

ÉPIPHYMATHS

Besançon, 11 décembre 2025

LA MATHÉMATISATION DU TEMPS

**De la science Hellénistique
à la science Moderne**

Jean-Pierre Castel & Jean-Claude Simard

Compte-rendu de lecture de François Vernotte
professeur émérite à l'Université Marie & Louis Pasteur

COLLECTION ZÉTÉSIS

LA MATHÉMATISATION DU TEMPS

DE LA SCIENCE HELLÉNISTIQUE
À LA SCIENCE MODERNE

JEAN-PIERRE CASTEL
JEAN-CLAUDE SIMARD



LIBRAIRIE PHILOSOPHIQUE J. VRIN



Thèse :

- Les résultats expérimentaux de Galilée l'incitèrent à considérer le temps t comme une variable mathématique
 - ⇒ statique → cinématique
 - ⇒ Newton : calcul infinitésimal → dynamique

Anti-thèses :

1. expériences de pensée → début de la mathématisation de la nature (Koyré)
2. christianisme : transcendance divine → désacralisation du monde
 - ⇒ rationalisation (Hegel, Duhem, Kojève, ...)
 - +11 autres raisons !

Introduction 8 pp.

Partie 1 : Deux thèses controversées et leur articulation 48 pp.

1. La mathématisation, caractéristique de la science moderne ?
2. La thèse de l'origine chrétienne
3. Kojève et l'Incarnation

Partie 2 : La science moderne, une révolution d'abord conceptuelle 238 pp.

4. La science du mouvement jusqu'à Copernic
5. Le principe d'inertie, contre Aristote
6. Galilée et l'histoire de la physique mathématique
7. Les Grecs, l'expérimentation et la technologie
8. Quelle philosophie pour la science moderne

Partie 3 : Retour sur la question des influences chrétiennes	<i>134 pp.</i>
9. Le christianisme : un rationalisme ?	
10. Christianisme et mathématisation	
11. Science moderne et infini	
12. La notion de loi de la nature	
13. La science moderne, la nature et le temps	
14. Quelques autres fausses pistes	
15. L'Église face à la science moderne	
 Partie 4 : Conditions et conclusion.....	<i>46 pp.</i>
16. Les conditions favorisant l'émergence de la science	
17. Conclusion	
+ Annexe – Le texte de Kojève.....	<i>26 pp.</i>

Jean-Pierre Castel

Polytechnicien, retraité de l'industrie, vice-président du cercle Ernest Renan (Paris)

- Le déni de la violence monothéiste (2010)
- Guerre de religion et police de la pensée : une invention monothéiste ? (2016)
- À l'origine de la violence monothéiste, le dieu jaloux ; l'introduction du vrai et du faux dans le domaine des dieux (2017)
- La violence monothéiste : mythe ou réalité ? (2017)
- La mal nommée vérité du christianisme : D'emeth à alètheia (2025)

Jean-Claude Simard

Historien des sciences, professeur de philosophie retraité (collège de Rimouski, Québec), chercheur associé au Laboratoire d'analyse cognitive de l'information de l'Université du Québec à Montréal

- La philosophie française des XIX^e et XX^e siècles, in “*La pensée philosophique d'expression française au Canada. Le rayonnement du Québec.*” (1998)
- Philosophie et recherche au niveau collégial, in “*La pensée philosophique d'expression française au Canada. Le rayonnement du Québec.*” (1998)
- L'apprentissage de la liberté : quatre décennies d'expérimentation philosophique au collégial (2010)

Ne pas suivre scrupuleusement l'ordre des chapitres de l'ouvrage !

- Plan très touffu
- Nombreux allers et retours historiques
- Nous suivrons un ordre plus chronologique...

DEUX THÈSES CONTROVERSÉES ET LEUR ARTICULATION

- La mathématisation, caractéristique de la science moderne ?
- La thèse de l'origine chrétienne

Un consensus : la *mathesis universalis*

- La mathématisation de la nature remonte à Platon, voire à Pythagore
- Galilée et Newton étendent la géométrisation du ciel à la sphère sublunaire
- Primauté de la théorie sur l'expérience

Les « expériences » dont se réclame [...] Galilée, ne sont, et ne seront jamais, que des expériences de pensée. A. Koyré, Études Galiléennes (cité p. 16)

