

La mathématisation et la mécanisation du monde

Arnaud DIEMER¹, Hervé Guillemin

Université Blaise Pascal, TRIANGLE, Lyon, CERDI, Clermont-Ferrand

Université Reims Champagne Ardenne, OMI

La période qui s'étend de la deuxième moitié du milieu du 15^e à la fin du 17^e siècle est particulièrement dense. C'est une période au cours de laquelle les européens vont changer d'horizon et regarder leur monde différemment. L'Europe s'étend au gré des découvertes réalisées par les navigateurs portugais, espagnols, italiens, français hollandais ou anglais. Les grandes découvertes vont non seulement apporter de nouveaux territoires à exploiter et à convertir mais aussi inciter les hommes à se donner une autre représentation du monde. Jusque là les principales références sont encore les études de Ptolémée, dont la *Cosmographie* et la *Géographie* sont encore abondamment utilisées et publiées à la fin du 15^e siècle et au début du 16^e siècle. Les découvertes vont conduire les géographes à sortir des représentations assez floues et incertaines ; la première moitié du 16^e siècle sera marquée par l'élaboration et la publication de nombreuses cartes dont le but est de rendre compte le plus fidèlement possible des connaissances de l'époque² mais aussi et surtout de planisphères tournant sur elles-mêmes et autour d'un soleil qui devient le point fixe. Bien sûr tout cela contredit la représentation « officielle » de l'univers. Ainsi les navigateurs découvrent, grâce aux voyages, le nouveau système du monde que Copernic construira par le calcul et la déduction³. La découverte de nouveaux horizons géographiques s'accompagne d'une redécouverte de la culture de l'Antiquité grecque et romaine. Il y a un véritable foisonnement de publications sur les auteurs anciens mais aussi sur l'histoire de la Grèce et de la Rome antiques. La diffusion de ces travaux est favorisée par les progrès réalisés dans le domaine de l'imprimerie. Il semblerait que ce regain d'intérêt ait un lien avec l'affaiblissement de l'enseignement officiel à la fin du 15^e siècle. Ce n'est pas un hasard si la plupart des intellectuels de l'époque travaillent et s'expriment en dehors des cadres traditionnels universitaires. L'université de l'époque est considérée comme une simple machine à reproduire un savoir officiel. L'innovation et l'imagination sont ailleurs. Les intellectuels sont exigeants, ils n'hésitent pas à contester les traductions officielles des textes philosophiques ou religieux lorsqu'ils considèrent qu'elles sont entachées d'erreurs. Ils refusent l'idée selon laquelle il y aurait une délimitation entre les sciences licites et les sciences occultes. Ils donnent une autre mission à la science, elle n'est pas seulement connaissance, elle est aussi pouvoir sur le monde des choses et des êtres. Le fait que les savants travaillent en dehors des institutions officielles va amener au développement de formes de solidarités originales. Ils vont s'entraider, se donner l'hospitalité, former des associations souvent informelles (*les sodalitates litterarum*) visant à

¹ diemera@aol.com, herve.guillemin@univ-reims.fr

² Mercator publie sa première carte en 1539 et trente ans plus tard sa célèbre planisphère. Sébastien Münster publie des dizaines de cartes...

³ Il faut lire avec prudence la date de la publication de l'œuvre majeure de Copernic « *De Revolutionibus Orbium Celestium* ». Si 1543 est bien la date de publication officielle, il faut savoir que Copernic a déjà tous les éléments de son système en 1504 au retour de son séjour en Italie. Les informations sur le système de Copernic circulent auprès des initiés puis un peu plus largement. Il est remarquable que l'ouvrage de Copernic soit condamné par Martin Luther en 1539, soit 4 ans avant sa publication.

favoriser les échanges, les discussions des nouveaux travaux. Ces associations seront les bases de la célèbre *République des Lettres*. Bien sûr la *République des Lettres* est quelque peu élitiste, de nombreux savants de moindre envergure ont du mal à faire connaître leurs travaux et même à vivre de leur travail intellectuel, ils vont être aussi précepteurs ou ouvriers typographes...

L'opposition est telle entre les penseurs officiels et les nouveaux savants que ceux-ci parviennent parfois à obtenir la création d'institutions plus ou moins indépendantes de l'Université comme par exemple le Collège de France fondé par François 1^{er}. Ainsi la fin du 15^e siècle et le début du 16^e sont marqués par l'émergence d'une pensée qui se veut libre. Libre dans le sens où elle n'hésite pas à remettre en cause les dogmes dans tous les domaines de la connaissance, mais aussi dans le sens où elle ne veut pas se transformer elle-même en nouveau dogme. Cela explique la diversité des auteurs et des thèses qui caractérisent la période. Si la liberté est l'alternative à la pensée officielle dans la République des Lettres, force est de constater que sur le plan théologique la révolte contre les dérives de l'église catholique va conduire à la mise en place de nouvelles églises peu réceptives à l'innovation intellectuelle et sociale⁴. La modification du paysage religieux en Europe, les guerres entre nations européennes et la réactivation des conflits avec le monde musulman expliquent pour une bonne part l'évolution des institutions politiques et religieuses. Le « durcissement » (Mandrou, 1978, p. 92) de ces institutions et les persécutions religieuses vont rejaillir sur le climat intellectuel de l'époque. Les savants vont perdre partiellement leur liberté d'expression, mais aussi parfois les moyens matériels de cette expression, puisque de nombreux imprimeurs ruinés par les troubles politiques disparaîtront. Malgré ce contexte moins favorable, la deuxième moitié du 16^e siècle se révèle encore prolifique. Les travaux littéraires de la deuxième moitié sont souvent d'une très grande qualité (Cervantès, Shakespeare, Montaigne, Ronsard, Du Bellay...). Il en va de même dans le domaine des sciences politiques (Bodin, Botero...) et dans celui des sciences de la nature.

Deux disciplines connaissent des progrès sensibles, les mathématiques et l'astronomie. Dans le premier domaine deux personnages se distinguent, Jérôme Cardan et Pierre de la Ramée. Cardan, médecin et mathématicien, voyage dans toute l'Europe et accède à une certaine notoriété en publiant en 1545 un traité d'algèbre intitulé *Ars Magna*. Le titre symbolise sa conception de la connaissance et son souhait de voir se constituer un savoir universel à partir des mathématiques. Pierre de la Ramée (ou Pierre Ramus), philosophe et mathématicien, publie en 1544 une sorte de pamphlet contre la pensée aristotélicienne et donc contre l'orthodoxie dont le titre est évocateur *Aristotelicae animadversiones*. Ce livre lui vaut d'être interdit d'enseigner la philosophie. Les thèses de La Ramée⁵, qui sont par delà la critique d'Aristote, une réhabilitation du platonisme, seront diffusées dans toute l'Europe. Il est remarquable que La Ramée ait tenté de démontrer l'intérêt des mathématiques à partir de l'observation du travail des banquiers et des marchands. Si les universités parisiennes ne succombent pas au ramisme, l'Angleterre, la Suède, l'Allemagne sont sous l'influence des thèses de Pierre de La Ramée. L'astronomie va connaître comme nous le verrons des progrès réels grâce aux recherches de deux savants qui pendant quelques temps vont travailler ensemble en Bohême au château de Benatek, Ticho Brahé et Johannes Kepler. Le premier va accumuler de nombreuses observations et proposer un système du monde différent de celui de Copernic, le second saura articuler une approche plus abstraite et mathématique aux approches empiriques de son collègue pour conforter la vision copernicienne du cosmos.

⁴ Voir les prises de position de Luther contre Thomas Muntzer ou l'élimination de Servet par Calvin.

⁵ Pierre de la Ramée est assassiné en 1572 par un catholique. Il s'était converti au protestantisme quelque temps auparavant.

La première moitié du 17^e siècle est marquée par un renforcement de l'intérêt pour les sciences. La *République des Lettres* se transforme progressivement en une *République des Savants*. Non pas que les travaux littéraires aient disparu, mais plutôt que certaines disciplines, comme la philologie, qui étaient privilégiées par les humanistes de la période précédente, voient leur cote s'amoinrir. Là encore les travaux des savants sont exposés en dehors des cadres officiels, les sociétés savantes se substituent aux *Sodalitates Litterarum* des humanistes. C'est vrai en Italie (*Academia dei Lincei* à Rome en 1609), en Angleterre (avec le *Gresham Collège* fondé quelque temps avant et qui suit les orientations ramistes), et surtout en France où de nombreuses villes, même modestes, se dotent d'une société savante (Paris, Lyon, Bordeaux, Dijon, Cahors...). Certains savants, même s'ils n'ont pas la notoriété d'un Descartes, ont contribué fortement à la vie de cette *République des Savants*. Mersenne, interlocuteur de la plupart des grandes figures de la science de l'époque en est l'exemple le plus fort mais pas le seul (il faudrait citer également Naudé, Peiresc, les frères Dupuy...). Même si tous les savants ont le même objectif (faire progresser la science), ils ne partagent pas tous la même orientation méthodologique. La démarche d'un Bacon est ainsi radicalement différente de celle d'un Descartes. Cependant ils ont tous deux ainsi que leurs disciples, le même projet, faire une science active au service des hommes, et une même conception du fonctionnement de la nature. L'immense majorité des savants est mécaniste et partisane de l'usage des mathématiques. Cette association essaie de sortir la physique de la qualité chère aux aristotéliens.

Les changements qui affectent la physique entre le milieu des 16^e et 17^e siècles, ne sont pas comme nous le verrons, sans incidences sur la façon de concevoir la société en général et les phénomènes économiques en particulier. Comme cela avait commencé à se produire dans la deuxième moitié du Moyen Age, les coups portés à la physique traditionnelle vont inciter les penseurs de la société à en faire de même dans le domaine des sciences politiques et de l'analyse économique. Nous verrons que la laïcisation de l'analyse vaut autant pour la société que pour la nature. Nous verrons aussi que les penseurs du social sont de plus en plus attirés par les travaux de leurs collègues physiciens et n'hésitent pas à importer dans leurs disciplines, des concepts et des démarches, issus des sciences de la nature. Cette époque n'est pas encore celle d'une stricte spécialisation des chercheurs, ce qui favorise les migrations de concepts et les analogies entre discipline. Francis Bacon écrira aussi bien sur la méthode scientifique, que sur l'organisation de la cité ou l'intérêt du commerce extérieur ; Simon Stevin fera progresser la mécanique statique et introduira dans les Flandres et en Hollande la comptabilité en partie double utilisée originellement par les marchands italiens

I. La physique et la mécanisation de la conception du monde

Le bas Moyen Age est à la fois l'installation de l'aristotélisme revu par Albert le Grand et Saint Thomas, mais aussi et quasi simultanément la contestation des thèses du stagirite, de sa physique et de sa métaphysique. Cette contestation a eu pour effet principal de créer le doute par rapport à l'orthodoxie, donc de la fragiliser, et de faire naître des théories ou des éléments de théories alternatifs. Il faudra cependant attendre le 16^e et même le début du 17^e siècle pour voir émerger la science moderne. Pour dire les choses assez abruptement, la science moderne est fondamentalement différente de la science ancienne. La science moderne est autre chose parce qu'elle est une autre façon de voir le monde et donc une autre façon de l'expliquer et de le comprendre. La science moderne s'est bien sûr nourrie des attaques portées à l'aristotélisme et il est possible comme nous l'avons vu plus haut qu'elle ait pu intégrer des éléments de la pensée oxfordienne, du nominalisme, ou du scotisme, mais il n'y a pas de transition douce entre l'ancien et le nouveau, il y a un véritable palier, un vrai saut qualitatif, disons un changement de paradigme. Et le cœur du changement est cette autre vision du

monde. Comme le dit si bien Edmund Husserl (1976, p. 27), « *l'élément clé de la Renaissance, c'est la mathématisation de la nature* », mathématisation qu'il associe aux réflexions de Galilée. Nous pourrions parler aussi de mécanisation de la conception du monde. Tout cela représente bien sûr une rupture avec l'articulation étroite (la continuité) entre physique et métaphysique que l'on trouve chez Aristote et d'autres penseurs classiques ; c'est un mouvement d'émancipation de la science vis-à-vis de la religion, et comme nous le verrons, il n'aura été ni évident ni rapide⁶. Entre le dernier grand intellectuel médiéval, Nicolas de Cues, et la science de Galilée et de Descartes, prennent place comme nous l'avons vu quelques grandes figures qui sur des points théoriques essentiels symbolisent aussi la rupture avec l'aristotélisme. Nous allons revenir ici en particulier sur Nicolas Copernic (1473-543), Tycho Brahé (1546-1601), Giordano Bruno (1548-1600), Galileo Galilei (1564-1642) et Johann Kepler (1571 – 1630).

A. La révolution copernicienne, l'héliocentrisme et l'infinité de l'univers

1. Copernic lance la terre dans le ciel

Copernic, Brahé, Bruno, Kepler, comme le feront encore après eux Galilée et d'autres, continuent à discuter la physique néo-aristotélicienne déjà mise à mal mais encore debout. Copernic est souvent désigné comme le symbole de la science nouvelle et donc de l'abandon des schémas scientifiques traditionnels. Il est vrai que la publication de son *De revolutionibus orbium coelestium* (1543) est un fait important dans l'histoire de la pensée (Kuhn, 1973), mais nous allons le voir aussi, Copernic n'a pas pu ou n'a su s'émanciper totalement de la pensée médiévale. Le nom de Copernic est associé à la conception héliocentrique du monde qui est venue se substituer à la vision géocentrique héritée de Ptolémée mais totalement acceptée comme nous l'avons vu par les aristotéliciens médiévaux. Si l'astronomie ptoléméenne a pu régner pendant un millénaire et demi c'est parce qu'elle possédait des atouts solides ; atouts qui lui ont permis de vaincre une autre thèse qui nous semble à nous bien plus moderne, celle développée par Aristarque de Samos (310 – 320 av JC). On sait peu de choses sur la vie d'Aristarque de Samos, sinon qu'il fût l'élève de Strato de Lampsacos. De ses écrits, il ne nous est parvenu que son *Traité sur les Grandeurs et les Distances du Soleil et de la Lune*⁷ (traduit par le Comte Fortia D'Urban en 1823). Aristarque de Samos fût cependant l'auteur du premier système héliocentrique, système décrit dans son livre *Les Hypothèses* (disparu) cité par Archimède dans son *Traité de l'Arénaire* (traduit par Peyrard): « *Tu sais que le monde est appelé par la plupart des astronomes une sphère dont le centre est le même que celui de la terre et dont le rayon est égal à la droite placée entre le centre de la terre et celui du soleil. Aristarque de Samos rapporte ces choses en les réfutant, dans les propositions qu'il a publiées contre les astronomes. D'après ce qui est dit par Aristarque de Samos, le monde serait beaucoup plus grand que nous venons de le dire ; car il suppose que les étoiles et le*

⁶ Ce n'est pas par hasard si l'on qualifie le 18^e siècle de siècle des Lumières. Voir la définition des Lumières données par Emmanuel Kant (2006) dans « *Qu'est-ce que les Lumières ?* ».

⁷ Dans son *Traité sur les Grandeurs et les Distances du Soleil et de la Lune*, Aristarque de Samos fût le premier à tenter de déterminer rationnellement les distances relatives de la Terre au Soleil et à la Lune. En admettant six hypothèses « 1. La lune reçoit sa lumière du soleil ; 2. La terre peut être considérée comme un point, et comme le centre de l'orbite de la lune ; 3. Lorsque la lune nous paraît dikhotome [coupée en deux portions égales], elle offre à nos regards son grand cercle, qui détermine la partie éclairée et la partie obscure de cet astre ; 4. Lorsque la lune nous paraît dikhotome, sa distance du soleil est moindre du quart de la circonférence, de la trentième partie de ce quart ; 5. La largeur de l'ombre est de deux lunes ; 6. L'arc soutenu dans le ciel par la lune est la quinzième partie d'un signe » (1823, p. 5 – 6), Aristarque de Samos conclut que la distance du soleil à la terre est plus grande que 18 fois la distance de la lune, mais qu'elle est moindre que vingt fois cette distance ; et que le diamètre du soleil est en même rapport avec le diamètre de la lune.

soleil sont immobiles ; que la terre tourne autour du soleil comme centre ; et que la grandeur de la sphère des étoiles fixes dont le centre est celui du soleil, est telle que la circonférence du cercle qu'il suppose décrite par la terre est à la distance des étoiles fixes comme le centre de la sphère est à la surface » (1807, p. 348 – 349).

Si Aristarque n'a eu que peu de partisans et de disciples, c'est que ses hypothèses (la Terre décrit une orbite circulaire autour du Soleil ; la Terre tourne sur elle-même autour de son axe) heurtaient les conceptions religieuses et physiques des anciens grecs et des penseurs qui lui ont succédé. Sur le premier plan, la révolution de la terre autour du soleil revenait à la décentrer et donc à la rabaisser. Sur le plan de la physique, les penseurs anciens et médiévaux considéraient la rotation de la terre, sur elle-même et a fortiori autour du soleil comme incompatible avec les phénomènes naturels qu'ils observaient. Le mouvement de la terre générait deux problèmes majeurs. Premièrement, sa rotation produirait une force centrifuge qui projeterait dans le ciel les corps qui ne sont pas solidement reliés au sol. Deuxièmement, le mouvement de rotation ferait que les corps situés dans l'atmosphère seraient systématiquement laissés en arrière par rapport au sol ; l'exemple classique étant celui de la pierre qui tombant du haut d'une tour n'arriverait pas au pied de celle-ci⁸. La théorie d'Aristarque était incompatible avec l'expérience quotidienne et donc était indéfendable.

Nous le voyons la conception de l'univers est aussi une question de mouvement : Ptolémée et les aristotéliens ont une physique qui ne peut accepter le mouvement de la terre, donc il faut la situer au centre et la considérer comme immobile. L'astronomie d'Aristarque se heurtait à une autre objection d'ordre physique ; la dimension de son univers, qui intègre une rotation de la terre autour du soleil, devient tellement grande qu'elle n'est pas imaginable.

Si l'astronomie ptoléméenne postule le non mouvement de la terre, parce qu'incompatible avec l'expérience, elle doit quand même expliquer le mouvement des astres. Et sur ce point, l'astronomie ptoléméenne est d'un raffinement impressionnant. Elle repose sur les mouvements épicycliques. Sans entrer dans les détails, disons que les épicycles permettent de décrire des trajectoires astrales irrégulières, c'est-à-dire non parfaitement cycliques. En effet, la distance entre les planètes et la terre n'est pas constante et donc le mouvement des astres ne peut se réduire à une rotation circulaire parfaite. L'épicycle qui consiste à jouer sur l'articulation de plusieurs cercles résout le problème au moins sur le plan mathématique ou géométrique ; l'épicycle permet de se représenter les trajectoires des corps célestes et donc de prévoir leur position dans le ciel, ce qui n'est pas rien. Mais cela revenait aussi à prendre ses distances par rapport au mouvement circulaire uniforme - avec pour centre la terre - qui restait pour le philosophe et le physicien, l'image même de la perfection. Concrètement, le mathématicien ne se pose pas la question du mécanisme qui pourrait expliquer comment les planètes se meuvent et comment elles arrivent à tel endroit, mais il peut « prédire » quand elles y arriveront. L'astronomie ptoléméenne s'installe durablement dans le paysage intellectuel au prix d'une distinction entre l'astronomie mathématique (explication du positionnement des astres) et l'astronomie physique (explication du mouvement des astres). Le prix payé pour la solution au problème posé est donc conséquent et la difficulté,

⁸ « Si donc, la terre tournait, du moins en une révolution quotidienne, il devrait arriver le contraire de ce qui vient d'être dit. En effet, ce mouvement qui, en vingt-quatre heures franchit tout le circuit de la terre, devrait être extrêmement véhément et d'une vitesse insurpassable. Or les choses mues par une rotation violente semblent être totalement incaptes à se réunir, mais plutôt devoir se disperser, à moins qu'elles ne soient maintenues en liaison par quelque force. Et depuis longtemps déjà, la terre dispersée aurait dépassé le ciel même (rien n'est plus ridicule) : à plus forte raison les êtres animés, et toutes les autres masses séparées qui ne pourraient aucunement demeurer stables. Mais en outre les choses tombant librement n'arriveraient pas, non plus, en perpendiculaire, au lieu qui leur fut destiné, lieu entre temps retiré avec une telle rapidité de dessous d'elles. Et nous verrions aussi toujours se porter vers l'occident les nuages et toutes les choses qui flottent dans l'air » Ptolémée, *Almageste* I,7 cité par Alexandre Koyré (2001, p. 167).

réconcilier les deux astronomies, ne sera vraiment résolue, malgré diverses tentatives au Moyen Age, qu'avec Copernic.

