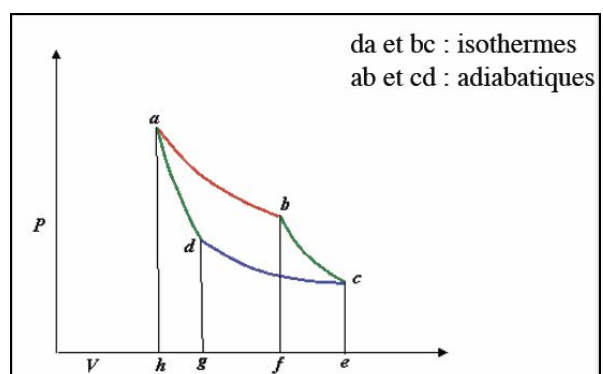
A cause du grand nombre de particules, même avec quelque chose de **discret**, on va pouvoir créer quelque chose de **continu**. (Pourquoi discret ? car des unités de particules).

Carnot énonce un principe important de l'énergie. Pourquoi ? Car c'est important à l'époque on commence à découvrir d'autres formes d'énergies autre que le mouvement (électricité, chaleur par friction, chaleur par électricité). Il leur faut un principe général de la conservation de l'énergie. Ce principe stipule qu'il y a **conservation de l'énergie**. Tout comme déjà énoncé par Saint Vincent et Galilée page 9.

Carnot doit énoncer un autre principe qui est celui-ci : Il n'y a **pas de mouvement perpétuel** de première espèce : la bille devrait monter plus haut que son point de départ, or c'est impossible.

Il dit qu'il y a des **dépensements d'énergie**. Les phases DABC sont des transformations isothermes : à températures constantes. Les autres transformations sont adiabatiques : transformations qui peuvent modifier la pression et le volume, la température, mais pas la quantité de chaleur transférée.

Dans ce cycle, Carnot fait la remarque qu'un tel cycle est imparfait. Pour qu'il soit parfait, il faudrait que ce cycle puisse être inversé. Les cycles montrent que l'énergie n'est pas bien conservée. On a perdu de la quantité de chaleur.



Et la mesure dans tout ça ?

La définition d'une **échelle absolue de température** et définition du **zéro absolu**.

D'abord, on crée une échelle qui est arbitraire (on prend les températures d'eau qui boue et qui gèle).

Après on fait une autre échelle qui soit elle absolue. Le zéro absolu est le froid où l'état des petites billes du modèle de **Bernoulli** n'auraient plus aucune agitation.

Guillaume Amontons veut définir cette échelle absolue.

Kelvin dit que quand on a le zéro absolu, le volume pris par les gaz est nul. Pour il y a un grand débat sur l'entropie et la mort thermique de l'univers. **Clausius** dit que l'énergie de l'univers est constante, et l'entropie de l'univers tend vers un maximum. L'entropie est définie d'une manière purement physique. Cela n'a rien probabiliste. On va vers un univers où l'énergie est uniformément répartie.

Naissance de la **mécanique statistique**. Clausius a plusieurs outils à sa disposition :

- Deux sortes d'état : état improbable, état probable.
Quand état improbable, on va vers état plus probable.
- Cette diffusion est irréversible. Pourtant les seuls phénomènes qui ont lieu dans le bol sont totalement réversibles. Comment à partir de totalement réversible on arrive à faire du réversible. (voir de l'encre dans du bocal)

Autre problème à l'époque : le déterminisme a cause du problème de réversibilité.

Maxwell disait en 1873 que en mécanique classique, on a une science qui est prédictive et qu'on peut remonter dans le passé. Or en probabilité, on peut prédire le futur mais on ne peut pas prédire le futur.

Nécessité, ou déterminisme = être sûr de ce qu'on prédit.

Le problème de l'époque est que les gens se disent que tout est prédit de toute façon quoi qu'on fasse de notre vie.

La conception **laplacienne du déterminisme**. Laplace commence par affirmer ce qui est comme le principe de causalité comme **Aristote**. Il y a une cause à notre état qui est dans l'état précédent, et nous sommes la cause du futur.

Il n'y a pas de différence entre la mécanique de **Newton** ou **Laplace**. L'aspect prédictif serait aussi valable pour le thermo que pour l'aspect rétrospectif. L'esprit humain offre une faible esquisse de cette intelligence.

Autrement dit : on est capable de comprendre les mouvements des astres, etc. , mais notre intelligence n'est pas suffisante pour tout déterminer ce qui se passe dans les atomes et tout. **Notre incompétence exige l'utilisation des particules.**

Tout événement même infime peut et doit être considéré comme des astres. Le progrès de l'esprit humain. Tous les problèmes du déterminisme sont liés à une impossibilité de tout comprendre.