1. Le *logos*, fondement du christianisme et de la science
2. La quête de la vérité éternelle est aussi celle de la science
3. La transcendance divine désenchanté le monde
4. Des tables de la loi aux lois de la nature
5. L'Incarnation permet la descente des mathématiques sur terre
6. La toute-puissance divine rend possible la notion d'infini
7. Le temps linéaire (Incarnation, Parousie) se substitue au temps cyclique
8. L'Homme, propriétaire de la nature, peut la dominer et la transformer
9. L'exemple du Dieu créateur conduit à la sanctification du travail
10. L'Incarnation fait passer du cosmocentrisme antique à l'anthropocentrisme
11. La science moderne n'a émergé qu'en contexte chrétien
12. L'impasse de la science antique

Alexandre Kojève (1902–1968)

- Philosophe spécialiste de Hegel
- Histoire des sciences, de la philosophie et de leurs rapports avec la religion

“L'origine chrétienne de la science moderne” (1964)

- L'Incarnation serait une *Deus ex machina* pour ajointer « *l'identité scientifique foncière de la terre et du ciel* »
- Référence de la plupart des auteurs qui soutiennent l'origine chrétienne de la science moderne
- Position aux antipodes de Castel & Simard
- Utilisé comme contrepied

Si donc le christianisme est responsable de la Science moderne, c'est le dogme chrétien de l'Incarnation qui en porte la responsabilité exclusive. (cité p. 45)

LA SCIENCE MODERNE, UNE RÉVOLUTION D'ABORD CONCEPTUELLE

- La science grecque
- La science du mouvement jusqu'à Copernic
- Galilée et l'histoire de la physique mathématique

Aristote et la période classique

- **Le monde est fini** (infini connoté négativement)
- **Centre de la Terre** : immobile, centre du Cosmos et des orbes des astres, repos des « *graves* », fuite des « *légers* » vers les cieux
- **Dichotomie supralunaire** (parfait) / **sublunaire** (non mathématisable)
- **Deux types de mouvement** : naturels ou forcés (violents, contre-nature)
- Différence **ontologique** entre l'*état* de **repos** et le *processus* de **mouvement**

La période hellénistique

- Décadente, sans expérimentation ni mathématisation ni précision ?
- Du savant philosophe au **scientifique**
- **Euclide** → axiomatisation
- **Archimède** → procédure hypothético-déductive, expérimentation/applications

Pourquoi ce
blocage sur la
statique ?

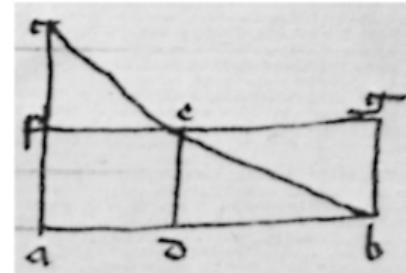
La « renaissance » du XIII^e siècle

- La scolastique n'a fait que reprendre les écrits d'Aristote ?
- Buridan (XIV^e) reprend l'« *impetus* » de Philopon (VI^e EC)
- Les calculateurs d'Oxford (XIV^e) trouvent le théorème de Merton :

Un corps se déplaçant à vitesse constante parcourt la même distance qu'un corps accéléré si sa vitesse est la moitié de la vitesse finale du corps accéléré

- Oresme (fin XIV^e) représente ce théorème par un **graphe**

Toute intensité qui peut être acquise de façon successive doit donc être représentée par une ligne droite élevée perpendiculairement en un point de l'espace ou du sujet de la chose intensive, par exemple d'une qualité.

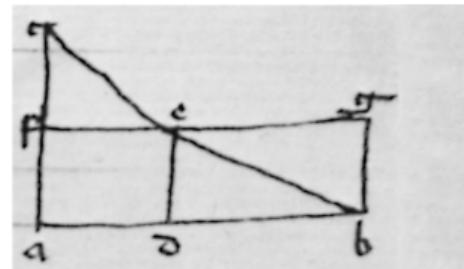


Uniformément par rapport à quoi ?

- Au temps ?
- À l'espace ?

La primauté de l'espace

- Selon Amzallag [La réforme du vrai, 2010], jusqu'au moyen-âge :
l'idée que le temps puisse être autre chose qu'une perception subjective de la durée était non seulement difficilement envisageable, mais encore contredite par l'expérience. (cité p. 161)
- Albert de Saxe (XIV^e) envisage les deux possibilités
- Léonard de Vinci, Benedetti et Varon (XV^e–XVI^e) affirment la proportionnalité de la vitesse à l'espace
- Et Galilée aussi !