Avec Nicolas Copernic, la première question que l'on peut se poser touche à ses motivations, qu'est-ce qui a pu l'inciter, avec tous les risques que cela comportait, à s'attaquer à la cosmologie orthodoxe (Easley, 1986). Une première réponse assez générale pourrait être d'une part l'insatisfaction causée par cette cosmologie et d'autre part la fragilisation de celle-ci causée par les critiques menées par des scolastiques entre le 13^e et le 15^e siècles (Kesten, 1951) Donc même si le dogme se défend, il est souhaitable et il est possible de le mettre en cause. Plus précisément, les motifs de Copernic sont scientifiques au sens moderne du terme. L'astronomie ptoléméenne n'explique pas le mouvement des planètes, ce n'est pas une astronomie physique ou mécanique. « *Lancer la terre dans l'espace* », pour reprendre une expression d'Alexandre Koyré, permettait de se libérer des épicycles et donc de simplifier relativement l'explication. De plus, mettre en mouvement la terre et la faire tourner autour du soleil permettait de mieux accorder les données de l'observation et la théorie (Szczeciniarz, 1998). Les résultats des travaux de Copernic sont d'une grande importance scientifique et philosophique. Ils représentent une avancée certaine, mais il faut aussi constater que Copernic a su puiser dans les travaux des anciens astronomes qui avaient proposées d'autres conceptions de l'univers que celles de Ptolémée et Aristarque dont nous avons parlé plus haut (Theil, 1961). Mais il faut surtout remarquer les références faites à Platon et aux Pythagoriciens. Son principal disciple Rheticus écrit : « *C'est en suivant Platon et les Pythagoriciens, les plus grands mathématiciens de cet âge divin, qu'il pensa que, pour déterminer la cause des phénomènes, un mouvement circulaire devait être attribué à la terre sphérique* »⁹. De plus, l'influence des penseurs grecs se combine admirablement chez Copernic avec son admiration, totalement assumée, pour le soleil (Geston, 1921).

La théorie de Tycho Brahé développée après la mort de Copernic permet de mieux comprendre par contraste l'importance des apports scientifiques de ce dernier. En effet, Tycho Brahé dont la qualité des travaux d'observation est indéniable (Kepler¹⁰ le surnomma le phénix des astronomes, Dreyer, 1977), a élaboré « *une cosmologie hybride de celle de Ptolémée et de Copernic dans laquelle cinq planètes (Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne) sont en orbite autour du soleil, celui-ci tournant autour de la Terre, elle-même immobile au centre du monde* » (Boudenot, 2001, p. 14). Le retour en arrière de Brahé sur ce point s'explique par les mêmes arguments que ceux des aristotéliens médiévaux : ne pas mettre en cause les représentations religieuses et l'« impossibilité » physique de faire se mouvoir la terre.

Si l'astronomie de Copernic a des aspects révolutionnaires, elle ne s'émancipe pas totalement de la vision aristotélienne, en particulier par rapport à la structure hiérarchique de l'univers (Kuhn, 1973). Copernic ne se débarrasse pas entièrement de l'idée dominante au Moyen Age d'une distinction qualitative entre les différents lieux de l'univers (Koyré, 1961). Dans la conception aristotélienne, la distinction est faite entre la terre, monde du changement et de la corruption, et le monde céleste, parfait et éternel (Hugonnard et alii, 1975). Copernic va conserver cette hiérarchie et peut-être la rendre plus cohérente en faisant de la terre un corps en mouvement et du soleil et des étoiles des corps fixes : « *la condition d'être au repos est considérée comme plus noble et plus divine que celle du changement et de l'inconsistance ; cette dernière, par conséquent convient davantage à la terre qu'à l'Univers* » (Copernic, cité par Koyré, 1973, p. 48).

⁹ Joachim Rheticus, « *Narratio Prima* », Appendice à l'édition de la Société Copernicienne de Thorn, « *De Revolutionibus orbium coelestium* », 1883, cité par Alexandre Koyré (1973, p. 47).

¹⁰ Il faut noter la collaboration fructueuse entre Kepler et Tycho Brahé (voir Bertrand, 1860). Le premier étant copernicien, le second ne l'étant pas.

Cependant bien que comportant des éléments de hiérarchisation, l'astronomie de Copernic ne maintient pas l'idée que les différents espaces de l'univers relèveraient de lois physiques différentes. Une autre limite de l'astronomie de Copernic concerne les limites du monde, le monde Copernic est un monde fini, limité par la sphère des planètes fixes : « *Tout d'abord il nous faut rappeler que le monde est sphérique ; soit parce que cette forme est la plus parfaite de toutes, totalité n'ayant besoin d'aucune jointure ; soit parce qu'elle est la forme ayant la capacité la plus grande, qui convient le mieux à tout contenir et tout embrasser ; soit aussi parce que toutes les parties séparées du monde, je veux dire le soleil, la lune et les étoiles, sont vues sous cette forme* » (ibid, p. 50). Sur l'ordonnement du monde, Copernic écrit : « *La première et la plus haute de toutes est la sphère des étoiles fixes qui contient tout et se contient elle-même ; et qui, par cela même, est immobile. C'est assurément le lieu de l'Univers auquel se rapportent le mouvement et la position de tous les autres astres. Car, si certains pensent qu'elle aussi se meut de quelque manière, nous par contre ne l'admettons pas et lors de la déduction du mouvement terrestre, nous montrerons la cause pour laquelle il apparaît ainsi. Suit la première des planètes, Saturne, qui accomplit le circuit en 30 ans. Après lui, Jupiter, qui accomplit sa révolution en 12 ans...* » (ibid, p. 52). La redécouverte de l'héliocentrisme et de la mise en mouvement de la terre constitue un moment fort dans l'histoire des sciences, ceci a permis de relativiser les faiblesses de l'analyse copernicienne.

2. Giordano Bruno, le vide et l'infinité de l'Univers

Giordano Bruno, penseur de la fin du 16^e siècle qui mourut brûlé vif par l'Inquisition en 1600 (Rocchi, 2004), va faire un bond considérable à l'astronomie de Copernic. De Giordano Bruno, il est retenu habituellement sa géniale intuition de l'infinité de l'Univers (Winter, 2004). Intuition, il est vrai, nourrie par Lucrèce et Nicolas de Cues. La position de Bruno est sans ambiguïté, il écrit dans *La Cena de le Ceneri* : « *Je suis sûr... qu'il ne sera jamais possible de trouver une raison même demi-probable pour laquelle il dût y avoir une limite à cet Univers corporel, et par conséquent, une raison pourquoi les astres qui sont contenus dans son espace dussent être en nombre fini* » (Koyré, 1973, p. 61) ou dans *De l'infinito universo e mondi* : « *Il y a un seul espace universel, une seule et vaste immensité que nous pouvons librement appeler le vide ; en icelui sont d'innombrables globes pareils à celui-ci sur lequel nous vivons et croissons ; et cet espace nous déclarons être universel, vu que ni la raison, ni la convenance, ni la perception sensible, ni la nature ne lui assignent de limites* » (ibid, p. 2). Nous le voyons dans cette citation, par delà la question de l'infinité de l'univers, Bruno prend position également sur celle du vide qui était rejeté par Aristote et sur la hiérarchisation de l'univers qui est abandonnée.

Mais il faut insister au moins autant sur le rejet total par Bruno de ce qui restait d'aristotélicien chez Copernic dans sa conception du mouvement. En effet, la réponse de Copernic à l'objection physique (force centrifuge...) à la rotation de la terre était loin d'être satisfaisante puisqu'elle se résumait à l'idée que les corps participent au mouvement de la terre. Bruno va remplacer cette explication mythique par une explication physique ou mécanique qui impliquera l'abandon de la conception aristotélicienne du mouvement (Michel, 1962), et comme l'écrit Koyré « *ce n'est pas d'un simple problème de science, c'est d'un problème philosophique qu'il s'agit...* » (2001, p. 171). Bruno va défendre l'astronomie copernicienne, en particulier la possibilité du mouvement de la terre, grâce à la théorie de l'impetus dont nous avons vu qu'elle avait été retenue par les nominalistes parisiens.

Les aristotéliciens avançaient que les nuages, les oiseaux, tout ce qui est dans les airs resteraient en arrière par rapport à la terre en mouvement et que la pierre lancée à la verticale ne retomberait pas à l'endroit d'où elle a été lancée.

Sur le premier argument, Bruno répond que l'air qui entoure la terre est entraîné par le mouvement de celle-ci et donc que les mouvements dans les airs sont semblables aux mouvements dans l'air immobile. Sur le second, il précise que « *toutes les choses qui se trouvent sur la terre se meuvent avec la terre* » (Koyré, 2001, p. 173) ce qui par contraste signifie que les phénomènes évoqués par les aristotéliens pour nier le mouvement de la terre ne pourraient se produire que si l'origine du mouvement de la pierre qui est jetée en l'air était extérieure à la terre : « *si d'un lieu extérieur à la terre quelque chose était jeté en terre (cette chose) par suite du mouvement de la terre, perdrait la rectitude (de son mouvement), comme il apparaît dans le navire, lorsque celui-ci descend le fleuve : si quelqu'un, qui se trouve sur la rive, vient à jeter une pierre tout droit vers le navire, il manquerait son but, et cela en proportion de la vitesse du navire. Mais que quelqu'un soit placé sur le mat de ce navire, et que celui-ci courre aussi vite qu'on voudra, son jet ne sera pas faussé d'un point. De sorte que la pierre, ou toute autre chose grave, jetée du mât vers un point situé au pied du dit mât, ou en quelque autre partie de la cale ou du corps du navire, y viendra en ligne droite. De même si quelqu'un qui se trouve dans le navire jette en ligne droite (verticale) une pierre vers le sommet du mât, ou vers la hune, cette pierre reviendra en bas par la même ligne, de quelque manière que le navire se meuve, pourvu qu'il n'éprouve pas d'oscillation* » (Koyré, 2001, p. 174).

L'explication de Giordano Bruno est parfaitement claire et marque sa différence avec les aristotéliens mais aussi avec Copernic qui réfutait l'argument aristotélien par la participation des corps en mouvement à la nature de la terre (Copernic utilise pour réfuter l'aristotélisme l'argument aristotélien du mouvement naturel). Pour Bruno, les corps participent au mouvement de la terre parce qu'ils sont « en elle ». Conséquence essentielle, avec Bruno il n'y a plus de mouvement naturel et par conséquent de mouvement violent, il y a des mouvements tout court. Ainsi Bruno remplace la conception métaphysique d'Aristote par une conception purement physique ou plus exactement mécanique. Non seulement Bruno remet en cause la théorie du mouvement des aristotéliens, l'immobilité de la terre, le géocentrisme, la distinction entre monde terrestre et monde céleste, mais comme nous l'avons vu précédemment, refuse la finitude du cosmos et celle de l'unicité de notre monde, ce qui est intolérable pour l'Eglise (Vedrine, 1999). Un pas de plus est franchi par rapport à Copernic chez qui le soleil, qui était substitué à la terre, occupait le centre de l'univers. Pour Bruno, le soleil reste le centre de notre monde mais il existe une infinité de mondes. Le système solaire est donc un système parmi d'autres et rien ne dit qu'il n'y ait pas d'habitants sur d'autres planètes... La hiérarchisation des mondes n'a maintenant plus de sens, nous passons comme nous l'avons dit d'une vision métaphysique, ou plus justement d'une vision où la physique doit beaucoup à la métaphysique, à une vision purement géométrique de l'espace. A cela il faut ajouter que Bruno s'oppose à l'impossibilité physique du vide des aristotéliens. Comme le dit si bien Koyré, nous sommes « *confondus devant la hardiesse, et le radicalisme, de la pensée de Bruno, qui opère une transformation -révolution véritable- de l'image traditionnelle du monde et de la réalité physique* » (2001, p. 181). Le cosmos des aristotéliens caractérisé par sa finitude, sa hiérarchisation, ses mouvements naturels et violents, l'absence de vide... devient un univers infini et uniforme purement physique.

Le travail de Giordano Bruno est stupéfiant, c'est une évidence, mais il n'est pas totalement abouti : manque un élément important, voire essentiel, il n'y a pas de théorie du mouvement. Bruno nous donne une image très satisfaisante de l'univers, du mouvement des astres et des corps, mais il ne nous donne pas d'explication de ce mouvement. Donc si Bruno nous dit bien que l'Univers est physique, il ne nous dit pas ce qu'est la physique qui pourra le lire ou plutôt il nous propose une physique ou une mécanique qui ne sont pas à la hauteur de son nouveau système. Nous l'avons dit, Bruno fait sienne l'explication du mouvement par l'impetus des

nominalistes parisiens. La question que l'on se pose alors est celle des causes des limites du système de Bruno ; pourquoi ne peut-il pas créer une physique à la hauteur de sa conception de l'univers fondée sur la seule raison, en fait une physique moderne ? La réponse est certainement que Bruno, contrairement à Copernic, ne ressent pas la nécessité du recours aux mathématiques. Mais plus largement nous constatons que Giordano Bruno a su mobiliser les philosophes présocratiques, Platon et les platoniciens, les épicuriens...pour démanteler la physique et la métaphysique d'Aristote qu'il exècre - c'est homme « *injurieux et ambitieux qui a voulu déprécier les opinions des autres philosophes avec leurs manières de philosopher* » (Bréhier, 1983) - mais n'a pas retenu le caractère profondément mathématique de la vision platonicienne du monde.

B. La mathématisation galiléenne de la nature

1. Kepler

Si Giordano Bruno s'inscrit bien dans l'humanisme du 16^e siècle, Johann Kepler est certainement la première grande figure du 17^e siècle mécaniste. Kepler sera sur ce point particulier l'antithèse de Bruno. Sous l'influence de Tycho Brahé (Luminet, 2008), encore adepte de certains éléments essentiels de l'astronomie ptoléméenne mais mathématicien remarquable, Kepler va défendre l'idée selon laquelle l'ensemble de l'univers est régi par les mêmes lois et que ces lois sont de nature strictement mathématique (Ekeland, 1987). Cela ne signifie pourtant pas que le scientifique Kepler ait rompu totalement avec une vision religieuse du monde : « *Son Univers est sans doute un univers structuré, hiérarchiquement structuré par rapport au soleil et harmonieusement ordonné par le créateur, qui s'y exprime lui-même en un vaste symbole, mais la norme que suit Dieu dans la création du monde est déterminée par des considérations strictement mathématiques ou géométriques* » (Koyré, 1973, p. 56). L'influence du platonisme est manifeste : « *C'est en étudiant les cinq corps réguliers de Platon que Kepler a eu l'idée que l'ensemble de ces corps formait le modèle sur lequel Dieu a créé le monde, et que les distances des planètes à partir du Soleil devaient se conformer aux possibilités d'emboîtement, l'un dans l'autre, de ces corps réguliers. L'idée est typiquement keplerienne : il y a de la régularité et de l'harmonie dans la structure du monde, mais celle-ci est strictement géométrique. Le Dieu platonicien de Kepler construit le monde en le géométrisant* » (ibid). Par ailleurs Kepler est le premier à formuler une loi de l'attraction ; il explique dans son ouvrage *Astronomia Nova* (1609) que les corps graves s'attirent les uns les autres, que la terre attire une pierre comme elle est attirée par celle-ci¹¹. Il écrit aussi, ce qui paraît logique, que l'attraction entre deux corps est proportionnelle à la grandeur de ces corps. Le champ de l'attraction de la terre va au-delà de la Lune et celui de la Lune s'exerce jusqu'à la Terre ce qui implique que ces deux corps se rencontreraient si une force « *animale ou d'une autre nature ne retenait la Lune sur son orbite* ». Cependant la loi de l'attraction de Kepler joue pour des corps de nature identique comme la terre et la lune mais ne joue pas entre des corps différenciés comme le soleil et les planètes. Les planètes ne sont pas attirées par le soleil et ne gravitent pas vers lui, elles sont mues par lui¹². La persistance

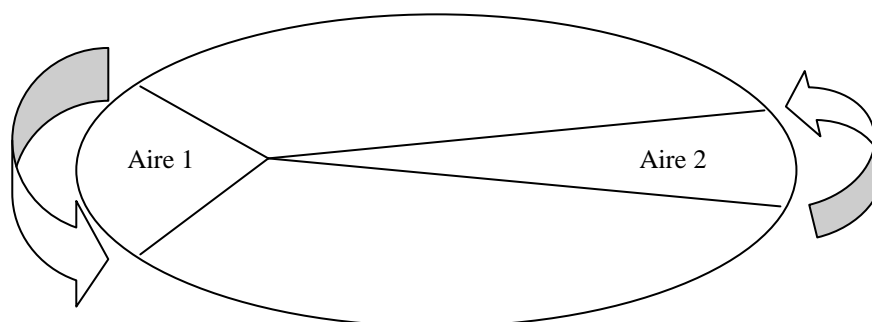
¹¹ On peut dire que l'attraction keplerienne se substitue à la communauté de nature de Copernic, hypothèse qui lui était nécessaire pour justifier le mouvement de la terre.

¹² « *Dans la physique céleste de Kepler le Soleil n'est pas un centre de gravitation : il est un centre de mouvements parce qu'il est un centre de forces magnétiques et quasi-magnétiques. Le Soleil, en effet, est animé d'un mouvement de rotation, et c'est ce mouvement qu'il transmet aux planètes au moyen d'une espèce immatérielle, analogue à la fois à la lumière et à la force magnétique. Cette espèce se répand à travers l'espace et, de ce fait s'atténue et s'affaiblit avec son éloignement du Soleil ; c'est ce qui explique que les planètes se meuvent d'autant plus lentement qu'elles sont plus loin du Soleil et d'autant plus vite qu'elles en sont plus près* » (Koyré, 2001, p. 15).

d'une différenciation qualitative de l'univers fait que l'attraction de Kepler n'est pas encore l'attraction universelle.

Une fois de plus nous observons qu'un penseur remarquable est amené à faire coexister deux conceptions qui ne sont pas totalement compatibles (Easlea, 1986). Kepler fait progresser sensiblement l'étude des mouvements des corps célestes mais n'a pas su dépasser les apories des diverses théories du mouvement qui avaient cours à son époque. Sur cette question, Kepler reste très aristotélicien et continue à opposer mouvement et repos comme on oppose lumière et obscurité. Kepler n'a pas su voir l'équivalence ontologique du mouvement et du repos et l'indifférence de la matière à l'un ou à l'autre. Pour lui comme pour les aristotéliciens, il n'est pas besoin d'expliquer le repos, par contre il faut expliquer aussi bien l'origine du mouvement que sa persistance. Nous retrouvons ici l'explication du mouvement d'un corps, quel qu'il soit, par l'action d'une force, d'un moteur, sur le corps en mouvement. Nous venons de le voir, le mouvement des planètes s'explique par la force active émise par le soleil. Enfin nous remarquons que Kepler ne reprend pas à son compte l'intuition de Giordano Bruno sur l'infinité de l'Univers. Même si son monde est plus grand que celui de la cosmologie aristotélicienne ou de celle de Copernic¹³, Kepler n'imagine rien au delà de la voûte céleste.

Malgré cela les travaux de Kepler vont représenter une étape importante dans les progrès de l'astronomie. Ses trois lois deviendront des références pour ses successeurs (Brod, 1932). Les trois lois dites de Kepler apparaissent pour les deux premières dans son ouvrage *Astronomia Nova* (1609) et pour la troisième dans *Harmonie du monde* (1618). La première loi (dite loi des orbites) précise que « l'orbite de chaque planète a la forme d'une ellipse dont le soleil occupe l'un des foyers » (ibid). De cette loi, on en déduit qu'une planète en orbite est parfois éloignée (aphélie), parfois rapprochée (périhélie) du soleil. La deuxième loi (dite loi des aires) stipule que « la droite joignant la planète au Soleil balaie des aires égales en des temps égaux » (Boudenot, 2001, p. 22). Les aires 1 et 2 qui sont balayées en des temps égaux par le rayon sont égales l'une à l'autre (aire 1 = aire 2). Une planète met ainsi le même temps à parcourir la trajectoire 1 qu'elle en prendra pour parcourir la trajectoire 2 (car les deux aires sont égales).



Cette loi permet de conclure qu'une planète se déplace plus rapidement sur son orbite lorsqu'elle est près du soleil que lorsqu'elle en est éloignée. Ces deux lois permettent d'expliquer la complexité du mouvement apparent des planètes sans recourir aux épicycles du modèle ptoléméen. La troisième énonce que « le carré du temps de révolution (T) autour du Soleil de n'importe quelle planète, y compris la Terre est proportionnel au cube de sa

¹³ Contrairement à ce que l'on pense souvent, le monde aristotélicien n'est pas un monde en miniature. Certains historiens de la science estiment que son rayon était d'environ 200 millions de kilomètres (20 000 fois le rayon de la terre) et que le monde de Copernic était 2000 fois plus grand.

distance moyenne au Soleil (a), ce qui se traduit par $a^3/T^2 = \text{constant}$ » (Boudenot, 2001, p. 23). De cette loi, on en déduit qu'il existe un facteur constant entre la force exercée et la masse de la planète considérée, qui est la constante de la gravitation universelle ou constante gravitationnelle. Ces trois lois seront essentielles pour Newton dans son travail sur la gravitation universelle.