Laplace travaille d'abord avec des probabilités. Puis, une fois qu'il a trouvé la loi, il s'en sort avec des lois plus précises. Les probabilités servent d'outils pour pouvoir trouver des lois plus exactes.

Le hasard n'a donc aucune réalité en lui-même, ce n'est qu'un concept.

Cours 7

Une question qui s'est posée à l'époque : l'**électricité**

Thomson n'hésitait pas à spéculer en limitant les capacités d'imagination de ses étudiants. La théorie du prof est la théorie.

Quelques points sur la vie de Thomson et surtout une anecdote :

Il est entré très tôt à l'université et il a rédigé un texte qui corrigeait une erreur faite par Kelland.

A cette époque (19^e siècle) **Fourier** dit :

- « *les causes primordiales ne nous sont pas connues, mais elle sont régies par des lois simples qu'on peut découvrir par l'observation* ». (présupposition)
- « *A chaque **problème d'électricité**, on peut faire correspondre un problème de mouvement uniforme de la **chaleur** par des mêmes **conditions analytiques**. Donc on peut considérer d'une point de vue mathématique le même problème* ». (analogie)

A cette époque, **Faraday** dit :

- Les forces d'attraction et de répulsions exercées par l'électricité ne résultent pas d'actions exercées à distance mais bien en se propageant par l'action moléculaire entre les particules du milieu isolant.

A cette époque, il y a aussi les idées de **Coulomb** qui divergent un peu.

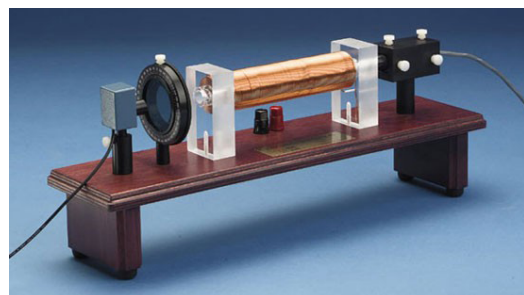
- ⇒ Thomson dit que les idées de Faraday et Coulomb quant à l'électricité sont bonnes toutes les deux et que les différences viennent du fait que le problème est approché de différentes manières.

Thomson parvient à faire une grande **analogie** entre l'électricité et la chaleur :

- Les matériaux magnétiques laissent passer facilement les lignes de forces. (hydrocinétique).
- Les matériaux conducteurs de chaleur laissent passer facilement l'induction. (capacité inductible spécifique du diélectrique). Thomson parle d'énergie au sens thermodynamique.

Thomson **influence et est influencé** par Faraday

- Thomson prédit qu'il y a une relation entre le magnétisme et la lumière
- Faraday vérifie cela avec l'expérience à effet Faraday



Effet Faraday et ses applications :

- Polarisation du spin des électrons dans un semi-conducteur.
- Etude des phénomènes extragalactique avec analyse du spectre lumineux des étoiles pour en savoir plus sur leur composition.
- Appareils de mesures indispensables à des projets comme ITER qui utilisent les propriétés de la loi de Faraday (fusion nucléaire).
- Polarisation des verres.

Thomson influence aussi **James Clerk Maxwell** en le convainquant qu'il est possible de traiter **l'électricité de façon mathématique**.

Thomson veut **découvrir** les propriétés mystérieuses de la matière qui sont expliquées par les propriétés ou par la structure des molécules et leur relation à l'éther. Il pense que le **mouvement** est **l'essence** de la **matière** qui est **issue mécaniquement** de la lumière et de la chaleur, le tout trouvant son origine dans la gravitation.

- ⇒ Il propose une représentation cinématique et mécanique des forces électriques, magnétiques et galvaniques en termes des équations d'équilibre de solides élastiques incompressibles et Stokes. **Robert Hooke** est à la base de la théorie de l'élasticité.