Dans cette étude du mouvement naturellement accéléré, nous avons été conduits par la main en observant la règle que suit habituellement la nature [...].

Galilée, Discours concernant deux sciences nouvelles, 1638 (cité p. 86)

La méprise de Koyré

- Galilée : uniquement **expériences de pensée** ou **vérifications expérimentales**
- **Consensus** jusque dans les années 1970 (Cassirer, Burtt, Whitehead, Koyré)

Réhabilitation de la fin des années 1970 aux années 1990

1977 Traduction en anglais des carnets de jeunesse de Galilée

1998 Numérisation et diffusion (web) des carnets de laboratoires 1580/1638

Historians have no more doubts that Galileo performed experiments and very accurate measurements.

[De Caro, 2018] (cité p. 88)

Brouillon des “Discours concernant deux sciences nouvelles” (1638)

*Si in perpendiculo et in plano inclinato,
[deletion] quorum eadem sit altitudo, feratur
idem mobile, tempora lationum erunt inter se ut
plani inclinati et perpendiculi longitudines.*

Traduction en ligne :

*If one and the same body, starting from rest,
falls along an inclined plane and also along a
vertical, each having the same height, the times
of descent will be to each other as the lengths of
the inclined plane and the vertical.*

[Book II, Th. III – Prop. III]

La vitesse en fonction de l'espace ou du temps

La chute libre est trop rapide pour être chronométrée !

Comment ralentir la chute libre pour mieux l'étudier ?

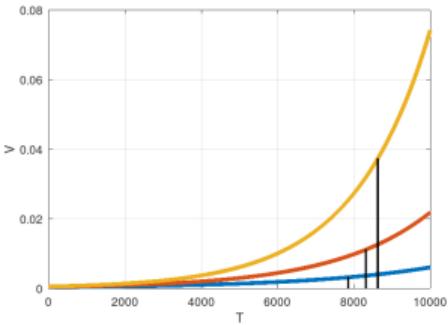
- En appliquant la propriété précédente :
- ⇒ Utiliser un **plan incliné** !



Vitesse uniforme en fonction de la distance ?

$$v(x) = a \cdot x \quad \Rightarrow \quad \frac{dx}{dt} - a \cdot x = 0$$

Solution exponentielle :
Incompatible avec les mesures expérimentales !



Dans une règle, ou plus exactement un chevron de bois, long d'environ 12 coudées, large d'une demi-coudée et épais de 3 doigts, nous creusions un petit canal d'une largeur à peine supérieure à un doigt, et parfaitement rectiligne; après l'avoir garni d'une feuille de parchemin bien lustrée pour le rendre aussi glissant que possible, nous y laissons rouler une boule de bronze très dure, parfaitement arrondie et polie. Plaçant alors l'appareil dans une position inclinée, en élevant l'une de ses extrémités d'une coudée ou deux au-dessus de l'horizon, nous laissons, comme je l'ai dit, descendre la boule dans le canal, en notant, selon une manière que j'exposerai plus loin, le temps nécessaire à une descente complète : l'expérience était recommandée plusieurs fois afin de déterminer exactement la durée du temps, mais sans que nous découvrîmes jamais de différence supérieure au dixième d'un battement de pouls. La mise en place et cette première mesure étant accomplies, nous faisions descendre la même boule sur le quart du canal seulement : le temps mesuré était toujours rigoureusement égal à la moitié du temps précédent.

Galilée, Discours concernant deux sciences nouvelles, 1638

Nous faisions ensuite varier l'expérience, en comparant le temps requis pour parcourir la longueur entière du canal avec le temps requis pour parcourir sa moitié, ou les deux tiers, ou les trois quarts, ou toute autre fraction : dans ces expériences répétées une bonne centaine de fois, nous avons toujours trouvé que les espaces parcourus étaient entre eux comme les carrés des temps, et cela quelle que soit l'inclinaison du plan, c'est-à-dire du canal, dans lequel on faisait descendre la boule. [...]