2. Galilée

La parution à Florence en 1632 du livre de Galilée, *Dialogue concernant les deux grands Systèmes du Monde*, est souvent considérée comme un autre moment symbolique de la naissance de la nouvelle science. Nous avons dit plus haut que celle-ci était à la fois le produit des critiques portées contre la pensée aristotélico-thomiste et qu'elle était plus que l'aboutissement d'un processus mais aussi un véritable saut qualitatif. Certes la science de Galilée ne serait jamais née sans les travaux précurseurs des oxfordiens, des nominalistes parisiens, de Nicolas de Cues et surtout ceux de Copernic, Brahé ou Kepler (Bertrand, 1860), mais le penseur italien imposera les deux caractéristiques fondamentales de la science moderne : la mathématisation et la mécanisation (Allègre, 2002). Ces dernières marquent la rupture (presque) définitive entre la science et la métaphysique dans les pratiques sinon dans les discours. Comme le dit si bien Elhanan Yakira (1994, p. 13), « *Le passage à la science classique est donc beaucoup plus que la simple rectification de quelques erreurs ou que l'imposition de restrictions méthodologiques. C'est la base conceptuelle de la science elle-même qui est transformée* ».

Mais avant de présenter les apports des recherches de Galilée, il est utile de rappeler que ses travaux s'inscrivent dans un contexte intellectuel favorable même s'ils vont rencontrer l'hostilité manifeste des tenants des anciens systèmes de pensée (Minois, 2000). Comme nous l'avons évoqué plus haut la Renaissance et le 16^e siècle révèlent un courant de pensée humaniste qui accorde une place importante à l'individu (Montaigne en France, Erasme en Hollande, Thomas More en Angleterre...). Le 17^e se caractérise quant à lui par un recul de l'individualisme et par une sorte de retour à la soumission à un ordre supérieur. Celui-ci n'est plus défini principalement par le religieux comme au Moyen Age mais aussi par le politique et la raison : « *l'image que (l'homme) se fait de la nature extérieure ne change pas moins : la spontanéité vivante, jaillissante qu'y voyait un Bruno, est remplacée par les règles rigides du mécanisme ; l'animisme de la renaissance, que Campanella représente encore, ne laisse que de faibles traces ; non seulement on retire la vie à la nature, mais Descartes la retire même, si l'on peut dire, à l'être vivant, dont il fait une simple machine* » (Bréhier, 1983, p. 9). Galilée comme Descartes, Hobbes, Gassendi et la plupart des scientifiques du 17^e siècle sont dans cette logique : leur vision du monde est mécaniste (Geymonat, 1957). Mais encore faut-il produire une théorie du mécanisme universel qui serait complètement (définitivement ?) convaincante.

Nous avons vu que les prédécesseurs de Galilée, des scolastiques critiques à Copernic, avaient largement fait avancer le projet mais sans arriver, malgré des progrès indéniables, à un résultat satisfaisant. Même si on ne peut pas dire que Galilée parviendra à construire cette théorie du mécanisme universel (il faudra attendre Newton), il en fournira les principaux éléments constitutifs. Le principal vient de l'intuition de Galilée que l'on peut lire la nature grâce au langage mathématique et que celui-ci est le seul fiable : « *La philosophie est écrite dans ce très grand livre qui se tient constamment ouvert sous nos yeux, l'univers, et qui ne peut se comprendre que si l'on a préalablement appris à comprendre la langue et à en connaître les caractères employés pour l'écrire. Ce livre est écrit dans la langue mathématique, ses caractères sont des triangles, des cercles et d'autres figures géométriques, sans l'intermédiaire desquels il est impossible d'en comprendre humainement un seul mot, et*

sans lesquels on ne fait qu'errer vainement dans un labyrinthe obscur » (Galilée, *Il Saggiatore*, cité par Boudenot, 2001, p. 17).

La science de Galilée repose avant tout sur l'idée que le monde naturel est déchiffrable grâce aux mathématiques et plus largement que les lois de la nature peuvent être traduites en lois mathématiques. Les lois mathématiques ne disent pas ce que sont les choses ; elles peuvent dire comment celles-ci s'articulent dans l'espace et dans le temps : elles sont des outils parfaitement adaptés à une vision fonctionnaliste de la nature. Nous le comprenons, à partir de Galilée, les mathématiques et la physique deviennent indissociables.

Sur un plan plus technique, Galilée a le mérite d'avoir considérablement fait progresser le traitement de la question centrale de la physique moderne : celle du mouvement des corps pesants (Chareix, 2002). Nous l'avons vu précédemment que la question du mouvement a préoccupé tous les penseurs depuis l'antiquité pour deux raisons au moins ; elle fait partie de notre monde proche, le jet d'une pierre, le lancer d'un projectile guerrier... et elle renvoie à un monde plus éloigné bien que toujours présent, celui des étoiles et des planètes.

Nous avons vu également que la réponse d'Aristote s'était imposée durablement mais qu'elle n'était pas exempte de faiblesses et que par conséquent elle ne pouvait totalement s'accorder avec le sens commun. La théorie de l'impetus, reprise par les nominalistes parisiens vaudra surtout par sa remise en cause du dogme aristotélico-thomiste plus que par sa solidité. Même Kepler, le contemporain de Galilée avec lequel il entretiendra des relations épistolaires, ne saura définir correctement le statut du mouvement. Pour tous les penseurs jusqu'à Galilée, le mouvement et le repos ne sont pas de même nature, n'ont pas le même statut ontologique ; autant le mouvement doit être expliqué, autant le repos n'a pas besoin d'explication.

Pour les aristotéliens, il convenait de faire la distinction entre les mouvements naturels et les mouvements violents. Les premiers s'expliquant par le principe des causes finales : les corps ont tendance naturellement à rejoindre leur milieu naturel. Le mouvement naturel type est celui de la pierre qui tombe (qui se dirige) vers le sol de la terre, non pas parce qu'elle est attirée par celle-ci mais bien parce qu'elle rejoint son lieu naturel. Les mouvements violents étaient considérés comme le produit de forces contrariant les mouvements naturels. Pour la science traditionnelle, le mouvement ne pouvait se concevoir sans moteur et celui-ci ne pouvait exercer son action qu'en étant en contact avec le mobile, d'où la question sensible : comment expliquer qu'un projectile continue à se mouvoir après avoir quitté son propulseur ? Les aristotéliens imaginaient que le mouvement de l'air à l'arrière du projectile pouvait jouer le rôle de moteur.

Nous avons vu enfin que les nominalistes s'étaient ralliés à la théorie de l'impetus qui suppose que le moteur communique au corps mû une certaine puissance qui lui permet de se déplacer. La différence avec Aristote est qu'ici la force passe du moteur qui se trouve à l'origine du mouvement au corps qui se meut. Mais foncièrement la réponse à la question du mouvement n'est pas satisfaisante. Le mouvement reste un processus alors que le repos est un état. Galilée va ramener le statut du mouvement à celui d'état ce qui premièrement n'implique pas une modification du corps et deuxièmement signifie que le mouvement d'un corps ne peut s'expliquer que par des facteurs extérieurs mettant en scène d'autres corps. Le changement par rapport à la science ancienne est radical : d'absolu, le mouvement devient relatif (Biezunski, 1993). Auparavant il s'expliquait à partir du seul corps en mouvement et de son moteur, maintenant il ne vaut que si l'on a au moins deux corps et surtout on ne peut dire lequel des deux est en mouvement, si l'un est en mouvement et l'autre au repos. Avec Galilée, mouvement et repos sont équivalents sur le plan ontologique : « *Le mouvement est mouvement et agit comme mouvement, en tant qu'il est en relation avec des choses qui en sont privées ;*

mais, pour ce qui concerne les choses qui y participent toutes également, il n'agit nullement et il était comme s'il n'était pas. Ainsi, les marchandises dont un navire est chargé se meuvent en tant que, quittant Venise, elles passent par Carfou, par la Crête, par Chypre, et vont à Alep ; lesquels Venise, Carfou, Crête, etc., demeurent et ne se meuvent pas avec le navire ; mais, pour ce qui concerne les balles, caisses et autres colis dont le navire est rempli et chargé, et respectivement au navire lui-même, le mouvement de Venise en Syrie est comme nul et ne modifie en rien la relation qui existe entre eux ; en cela, parce qu'il est commun à tous et que tous y participent » (Dialogues concernant les deux plus grands systèmes du monde, cité par Balibar, 1984, p. 27) .

Le mouvement n'est plus un processus qui affecte les qualités intrinsèques du corps. Le mouvement n'est plus une forme de changement comme il l'était chez Aristote : « *Alors que les aristotéliens considéraient le mouvement seul -et non le repos- comme un changement (qu'il faut expliquer par des causes), après Galilée, le mouvement en tant que tel n'est plus considéré comme un changement qu'il faut expliquer ; c'est au changement de mouvement qu'il faut désormais assigner des causes. Le concept de changement de mouvement, et non le mouvement lui-même, constitue désormais le véritable événement physique* » (Yakira, 1994, p. 15). Précisons cette idée : maintenant et contrairement à la physique aristotélienne, le mouvement est un « *fait premier qui n'appelle pas d'explication* » (ibid), qui en tant que tel n'a pas de cause. Seul le changement de mouvement peut avoir une cause. Autre conséquence importante, le seul mouvement en tant que tel ne peut être que le mouvement uniforme et rectiligne, le changement de mouvement étant soit un changement de la vitesse ou un changement de la direction.

La théorie du mouvement fait l'objet de longs et fructueux développements dans les *Discours et démonstrations mathématiques concernant deux nouvelles sciences touchant la mécanique et les mouvements locaux* (1638). Comme son titre l'indique, le *Discours* traite de deux sciences : la première s'intéresse à la résistance des matériaux, Galilée pose en termes de mécanique statique, grâce en particulier à l'effet de levier, la question de la résistance à la rupture des poutres et autres formes géométriques¹⁴ ; la seconde est la science du mouvement dont l'objet est plus exactement l'étude des mouvements rectilignes uniformes et uniformément accélérés.

Galilée s'interroge aussi sur les mouvements composés comme ceux des projectiles. L'ambition de Galilée est grande : il souhaite expliquer le mouvement uniformément accéléré en soi mais aussi démontrer que tous les mouvements des corps en chute libre sont de cette nature, aussi bien la pierre qui tombe du sommet de la tour que la plume qui décrit une figure complexe dans sa chute (Zouckermann, 1968). L'idée centrale de Galilée est que tous les corps tombent à la même vitesse dans un milieu dépourvu de résistance : « *C'est alors, considérant ces faits, qu'il me vint à l'esprit que si l'on supprimait totalement la résistance du milieu, tous les corps descendraient à la même vitesse* » (1638, [1995, p. 61]). La thèse est audacieuse puisqu'elle signifie que les différences de vitesse entre deux corps qui tombent, par exemple la pierre et la plume, ne dépendent pas des différences de poids entre les deux corps mais de facteurs extérieurs, en particulier la résistance du milieu.

Nous avons vu plus haut que pour Galilée le mouvement des corps tombant était uniformément accéléré. Galilée va donc essayer d'expliquer les modalités de cette accélération. L'accélération est-elle régulière, est-elle proportionnelle à l'espace ou au temps ? En premier lieu Galilée avance que la nature fonctionne selon des lois simples : « *Quand donc j'observe une pierre tombant d'une certaine hauteur à partir du repos et recevant continuellement de nouveaux accroissements de vitesse, pourquoi ne*

¹⁴ Nous reviendrons plus loin sur la mécanique statique et l'apport trop méconnu de Simon Stevin.

croirais-je pas que ces additions ont lieu selon la proportion la plus simple et la plus évidente » (1638, [1995, p. 130]). Et l'accroissement qui semble le plus simple à Galilée est « celui qui toujours se répète de la même façon » (ibid).

De plus, pour Galilée, la croissance de la vitesse ne doit plus se rapporter à l'espace comme le faisaient ses prédécesseurs mais au temps : « *Ce que nous comprenons aisément en réfléchissant sur l'étroite affinité entre le temps et le mouvement : de même en effet que l'uniformité du mouvement se définit et se conçoit grâce à l'égalité des temps et des espaces (nous appelons un mouvement uniforme quand deux espaces égaux sont franchis en des temps égaux), de même nous pouvons concevoir que dans un intervalle de temps semblablement divisé en parties égales des accroissements de vitesse aient lieu simplement ; ce qui sera le cas si par « uniformément », et, du même coup « continuellement accéléré » nous entendons un mouvement où en des fractions de temps égales quelconques se produisent des additions égales de vitesse. Ainsi, et quel que soit le nombre de parties égales de temps qui se sont écoulées depuis l'instant où le mobile, abandonnant l'état de repos, a commencé de descendre, le degré de vitesse acquis au terme des deux premières parties sera le double du degré acquis durant la première partie ; ainsi encore, après la troisième partie, le degré atteint sera le triple, et, après la quatrième le quadruple du degré gagné dans la première partie ; de sorte que pour plus de clarté, si le mobile devait continuer à se mouvoir avec le degré ou moment de vitesse acquis durant le premier intervalle de temps, et conserver ensuite cette même vitesse uniformément, son mouvement serait deux fois plus lent que s'il s'était effectué avec le degré de vitesse acquis en deux intervalles de temps. Nous ne nous écartons pas de la droite raison, si nous admettons que l'intensification de la vitesse est proportionnelle à l'extension du temps ; aussi la définition du mouvement dont nous allons traiter peut-elle se formuler comme suit : je dis qu'un mouvement est également ou uniformément accéléré quand, partant du repos, il reçoit en des temps égaux des moments égaux de vitesses* » (1638, [1995, p. 131]).

Galilée propose ensuite un certain nombre de théorèmes consacrés à la théorie du mouvement uniformément accéléré :

Théorème I : « *Le temps pendant lequel un espace quelconque est franchi par un mobile, partant de l'état de repos, avec un mouvement uniformément accéléré, est égal au temps pendant lequel le même espace serait franchi par le même mobile avec un mouvement uniforme, dont le degré de vitesse serait la moitié du plus grand et dernier degré de vitesse atteint au cours du mouvement accéléré* » (1638, [1995, p. 139]).

Théorème II : « *Si un mobile, partant du repos, tombe avec un mouvement uniformément accéléré, les espaces parcourus, en des temps quelconques par ce même mobile, sont entre eux en raison du double des temps, c'est-à-dire comme les carrés de ces mêmes temps* » (1638, [1995, p. 140]).

Théorème III : « *Si un même corps, partant du repos, tombe sur un plan incliné, puis le long d'une verticale, la hauteur étant la même dans les deux cas, les temps des mouvements seront entre eux comme les longueurs respectives du plan incliné et de la verticale* » (1638, [1995, p. 150]). Ce troisième théorème permet de faire des comparaisons entre les mouvements verticaux et les mouvements sur des plans inclinés, mais aussi comme le fait remarquer Michel Blay (1995, p. 15), « *c'est une passerelle vers l'étude des trajectoires curvilignes décrites par les corps pesants* ».

Galilée s'intéresse aussi dans son *Discours* à une question largement débattue avant lui et qui n'avait pas reçu de réponse satisfaisante : celle de la trajectoire et des mouvements composés des projectiles. Son explication s'émancipera totalement de la distinction traditionnelle entre mouvement violent et mouvement naturel hérité d'Aristote. Il présente ainsi le problème :

« Dans la recherche que j'aborde à présent, je m'efforcerai de mettre en lumière et d'établir sur de fermes démonstrations certaines des conséquences particulièrement importantes et dignes d'être connues, qu'entraîne pour un mobile le fait d'être animé d'un double mouvement, à savoir un mouvement uniforme et un mouvement naturellement accéléré... Le mobile que j'imagine doué de gravité, parvenu à l'extrémité du plan et continuant sa course, ajoutera à son précédent mouvement uniforme et indélébile la tendance vers le bas que lui confère la gravité : le résultat sera ce mouvement composé d'un mouvement horizontal uniforme et d'un mouvement naturellement accéléré vers le bas que j'appelle projection. Nous démontrerons maintenant quelques-unes de ses propriétés dont voici la première : Théorème I – Proposition I ; un projectile qu'entraîne un mouvement composé d'un mouvement horizontal uniforme et d'un mouvement naturellement accéléré vers le bas, décrit au cours de son déplacement une trajectoire semi-parabolique » (1638, [1995, p. 268-269]).

Apparaît aussi dans le discours ce qui est peut être considéré comme l'une des lois les plus fondamentales de la physique moderne, la loi d'inertie. Cette loi est la clé de la compréhension du mouvement dans la physique post-aristotélicienne. En fait, la loi d'inertie sera formulée explicitement par Descartes mais toute la mécanique de Galilée repose sur elle, comme le montrent les propos suivants : « Il faut remarquer en outre qu'un degré de vitesse quelconque, une fois communiqué à un mobile, s'imprime en lui de façon indélébile du seul fait de sa nature, et pourvu que soient supprimées les causes extérieures d'accélération et de ralentissement... » (1638, [1995, p. 243]) ou « J'imagine qu'un mobile a été lancé sur un plan horizontal d'où l'on a écarté tout obstacle ; il est déjà certain, d'après ce qu'on a dit ailleurs plus longuement, que son mouvement se poursuivra uniformément et éternellement sur ce même plan, pourvu qu'on le prolonge à l'infini. Supposons en revanche qu'il soit limité et situé à une certaine hauteur : le mobile que j'imagine doué de gravité, parvenu à l'extrémité du plan et continuant sa course, ajoutera à son précédent mouvement uniforme et indélébile la tendance vers le bas que lui confère sa gravité : le résultat sera ce mouvement composé d'un mouvement horizontal uniforme et d'un mouvement naturellement accéléré vers le bas que j'appelle projection » (ibid). L'inertie galiléenne signifie qu'un corps qui est abandonné à lui-même reste dans son état de repos ou dans son état de mouvement, tant que cet état n'est pas perturbé par une force extérieure. Plus précisément, un corps restera toujours au repos jusqu'à ce qu'une cause extérieure vienne le mettre en mouvement et un corps conservera son mouvement rectiligne et uniforme en termes de direction et de vitesse tant qu'une cause extérieure ne viendra pas modifier ce mouvement. Galilée ne pourra formuler exactement la loi d'inertie parce qu'il est encore dans une certaine mesure influencé par certaines conceptions aristotélicienne ; il croit encore que le mouvement parfait est le mouvement circulaire. Dans ses *Principa Philosophias*, Descartes éliminera cette scorie : « Chaque corps persévère en son état de repos, ou de mouvement uniforme en ligne droite, s'il n'est pas contraint de changer cet état par une force appliquée sur lui » (1644, [2000, p. 34]).

La nouvelle théorie du mouvement, et en particulier la loi d'inertie, représente des progrès considérables sur le plan de l'explication scientifique des phénomènes naturels mais elles sont aussi le produit de bouleversements dans la façon d'expliquer les phénomènes.

Il y a aussi une révolution épistémologique. En effet comme l'écrit Koyré, le principe d'inertie présuppose trois conditions absolument non évidentes à l'époque de Galilée et Descartes : premièrement « la possibilité d'isoler un corps donné de tout son entourage physique, et de la considérer comme s'effectuant tout simplement dans l'espace », deuxièmement une « conception de l'espace qui l'identifie avec l'espace homogène infini de la géométrie euclidienne » et troisièmement « une conception du mouvement et du repos qui les considère comme des états et les place sur le même niveau ontologique de l'être » (1973, p. 200).

Nous le voyons bien, Galilée se heurte non seulement aux autorités intellectuelles et religieuses de l'époque mais aussi au sens commun qui peut difficilement faire siennes ses prémisses. Nous voyons ici que Galilée rompt avec l'un des fondements de la science aristotélicienne qui était de s'accorder avec le sens commun, mais nous voyons aussi que la science de Galilée ne plonge pas ses racines dans l'expérience et la perception : son terreau est la réflexion et la pensée pure. Il faut être clair : l'intérêt attribué à Galilée pour l'expérimentation n'en fait pas le grand maître des sciences expérimentales dans la lignée ou non de Robert Grosseteste ou Roger Bacon. La physique de Galilée est une physique a priori, une physique où la théorie se situe chronologiquement et hiérarchiquement avant l'expérience.