Pour cela il a besoin d'aide d'autres acteurs :

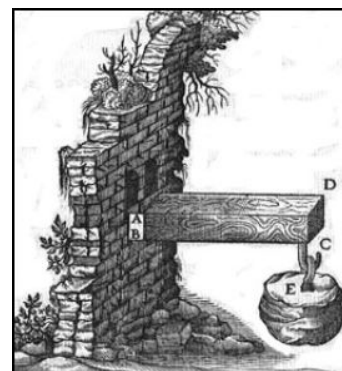
- Equations de **Navier-Stokes** en *hydrodynamique* concernant le mouvement d'un fluide visqueux. Le verre est un liquide mais qui est très visqueux. Il lui faut beaucoup d'énergie pour changer de place.
- *Fonction potentiel* de **Green** qui représente la somme de toutes les particules qui agissent sur un point divisé par leurs distances respectives de ce point. Cette fonction donne la force de l'ensemble de la masse du corps qui agit sur ce point.
- *Problème* de **Stokes** On ne comprend pas comment l'éther, qui remplit l'univers peut à la fois être liquide et solide. (Pour pouvoir laisser circuler les étoiles en même temps qu'en laissant transmettre les ondes transversales).
- **Faraday** avec son induction électromagnétique. Il comprend que le courant généré dans n circuit primaire induit un état de tension électrique dans les particules du circuit. Il met aussi en évidence l'état de polarisation de la matière notamment avec des lignes de forces.
- **Maxwell** critique cette façon de considérer l'électricité comme un fluide.
- **Cavendish** : Idée que l'électricité coule comme un fluide incompressible.
 - Question : qu'est-ce qui différencie un fluide d'un solide ?
 - Question : qu'est-ce que l'élasticité ?
 - Tentative de réponse de **Stokes** : la viscosité dépend de la résistance au changement de forme + dépend de la force tangentielle par unité de surface.

Autre exemple de problème traité qui **n'a rien à voir** avec l'électricité: « dynamique relatifs aux enveloppes sphéroïdales et sphéroïdes de liquides incompressibles ». En gros, l'élasticité des corps.

On reprend la question traitée par Thomson : **L'élasticité pour les corps solides**. Le problème qui s'y rapporte est de trouver des questions d'équilibre et de vibration dans les corps solides élastiques.

Avant Thomson :

- **Galilée** : il utilise la rotation l'une basse fixée perpendiculairement à un mur pour faire des mesures sur l'élasticité.



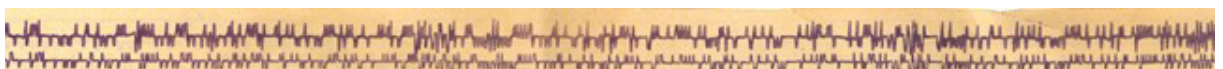
- **Hooke** : il pense au principe du ressort mais ne pense pas à l'appliquer.
- **Mariotte** : Il dit que la résistance à la flexion vient de l'extension et la contraction de la poutre.
- **Fresnel** : interférences et lumière polarisée → vibrations transverses
- **Poisson** : équations d'équilibre en termes des composants de contraintes. Sommation sur toutes les molécules voisines d'une molécule donnée remplacée par intégration.
- **Cauchy** : il clarifie le problème et corrige **Poisson** et donne les équations différentielles du mouvement et de l'équilibre des solides isotropes élastiques. Son idée est que le nombre de molécules dans la sphère d'action de la molécule considérée peut être considéré comme proportionnel au volume total.
- **Green** : il critique **Cauchy**. Il propose une autre méthode pour les équations partant du principe de la conservation de l'énergie.
- **Thomson** : il apporte son idée basée sur les 2 premières lois de la thermodynamique. Il prédit l'existence de la fonction « déformation-énergie ».

Thomson donne une théorie convenable et il veut déterminer l'état de contraintes de tension : cela se réduit au problème analytique de trouver des fonctions qui représentent les composantes de déplacement. TOUT SE REDUIT AU PROBLÈME ANALYTIQUE d'où l'intérêt de la fonction potentielle.

Remarque faite par **Feilman** ; le seul endroit où dans toute la physique on a deux phénomènes différents qui peuvent être expliqués de deux manières différentes : comme l'analogie qu'on fait depuis le début du cours (tout est pareil partout)

Quelles sont les applications des idées de Thomson sur la thermo et l'électricité ?

- Déterminer l'âge de la terre : quelque chose de très important pour lui. (Anecdote : Il dit que c'est plus intéressant pour lui de connaître l'âge de la terre que de savoir quand est-ce que les normands ont envahis l'Angleterre).
Il écrit que l'âge de la terre peut être approché par une même manière que l'étude de l'électricité. Tout comme il a pu le faire en résolvant le problème de la propagation des perturbations électriques dans un circuit en le réduisant à la diffusion du déplacement électrique à la manière de la chaleur dans la théorie de Fourier.
Comment calculer l'âge la terre ?
 - On considère la terre comme un réservoir thermique qui se refroidit petit à petit.
 - Cet âge doit permettre le temps pour apparaître la vie sur terre.
- **Le câble transatlantique.**
Il a permis de mettre au jour des problèmes mal compris à l'époque sauf par Thomson : les perturbations électriques dans les conducteurs comme le câble télégraphique sous-marin. Anecdote : Tellement que le signal qu'on pouvait s'envoyer via ce câble était faible, on embauchait un groupe de personne pour observer les signaux reçus, projetés sur un grand écran, pour déterminer si le signal allait à gauche ou à droite.