Pour mesurer le temps, nous prenions un grand seau rempli d'eau que nous attachions assez haut ; par un orifice étroit pratiqué dans son fond s'échappait un mince filet d'eau que l'on recueillait dans un petit récipient, tout le temps que la boule descendait dans le canal. Les quantités d'eau ainsi recueillies étaient à chaque fois pesées à l'aide d'une balance très sensible, et les différences et proportions entre les poids nous donnaient les différences et proportions entre les temps ; la précision était telle que, comme je l'ai dit, aucune discordance significative n'apparut jamais entre ces opérations, maintes et maintes fois répétées.

Galilée, Discours concernant deux sciences nouvelles, 1638

Pour illustrer le seau d'eau : <https://www.dailymotion.com/video/xgl4ab>

L'accélération plutôt que la vitesse

- L'inclinaison du plan fait varier la force qui fait varier l'accélération de la bille
⇒ La force entraîne une accélération, pas une vitesse
- Si l'inclinaison est nulle, l'accélération est nulle
⇒ la bille conserve sa vitesse initiale !

Le principe d'inertie

[U]ne vitesse quelconque imprimée à un corps se conserve rigoureusement aussi longtemps que les causes extérieures d'accélération ou de ralentissement sont écartées, condition qui se réalise seulement dans le plan horizontal [...]. D'où il suit que le mouvement sur le plan horizontal est perpétuel [...].

Galilée, Discours concernant deux sciences nouvelles, 1638 (cité p. 78)

Plus de différence ontologique entre repos et vitesse (constante) ⇒ Relativité !

Qui a donné la meilleure formulation du **principe d'inertie** ?

- Galilée fait référence à un plan horizontal : pas assez général !
- Descartes :

Tout corps en mouvement rectiligne uniforme non soumis à une force extérieure conserve sa direction et sa vitesse.

(cité p. 81)

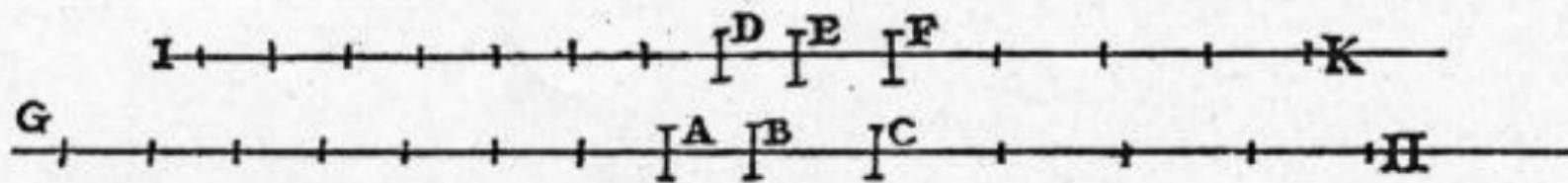
Selon Blamont : « *Il ne sait pas ce qu'il conserve !* »

- Newton :

Tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui, et ne le contraigne à changer d'état.

La question reste très débattue...

Si un mobile animé d'un mouvement uniforme parcourt, avec une même vitesse, deux distances, les temps des mouvements seront entre eux comme les distances parcourues.



Soit en effet un mobile animé d'un mouvement uniforme et qui parcourt avec la même vitesse les deux distances AB , BC ; soit DE le temps du mouvement le long de AB , et EF le temps le long de BC ; je dis que le rapport de l'espace AB à l'espace BC sera aussi celui du temps DE au temps EF .

Galilée, Discours concernant deux sciences nouvelles, Livre I, Théorème I – Proposition I

Autorisant une correspondance linéaire entre temps et espace, le mouvement inertiel permettait une spatialisation du temps [...]. L'égalité d'intervalle de temps distincts étant désormais définie, le temps devenait une variable mesurable, sa mathématisation était dès lors justifiée. (pp. 164–165)

*La prise du temps comme variable du mouvement constitua l'**acte de naissance de la cinématique**.* (p. 164)

- Le temps t devint une **variable mathématique**
- Newton et Leibniz purent inventer le **calcul différentiel**
- Newton put passer de la cinématique à la **dynamique**
- Lagrange acheva l'édifice avec sa **Mécanique analytique**

La dérivation et l'intégration par rapport au temps constituèrent l'acte de naissance de la dynamique** !**

Du paradigme aristotélicien à celui de la science moderne

S'appuyant sur Copernic et Kepler, Galilée rompt avec

- l'antagonisme « déterminer les causes » versus « sauver les apparences »
- l'opposition entre monde sublunaire et monde supralunaire

Un nouveau paradigme

- distinction atomiste entre
 - qualités premières, mesurables donc objectives
 - qualités secondes, sensibles mais subjectives
- idéalisation archimédienne de l'objet
 - isolement (par la pensée) de son environnement
 - réduire sa complexité

Un double processus d'abstraction !
(pp. 235–259)

⇒ notion de **modèle mathématique**

Cette position épistémologique n'avait jamais été proposée avant lui, même si elle s'inscrit dans la longue tradition de la distinction entre « monde sensible » et « monde vrai », qui remonte à Pythagore et Platon.