Les lois du mouvement sont des lois mathématiques et comme le dit Koyré, ces lois nous « *les découvrons non pas dans la nature mais en nous-mêmes, dans notre esprit, dans notre mémoire, comme Platon nous l'a enseigné autrefois* » (1973, p. 211). Galilée le dit lui-même par la bouche de Salviati, le personnage qui défend ses thèses dans le *Dialogue concernant les deux plus grands Systèmes du Monde*. Salviati répond à Simplicio, le défenseur de l'empirisme aristotélicien, qui lui demande s'il a réalisé l'expérience de la balle que l'on fait tomber du mâât d'un navire : « *Et moi, sans avoir fait l'expérience, je suis sûr que l'effet que je vous dis s'ensuivra, parce qu'il est nécessaire qu'il en soit ainsi...* » (cité par Balibar, 1990, p. 46).

Il semblerait d'ailleurs que Galilée n'ait jamais réalisé lui-même la célèbre expérience de la tour de Pise qui lui est pourtant souvent attribuée. La réponse de Salvati est lourde de conséquence puisqu'elle aboutit à l'inutilité de l'expérience dans la mesure où nous sommes capables de fournir des preuves strictement mathématiques.

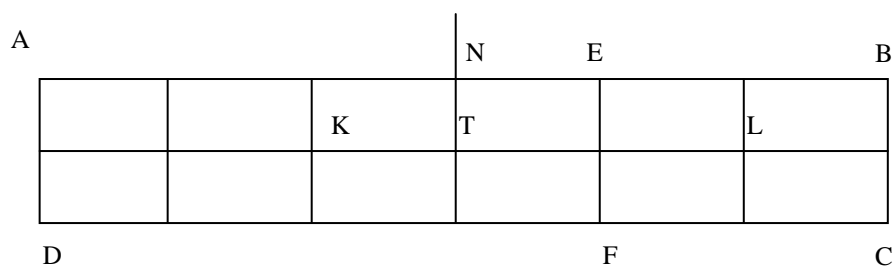
L'expérimentation viendrait donner non pas une preuve mais une illustration de ce qui a déjà été démontré théoriquement. La manière de lire le monde de Galilée est fondamentalement différente de celle des penseurs aristotélico-thomistes ; ceux-ci postulent que la science doit se fonder sur les perceptions et l'expérience et ravalent les mathématiques au rang de discipline annexe dont le champ de compétence est la pure abstraction, celui-là nous dit que le grand Livre de la Nature est écrit en signes géométriques et qu'on ne peut le déchiffrer que par les mathématiques, qui retrouvent ici un rôle opérationnel dans la compréhension des phénomènes naturels. Si nous devons situer Galilée par rapport aux grands maîtres de la philosophie grecque, il est évident que Galilée doit beaucoup à Platon, comme les thomistes devaient beaucoup à Aristote.

3. Simon Stevin, l'art de peser et la mécanique statique

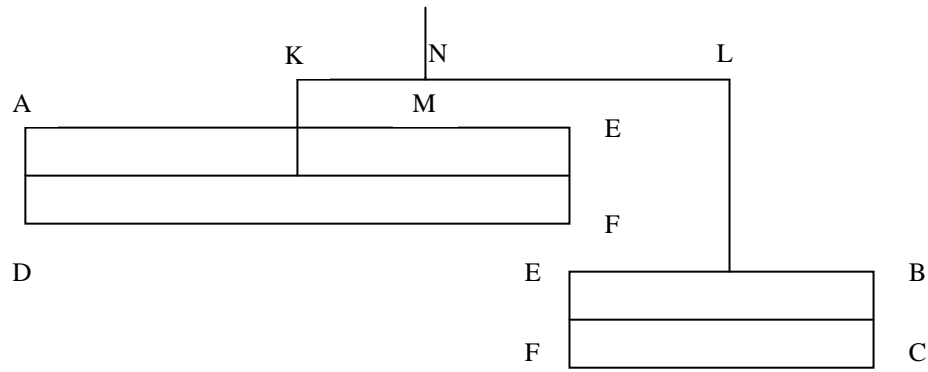
Nous avons vu plus haut que Galilée avait publié en 1638, c'est-à-dire après l'interdiction de l'Inquisition d'écrire sur la mobilité de la terre, un ouvrage au contenu peut-être moins polémique, *Discours et démonstrations mathématique concernant deux nouvelles sciences touchant la mécanique et les mouvements locaux*. L'une de ces deux sciences s'intéresse aux corps en mouvement, la seconde à la résistance des matériaux. Nous avons là en fait la distinction entre les deux branches de la mécanique, d'un côté la mécanique dynamique et de l'autre la mécanique statique. Les deux sciences s'intéressent à l'exercice des forces sur un corps. Celles-ci peuvent être équilibrées, la branche de la mécanique qui se préoccupe de ce type de phénomènes est la statique. Lorsque les forces qui agissent sur le corps ne sont pas équilibrées, celui-ci subit un mouvement accéléré ; nous sommes là dans le domaine de la dynamique. Comme nous l'avons vu, Galilée fait progresser considérablement la dynamique, mais il apporte aussi beaucoup à la statique. Cela étant sa notoriété fait trop souvent oublier, et cela est particulièrement vrai en France, la contribution de l'un de ses contemporains,

Simon Stevin (1548 – 1620), auteur de langue flamande, né à Bruges en 1548. Il semble qu'une partie des découvertes ou clarifications scientifiques dans le domaine de la mécanique statique attribuées à Galilée aient été le fruit du travail de Stevin.

Stevin qui était ingénieur et mathématicien, fut dans une première phase de sa vie professionnelle, assistant d'un marchand d'Anvers, puis financier dans le gouvernement de la ville de Bruges, et enfin, inspecteur des digues et canaux de Hollande et castrametator, c'est-à-dire intendant des fortifications du prince de Nassau. Stevin s'est toujours intéressé aux finances puisque au faite de sa carrière il sera membre du conseil gouvernemental et administrateur financier. C'est lui qui va imposer en Hollande la comptabilité en partie double déjà utilisée en Italie ; il publiera aussi des tables d'intérêt particulièrement prisées par les marchands (*Tafelen van Interest, Tables d'intérêt*, 1582). Son apport aux mathématiques n'est pas négligeable puisqu'après avoir fait un exposé précis sur les fractions décimales (*De Thiende, La Dîme*, 1585), il va en favoriser l'usage dans les mathématiques courantes, bien que ses notations soient plutôt complexes. En 1586, il publie à Leyde trois traités de mécanique, *L'art pondénaire ou de la Statique* qui est un traité sur les principes de la mécanique statique, *Applications de la statique* et *Principes sur le poids de l'eau (hydrostatique)*. Stevin reprend dans ses travaux de statique les travaux engagés par Archimède au 3^e siècle avant J-C. Il va porter son attention sur la plupart des questions qui relèvent de la mécanique statique : le principe du levier, le centre de gravité, les forces, l'équilibre... Son ouvrage, *L'art pondénaire ou de la Statique*, est divisé en cinq livres : les *Eléments de Statique* (livre I) ; *De l'invention du centre de gravité* (livre II) ; la *Statique-Pratique* (livre III) ; des *Eléments hydrostatique* (livre IV) et la *Pratique de l'Hydrostatique* (livre V). Dans son premier livre, Stevin définit la Statique comme la « Science qui déclare les raisons, les proportions et les qualités des poids et des pesanteurs des corps » 1586, [1634, p.434]. Vingt huit propositions (théorèmes) de la qualité des corps (qui sont de deux sortes : droits, obliques) sont présentés à partir d'un axiome (Sandori, 1983) : une colonne pesante ABCD, divisée en 6 parties égales, par plans parallèles à la base AD. Cette colonne est en équilibre si elle est suspendue par son milieu T, et ce point milieu est appelé centre de gravité. Si la colonne est coupée par un plan EF, parallèle à AD, celle-ci sera divisée en deux parties inégales : à gauche nous aurons 4 unités et à droite 2 unités.



Supposons que les deux parties soient suspendues chacune par leur milieu, respectivement K et L. Le centre gravité n'est pas déplacé par la subdivision de la poutre ou par le déplacement vertical des deux morceaux de la poutre. Les distances des points du milieu du grand et du petit segments au pivot sont de 1 unité (KN) et de 2 unités (NL). Nous voyons que le grand segment pèse 4 unités et le petit 2 unités. Donc les forces sur le levier sont dans le rapport : $4/2 = 2/1$, que Stevin généralise en $A/B = NL/NK$.

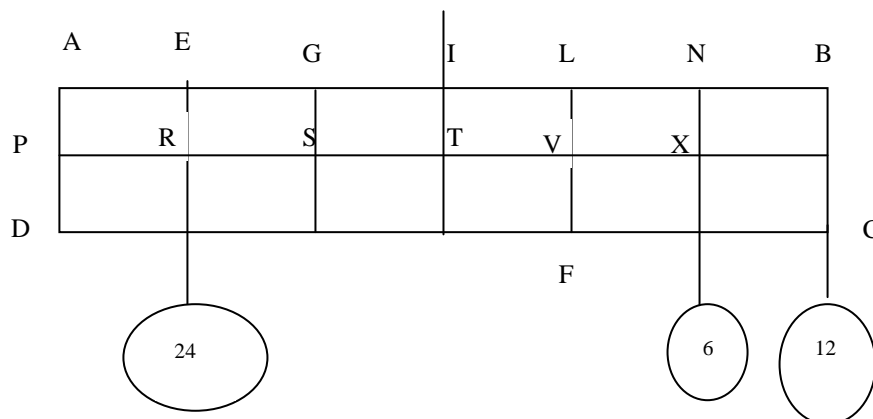


Source : Stevin (1586, [1634, p. 437])

Nous avons là *la loi du levier*. Elle est valable pour résoudre de nombreux problèmes pratiques ou théoriques. On peut ainsi remplacer les deux morceaux de poutre par des charges de poids différents. Selon Stevin, tout équilibre pourrait ainsi se ramener à une forme de pesée, et par là, à une notion plus abstraite et plus générale, celle de *force*. Celle-ci se caractérise par une direction et un sens. Mais pour la définir entièrement il faut indiquer quelle est son intensité. Il est usuel de représenter les caractéristiques d'une force par une flèche indiquant la direction et le sens, au côté de laquelle figure une grandeur exprimant le nombre d'unités de forces. De nos jours celles-ci sont exprimées en newtons. Nous aurons ainsi, pour une force d'une intensité A :

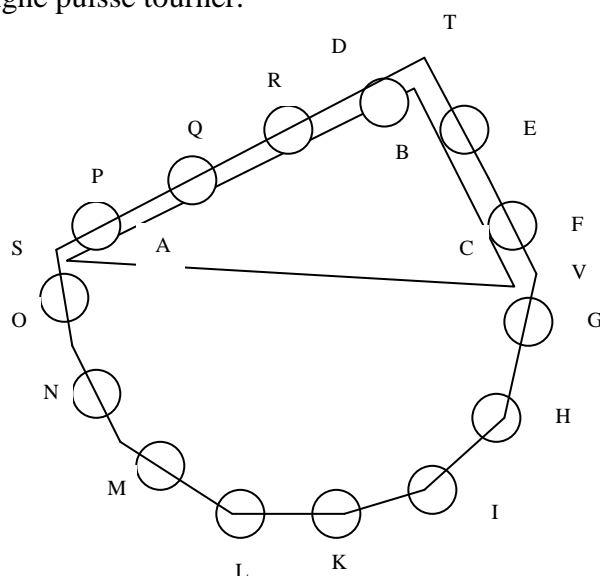


Une force qui se caractérise par une direction et une grandeur est un vecteur, par opposition, par exemple, à une masse qui elle possède une grandeur mais pas de direction. Toutes les quantités qui ne se caractérisent que par une grandeur, comme la masse, sont des scalaires. Le produit (grandeur de la force) x (bras de levier) est appelé moment de la force ou couple et il permet de mesurer le pouvoir de rotation. L'unité de moment de la force ou couple est une combinaison de l'unité de force (newton) et de l'unité de longueur (mètre), c'est le newton-mètre. Il y a équilibre -le levier est équilibré sur son axe- lorsque les deux moments des deux charges sont de même grandeurs et opposés. Dans le cas de la colonne de Stevin, cet équilibre prend la forme suivante :



Source : Stevin (1586, [1634, p. 439])

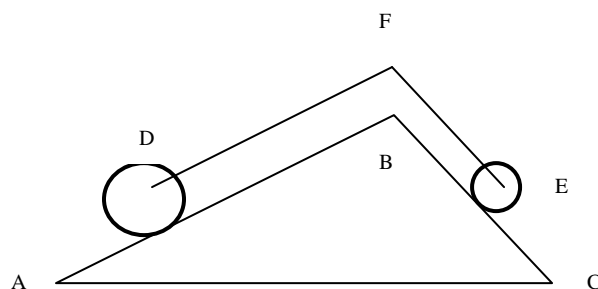
Les deux moments se définissent ainsi. Pour celui qui se rapporte à la force du côté droit (il s'exerce dans le sens des aiguilles d'une montre), nous avons : $6 \times 2 + 12 \times 3 = 48$ newton-mètres. Pour celui qui se rapporte à la force du côté gauche (il s'exerce dans le sens contraire des aiguilles d'une montre), nous avons : $24 \times 2 = 48$ newton-mètres. Les deux moments sont égaux, la poutre est en équilibre. La force de la gravité qui agit sur la poutre en son centre de gravité n'est pas prise en compte car son moment par rapport au pivot T est égal à zéro. Dans cet exemple, les deux moments sont égaux ou si on les soustrait l'un de l'autre, le résultat sera nul. Si on attribue un signe positif aux moments s'exerçant dans le sens contraire des aiguilles d'une montre et un signe négatif aux moments qui s'exercent dans le sens des aiguilles d'une montre, nous aurons un équilibre lorsque la somme des deux moments sera nulle. La somme des deux moments est appelée moment résultant. Imaginons qu'on ajoute une charge supplémentaire du côté B de la poutre, le résultat en sera un moment résultant négatif, signifiant une mise en rotation de la poutre dans le sens des aiguilles d'une montre. Les propriétés des poids (pesanteurs directes) étant posées, Stevin s'intéressera aux propriétés et qualités des obliques (plan incliné). Le théorème XI (proposition XIX) introduit un nouveau mécanisme : le collier de boules équidistants (*le clootcrans*) passé autour d'un triangle. Soit un triangle ABC, ayant son plan perpendiculaire à l'horizon et sa base AC parallèle à l'horizon, soit sur le côté AB (qui est double à BC) un poids en globe D et sur le côté BC un poids en globe E, égaux en poids et en grandeur. Soit autour du triangle, un collier de 14 boules, égales en poids, en grandeur et équidistants, comme D, E, F, G, H, I, K, L, M, N, O, P, Q, R. Une ligne passe par les centres de ces boules, de manière à ce qu'il y ait deux boules sur le côté AB et quatre boules sur le côté BA. Soit enfin, S, T et V trois points fermes, sur lesquels la ligne puisse tourner.



Source : Stevin (1586, [1634, p. 448])

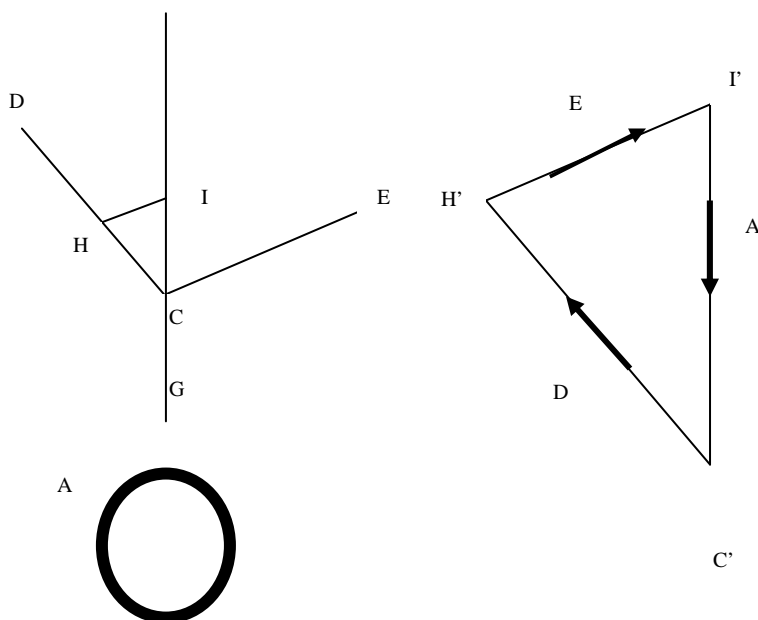
Le collier de boules ressemble à un dispositif qui était censé fonctionner selon le principe du mouvement perpétuel. Les quatre boules (P, Q, R, D) du côté AB du triangle exercent une traction supérieure à celles des 2 boules (E, F) du côté BC du triangle, par conséquent la chaîne se met en mouvement dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. Le déséquilibre entre les deux côtés se renouvelant sans cesse, le mouvement de rotation de la chaîne est perpétuel. Stevin ne croit pas à cette idée, le mouvement perpétuel est « absurde », en réalité la chaîne reste en équilibre ce qui permet de modifier la configuration du dispositif sans que l'équilibre disparaisse. La suppression des boules qui ne sont pas sur les deux plans

inclinés ne rompt pas l'équilibre. Dans les corollaires I et II, Stevin propose d'agglomérer les 4 boules (P, Q, R, D) du côté AB du triangle droit en une seule plus grande (D) et de faire la même chose pour les deux boules (E, F) du côté BC du triangle, soit E.



Source : Stevin (1586, [1634, p. 448])

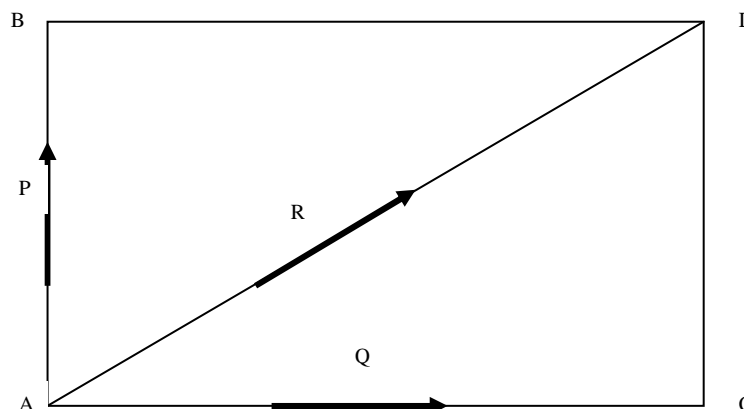
La démonstration est toujours valide quel que soit l'angle des deux plans inclinés. BC peut être vertical ce qui a pour conséquence que la boule E pend librement. Dans ce cas la règle fonctionne : si AB est deux fois plus long que BC, il faut pour qu'il y ait équilibre que la boule E soit d'un poids inférieur de moitié à celui de D. En généralisant, on peut dire que le nombre de boules sur chacun des côtés est proportionnel à la longueur de la pente. C'est **la loi dite du plan incliné** que l'on peut écrire pour l'exemple donné : $E/D = BC/AB$. La résolution du problème du plan incliné est un événement majeur, puisque personne jusqu'à Stevin n'avait réussi à trouver une solution, mais aussi parce la conclusion de Stevin est à l'origine de l'un des piliers de la statique moderne : *le parallélogramme des forces*. Stevin développera l'une des étapes - *le triangle des forces* - qui mène au *parallélogramme des forces* dont la loi sera établie rigoureusement par Newton.



Stevin (1586, [1634, p. 505])

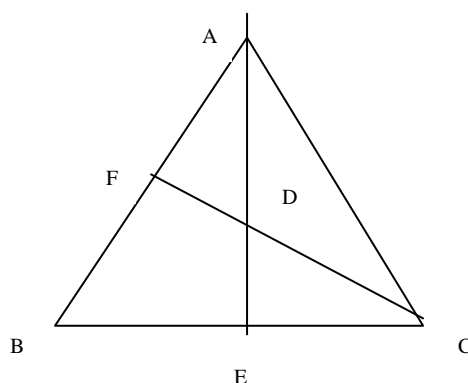
Représentation moderne

Le schéma de Stevin met en scène trois forces : D, E et A. La condition d'équilibre des trois forces se rencontrant au point C est réalisée lorsque l'on peut tracer un triangle de forces noté ICH. Le triangle est représenté dans une version moderne sous la forme I'C'H'. Le parallélogramme des forces de Newton, d'un usage courant de nos jours, est dans la filiation du triangle de Stevin.