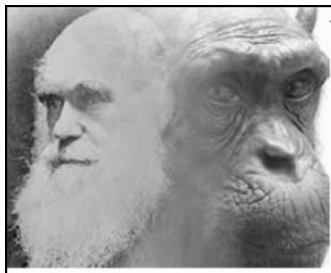


En gros, ce n'était pas au point du tout.
Photo d'une machine réceptrice écrivant les
signaux ci-dessus.

Cours 8

1830 est une date charnière car à cette date on arrive à mettre en liens certains concepts pour en soutirer des **nouvelles applications**. Notamment dans 4 domaines :

- Chemin de fer
- Thermodynamique
- Principe de l'évolution
- Ordinateurs



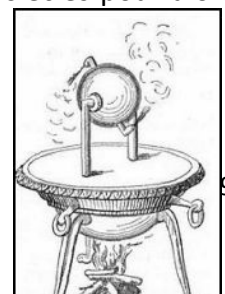
C'est pourquoi on a mis une photo de Darwin au début de ce cours. Il est une personne qui a su faire cet exploit en rassemblant toutes ses connaissances sur l'histoire naturelle ainsi que le calcul. Il a alors fondé la théorie de l'évolution. C'est similaire à la notion d'intégration ; il s'agit d'unifier beaucoup de concepts déjà connus à l'époque pour enfin trouver quelque

chose de fondamental.

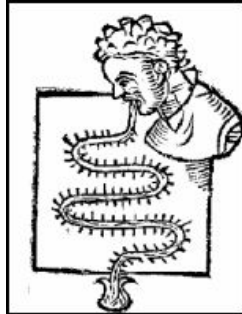
A partir de 1830, la classe moyenne devient une vraie force politique. Cette classe représente les gens qui sont ni pauvres, ni aristocrates. Ils veulent accéder à un certain confort et qui influencent fortement l'industrie et les chercheurs car ils représentent un grand potentiel économique. Ils veulent du confort et sont prêts à dépenser de l'argent pour s'acheter ceci ou cela.

Les gens reprennent alors de nombreux **acquis théoriques** des 16^e et 17^e siècles pour alors les appliquer à de nouvelles technologies.

Quels sont les **acquis théoriques** ?



- On sait transformer l'énergie de chaleur en énergie de mouvement avec la machine de Héron.
- On connaît le thermomètre de Galilée + celui de Santorio qui permettait, suivant la chaleur de la bouche et donc la dilatation du fluide mesurer l'état de fièvre du patient.



Applications :

La machine à vapeur qui a évoluée :

- Vérin qui se déplace suivant la pression dans un tube de **Denis Papin**.
- Première machine pour pomper l'eau d'une mine par **Thomas Newcomen** (photo).



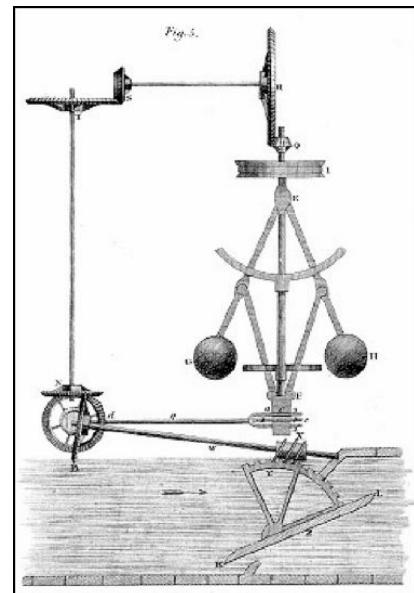
Problèmes :

- Mauvais rendement énergétique
- Dangers à cause de l'impossibilité de les contrôler

Solution de James Watt :

- Une roue lourde permettant de lisser le mouvement de la machine grâce à son inertie
- Un parallélogramme qui permet de garantir la linéarité du piston
- Un réservoir d'eau éloigné de la machine pour éviter le réchauffement involontaire de celui-ci
- Un régulateur à boules de **Watt**.

Boucle de rétro contrôle de la machine de **Watt**. Il y a une comparaison entre la valeur actuelle et une valeur de référence et la machine réagit en fonction de celle-ci. S'il y a une suractivité de la machine, son régime est freiné. Et vice versa.