(p. 239)

RETOUR SUR LA QUESTION DES INFLUENCES CHRÉTIENNES

- Le christianisme et la science moderne
- L'Église face à la science moderne

Rationalité et christianisme

- Religion et science sont fondées sur le *logos*
- Double sens : « parole » ou « raison »

Rôle de l'Incarnation

- Autorise la descente des mathématiques du Ciel sur la Terre
- Mathématisation de la physique terrestre dès l'époque hellénistique

Le concept d'infini

- La notion de **toute-puissance** divine connote positivement l'**infini**
- Déjà présent chez les atomistes, renforcé par Tycho Brahé et Galilée

La notion de lois de la nature

- Les **lois de la nature** vues comme une extension des **Tables de la Loi**
- Contre-sens : recherche **positive** de causalités, abandon des **causes finales**

Une attitude violemment réactionnaire jusqu'au XX^e siècle

- Sensible au Moyen-âge
- Particulièrement vigoureuse pendant la réforme/contre-réforme

1600 Bruno condamné au bûcher

1616 Censure de l'héliocentrisme

1633 Condamnation de Galilée

- Sensible au XIX^e (contre le darwinisme)
- Ambivalente au XX^e

1930 Canonisation du cardinal Bellarmin

1992 Repentance de l'Église pour la condamnation de Galilée

Une **bienveillance** de l'Église favorisant l'essor de la science moderne ?

CONDITIONS ET CONCLUSION

- Les conditions favorisant l'émergence de la science
- Conclusion

Changements sociaux

- Renaissance(s)
- Urbanisation
- Laïcisation
- Masse critique des savants

Scientifiques et techniques

- Horloge
- Imprimerie
- Lunettes et microscopes
- Tables de logarithmes

Et pourtant...

- Superstitions
- Sorcellerie
- Magie
- Alchimie
- Astrologie

L'âge d'or de la civilisation arabo-musulmane (VIII^e-XIII^e)

- Véritables **héritiers** de la science hellénistique
- Progrès scientifiques : mathématiques, astronomie, optique, chimie, médecine
- Progrès techniques et instrumentaux : améliorations de l'astrolabe et de la sphère armillaire, navigation, chirurgie, automatique
- Peu d'études sur le mouvement : **Aristote** resta la **référence** !

Le déclin

- Facteurs internes : **soumission** de la raison à la révélation (XI^e-XIII^e)
- Facteurs externes :
 - **Invasions** mongoles à l'est (XIII^e)
 - **Reconquista** à l'ouest du VIII^e au XV^e (prise de Cordoue au XIII^e)

Une vision du monde radicalement différente

- Naturalisme organique plutôt que vision mécaniste du monde
 - ⇒ recherche d'harmonie plutôt que de vérité
- Tradition confucéenne + bureaucratie impériale
 - ⇒ conservatisme plutôt qu'innovation
 - ⇒ sciences appliquées plutôt que sciences pures
 - ⇒ ni idéalisation, ni mathématisation

Le temps et l'horloge

- Horloges hydro-mécaniques très perfectionnées
- mais secrètes et propriétés du pouvoir

[L]a plupart des auteurs [chinois] classiques envisagent le temps comme la succession de moments à la fois distincts et liés entre eux, et non comme une suite uniforme et abstraite.

Jiaying Chen (cité p. 467)

La science hellénistique

- Mathématisation de l'espace (géométrie)
⇒ **Statique**

La science moderne

- Rupture avec Aristote
- Progrès dans la mesure du temps, imprimerie, lunette astronomique
⇒ **Galilée : mathématisation du temps '*t*'**
- ⇒ **Cinématique**
- ⇒ Calcul infinitésimal (Newton, Leibniz, Lagrange)
- ⇒ **Dynamique**