La force R est la résultante des deux forces P et Q. Les forces P et Q étant les composantes de R, ou « *Un corps soumis à deux forces décrira la diagonale d'un parallélogramme dans le même temps qu'il en décrirait les côtés s'ils étaient soumis aux deux forces séparément* » (Sandori, 1983, p. 77). Si le parallélogramme de Newton est dans la filiation du triangle de Stevin (le parallélogramme étant un composé de deux triangles), il faut aussi constater avec Paul Sandori (1983, p. 77-79) que Stevin n'a pas totalement résolu un problème important : celui de la relation entre force et mouvement. Pour Stevin, le mouvement n'a rien à faire dans l'étude de l'équilibre entre plusieurs forces. Pour Stevin il y a alors repos et celui-ci reste foncièrement différent du mouvement, alors que pour Newton, le repos (ou absence de mouvement) n'est plus qu'un cas particulier de mouvement (celui où les forces s'équilibrent). Enfin, s'appuyant sur la loi du levier et la notion de moment, Stevin sera amené à traiter de la question du centre de gravité dans le deuxième livre de *la Statique*. S'appuyant sur la figure du triangle (corps de densité et d'épaisseur uniformes), Stevin avance que « *le centre des figures planes, est aussi leur centre de gravité* » (1586, [1634, p. 457]).

Soit un triangle équilatéral (ABC), et D, le centre de cette figure. Pour démontrer que le point D est également le centre de gravité du triangle, Stevin est amené à tracer une ligne droite de A vers le milieu de BC, soit AE, et une ligne droite de C vers le milieu de BA, soit CF.



Source : Stevin (1686, [1634, p. 457])

En suspendant le triangle par l'un de ses sommets, par exemple A, la partie AEC sera « équipondérante » à AEB car les deux surfaces sont égales et de semblable disposition. De là, AE mais également FC, seront « *diamètre de gravité* » (ibid) du triangle ABC. Stevin en déduit que D sera centre de gravité du triangle ABC, lequel est aussi centre de la figure. Cette démonstration serait valide pour des figures de formes diverses (parallélogrammes, pentagones...).

4. Descartes et le mécanisme déterministe

Nous allons voir que Descartes développe et radicalise les enseignements de la science galiléenne. Descartes est un penseur idéaliste et fermement rationaliste qui va pousser encore plus loin la vision mécaniste du Monde. Mais tout d'abord rappelons le projet de Descartes. Celui-ci naît de son insatisfaction vis-à-vis de la philosophie et de la science dominantes de son époque qu'il subira lors de ses études¹⁵. Descartes a le sentiment que les écrits des auteurs anciens qui servent encore de références incontournables sont comme « *des palais forts superbes et fort magnifiques, qui n'étaient bâtis que sur du sable et sur de la boue : ils élèvent fort haut les vertus, et le font paraître estimables par-dessus toutes les choses qui sont au monde ; mais ils n'enseignent pas assez à les connaître, et souvent ce qu'ils appellent d'un si beau nom n'est qu'une insensibilité, un orgueil, ou un désespoir, ou un parricide* » (1637, [1824, tome I, p. 129]). Descartes a l'impression que la connaissance de son époque est très incertaine et que les penseurs ne font que s'épuiser à tourner en rond sans rien apporter de vraiment consistant. La situation est insupportable¹⁶ et impose une refondation de la connaissance en générale. Tel est le projet de Descartes. L'ambition est grande puisqu'il veut substituer la certitude aux controverses infinies. Descartes veut dire comment on peut atteindre le savoir vrai dans tous les domaines accessibles à la connaissance humaine : son projet est celui d'une science universelle. Mais le projet cartésien dépasse le domaine de la science, il vise à constituer une nouvelle philosophie non pas seulement pour mieux connaître les choses et les êtres mais pour mieux vivre : « *et j'avais toujours un extrême désir d'apprendre à distinguer le vrai d'avec le faux, pour voir clair en mes actions et marcher avec assurances en cette vie* » (1637, [1824, tome I, p. 132]). La connaissance ou la science cartésiennes ont des visées éthiques. La question qui se pose maintenant est celle des fondements de cette science nouvelle universelle. Descartes donne la réponse lui-même ; si la plupart des enseignements professés par ses maîtres jésuites ne l'ont pas satisfait, il en est cependant qui l'ont impressionné et convaincu par leur solidité et leur rigueur, ce sont les disciplines mathématiques, la géométrie et l'arithmétique. Même si Descartes ne voit pas lors de ses études toute la portée qu'il leur donnera par la suite il est séduit par celles-ci « *à cause de la certitude et de l'évidence de leurs raisons* » (1637, [1824, tome I, p. 125]). Le modèle de sa science universelle sera les mathématiques. Elles doivent permettre d'élever le savoir humain au niveau de la certitude qui est l'une de leurs caractéristiques. Comment cela est-il possible ? Le projet est réalisable parce que toutes les orientations de la connaissance ont une base commune qui est la raison. C'est une seule et même raison qui est en action dans tous les processus cognitifs, quels que soient les objets à connaître.

¹⁵ « *J'ai été nourri aux lettres dès mon enfance, et parce qu'on me persuadait que, par leur moyen, on pouvait acquérir une connaissance claire et assurée de tout ce qui est utile à la vie, j'avais un extrême désir de les apprendre. Mais, sitôt que j'eus achevé tout ce cours d'études, au bout duquel on a coutume d'être reçu au rang des doctes, je changeai entièrement d'opinion. Car je me trouvais embarrassé de tant de doutes et d'erreurs, qu'il me semblait n'avoir fait autre profit, en tâchant de m'instruire, sinon que j'avais découvert de plus en plus mon ignorance* » (1637, [1824, p. 125]).

¹⁶ Le projet philosophique s'inscrit dans le contexte historique de l'époque. L'ouvrage de Galilée – *Le dialogue sur les deux grands systèmes du monde* – fût condamné le 22 juin 1633. Descartes renonça à publier son *Traité de la Lumière et du Monde* (parution en 1664).

Dans les *Règles pour la Direction de l'Esprit* (œuvre inachevée, en latin *Regulae ad Directionem Ingenii*), Descartes précisera la portée de la science universelle : « *Le but des études doit être de diriger l'esprit de manière à ce qu'il porte des jugements solides et vrais sur tout ce qui se présente à lui* » (1628, [1826, tome XI, p. 202]). Il s'agit ainsi d'ériger une méthode de recherche du vrai qui pourra s'appliquer à tous les champs de la connaissance et qui permettra d'atteindre les certitudes des sciences mathématiques. Les mathématiques jouent un rôle important dans la science et la philosophie de Descartes, non seulement comme outil rigoureux pour exposer les problèmes et trouver des solutions mais aussi et peut-être en premier lieu comme modèle pour construire une nouvelle physique et une nouvelle philosophie, bref comme un guide pour mieux expliquer le monde, c'est-à-dire en donner une représentation rigoureuse et parfaitement logique. On a, à juste titre, parlé de mathématique universelle chez Descartes.

Pour ce qui concerne le domaine de la physique, Descartes veut donner une explication rationnelle du monde matériel qui nous apparaît par l'expérience de nos sens¹⁷. Son explication repose sur deux idées-forces. La première est que l'essence de la matière est l'étendue et par conséquent elle n'a pas de limite pour ce qui concerne aussi bien sa grandeur que sa petitesse. Pour Descartes, le monde devient un espace que l'on peut interpréter grâce à la géométrie et ce monde est homogène. Nous voyons ici l'importance de la géométrie (analytique) puisque non seulement elle sert de repère avec l'arithmétique pour construire une science certaine, mais aussi d'outil de lecture du monde : « *Or de cela seul qu'on sait le rapport qu'ont tous les points d'une ligne courbe à tous ceux d'une ligne droite, en la façon que j'ai expliquée, il est aisé de trouver aussi le rapport qu'ils ont à tous les autres points et lignes donnés ; et ensuite de connaître les diamètres, les essieux, les centres et autres lignes ou points à qui chaque ligne courbe aura quelque rapport plus particulier ou plus simple qu'aux autres ; et ainsi d'imaginer divers moyens pour les décrire, et d'en choisir les plus faciles ; et même on peut aussi, par cela seul, trouver quasi tout ce qui peut être déterminé touchant la grandeur de l'espace qu'elles comprennent, sans qu'il soit besoin que j'en donne plus d'ouverture* » (1637, [1824, tome V, p. 357-358]).

Le monde de Descartes n'est plus le monde d'Aristote, Descartes ne s'arrête pas aux atomes insécables des épicuriens. La seconde est que le monde est un, ce qui rend caduque la distinction de nature entre un monde terrestre et un monde supralunaire et donc la nécessité de deux physiques. Un corps ressort alors comme une simple fraction de l'étendue et deux corps ne peuvent se distinguer l'un de l'autre que par leur figure et leur position (Bréhier, vol II, 1983, p. 77). Si l'on suppose que l'un des corps est au repos et que l'autre voit sa position changer par rapport au premier, on dira que le second corps est en mouvement. Descartes ajoute que les corps sont impénétrables, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent occuper la même place en même temps. De là vient l'objectif central de la physique cartésienne qui consiste à ramener toutes les propriétés des corps et tous leurs effets que nous observons à une combinaison de corps donnés en figure et en position et animés de mouvement.

Le mouvement est au cœur de la physique de Descartes. Le mouvement proprement dit est « *le transport d'une partie de la matière ou d'un corps du voisinage de ceux qui le touchent immédiatement, et que nous considérons comme en repos, dans le voisinage de quelques autres* » (Principes de philosophie, 1647 [1824, tome III, p. 140]). Le mouvement dans l'espace est considéré par Descartes comme la loi essentielle de la nature dans le sens où il explique l'ensemble des phénomènes physiques et également physiologiques. Il est à noter

¹⁷ « *Toute la conduite de notre vie dépend de nos sens, entre lesquels celui de la vue étant le plus universel et le plus noble, il n'y a point de doute que les inventions qui servent à augmenter sa puissance ne soient des plus utiles qui puissent être* » (Descartes, 1637, *La Dioptrique*, [1824, tome 5, p. 3]).

que Descartes reconnaît qu'il s'est inspiré des mécanismes créés par les hommes pour imaginer les mécanismes et les corps naturels : « *l'exemple de plusieurs corps composés par l'artifice des hommes m'a beaucoup servi ; car je ne reconnais aucune différence entre les machines que font les artisans et les divers corps que la nature seule compose, sinon que les effets des machines ne dépendent que de l'agencement de certains tuyaux ou ressorts, ou autres instruments qui, devant avoir quelque proportion avec les mains de ceux qui les font, sont toujours si grands que leurs figures et mouvements se peuvent voir, au lieu que les tuyaux ou ressorts qui causent les effets des corps naturels sont ordinairement trop petits pour être perçus par nos sens* » (Principes de Philosophie, 1647 [1824, tome 3, p. 519]). Il n'y a pas de différence de nature, pour Descartes, entre la montre de l'artisan horloger et les mécanismes naturels, ce n'est qu'affaire de taille.

Plus loin, Descartes précise d'ailleurs qu'il n'existe qu'une mécanique et que toutes les règles de mécanique appartiennent à la métaphysique, « *en sorte que toutes les choses qui sont artificielles sont avec cela naturelles... En effet comme toutes les sciences ne sont que la sagesse humaine, qui demeure une et toujours semblable à soi, si différents que puissent être les sujets auxquels elles s'appliquent, et qu'elle n'en reçoit pas plus de diversité, que la lumière du soleil de la variété des choses qu'elle illumine, il n'est point nécessaire de contenir nos esprits dans aucune borne* » (Principes de Philosophie, 1647, [1824, tome 3, p. 520]). La fascination de Descartes pour l'approche mécaniste de la nature - qui suppose que tout dans la nature, sauf ce qui renvoie à l'esprit humain, est assimilable à un mécanisme - permet de comprendre l'adhésion de Descartes à la théorie des animaux machines déjà présente chez de nombreux philosophes antiques ou médiévaux. L'étude de l'être humain sous son aspect strictement physiologique peut évidemment bénéficier de cette assimilation des corps à des machineries.

L'acceptation de l'infinité du monde amène aussi à faire disparaître la distinction entre mécanique et physique, la première cherchant à expliquer les mouvements violents et la seconde les mouvements naturels c'est-à-dire le déplacement des corps vers leur lieu naturel, le centre de la terre. Dans un monde infini, il n'y a plus de centre donc plus de lieu naturel et par conséquent plus de justification à distinguer entre les deux types de mouvements. C'est ici que s'impose la loi d'inertie : un corps ne peut de lui-même changer son état que celui-ci soit le repos ou le mouvement. S'il est en mouvement, il continuera à se mouvoir indéfiniment dans une même trajectoire rectiligne et à la même vitesse. La seule cause possible du changement d'état, mise en mouvement, mise au repos, changement de trajectoire et/ou de vitesse, est un choc venant de l'extérieur. Le mécanisme de Descartes est un mécanisme du choc¹⁸.

Donc avec Descartes, on peut dire que la complexité des phénomènes réels peut s'expliquer à partir d'un événement fondamental, le choc entre les corps matériels. C'est la **première loi de la nature** : « *chaque chose en particulier continue d'être en même état autant qu'il se peut, et que jamais elle ne le change que par la rencontre des autres* » (Principes de Philosophie, 1647 [1824, p. 152]). Il faut cependant ajouter deux autres éléments pour bien saisir la physique de Descartes ; premièrement l'action de choc est instantanée, toute force ayant besoin de temps pour produire ses effets est éliminée ; et deuxièmement le choc idéal se produit entre des corps parfaitement durs. C'est ce que l'on a parfois appelé « *le paradigme des boules de billards* » : les mouvements des corps sont causés par le mouvement et la

¹⁸ Dans ses *Principes de philosophie*, Descartes rappelle cependant que la première cause du mouvement, la plus universelle, c'est Dieu : « *qui, par sa toute puissance, a créé la matière avec le mouvement et le repos de ses parties* » (1647, [1824, tome III, p. 151]). Et c'est parce que Dieu n'est point sujet à changer et qu'il agit toujours de même sorte, qu'il est possible de parvenir à la connaissance de certaines règles, les lois de la nature (Descartes parle de « *causes secondes des divers mouvements* », 1647, [1824, tome III, p. 152]).

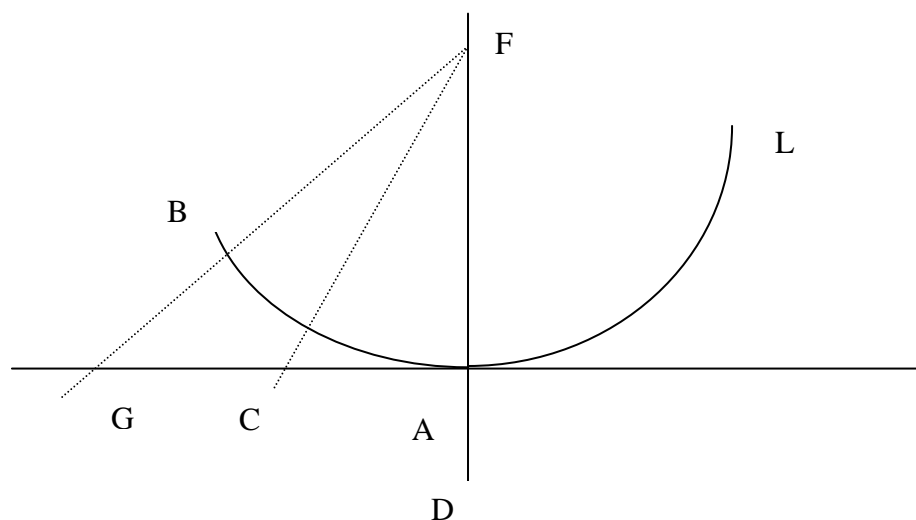
grandeur des autres corps qui se trouvent sur sa trajectoire. Il en ressort que le mouvement des corps ou plus exactement le changement dans le mouvement trouve une explication simple, si l'on s'en tient à une approche théorique, puisque pour le définir il suffit de connaître le mouvement initial du corps étudié (ainsi que sa grandeur) et le mouvement (et la grandeur) des autres corps qui vont le heurter. Un état présent peut s'expliquer par les états qui le précèdent, et un état futur peut être déduit de l'état actuel. Nous sommes maintenant dans une vision clairement mécaniste et déterminisme des phénomènes naturels. Descartes considère son modèle explicatif comme universel : tous les phénomènes s'expliquent in fine par les mouvements des corps, autrement dit, il n'y a événement que lorsqu'il y a mouvement.

L'hypothèse de dureté absolue des corps qui s'entrechoquent est importante sur deux plans. Premièrement, au niveau local, c'est-à-dire celui du choc et du mouvement étudiés, elle signifie que les corps qui se heurtent se transmettent totalement leur énergie, alors que si les corps étaient ne serait-ce qu'un peu élastiques il y aurait perte d'énergie. De plus, la dureté absolue des corps implique que les chocs qu'ils subissent ou qu'ils font subir n'affectent en rien leurs caractéristiques. Deuxièmement, à un niveau plus général, la dureté absolue des corps en tant que condition de la conservation de l'énergie est à rapprocher de la loi d'inertie. Pour Descartes, le principe d'inertie est « *un principe quantitatif de conservation : une certaine quantité de mouvement se conserve dans tous les changements* » (Yakira, 1994, p. 30). La loi d'inertie est en fait un cas particulier de la loi générale de conservation. Nous avons là la célèbre loi de la conservation de la « *quantité de mouvement* » (Boudenot, 2001, p. 24) qui avance qu'à tout moment la quantité de mouvement reste identique.

La formulation de la loi d'inertie ou principe de conservation du mouvement rectiligne constitue **la deuxième loi de la nature**¹⁹. Elle considère que tout corps qui se meut, tend à continuer son mouvement en ligne droite : « *La seconde loi que je remarque en la nature, est que chaque partie de la matière, en son particulier, ne tend jamais à continuer de se mouvoir suivant des lignes courbes, mais suivant des lignes droites, bien que plusieurs de ces parties soient souvent contraintes de se détourner, parce qu'elles en rencontrent d'autres sur leur chemin, et que, lorsqu'un corps se meut, il se fait toujours un cercle ou un anneau de toute la matière qui est mue ensemble* » (1647 [1824, tome III, p. 154]).

En s'appuyant sur le principe d'inertie, Descartes va également apporter une solution à la question du mouvement circulaire : « *lorsque la pierre A tourne dans la fronde EA, suivant le cercle ABF, dans l'instant même qu'elle est au point A, elle est déterminée à se mouvoir vers quelque côté, à savoir C, suivant la ligne AC, si l'on suppose que c'est celle-là qui touche le cercle : mais on ne saurait feindre qu'elle soit déterminée à se mouvoir circulairement parce que, encore qu'elle soit venue d'L vers A suivant une ligne courbe, nous ne concevons point qu'il u ait aucune partie de cette courbure en cette pierre lorsqu'elle est au point A ; et nous en sommes assurés par l'expérience, parce que cette pierre avance tout droit vers C lorsqu'elle sort de la fronde, et ne tend en aucune façon à se mouvoir vers B ; ce qui nous fait voir manifestement que tout corps qui est mû en rond tend sans cesse à s'éloigner du centre du cercle qu'il décrit ; et nous le pouvons même sentir de la main pendant que nous faisons tourner cette pierre dans cette fronde, car elle tire et fait tendre la corde pour s'éloigner directement de notre main* » (1647, [1824, tome III, p. 155]).

¹⁹ La troisième loi de la nature précise que « *si un corps qui se meut et qui en rencontre un autre a moins de force pour continuer de se mouvoir en ligne droite que cet autre pour lui résister, il perd sa détermination sans rien perdre de son mouvement ; et que, s'il a plus de force, il meut avec soi cet autre corps et perd autant de son mouvement qu'il lui en donne* » (1647, [1824, tome III, p. 156])



Source : Descartes, 1647 [1824, planche 1, fig b, tome III, p. 528])

Les tourbillons cartésiens seront l'objet des attaques les plus féroces de la part de Newton. Dans le monde de Descartes, on vient de le voir, tous les mouvements sont des impulsions et toutes les actions sont le produit des contacts (théorie des boules billard). Dans la mesure où la matière est assimilée, réduite, à de l'étendue il ressort qu'il devient impossible de distinguer entre le corps lui-même et le lieu du corps, sauf par l'esprit d'où la conclusion que la notion d'espace vide n'a pas de sens. Le fait d'imaginer un monde plein - dont les corps sont formés de trois éléments fondamentaux : la terre, l'air subtil et le feu - conduit Descartes à penser les mouvements comme des « *tourbillons, provoqués par les contacts des sphères d'air subtil qui tournent les unes à côté des autres* » (Biezunski, 1993, p. 21). Dans la mesure où le lieu ne peut être distingué du corps, il n'est pas possible de l'utiliser comme référentiel pour le mouvement. Pour cette raison Descartes imagine un référentiel relatif pour repérer le mouvement : on considère que certains corps sont au repos et l'on mesure le mouvement des autres corps par rapport à ceux-là. Comme il n'existe pas de vide, lorsqu'un corps se déplace, il est remplacé par un autre corps (Reichen, 1964), d'où la théorie des tourbillons, « *un corps occupe la place d'un autre corps qui occupe la place d'un autre corps* » (Le Ru, 2005, p. 44).