Remarques :

- Les machines à vapeur : pas si vieux que ça : jusqu'en 1987 on trouvait encore une machine à vapeur dans une scierie.
- Cheveux de fer : analogie avec les trains à vapeur. On voulait montrer que la locomotive avec atteint la vitesse du cheval.
- Rétro action : l'une négative, l'une positive. Pour la machine de Watt elle est négative car cela contre la hausse de la combustion.

La thermodynamique :

La théorie de la thermodynamique a été mise en place durant des années entières.

- **Carnot** pense que la chaleur est un fluide qui se « coule » toujours du chaud vers le froid.
- **Mayer** énonce la 1^e loi de thermo en disant que l'énergie est conservée (il devine cela en observant les vagues de la mer)
- **Thomson** propose le concept d'entropie (2^e loi de la thermo)
- **Joules**, alors qu'il n'est qu'un brasseur, il parvient à montrer le lien entre énergie mécanique et énergie calorifique (chaleur). N'étant pas professeur mais brasseur, ses expériences ne sont pas tout de suite remarquées.

Ainsi on a pu comprendre que la chaleur était d'origine mécanique.

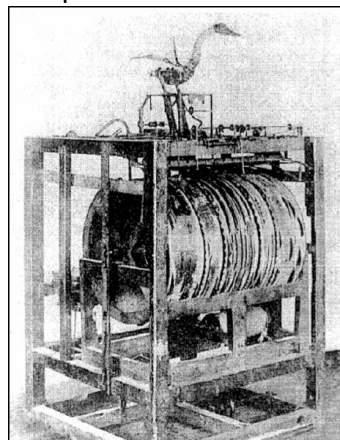
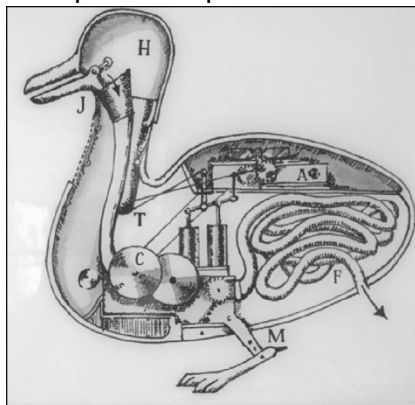
La cinématique : le mouvement pur

La cinématique est formulée à partir de 1700 par **Varignon** grâce au calcul différentiel. Elle est améliorée avec le concept issu de la thermodynamique : le mouvement peut être analysé de manière autre que l'énergie.

Plus tard, au 19^e siècle, on enseigne systématiquement la cinématique.

Ce qui est intéressant avec les automates, c'est qu'à cette époque, on essaye de **comprendre** le corps humain. Ce sont des mécanismes très complexes. On tend vers une complexité comparable à celle de l'homme.

Quelques exemples d'automates construits par Jaques de Vaucanson au 18^e siècle:



Deux racines de la robotique :

- On sépare les différents processus qui servent à décrire le corps humain.

- Automatisation des processus de travail. Au 18^e siècle les gens commencent à avoir peur pour leur avenir professionnel car leur travail est pris par les machines.
Jacquard est un des pionnés en utilisant des cartes perforées pour garder les données. C'est l'idée de la programmation qui a lancé l'idée de l'informatique.

Aussi : l'idée de mécaniser le calcul. Les os de Neper : on aligne les bâtons et en suivant les enchainements dans les cases on calcule le produit facilement. L'idée serait due à un horloger suisse. Le logarithme est une série arithmétique qui donne prise sur une série géométrique. Cela simplifie et rend possibles beaucoup de calculs.

Il y a un mouvement dans les deux sens : calcul et mécanique !

Comme racine de l'informatique : **charles babbage**. Il veut créer une machine qui peut faire différentes opérations automatiquement.

Ada lovelace : « la machine peut faire tout ce qu'on peut lui dire de faire.. » définition de la programmation.

L'être humain peut il être réduit à de petits mécanismes ? C'est ce qu'on se demande à cette époque. L'idée qu'il y a ait des étapes de développement existe depuis longtemps. Mais le fait que ces mécanismes soient le fruit d'un créateur ou dieu ; grande question encore.

Darwin, sur bases de beaucoup d'informations et d'échantillons, publie de l'origine des espèces : il essaye de comprendre pourquoi il y a des espèces aussi uniques sur des îles isolées... Darwin était troublé par les découvertes qu'il faisait ; Dieu n'existerait pas ?

Deux processus importants : la sélection naturelle, et les mutations. Ces constats sont importants. (Cette partie du cours n'a pas été beaucoup abordée au cours magistral)

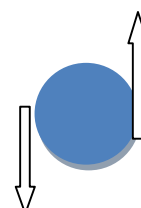
Taylor propose de travailler avec les hommes comme on travaille avec les machines. On veut transformer les hommes en machines qui deviennent programmées. C'est une des conséquences de cette mécanisation de tout.

Cours 9 Cours-débat

Dans ce cours : quelques expériences pour mettre en lien tout ce qu'on a vu notamment sur la thermodynamique



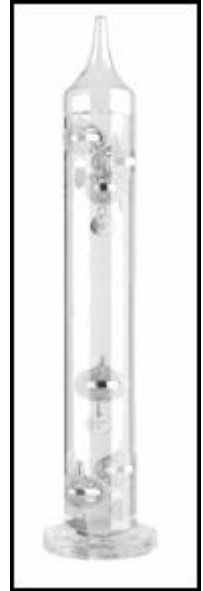
1^e : On place une bougie dans un récipient, lequel est attaché à un tuyau en laiton replié de manière à avoir ses deux extrémités dans l'eau dans des sens opposés de sorte à le faire tourner sur lui-même.



En gros, il tourne assez vite durant 2-3 minutes puis il s'arrête de tourner quand l'eau est chaude (quand il n'y a plus de différence de température). La raison pour laquelle il tourne est qu'il y a une action-réaction sans arrêt et une grande inertie (et donc pas d'à-coups).

2^e expérience :

Le thermomètre de Galilée. Quand il fait froid, l'eau se refroidie, elle prend un plus petit volume. (le verre aussi mais dans des proportions moins grandes). Il y a une variation de densité sur laquelle on joue.



3^e expérience



Le moteur électrique qui est dû à la force de Laplace. Un courant électrique dans un champ magnétique crée une force.

Cours 10

Cours de restructuration par rapport au travail.

Cours 11

50 ans avant la théorie de la relativité générale, en 1870, **Clifford** expose ses idées sur la matière et l'espace :

- La matière n'est rien d'autre que de petites bosses à la surface de la courbure de l'espace et que le mouvement de la matière = des variations de cette courbure.

En 1870, il dévoile ses nouvelles idées sur la matière et l'espace ;

- l'espace euclidien tridimensionnel peut très bien "dans un espace à quatre dimensions subir une distorsion équivalente à celle qui consiste à chiffonner une feuille de papier".

Deux groupes de théories et de résultats scientifiques ont eu un grand impacte sur la société au 19^e siècle :

- Les nouvelles géométries
- La théorie de l'évolution.

En mathématiques, **Clifford** unifie les théories de **Grassmann** et de **Hamilton**. Leur théorie porte sur le mouvement que possède un corps. Un mouvement de translation et aussi un mouvement de rotation autour d'axes. **Grassmann** développe notamment la théorie de la grandeur extensible (toujours dans l'optique de la description du mouvement). **Hamilton** lui découvre les nombres complexes. Les gens se demandent ce qu'on peut bien faire avec ces nombres, et Hamilton dit qu'on peut se les représenter dans l'espace. Il dit que les coordonnées dans le plan peuvent être des paires de coordonnées complexes.

Clifford (aidé de **Gibbs** qui pose sa théorie des vecteurs) unifie donc ces deux théories en introduisant les nombres hyper complexes : les bi quaternions. Ces nombres complexes sont constitués eux-mêmes de nombres complexes. Ils peuvent être représentés dans les 3D.

Ces nombres permettent de représenter le fait que quand on déplace un corps, on peut le déplacer de façon longitudinale ou alors de façon rotationnelle.

En géométrie, il traduit et introduit en Grande Bretagne les idées en géométrie de **Riemann**.

Ensuite, ses idées furent également influencées par le catholicisme social, par le socialisme, et, conjuguées à sa démarche scientifique et aux découvertes scientifiques de son époque, elles exercèrent une certaine influence sur quelques uns de ses élèves célèbres (économistes, sociologues, statisticiens) et donnèrent lieu à de nombreux exposés publics. Si on en parle encore c'est qu'elles présentent un intérêt scientifique aujourd'hui.



L'idée importante devant ses travaux est qu'on peut traiter les quantités négatives et imaginaires si on change les règles de calculs qui les gouvernent (produits scalaires, etc).

ω est un opérateur qui permet de représenter une rotation. On transforme la translation en rotation et la rotation en translation. Jusqu'ici, ce n'est que la cinématique, mais on peut faire l'analogie avec forces.

Le mouvement de translation crée une rotation et vis-versa

Twist (translation) ; sa valeur est le pitch multipliée par l'angle parcouru. (rotation)

Un wrench : torsion

Tout système de force agissant peut être comparé à une opération qui consiste à serrer des vis. Ces théorèmes qui disent ça sont :

Depuis 15 ans, la théorie des vis est revenue à l'actualité car elle permet d'étudier le mouvement des robots.