Qu'en est-il du système formé par le Soleil et les planètes ? Pour Descartes, le Soleil et les étoiles fixes sont entourés par de gigantesques tourbillons composés de matière subtile. La matière subtile est une sorte de fluide composé de petites particules en très forte agitation et qui possède la propriété de n'offrir aucune résistance au mouvement. Cette matière subtile joue le rôle de dispositif anti-vide (Le Ru, 2005). Pour ce qui concerne les planètes : celles-ci subissent un mouvement produit par des tourbillons de moindre ampleur que ceux du soleil. Par conséquent, elles sont prises dans un double mouvement : un mouvement de rotation lié à leurs propres tourbillons et un mouvement de révolution produit par les tourbillons solaires.

Pour faire comprendre sa théorie du mouvement, Descartes utilise une image dans laquelle les planètes nagent dans le ciel comme des bouts de bois nagent dans la rivière ce qui traduit bien l'idée que les planètes n'ont pas de mouvement propre mais qu'elles sont mises en mouvement par les tourbillons célestes. La théorie cartésienne du mouvement vaut pour tous les types de mouvements, terrestres comme célestes. Tous ces mouvements s'expliquent par une cause unique : l'impulsion ou le choc sous forme de poussée ou de traction. Cela ne peut marcher qu'à condition que les cieux soient liquides et n'offrent aucune résistance au mouvement (Le Ru, 2005). L'édifice est ingénieux mais aussi problématique: comment peut-on imaginer une matière même extrêmement fluide qui n'opposerait aucune résistance au

mouvement ? Newton va s'engouffrer dans la brèche : toute matière, quelle que soit sa fluidité, résiste. Nous remarquons qu'ici transparaissent les différences de définition de la matière entre Descartes et Newton, pour celui-là elle se résout dans l'étendue, pour Newton elle est aussi densité ou solidité pour reprendre le terme utilisé par Voltaire. Parce que toute matière possède une densité aussi faible soit-elle, elle résiste et donc si l'on retient cette résistante, la théorie des tourbillons de Descartes devient incompatible avec la troisième loi de Kepler ou loi harmonique que Newton appelle loi de la raison sesquipléée²⁰. C'est donc le manque de proportion entre les tourbillons et les lois de Kepler qui permettra à Newton d'avancer sa théorie de l'attraction en tant qu'explication alternative à celle de Descartes.

Nous avons vu quelle importance Descartes accordait à la nécessité de connaître avec certitude les choses qui nous entourent, nous avons vu quels étaient les fondements de sa méthode ainsi que la représentation générale qu'il proposait de l'ensemble des phénomènes relevant de la physique. Mais ce serait réduire considérablement la pensée cartésienne que la circonscrire à une physique qui repose sur une conception mécanique²¹ de la nature. Si l'on en restait là, l'homme ne serait qu'un corps parmi d'autres corps et soumis comme eux aux lois naturelles générales (*L'Homme*, 1664 [1824, tome 4]). L'homme est d'évidence plus que cela, il est essentiellement un être pensant (le fameux *Cogito*) qui en tant que tel fait usage de sa volonté libre pour accepter ou refuser les jugements sur les choses, et cela est primordial.

5. Gassendi et l'atomisme

Nous l'avons dit plus haut, Descartes rejette l'atomisme des épicuriens, et l'un de ses principaux adversaires, Pierre Gassendi, sera précisément un disciple d'Epicure et de Démocrite (Taussig, 2005). L'opposition entre Gassendi et Descartes va au delà de l'acceptation ou du refus de l'atomisme²². Elle concerne la théorie de la connaissance puisque Gassendi n'accepte pas l'innéisme cartésien et fait sienne la théorie sensualiste des épicuriens (Osler, 1994). Même si Gassendi n'a pas la notoriété de Descartes, il faut savoir qu'il était considéré de son vivant comme un savant tout aussi estimable que Descartes ou Galilée avec lequel il entretenait des relations épistolaires. Il fut de ceux qui luttèrent le plus durement contre l'ancienne science aristotélico-thomiste et donc peut être considéré comme l'un de ceux qui ont le plus contribué à la construction de la science moderne (Taussig, 2003). Pour l'anecdote, on peut dire qu'il fut le premier à réaliser concrètement l'expérience de la pierre jetée du haut du mat d'un navire et qui fut attribuée longtemps à Galilée alors que celui-ci estimait pouvoir s'en passer. De prime abord, l'atomisme de Gassendi semble peu original par rapport à celui d'Epicure et de Lucrèce, il présente cependant deux caractéristiques intéressantes. La première touche au mouvement. Ce dernier est inhérent à l'atome, tous les atomes sont animés d'une vitesse égale dans le vide, il n'y a donc plus de repos²³. Les heurts entre atomes ont pour conséquence de modifier la direction du mouvement et non le mouvement lui-même. Cette thèse prend le contre-pied de celle de Descartes, pour qui la vitesse à la suite du choc dépendait de la vitesse des corps qui s'étaient heurtés mais aussi de leur masse. La seconde caractéristique de la théorie de Gassendi est la nécessité de l'existence d'un Dieu tout-puissant pour assurer ordre et régularité au monde (Joy, 1987).

²⁰ La troisième loi de Kepler énonce que « le carré du temps de révolution (T) autour du Soleil de n'importe quelle planète, y compris la Terre est probablement au cube de sa distance moyenne au Soleil (a), ce qui se traduit par $a^3/T^2 = \text{constant}$ ».

²¹ Même si la physique de Descartes est mécaniste et déterministe, elle ne peut se passer de l'hypothèse de Dieu.

²² Les débats autour de l'atomisme sont très vifs au début du 17^{ème} siècle. Parmi les autres participants aux débats et favorables à l'atomisme : Sébastien Basson, Jean Magnien.

²³ Si parfois des corps semblent être au repos, les atomes qui les constituent sont eux toujours en mouvement. La distinction entre repos et mouvement est ici une question d'échelle.

Si avec le recul, Descartes domine Gassendi, il faut reconnaître que ce dernier a au moins gagné sur un point remarquable ; la physique des 17^e et 18^e siècles, et après, est atomiste. Et d'ailleurs même si Descartes rejetait l'atomisme, c'est parce qu'il considérait que l'on ne pouvait s'arrêter au niveau de l'atome et donc si la physique cartésienne n'est pas atomiste, elle est corpusculaire. Les conséquences de la réintroduction par Gassendi de l'atomisme dans la pensée européenne se mesurent à deux niveaux. D'une part, elle procure un appui conceptuel au mécanisme (Yakira, 1994); l'atomisme aide à fixer le sens de la notion de causalité mécanique et à se représenter la réalité physique qu'elle régit. D'autre part, grâce à l'atomisme, Gassendi fait beaucoup plus que contribuer au développement effectif de la science, il lui apporte « *l'ontologie ou, plus exactement, le complément d'ontologie, dont elle avait besoin* » (Koyré, 1973, p. 321).

Suivons l'argumentation de Koyré. Pour ce dernier, la science moderne est une revanche de Platon sur Aristote, mais la défaite du stagirite doit aussi beaucoup à la résurrection des thèses d'autres penseurs anciens critiqués aussi bien par les aristotéliens que par les platoniciens et au premier rang desquels les épicuriens. La science moderne est ainsi le produit d'une alliance « contre nature » entre Platon et Démocrite. L'apport principal de Gassendi est la réintroduction de l'ontologie démocritéenne certes après quelque ajustements, mais l'essentiel est préservé : l'atomisme et le vide. Pour Koyré, nous avons là un excellent exemple de l'étroite imbrication de la pensée philosophique et de la pensée scientifique en particulier lorsque la science traverse ses époques créatrices et critiques, ce qui était le cas au 17^e siècle. La révolution scientifique du 17^e siècle - dont le sens profond résidait dans la mathématisation du réel - aurait selon Koyré dépassé son but légitime : « *Elle s'était engagée dans ...la « géométrisation à outrance » et avait tenté de réduire la physique à la géométrie pure en déniait toute spécificité propre à la réalité matérielle. Aussi par suite de son identification de la matière et de l'espace, aboutit-elle à une physique impossible. Elle ne pouvait expliquer...ni l'élasticité des corps, ni leurs densités spécifiques, ni la structure dynamique du choc...* » (1973, p. 322).

Gassendi va s'opposer à l'identification entre matière et espace dans l'étendue cartésienne. Au monde « plein » de Descartes, Gassendi oppose l'existence des atomes et du vide (Bloch, 1971). En défendant l'existence du vide, Gassendi détruit aussi les traces d'aristotélisme qui subsistaient dans l'ontologie cartésienne (Fisher, 2005). En effet, Descartes encore prisonnier, inconscient, de l'aristotélisme n'avait pu se résoudre à accepter l'existence du vide car celui-ci était considéré comme n'étant ni une substance, ni un accident mais comme le néant (non-entité) qui par définition ne peut se prêter à la mesure : le néant est sans volume, ni surface.

6. Huygens, clarification de la théorie du mouvement

Huygens (1629 – 1695) va jouer un rôle considérable dans la clarification des concepts développés par Galilée et Descartes, il est lui aussi l'un des grands prédécesseurs de Newton²⁴ (Boudenot, 2001). Les premiers travaux de Huygens cherchèrent à élucider les règles du choc (Chareix, 2003). Dès 1652, il conteste les propositions émanant des *Principes de Philosophie* de Descartes. S'appuyant sur la loi cartésienne de la conservation de la quantité de mouvement (mv), il cherche à résoudre algébriquement le problème du choc en introduisant des quantités mv^2 . Constatant que ces quantités sont identiques avant et après le choc, Huygens expose les lois des chocs des corps en 1669 lors d'un concours lancé par la Royal Society. Il systématisera finalement ses recherches dans un ouvrage posthume intitulé *De Motu Corporum ex Percussione* (1700).

²⁴ Né à La Haye, dans une famille de diplomate, Huygens connût Descartes qui fût hôte de ses parents (Biezunski, 1993, p. 25). Il rencontra Newton en 1689 lors de son voyage à Londres.

Malgré ce retard dans les publications (ses travaux sur la force centrifuge, rédigés dès 1659, ne seront publiés qu'en 1703, *De Vi Centrifuga*), Huygens bénéficie déjà d'une certaine renommée en Europe (travaux sur le calcul des probabilités, sur la quadrature de la parabole, sur les jeux de hasard et sur la chute des corps ; correspondances avec Pascal et Fermat ; mise au point de l'horloge à pendule en 1657). Si bien qu'il fût nommé par Colbert, membre de l'Académie Royale des Sciences lors de sa création en 1666.

C'est pendant son séjour à Paris, de 1666 à 1681, que Huygens rédigera l'*Horologium Oscillatorium* (1673). Aux dires de son auteur, cet ouvrage ne se réduit pas à une simple invention mécanique, elle contient tout d'abord une étude rationnelle de la géométrie, ensuite un approfondissement de la structure de l'univers : « *l'invention de mon horloge... c'est une construction basée sur des principes géométriques, il faut savoir qu'en cette dernière qualité elle exigeait le recours nullement aisé aux artifices les plus abstraits de l'art, de sorte que parmi tous les sujets auxquels j'ai voué jusqu'ici une étude tant soit peu profonde, j'attribue sans hésiter la première place à cette spéculation-ci* » (1673, [1934, p. 72]).

L'ouvrage proprement dit se décompose en cinq parties : la première contient la description de l'horloge à pendule, la deuxième traite de la chute des corps pesants et de leur mouvement en une ligne cycloïde, la troisième de l'évolution et de la dimension des lignes courbes, la quatrième du centre d'oscillation ou d'agitation, tandis que la cinquième contient la figure d'une horloge autrement construite où le mouvement du pendule est circulaire, et les théorèmes sur la force centrifuge. La deuxième partie nous intéresse tout particulièrement. Huygens y procède à une synthèse brillante des connaissances sur la chute des corps graves. Comme le fera Newton, quelques années plus tard, dans ses *Principes*, cette deuxième partie est construite avec la plus grande rigueur à partir d'une série de trois hypothèses fondamentales.

Hypothèse I : « *Si la gravité n'existait pas et qu'aucune résistance d'air ne s'opposait au mouvement des corps, chacun d'eux continuerait son mouvement avec une vitesse uniforme en suivant une ligne droite* » (1673, [1934, p. 124]).

Nous avons ici un exposé parfaitement clair de la loi d'inertie dans le droit fil de la définition de Descartes (*Principes de la philosophie*) mais débarrassée de toute référence divine (Mormino, 2003). Il est à noter que Huygens a parfaitement compris que l'intuition galiléenne sur la loi d'inertie ne pouvait trouver une conclusion satisfaisante qu'en imaginant des corps sans gravité ce qui était inconcevable pour le savant italien.

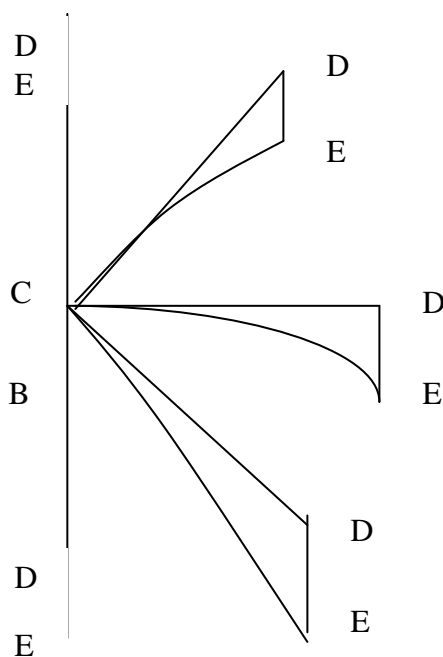
Les deuxième et troisième hypothèses concernent les mouvements composés.

Hypothèse II : « *Mais maintenant il arrive par l'action de la gravité, de quelque cause qu'elle provienne, que les corps se meuvent d'un mouvement composé de leur mouvement uniforme dans une direction quelconque et de celui de haut en bas qui est dû à la gravité* » (ibid).

Hypothèse III : « *On peut considérer ces deux mouvements séparément et l'un n'est pas empêché par l'autre* » (ibid).

A partir de ces trois hypothèses, Huygens est amené à préciser le mouvement d'un corps grave : « *Supposons qu'un corps pesant C, partant du repos, parcoure en un certain temps F, grâce à la force de la gravité, un espace CB. Supposons de plus que le même corps pesant ait reçu d'ailleurs un mouvement par lequel, s'il n'y avait aucune gravité, il parcourrait dans le même temps F d'un mouvement uniforme la ligne droite CD. La force de la gravité s'y ajoutant, le corps pesant ne parviendra donc pas de C en D dans ledit temps F mais en un certain point E situé verticalement au-dessous de D de telle sorte que l'espace DE est toujours égal à l'espace CB ; en effet, de cette façon le mouvement uniforme et celui qui provient de la gravité auront chacun leur part, l'un n'empêchant pas l'autre. Quant à la ligne*

que le corps parcourt de ce mouvement composé lorsque la direction du mouvement uniforme n'est pas verticale mais oblique, la nature apparaîtra par nos considérations ultérieures. Mais lorsque le mouvement uniforme CD a lieu de haut en bas suivant une verticale, il est clair que la ligne CD est augmentée d'une droite DE par l'effet de la gravité. De même, lorsque le mouvement uniforme CD est dirigé de bas en haut, il est évident que la même longueur Cd est diminuée de la longueur DE de sorte qu'après le temps F le corps se trouve toujours au point E. Que si, dans l'un et l'autre cas, nous considérons séparément les deux mouvements en admettant, comme nous l'avons dit, que l'un n'est nullement empêché par l'autre, il nous sera possible d'en déduire la cause et les lois de l'accélération des corps pesants » (1673, [1934, p. 124-126]).



Source: Horologium Oscillatatorium, Huygens (1673, [1934, p. 125])

Près de 26 propositions seront démontrées par Huygens, parmi lesquelles on peut citer la proposition I : « dans des temps égaux les accroissements de la vitesse d'un corps tombant sont toujours égaux et les espaces parcourus durant des temps égaux depuis le commencement de la chute forment une série dont les différences successives sont constantes » (1673, [1934, p. 127]), la proposition II : « L'espace parcouru pendant un certain temps par un corps qui commence sa chute en partant du repos est la moitié de l'espace que ce corps pourrait parcourir d'un mouvement uniforme avec la vitesse acquise par la chute au bout du temps considéré » (1673, [1934, p. 128]) et la proposition III : « Deux espaces parcourus par un corps tombant dans des temps quelconques, dont chacun est pris depuis le commencement de la chute, sont entre eux comme les carrés de ces temps, ou bien comme les carrés des vitesses acquises » (1673, [1934, p. 130]).

Dans la cinquième partie de l'*Horologium Oscillatatorium*, Huygens évoquera le mouvement d'un poids suspendu qui tourne en rond suivant une conférence de cercle, en d'autres termes, la question du mouvement circulaire et de la force centrifuge. Cependant, il se contentera de présenter les 13 théorèmes de la force centrifuge sans les démontrer. Ainsi le théorème II précise que « Lorsque deux mobiles égaux se meuvent avec la même vitesse dans des circonférences inégales, leurs forces centrifuges seront inversement proportionnelles aux diamètres » (1673, [1934, p. 366]) alors que le théorème III stipule que « Lorsque deux

mobiles égaux se meuvent dans des circonférences égales avec des vitesses inégales, mais constantes pour chacun d'eux comme nous voulons que cela soit entendu dans toutes ces propositions, la force centrifuge du plus rapide sera à celle du plus lent dans un rapport égal à celui des carrés des vitesses » (ibid). C'est seulement en 1703, après la mort de Huygens que les démonstrations seront accessibles aux lecteurs, dans le *De vi Centrifuga*, texte des *Opuscula Posthuma*.

7. Boyle, l'expérimentalisme, la métaphore de la machine

Robert Boyle (1627 – 1691) est une figure importante de la science de la deuxième moitié du 17^e siècle. Il est considéré comme l'un des premiers chimistes et le cofondateur d'une académie des savants, l'*Invisible College*, qui fût à l'origine de la création de la *Royal Society*. Boyle est un expérimentaliste probabiliste se situant dans la filiation de Bacon et pour qui tout le savoir provient de l'expérience. La connaissance n'est qu'hypothétique et sujette à la remise en cause permanente.

La démarche de Boyle repose « sur la conviction qu'il faut écarter les spéculations a priori pour en considérer que ce que l'on peut observer et sentir » (Yakira, 1994, p. 47). Au delà de ces questions de méthode, nous retiendrons de Boyle sa métaphore de la machine (amélioration de la machine pneumatique d'Otto von Guericke et du thermomètre de Galilée). En effet le savant anglais, comme un certain nombre de ses collègues d'ailleurs, se représente le monde comme une grande machine, le plus souvent une horloge. « *Les horloges étaient alors des automates parfois très impressionnants par leurs performances, et il était facile de se représenter d'après elles la machine du monde : à leur instar, la nature manifeste des phénomènes très divers et parfois d'apparence très compliquée, mais qui relèvent tous de l'action, au fond simple, de mécanismes cachés. Pourtant, même ces mécanismes ne sont pas inobservables par nature ; ils sont homogènes à ce que nous observons et à ce que nous faisons nous-mêmes. Avec le perfectionnement des instruments d'observation, on verra de mieux en mieux les mécanismes et l'action des choses cachées. Car ce qui se passe « réellement » au niveau élémentaire n'est que la communication du mouvement entre corpuscules de dimension minuscules, extrêmement solides et intrinsèquement homogènes. La causalité pour Boyle également, n'est que la communication réciproque du mouvement entre les corps »* (Yakira, 1993, p. 44-49).

Boyle se situe dans le cadre d'une approche corpusculaire qui apparaît dans les citations de *The Origin of Forms and Qualities* : « *Il y a une seule matière, catholique ou universelle, qui est commune à tous les corps et dont les qualités fondamentales sont l'extension, la divisibilité et l'impenétabilité ; la diversité des corps provient du mouvement, qui n'appartient pas à la nature de la matière et dont la source est Dieu ; le premier effet du mouvement est la division de la matière en particules qui ont chacune sa propre grandeur et sa propre figure ; l'ordre et la situation des particules sont deux accidents qui sont superposés à ceux énumérés ci-dessus ; ces quatre éléments résument tout ce qui existe dans la nature inanimée. Mais l'homme existe également, et il a une sensibilité : l'action mécanique des corps sur les organes de sens produit les sensations qui ne sont que la perception par l'esprit des affections du corps...* » (Boyle, cité par Yakira, 1993, p. 49).

La matière serait ainsi composée de particules primaires, et non formée des quatre éléments (terre, air, eau et feu) comme le préconisait la conception antique. Boyle peut être présenté comme un précurseur de la théorie des atomes, fondée sur l'expérimentation.

8. Leibniz, le mécanisme, l'infinisme, l'harmonie préétablie, le meilleur des mondes possibles

La pensée de Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646 – 1716) n'est pas facile à appréhender. Ce penseur majeur de la fin du 17^e et du début du 18^e siècle est présenté dans certains ouvrages d'histoire de la philosophie comme radicalisant la pensée de Descartes, dans d'autres comme anti-cartésien. Tantôt on le place parmi les physiciens modernes les plus éminents, tantôt comme reprenant des thèses plus anciennes. La pensée de Leibniz est effectivement complexe. Au risque de schématiser on pourrait dire que Leibniz est bien un penseur de son époque – ce 17^e siècle scientifique qui peut être qualifié de mécaniste – mais qui ne rejette pas globalement la pensée d'Aristote pour en préserver des éléments fortement contestés par ses contemporains tels que les formes substantielles et les causes finales qui trouvent place dans sa physique : « *Quoique je sois un de ceux qui ont fort travaillé sur les mathématiques, je n'ai pas laissé de méditer sur la philosophie dès ma jeunesse ; car il me paraissait toujours qu'il y avait moyen d'y établir quelque chose de solide par des démonstrations claires. J'avais pénétré bien avant dans le pays des scholastiques, lorsque les mathématiques et les auteurs modernes m'en firent sortir encore bien jeune. Leurs belles manières d'expliquer la nature mécaniquement me charmèrent, et je méprisais avec raison la méthode de ceux qui n'emploient que des formes ou des facultés, dont on n'apprend rien. Mais depuis, ayant tâché d'approfondir les principes mêmes de la mécanique, pour rendre raison de lois de la nature que l'expérience faisait connaître, je m'aperçus que la seule considération d'une masse étendue ne suffisait pas, et qu'il fallait employer encore la notion de force, qui est très intelligible, quoiqu'elle soit du ressort de la métaphysique... Au commencement, lorsque je m'étais affranchi du joug d'Aristote, j'avais donné dans le vide et les atomes, car c'est ce qui remplit le mieux l'imagination ; mais en étant revenu, après bien des méditations je m'aperçus qu'il était impossible de trouver les principes d'une véritable unité dans la matière seule, ou dans ce qui n'est que passif, puisque tout n'y est que collection ou amas de parties à l'infini* » (1695, p. 295).

Les éléments les plus originaux de sa physique sont d'une part son infinitisme radical et son plénisme. L'infinisme est sûrement ce à quoi Leibniz tient le plus. C'est l'élément que l'on retrouve dans tous les champs de la connaissance qu'il étudie, aussi bien la géométrie que la mécanique, ou la métaphysique. Bréhier (1983) nous rappelle que pour Leibniz, comme pour Spinoza, toute notion, quelle qu'elle soit, si elle n'enveloppe pas l'infini est une notion abstraite et incomplète, « *il n'y a de réel que ce qui est inexhaustible... L'expression qu'il emploie si souvent, « analyse de l'infini », montre l'union, pour lui essentielle, des deux aspects de la philosophie, qui doit être infinitiste en tant qu'elle a rapport au réel, et analytique pour pénétrer dans l'intelligible ; et toute l'entreprise de Leibniz consiste à créer une logique de l'infini, dont toutes ses doctrines, mathématiques, physiques, métaphysiques, théologiques et morales, ne sont que des aspects divers* » (1983, vol II, p. 210). L'infinisme est un élément structurant de l'ontologie et de l'épistémologie leibniziennes.

Dans le domaine géométrique, l'infinisme leibnizien se déploie aussi dans le sens de l'infiniment petit. L'idée est plutôt originale pour l'époque, surtout dans sa formulation. Alors que certains de ses contemporains parlaient du fini pour aller vers l'indivisible, une ligne est une somme infinie de points et une surface une somme infinie de lignes, Leibniz imaginait au contraire un infiniment petit homogène à la grandeur finie. Par exemple à partir d'une figure donnée, on peut imaginer une figure identique mais de plus petite taille, et cela à l'infini. Cette idée d'un espace homogène est particulièrement intéressante, voire utile pour le calcul géométrique puisqu'elle implique que le rapport entre deux droites ne dépend pas de la taille de ces droites. De la même manière, il est possible de calculer la direction d'une courbe à

partir de la tangente en un point de cette courbe. Même si Leibniz n'utilisera pas le calcul infinitésimal dans d'autres domaines que les mathématiques, il essaiera dans tous les autres domaines de la connaissance d'introduire l'intelligibilité de l'infini (voir le chapitre XVII « De l'Infini » de ses *Nouveaux essais sur l'entendement humain*, 1705). Dès lors qu'il y a une variété infinie, quelque soit le domaine, il y a une loi qui est à l'origine de celle-ci et l'objectif du scientifique ou du penseur est de la découvrir : « *Toute la philosophie de Leibniz est, en chaque question, la découverte d'une sorte d'algorithme qui joue, mutatis mutandis, le rôle de l'algorithme infinitésimal dans le calcul de l'infini* » (Bréhier, 1983, vol II, p. 211).

Qu'en est-il de la physique de Leibniz ? Comme nombre de ses contemporains partisans de la nouvelle science, Leibniz est mécaniste (Janet, 1900) et comme Descartes il est partisan du plein. On retrouve dans ses premiers écrits l'influence de Thomas Hobbes, par exemple lorsqu'il propose en 1670 une théorie du mouvement fondée sur le conatus hobbesien²⁵. Son plénisme va l'amener à construire une explication de la transmission du mouvement qui à défaut d'être correcte est originale. Leibniz nous dit que les corps solides nagent dans un fluide qui ne leur oppose pas de véritable résistance et qui ne peut être qualifié de fluide que par comparaison avec les solides car ce fluide est lui-même composé de solides. Et ces solides nagent eux-mêmes dans un fluide moins dense composé aussi de solides, le schéma se reproduisant à l'infini.

Les historiens de la pensée scientifique n'ont pas manqué de mettre en évidence d'une part la différence avec la physique de Galilée ou de Newton et d'autre part l'impossibilité, liée au plénisme, pour Leibniz comme pour Descartes, de construire une physique mathématique. Cela explique que Leibniz n'ait jamais utilisé le calcul infinitésimal, dont il est l'un des principaux concepteurs (Serres, 1968), dans le champ de sa physique.

Si Leibniz rejoint Descartes sur la question du plein et sur celle de l'explication des phénomènes par leur grandeur, leur figure et leur mouvement, il s'en distingue sur un certain nombre de points importants.

Tout d'abord Leibniz n'accepte pas l'une des idées-forces de Descartes que nous avons exposée plus haut, la théorie de l'étendue - substance qui dit que l'essence de la matière se résume à l'étendue. Pour le philosophe allemand, l'étendue ne peut être une substance : « *J'estime premièrement que la nature du corps ne consiste pas dans la seule étendue, pour ce que, développant cette notion, j'ai fait remarquer qu'elle est relative à quelque chose qui doit s'étendre et qu'elle signifie la diffusion ou répétition d'une certaine nature... il apparaît que l'étendue n'est pas un prédicat absolu, mais relatif à ce qui s'étend ou se diffuse, et ne peut donc pas être plus séparée de la nature de ce dont il y a diffusion que le nombre de la chose nombrée. Et ainsi, ceux qui ont pris l'Etendue pour un attribut absolu primitif dans le corps, indéfinissable et inexprimable ont péché par défaut d'Analyse et se sont en réalité réfugiés dans ces qualités occultes qu'au demeurant ils méprisent, comme si l'étendue était quelque chose qu'on ne peut exprimer* » (1695, [1994, p. 174-175]).

A la question de la définition de ce qu'est la nature du corps Leibniz répond dans un premier temps que c'est la diffusion de la résistance qui constitue la matière mais ajoute immédiatement que dans le corps, il y a quelque chose d'autre que la matière. En fait, la nature d'un corps est fondamentalement la puissance ou principe inhérent de changement et de persistance. Leibniz nous dit que la puissance est double dans le corps : elle est passive et active. Il y a donc une force passive qui constitue proprement la matière ou masse et une force active appelée aussi forme. « *La force passive est cette résistance par laquelle un corps résiste non seulement à la pénétration, mais aussi au mouvement, et qui fait qu'un autre*

²⁵ Voir plus loin dans la deuxième partie de ce chapitre.

corps ne peut venir à sa place sans que lui-même ne lui cède, mais que lui-même ne cède pas sans retarder en quelque chose le mouvement de celui qui le pousse... Par conséquent il y a deux choses dans la résistance ou masse : d'abord ce qu'on appelle l'Antitypie ou impénétrabilité, ensuite la résistance... » (1695, [1994, p. 176]). Nous reconnaissons ici le phénomène que Kepler appelait inertie. Comme le fait remarquer Leibniz, les corps ne peuvent recevoir un nouveau mouvement que par la force ce qui ne serait pas le cas si la nature du corps se réduisait à son étendue. Les corps possèdent bien une capacité de résistance qui brise ou limite la force des corps qui veulent prendre leur place. Leibniz en déduit un principe des lois du mouvement selon lequel la quantité de forces ne peut augmenter « *d'où suit qu'un corps ne peut être poussé par un autre sans que la force de celui-ci ait été brisée* » (ibid).

La force active, appelée simplement force, est définie non pas comme « *simple puissance* » ou « *réceptivité de l'action* » mais comme « *enveloppant un effort ou une tendance à l'action, de sorte que celle-ci en suit si rien d'autre ne l'empêche* » (ibid). Nous touchons là l'un des éléments les plus originaux de la théorie de Leibniz, sa physique mécaniste moderne s'allie à la métaphysique d'Aristote. Donc la force vive n'est pas « *une faculté nue* » même si elle n'a pas toujours la possibilité de se transformer en action réelle et cela parce quelque chose l'en empêche. La référence à Aristote est explicite et les critiques à l'encontre des cartésiens sont évidentes. « *...la force active est double, primitive et dérivative, c'est-à-dire ou substantielle ou accidentelle. La force active primitive... que le langage courant [appelle] forme de la substance, est l'un des deux principes naturels qui avec la matière ou force passive achève la substance corporelle, qui est bien unum per se, et non un simple agrégat de substances... La force active primitive est qualifiée d'Entéléchie, ce peut être une âme ou quelque chose d'analogue à l'âme, et toujours actualise naturellement un corps organique, qui pris séparément, je veux dire l'âme ôtée ou mise à part, n'est pas une substance une, mais un agrégat de plusieurs, en un mot une machine de la nature* » (1695, [1994, p. 177]).

La différence avec l'approche de Descartes est conséquente puisque l'approche strictement mécaniste qui avait amené à l'image des animaux machines est abandonnée au profit d'une approche mixte liant intimement mécanisme et vitalisme (Gueroult, 1967). La force dérivative qui renvoie à ce que certains auteurs nomment impetus est « *le conatus ou la tendance à un mouvement déterminé, suivant lequel se trouve modifiée la force primitive ou principe d'action... elle est l'impression que le corps reçoit de l'impulsion, sous l'effet de laquelle les projectiles continuent leur mouvement et n'ont pas besoin d'une impulsion nouvelle...* » (1695, [1994, p. 179]). Là encore Leibniz remet en cause le système cartésien : « *...de même que la figure est une limitation ou modification de la force passive ou masse étendue, la force dérivative et l'action motrice sont une modification d'une chose qui n'est en aucun cas purement passive, mais de quelque chose d'actif, c'est-à-dire l'entéléchie primitive. La force dérivative et accidentelle ou sujette au changement sera donc une modification de la puissance primitive essentielle qui perdure en chaque substance corporelle. D'où suit que les Cartésiens, faute d'avoir reconnu dans le corps un principe actif substantiel susceptible de modification, ont été contraints de lui refuser toute action et de la transférer à Dieu seul convoqué ex machina, ce qui n'est pas philosophique* » (ibid).

La théorie des forces primitive et dérivative va conduire également Leibniz à remettre en cause la théorie des boules de billard de Descartes. « *Or la force primitive varie par l'intermédiaire de la dérivative dans la rencontre des corps, selon que l'exercice de la force primitive se tourne au-dedans ou au dehors. Car en vérité tout corps a un mouvement interne, et ne peut jamais être ramené au repos. Et c'est cette force interne qui se tourne vers l'extérieur, faisant office de force Elastique, savoir quand le mouvement interne est empêché dans son cours ordinaire, d'où l'on voit que tout corps est essentiellement Elastique, l'eau*

même non exceptée...Et si les corps n'étaient pas Élastiques, on ne pourrait obtenir des lois du mouvement vraies et dûment établies » (ibid).

Comme le fait remarquer Bréhier, « *Descartes suppose souvent que dans le choc, il y a un changement instantané soit dans la quantité, soit dans la direction du mouvement des corps, à l'instant de leur rencontre : le principe de continuité aurait dû l'avertir qu'il ne peut y avoir dans la nature que des corps élastiques qui, si par exemple ils rejaillissent au contact d'un autre corps, perdent d'abord graduellement leur mouvement (sans rien perdre de leur force), puis le réacquièrent à nouveau, dans la direction opposée, en vertu de leur élasticité due à l'agitation interne de leurs parties. L'élasticité exprime donc une force interne, intrinsèque à chaque corps, qui est déterminée dans son mode d'action par les corps extérieurs mais qui n'est nullement produite par eux » (1983, vol II, p. 214). Partant de là, il est évident que Leibniz ne peut accepter les éléments cartésiens en tant que parfaitement homogènes.*

Il est possible que le point de départ de la critique de la théorie des chocs de Descartes ait été ce que Bréhier appelle le principe de continuité : « *En ceci les Cartésiens se trompent, lorsqu'ils pensent que les changements se font par saut, comme si par exemple un corps au repos pouvait d'un coup passer à un état de mouvement déterminé, ou un corps en mouvement être ramené subitement au repos, sans passer par des degrés intermédiaires de vitesse ; cela parce qu'ils n'ont pas compris l'usage de la force élastique dans la rencontre des corps. Et sans celle-ci je l'avoue, les choses n'observeraient ni la loi que j'appelle de continuité, suivant laquelle il n'y a point de sauts, ni celle d'équivalence, qui pose la conservation des forces absolues...or cette force élastique inhérente à tout corps montre, que tout corps aussi renferme un mouvement interne et une force primitive (pour ainsi dire) infinie, quoiqu'elle soit déterminée, dans la rencontre des corps, par la force dérivative selon que l'exigent les circonstances » (1695, [1994, p. 182])²⁶.*

Leibniz rejette aussi l'atomisme sous prétexte que les atomes de matière sont contraires à la raison. Les atomistes, disciples de Démocrite, d'Epicure ou de Gassendi, considéraient que l'univers était composé de deux éléments, le vide (l'espace) et le plein (les corps). Les corps se réduisaient ainsi à un certain nombre de corpuscules solides, insécables, de figures diverses, pesants, animés d'un mouvement essentiel et spontané. Ce sont ces atomes qui, par leur réunion, constituaient les corps (Janet, 1900). De leur côté, les cartésiens n'admettaient aucun vide et soutenaient que tout était plein. Leibniz substitue aux atomes de matière les atomes de substance : « *Il n'y a que les atomes de substance, c'est-à-dire les unités réelles et absolument dépourvues de parties, qui soient les sources des actions, et les premiers principes absolus de la composition des choses, et comme les derniers éléments de l'analyse des substances. On pourrait les appeler les points métaphysiques : ils ont quelque chose de vital et une espèce de perception, et les points mathématiques sont leur point de vue, pour exprimer l'univers » (1695, p. 300).*

Un autre point de divergence entre Leibniz et Descartes concerne la loi de conservation du mouvement exposée par le philosophe français. Sa critique, qui fait référence à la loi du mouvement accéléré de Galilée se présente ainsi : « *La loi de conservation du mouvement blesse le principe de raison... elle suppose à tort que le mouvement mesure la force ; car un poids d'une livre tombé de quatre pieds a évidemment acquis la même force qu'un poids de quatre livres tombé d'un pied ; or d'après les lois de Galilée, il est aisé de calculer que le*

²⁶ La suite du texte de Leibniz permet d'illustrer sa façon de voir les choses : « *En effet, de même que dans une voûte toute partie supporte la force totale de la courbure, ou dans une corde tendue celle de la tension, et de même que toute portion de l'air comprimé a autant de force que le poids de l'air qui fait pression, ainsi tout corpuscule est poussé à agir par la force conspirante de toute la masse ambiante et n'attend que l'occasion d'exercer sa puissance, comme le montre l'exemple de la poudre à canon » p 181*

mouvement du premier est celui du second comme 2 est à 4 ; on calcule non moins aisément que ce qui est identique dans les deux poids, c'est le produit de la masse par le carré de la vitesse (mv^2), la force, qui est ainsi la véritable constante cherchée par Descartes » (Bréhier, 1983, vol II, p. 214).

Si Leibniz critique la loi de conservation du mouvement de Descartes, il estime cependant que ce dernier avait compris que la même force devait se conserver dans la nature, c'est-à-dire que lorsqu'un corps transmet une partie de sa force à un autre corps, ce qu'il a perdu est exactement gagné par l'autre et donc la somme des forces reste identique. Selon Leibniz, l'erreur de Descartes réside dans le fait qu'il n'a pas compris la nature des forces et confondu la force avec le mouvement : « *il a cru que la force était en raison composée des masses et des vitesses, c'est-à-dire la même chose que ce qu'il appelle la quantité de mouvement, nom sous lequel il entend ce qui résulte du produit de la masse et de la vitesse ; alors que j'ai démontré ailleurs a priori que les forces sont en raison composée de la puissance simple des masses et de la puissance double des vitesses* » (1695, [1994, p. 181]).

La version leibnizienne du dynamisme est distincte de celle de Descartes mais aussi de celle de ses grands contemporains, Huygens ou Newton, qui défendent un dynamisme des forces centrales. Newton qui s'oppose au plénisme, voit le type de la force dans la force attractive de la pesanteur qui n'est qu'un cas particulier de la gravitation universelle. La différence avec Leibniz est considérable puisque Newton peut dire qu'il n'a pas besoin de mettre en évidence une essence cachée et donc peut éviter de fonder son dynamisme sur la métaphysique. De plus avec la loi de la gravitation universelle il devient possible de réaliser des calculs et de faire des prévisions sur de nombreux phénomènes naturels.

Du point de vue philosophique, Leibniz (1714) imaginera un « *système d'harmonie préétablie* » (1714, section 80). En partant de l'idée de force, il introduit la théorie des monades. Les monades sont des substances simples, des atomes incorporels, capables d'action et de perception : « *La Monade... n'est autre chose qu'une substance simple, qui entre dans les composés, simple, c'est-à-dire sans parties... ces Monades sont les véritables atomes de la nature, en un mot les éléments des choses* » (1714, section 1 et 3). A la différence des atomes, les monades ne sont pas matérielles, elles tiennent à la fois de l'idée et de la matière. Elles ne peuvent être étendues puisque alors elles seraient divisibles. La caractéristique première des monades est l'action, c'est-à-dire la force. L'image de points de force est d'ailleurs utilisée par Leibniz. Plus précisément les monades ne peuvent être ni produites ni détruites : « *On peut dire que les monades ne sauraient commencer ou finir que tout d'un coup, c'est-à-dire qu'elles ne sauraient commencer que par création, et finir par annihilation* » (1714, section 6). Toutes les monades durent aussi longtemps que l'univers. Elles sont individuelles, ce qui signifie qu'il n'existe pas deux monades identiques. Elles sont totalement indépendantes et ne peuvent être altérées ou changées de l'intérieur ; pour reprendre l'expression de Leibniz, « *les monades n'ont point de fenêtres, par lesquelles quelque chose y puisse entrer ou sortir* » (1714, section 7). Mais les monades connaissent en permanence le changement parce qu'elles possèdent une force interne qui les oriente vers la perfection. Ce changement naturel qui se fait par degrés, se nomme « *perception*²⁷ », qu'il convient de distinguer de l'aperception ou de la conscience. Le principe interne qui permet le changement ou le passage d'une perception à l'autre, est appelé « *appétition* ». Leibniz donne le nom « *d'Entéléchies* » à toutes les substances simples ou monades créées car elles ont en elles une certaine perfection. Dans chaque monade, l'appétition répond ainsi à la perception. C'est par ces actions internes que les monades sont toutes différentes les unes des autres, chacune à sa façon et en permanence

²⁷ Leibniz insiste sur le fait que la perception et tout ce qui en dépend « *est inexplicable, par des raisons mécaniques, c'est-à-dire par les figures et les mouvements* » (1714, section 17).

exprime tout l'univers. Les monades sont comme des points de vue sur le monde, comme des miroirs du même univers. La différence entre les unes et les autres tenant au degré de clarté avec lequel elles l'expriment.