La suite concernant Clifford n'a pas été abordée au cours.

L'objet de l'**exposé** [1] de **Clifford** sur "*Le corps et l'esprit*" était de présenter les résultats acquis et reconnus de la science du moment sur cette question. D'abord, les hommes de science doivent-ils s'occuper de ce genre de questions et de questions annexes liées à l'**éthique**?

Si des siècles de débat n'ont pas abouti à des résultats définitifs sur ces questions, ce n'est pas à cause du sujet mais à cause de la méthode utilisée. **Clifford** distingue :

- les sciences physiques de l'organique
- les sciences physiques de l'inorganique

Car au-delà du monde physique, il y a ce fait, la conscience, comme on le suppose dans des sciences comme l'éthique et la politique. Selon **Clifford**, l'écart entre les sciences de l'organique et de l'inorganique a été comblé par **Huxley**, à la suite de **Descartes** et de nombreux autres physiologistes qui ont, par exemple, montré, comme Harvey, que la circulation sanguine était une simple question d'hydrodynamique....

Clifford constate l'impossibilité de percevoir l'esprit des autres, et il reconnaît alors que nous sommes des automates,

" le corps est une machine physique qui fonctionne toute seule suivant une loi physique, c'est-à-dire Automatique , c'est un automate ."

Mais ce n'est **pas simplement** une machine car la **conscience** l'accompagne.

Mais à propos de la liberté et de la volonté (décrite par Kant comme étant une preuve de la conscience) → nous sommes conscients. Mais cette conscience se limite aux faits corporels, tels que des automates.

Mais, l'espèce humaine s'est faite elle-même durant le processus d'évolution, atteignant ainsi un stade déterminant celui du suivant, impliquant notre impact sur le futur à travers nos actions

Mais si nous étions des automates, on ne serait pas responsables, et donc il y aurait des discontinuités dans notre cerveau, et donc nos actions ne seraient pas la conséquence de notre caractère, et donc la loi de causalité ne s'appliquerait pas, et donc nous ne serions pas responsables.

Résumé rapide de ce qui a été dit au cours par rapport à l'éthique de Clifford :

Il a développé une éthique qui est basée sur la théorie de l'évolution en montrant que la méthode et démarche scientifique peut aider à avoir une bonne attitude éthique. Si on suit les bonnes démarches scientifiques. Le problème est de savoir à quel point on peut être sûr de ce qu'on fait et dit.

Question importante au 19^e siècle : La matière est-elle continue (Ostwalds, Mach, Duhem) ou discontinue (atomistique) ?

Certains supportent l'idée que la matière est constituée de petits grains infiniment petits et insécables. D'autres soutiennent l'idée que la matière est divisible à l'infini, ce sont les énergétiques.

En 1881, Helmholtz découvre l'électron à une période où le débat entre le continu et le discontinu fait rage. Cette particule est insécable. Helmholtz découvre donc un constituant de l'atome avant la découverte de l'atome à proprement parler.

En 1896, Konrad Röntgen découvre les rayons X, par après, Henri Becquerel, Pierre et Marie Curie découvrent les rayonnements alpha ou la radioactivité de l'uranium, un rayonnement très puissant qui permet la transmutation des éléments. Avec cette découverte, on entre sans le savoir dans le cœur de l'atome, le rayonnement émis par ce dernier.

On découvre ensuite un tas d'autres rayonnements tels que le rayonnement gamma, la lumière. On ne sait pas vraiment donner d'explication à tous ces rayonnements. Bien qu'ils soutiennent la théorie du discontinu.

En 1903, on donne un premier modèle d'atome qui provient de la découverte de l'électron. On imagine qu'il est constitué d'une charge positive qui est équilibrée par d'autres charges négatives. Par **Thomson**.

Ce modèle est poursuivi et précisé. Entretemps, **Planck** étudie le rayonnement du corps noir et explique le rayonnement du corps noir par un raisonnement statistique. Important car les statistiques interviennent à la naissance de la mécanique quantique avant qu'on ait le concept d'atome.

Vont suivre, les systèmes d'atomes qui sont dit saturniens car ils utilisent un modèle de stabilité des anneaux de saturne établi par Maxwell en 1956. Les atomes de **Borh** sont de ce type là. (avec des électrons qui tournent autour des orbites).

En 1905, Einstein découvre la relativité restreinte : mouvement brownien (chocs de particules), relativité, effet photoélectrique. Grains d'énergie. Plusieurs phénomènes importants car fait appel à la statistique. → obligé de concevoir l'énergie comme un mouvement de particules.

Cette vision de la matière concorde avec le modèle statistique des gaz qui avait été donné par **Bernouilli** en 1738.

Rutherford arrive à montrer que la matière est constituée de beaucoup de vide en bombardant une plaque d'or de quelques atomes de largeur.

L'atome de **Bohr** : les électrons se déplacent à une certaine distance du noyau. Il décrit aussi le fait que les électrons peuvent changer de couche électronique uniquement s'ils possèdent une certaine énergie $h\nu$.

Au lieu de mettre uniquement des cercles, **Sommerfeld** introduit la cinématique des cercles. → en démultipliant les possibilités de quantas et d'énergie. (orbites selon des ellipses, etc).

Schrodinger : la fonction d'onde mais qui pose des problèmes d'interprétation : on ne parle plus d'un électron sur une orbite mais on le remplace par une probabilité de présence.

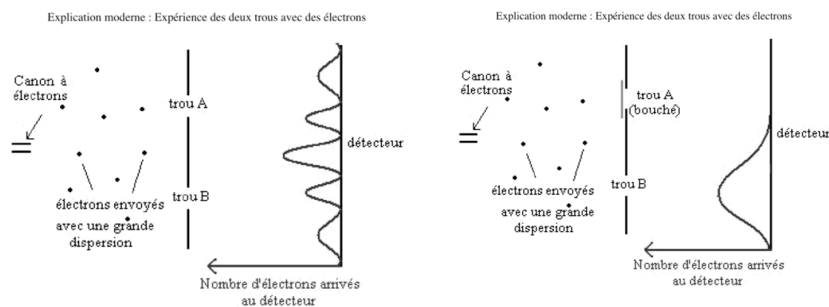
Heisenberg introduit le principe d'incertitude ; $\Delta x \cdot \Delta p = h$. Au plus on en sait sur la position d'une particule à un instant T_0 , au moins on en sait sur son déplacement en T_1 .

Variation de quantité de mouvement, est de l'ordre de grandeur de h . Cette relation ne joue pas à notre échelle mais bien pour les particules. Quand on est dans une petite échelle, on ne peut plus définir simultanément la position et la vitesse.

Cette notion a une conséquence : la difficulté de la mécanique quantique actuelle. Ce n'est pas déterministe. Différent de ce qui était connu jusque cette époque : avec Newton et Co.

On trouve ensuite le neutrino avec **Pauli**. Ce sont des théories où la théorie devance l'expérience. On prédit les particules qu'on doit découvrir.

Autre problème du modèle standard. Le problème de la masse qui est toujours d'actualité, notamment avec les accélérateurs de particules mis au points actuellement. On recherche les Bosons de Higgs.



L'expérience des deux trous

Si on tire avec un canon, vers deux trous, les photons ont comme pris conscience de l'environnement dans lequel ils évoluent. Ce qui alimente grandement le débat entre le continu et le discontinu avec les probabilités qui s'y rapportent.

3^e partie du cours 11

La modernité, c'est un moment qu'on vit depuis le 19^e siècle :

- caractérisé par le fait que la science et la technologie et les sciences prennent de l'ampleur : on connaît tellement de choses qu'on se rend compte qu'on en connaît aussi très peu de choses.
- On est dans un monde où le probabilisme prend une grande ampleur.

Par exemple avec le darwinisme est le non déterminisme.

En 1989 chute du mur de Berlin : ça met tout le monde dans un nouveau bain : plus de guerre froide, évolution des sciences spatiales. On ne sait plus si c'est une course ou alors une collaboration.

Industrialisation. Anorexie. surconsommation

Avec nos moyens de communications, de transport, ...

Cette situation actuelle est une conséquence de cette modernité.

Les conséquences sont qu'il n'y a plus de barrière entre les ingénieurs, physiciens, ... de plus en plus, il est impossible de dissocier les branches de la connaissance. Pour cela, il est utile de rappeler que dans les technologies, il y a 3 façons d'agir.

- Vivre avec : on ne connaît pas encore les conséquences que ça a sur la santé et on les utilise déjà
- Guerre
- ??..

L'existence sociale mène à une hybridité . on ne peut plus faire la séparation entre les hommes et la technologie.

⇒ Cela nous mène à une peur. Par exemple le nucléaire, la pollution, ...

Avant les explosions nucléaires, on ne pensait pas pouvoir détruire la terre tout entière par nos propres actes.

Principe de précaution : on prend en compte les risques qu'on prend et ça nous incite à prendre en compte les risques auxquels nous sommes sans cesse exposés.