A côté de cette variété infinie de monades, il existe surtout une hiérarchie entre elles. Au niveau le plus sommaire, il y a la monade simple ou monade nue qui ne possède que des perceptions, elle possède toutes les informations sur l'état des autres monades mais n'en a pas conscience : « *si nous n'avions rien de distingué et pour ainsi dire de relevé, et d'un plus haut goût dans nos perceptions, nous serions toujours dans l'étourdissement. Et c'est l'état des monades toutes nues* » (1714, section 24). Viennent ensuite les monades animales qui grâce à leur mémoire ont la possibilité de prévoir un enchaînement entre deux types d'événements si elles ont déjà vécu cette expérience : « *quand on montre un bâton aux chiens, ils se souviennent de la douleur qu'il leur a causé et crient et fuient* » (1714, section 26). Le niveau supérieur est celui de l'âme raisonnable ou esprit, qui est douée de l'aperception, c'est-à-dire une perception avec conscience de cet état. L'âme est ainsi une monade qui a conscience d'elle-même. Les âmes humaines diffèrent de celles des animaux par la connaissance des vérités nécessaires et éternelles, qui constituent la raison. La monade raisonnable est capable de connaître et d'agir en réfléchissant²⁸.

Si les monades constituent une infinité de regards sur un même monde et donc sur toutes les autres monades, il n'existe pas entre elles de réciprocité d'action et d'influence. Cette concordance existe pourtant bel et bien. Toutes les actions internes d'une monade dépendent effectivement de la seule force qui est en elle, celle de Dieu lui-même. Le monde est organisé par Dieu de telle sorte que les états de toutes les monades s'expriment selon la perspective de chacune : « *Dieu, comparant deux substances simples, trouve en chacune des raisons qui l'obligent à y accommoder l'autre, et par conséquent ce qui est actif à certains égards est passif suivant un autre point de considération : actif en tant que ce qu'on connaît distinctement en lui sert à rendre raison de ce qui se passe dans un autre, et passif en tant que la raison de ce qui se passe en lui se trouve dans ce qui se connaît distinctement dans un autre* » (1714, section 52). Cette loi, qui relie les monades entre elles, est appelée « *Harmonie préétablie* ». Elle signifie que Dieu lors de la création de chacune des monades a pris en compte toutes les autres monades.

Leibniz illustrera cette harmonie préétablie à l'aide d'une analogie entre deux horloges qui donnent la même heure simultanément et l'union de l'âme et du corps. Leibniz part du constat suivant : deux horloges peuvent s'accorder mutuellement de trois manières. La première consiste dans l'influence mutuelle d'une horloge sur l'autre. Expérimenté par Huygens, ce dispositif rattachait les deux horloges à une même pièce de bois. Dès lors, « *les battements continus de ces deux pendules avaient communiqué des tremblements semblables aux particules de bois ; mais ces tremblements divers ne pouvant pas bien subsister dans leur ordre, et sans s'entre empêcher, à moins que les pendules ne s'accordassent, il arrivait, par une espèce de merveille, que lorsqu'on avait même troublé, leurs battements tout exprès, elles retournaient bientôt à battre ensemble, à peu près deux cordes qui sont à l'unisson* » (1696, p. 452). La seconde passe par la voie de l'assistance. Il suffirait qu'un ouvrier habile règle les deux horloges à chaque instant. La troisième consiste à fabriquer les deux horloges avec tant de finesse et tant d'art, que leur accord soit le résultat d'un consentement préétabli. Si l'on place maintenant l'âme et le corps à la place des deux horloges, Leibniz soutient qu'il serait possible de faire le même constat.

²⁸ Ces raisonnements sont fondés sur deux grands principes (celui de la contradiction et de celui de la raison suffisante) et traduisent deux sortes de vérités (celles de raisonnement et celle de fait).

L'union du corps et de l'âme peut être obtenue de trois manières. La voie de l'influence serait celle de « *la philosophie vulgaire* » (1696, p. 452), il est cependant impossible de concevoir des particules matérielles ou des qualités immatérielles qui puissent passer de l'une de ces substances (le corps) dans l'autre (l'âme) et vice versa. La voie de l'assistance est celle des causes occasionnelles, l'intervention du « *Deum ex machina* » (1696, p. 453). La voie de l'harmonie préétablie stipule que le corps et l'âme n'agissent point l'un sur l'autre, mais qu'il existe entre ces deux substances une harmonie si parfaite, que chacune, tout en ne faisant que se développer selon les lois qui lui sont propres, éprouve des modifications qui correspondent exactement aux modifications de l'autre²⁹. Tout fonctionne « *comme si Dieu y mettait toujours la main au-delà de son concours général* » (ibid).

Leibniz voit ainsi en Dieu l'origine de l'harmonie du monde et il lui accorde la volonté d'avoir essayé de réaliser le meilleur des mondes possibles (même si le monde qu'il a devant les yeux est imparfait) : « *il est aisé de conclure que l'assemblage de tous les esprits doit composer la cité de Dieu, c'est-à-dire le plus parfait état qui soit possible sous le plus parfait des monarques* » (1714, section 85). Cette conception du monde, des êtres et des choses à la fois optimiste (les monades seraient disposées de manière à produire le meilleur des mondes possibles³⁰) et fataliste (l'harmonie est préétablie) repose sur une interprétation des phénomènes qui mêle le mécanisme – les notions de forces et de mouvement sont essentielles – et l'intervention de Dieu pour expliquer la cohérence³¹ de l'ensemble (Mugnai, 2006). Nous avons avec Leibniz un penseur d'une richesse et d'une originalité hors normes, qui a parfaitement compris la révolution scientifique mais qui par exigence ne peut accepter ce qu'il considère comme étant des lacunes majeures (Serfati, 2005). Son recours à Aristote n'est pas un archaïsme mais le moyen qui lui semble plus approprié pour répondre aux cartésiens. Il est d'ailleurs intéressant de constater que Leibniz, comme il le reconnaît lui-même, s'était affranchi du « *joug d'Aristote* » (1696, p. 295) et avait donné un temps dans le vide et dans les atomes. La référence aux Substances, aux Formes, aux Entéléchies condamnées par Descartes est pour Leibniz, le moyen de répondre à une question qui se pose aux physiciens : celles des principes du mécanisme.

II. La naissance de l'Economie politique ou comment la rupture avec la conception aristotélicienne du monde influence l'analyse sociale et économique

A. Une nouvelle approche de la société

Avant d'aborder les auteurs et les thèses qui marquent la rupture avec la pensée médiévale, il convient de rappeler que les thèses officielles de l'église sont encore défendues avec vigueur par de nombreux penseurs. Le 16^e siècle sera même le témoin d'une réactivation-rénovation des thèses aristotélicio-thomistes par ce qu'il est coutume d'appeler depuis le milieu du 20^e siècle l'Ecole de Salamanque (Tortajada, 1992). Les principaux représentants de cette école

²⁹ « *L'âme suit ses propres lois, et le corps aussi les siennes ; et ils se rencontrent en vertu de l'harmonie préétablie entre toutes les substances, puisqu'elles sont toutes des représentations d'un même univers. Les âmes agissent selon les lois des causes finales par appétitions, fins et moyens. Les corps agissent selon les lois des causes efficientes ou des mouvements. Et les deux règnes, celui des causes efficientes et celui des causes finales, sont harmoniques entre eux* » (1714, sections 78 et 79).

³⁰ Voir sur ce point le *Candide* de Voltaire qui est une critique ironique de l'optimisme de Leibniz.

³¹ « *Comme nous avons établi ci-dessus une harmonie parfaite entre deux règnes naturels, l'un des causes efficientes, l'autre des causes finales, nous devons remarquer ici encore une autre harmonie entre le règne physique de la nature et le règne moral de la grâce, c'est-à-dire entre Dieu, considéré comme architecte de la machine de l'univers, et Dieu considéré comme monarque de la cité divine des esprits* » (1714, section 86).

sont Francisco Vitoria (1492 – 1546), Martin de Azpilcueta dit doctor navarro (1492-1586), Domingo de Soto (1495-1560), Tomas de Mercado (1530-1576) ainsi que Francisco Garcia et Diego de Covarrubia y Leiva. Ces auteurs auront une grande influence dans les milieux catholiques de tous les pays européens grâce à la diffusion de leurs textes mais aussi à travers leurs enseignements dans de nombreuses villes européennes.

L'école de Salamanque reprend pour l'essentiel les thèses de Saint Thomas d'Aquin mais introduit des nuances par rapport à la scolastique orthodoxe des 13^e et 14^e siècles. Le juste prix reste une notion centrale pour les auteurs espagnols mais leur approche du commerce et du rôle des marchands évolue sensiblement puisque le commerce devient une activité « digne de louange ». Le changement de position sur la question de l'usure est intéressant (Lapidus, 1987, 1992). Auparavant le terme usure était utilisé dès qu'il y avait un gain lié à un prêt. Avec l'école de Salamanque, le terme est réservé à un intérêt abusif (toujours condamné) alors que le terme intérêt sert à qualifier le loyer de l'argent. Il y a là un premier pas vers la reconnaissance du prêt à intérêt par les théologiens (Noonan, 1957).

Les scolastiques vont être également confrontés à la question des changes, de plus en plus pressante, au fur et à mesure que se développent les relations commerciales internationales. Concrètement, ils doivent expliquer les gains provenant du change des monnaies alors que celles-ci ne sont, selon les préceptes thomistes, que des moyens de mesure de la grandeur de la valeur des biens. Et sur cette base l'échange de monnaie ne peut générer un gain. La question est résolue lorsque des auteurs voient aussi dans la monnaie une marchandise comme une autre, dont l'estimation peut varier d'un pays à un autre. Ainsi « *le gain de change du marchand-banquier résulte de la différence entre deux justes prix constatés sur deux places ou deux foires différentes* »³² (Tortaja, 1992, p. 79). La grandeur du juste prix dépend pour certains auteurs (Azpilcueta) de l'abondance ou de la rareté de la monnaie. Ainsi un lien mécanique est établi entre la quantité de monnaie et le prix de celle-ci.

1. Jean Bodin : laïcisation de l'ordre politique, harmonie et loi de la nature

Jean Bodin (1530-1596) est un personnage central dans la pensée européenne de la seconde moitié du 16^e siècle. Il est connu avant tout comme philosophe politique grâce à plusieurs ouvrages dont la *Méthode pour faciliter la connaissance de l'histoire* (1566), *Les Six Livres de la République* (1576, 1579) et *Le théâtre de la nature universelle* (1597). Il marquera également l'histoire de la pensée économique par sa *Réponse aux paradoxes de Monsieur de Malestroict* (1568) dans laquelle il fait progresser sensiblement la théorie monétaire.

L'ouvrage majeur de Bodin dans le champ de la science politique est assurément *Les Six Livres de la république* publié l'année où il est élu représentant du Tiers-Etat aux Etats généraux de Blois. Par cet ouvrage³³, Bodin aspire tout simplement à devenir un personnage de premier plan dans sa discipline et à écrire un traité de sciences politiques supérieur à *La Politique* d'Aristote (Mesnard, 1949). Il entend écrire un ouvrage plus dense, plus précis, plus complet que celui du philosophe grec. Bodin vise aussi à remettre en cause Machiavel qu'il considère comme un courtisan et un professeur de tyrannie et auquel il dénie toute véritable connaissance du droit public et de la science politique (Cardascia, 1943). S'il pense pouvoir dépasser Aristote et se démarquer de Machiavel c'est parce qu'il croit pouvoir faire ressortir « *les lois qui maîtrisent les divers ordres de faits politiques* » (Chevallier, 1993). Sa méthode n'est ni le réalisme empirique de Nicolas Machiavel, ni l'idéalisme utopique de Thomas More. Bodin s'appuie sur son savoir encyclopédique. Il est un fin connaisseur des sciences

³² Le Ducat valait 410 maravédís en Castille et 360 dans les Flandres.

³³ Cet ouvrage a obtenu un grand succès puisqu'il a connu 37 éditions en français et latin entre 1576 et 1640.

juridiques, de la géographie et de l'histoire, disciplines qu'il estime fortement parce qu'elles peuvent donner les clés de la construction d'une science politique solide (Hauser, 1931). Le but de Bodin est de solliciter l'histoire (Freund, 1973), et les autres disciplines, pour faire une typologie des formes politiques et proposer celle qui lui semble la meilleure.

Pour de nombreux spécialistes de l'histoire de la pensée politique (Chauviré, 1914), Bodin ne fait rien moins que d'inventer l'Etat moderne ou plus précisément d'en inventer le principe, celui de la souveraineté. Le terme de souveraineté a déjà été utilisé par des auteurs antérieurs dans le sens d'une puissance non dominée, mais Bodin va lui donner une toute autre envergure. La souveraineté devient la substance de la république (Goyard-Fabre, 1989). A partir de Bodin, « *penser la politique, ce sera penser la souveraineté* » et « *la souveraineté est, désormais, la clé de voûte de l'édifice du droit politique, c'est-à-dire du système théorique des concepts et catégories présidant à la naissance et au développement de l'Etat moderne* » (Chatelet, Duhamel, Pisier, 2001, p. 155). Les Six livres sont un moment crucial de l'histoire de la pensée politique puisque tous les auteurs qui succéderont à Bodin, qu'ils soient partisans de l'autoritarisme ou du libéralisme, qu'ils soient empiristes ou idéalistes, Hobbes, Locke, Rousseau, Hegel... resteront à « *l'intérieur d'une problématique dont la grammaire, le vocabulaire et la syntaxe ont été inaugurés par Bodin...* » (ibid).

A quoi correspond la souveraineté au sens de Bodin ? Les toutes premières lignes des Six livres donnent les grandes orientations : « *République est un droit gouvernement de plusieurs mesnages (familles), et de ce qui leur est commun avec puissance souveraine. Nous mettons cette définition en premier lieu, parce qu'il faut chercher en toutes choses la fin principale, et puis après les moyens d'y parvenir. Or, la définition n'est autre chose que la fin du sujet qui se présente : et si elle n'est pas bien fondée, tout ce qui sera bâti sur elle se ruinera bientôt après. Et bien que celui qui a trouvé la fin de ce qui est mis en avant, ne trouve pas toujours les moyens d'y parvenir, non plus que le mauvais archer, qui voit le blanc et n'y vise pas, néanmoins, avec l'adresse et la peine qu'il emploiera, il y pourra frapper, ou approcher, et ne sera pas estimé, s'il ne touche au but, pourvu qu'il fasse tout ce qu'il doit pour y atteindre* » (1579, Livre I, p. 1).

Nous pouvons faire ici deux commentaires. Premièrement la puissance souveraine est la force qui lie tous les éléments de la République et lui donne sa cohérence (Chanteur, 1991). Deuxièmement et c'est particulièrement intéressant ici, la notion de puissance souveraine est forgée par Bodin comme un outil pour remettre en cause la conception classique de l'ordre politique fondé sur la caractère sacré de la puissance (Dentzer, 1973). Nous sommes avec Bodin, et après Machiavel, dans une approche strictement temporelle de la souveraineté. La souveraineté bodinienne a « *une dimension profane historique, c'est-à-dire humaine* » (Mairet, 1993, p. 5). C'est la force et la violence qui ont donné source et origine aux Républiques. Ainsi dans la République, la puissance existe et subsiste en soi. L'émancipation par rapport aux fondations religieuses est manifeste. Bodin écrit qu'il n'y a souveraineté qu'à partir du moment où la loi de Dieu cesse d'être constitutive de la puissance (Couzinet, 1997). La loi de Dieu est tout au plus déclarative de la puissance souveraine, mais n'en est nullement le fondement. Gérard Mairet (1993) constate que chez Bodin, la puissance souveraine relève de l'ordre temporel et historique et que dans son essence elle est de fondement humain donc volontaire, mais il fait remarquer que si Bodin ne nie pas l'existence d'une souveraineté spirituelle, c'est pour nier qu'elle ait quelque efficacité dans le champ temporel : « *comme son nom l'indique, l'empire sur les hommes et les choses, l'imperium, relève des « causalités » qui régissent le monde empirique ; il relève ainsi de part en part de l'ordre humain historique et, non seulement historique, mais aussi naturel. Le grand tout de la nature est une « suite de causes enchaînées », et c'est pour ainsi dire le maillon humain de cette chaîne que le philosophe politique doit penser* » (1993, p. 7- 8).

L'idée d'harmonie joue un rôle central dans la construction de la théorie politique de Bodin (Villey, 1973). Cette notion apparaît dans le premier chapitre du premier livre et dans le dernier chapitre du dernier livre³⁴. Il est patent que Bodin cherche à constituer les conditions d'un ordre politique harmonieux. Plus précisément les références à l'harmonie se font à deux niveaux.

Dans le premier Livre, Bodin, marqué par les guerres de religions et les tensions politiques, souhaite ardemment que l'ordre interne à la société ressemble ou s'inspire de l'ordre harmonieux du monde naturel : *« Mais l'homme se voyant élevé et enrichi de tout ce qui lui est nécessaire et commode, et sa vie assurée d'un bon repos, tranquillité douce, s'il est bien né, il prend à contrecœur les vicieux et les méchants, et s'approche des gens de bien et vertueux et, quand son esprit est clair et net des vices et passions qui troublent l'âme, il prend garde plus soigneusement à voir la diversité des choses humaines, les âges différents, les humeurs contraires, la grandeur des uns, la ruine des autres, le changement des Républiques, cherchant toujours les causes des effets qu'il voit. Puis après, se tournant à la beauté de la nature, il prend plaisir à la variété des animaux, des plantes, des minéraux, considérant la forme, la qualité, la vertu de chacun, les haines et les amitiés des uns envers les autres, et la suite des causes enchaînées, et dépendantes l'une de l'autre puis, laissant la région élémentaire, il dresse son vol jusqu'au ciel avec les ailes de la contemplation, pour voir la splendeur, la beauté, la force des lumières célestes, le mouvement terrible, la grandeur et la hauteur de celles-ci, et l'harmonie mélodieuse de tout ce monde. Alors il est ravi d'un plaisir admirable, accompagné d'un désir perpétuel de trouver la première cause, et celui qui fut auteur d'un si beau chef d'œuvre, auquel étant parvenu, il arrête là le cours de ses contemplations, voyant qu'il est infini et incompréhensible en essence, en grandeur, en puissance, en sagesse, en bonté. Par ce moyen de contemplation, les hommes sages et entendus, ont résolu une très belle démonstration, c'est à savoir, qu'il n'y a qu'un Dieu éternel et infini ; et de là ont quasi tiré une conclusion de la félicité humaine »* (1579, Livre I, p. 5)

Dans le dernier Livre, Bodin essaie de nous donner une idée de ce qu'est un ordre harmonique, mais aussi de donner une justification supplémentaire de son choix en faveur d'une « Monarchie Royale » que l'on pourrait qualifier d'absolue. Il se livre en fait à un exercice de dissertation à la fois remarquable mais aussi quelque peu ésotérique sur trois formes d'état (populaire, aristocratique et monarchique) et de justice (arithmétique, géométrique et harmonique). L'état populaire serait le plus louable car il prône l'égalité devant toutes les lois. Il n'y a ni privilèges ni prérogatives. Les lois civiles émanent des lois de la nature (la jouissance des biens en toute sécurité). Les magistrats obéissent aux lois et les sujets du Royaume acceptent la justice rendue par ces mêmes magistrats. Mais surtout, les biens sont partagés par tous les sujets : *« Il semble que la vraie marque de la République est en l'état populaire seulement : car tout le peuple jouit du bien public, partageant à chacun les biens communs, les dépouilles, les loyers, les conquêtes : au lieu que peu de seigneurs en l'Aristocratie et un seul en la Monarchie semble tourner tout le bien public en particulier »* (1579, Livre VI, p. 654). Bodin note cependant que cet état idyllique n'est jamais apparu en

³⁴ Les questions d'économie politique sont également traitées dans ce dernier livre. Les deux premiers chapitres sont consacrés aux finances d'une République. Bodin pose le délicat problème de l'estimation et de la déclaration des biens de chacun. Il applique à l'économie politique, la méthode de l'histoire comparée pour rechercher le prix des choses et des services. Bodin précise que les finances sont les nerfs de la République. Cette dernière introduit trois idées phares : (1) des moyens honnêtes pour lever les impôts (il existerait sept moyens de lever l'impôt : la République, la conquête, les dons, les pensions et les tributs des alliés, le trafic du Prince, l'activité des marchands et l'imposition des sujets) ; (2) le bon emploi des finances publiques et (3) l'épargne des fonds. Le chapitre III est consacré aux moyens d'empêcher l'altération et la falsification des monnaies.

tant que tel dans l'histoire. Alors que Machiavel prétendait que l'état populaire était le meilleur, Platon, Aristote, Xénophon l'ont toujours blâmé. L'égalité des biens et des honneurs est rarement respectée. Même la loi de nature a fait que certains sont plus avisés et plus ingénieux que d'autres. Les uns ont la force de l'esprit, les autres, la force du corps. Quant aux biens publics, ils n'ont jamais été aussi mal gérés que dans une République populaire. L'aristocratie est présentée par certains comme le meilleur état lorsque la puissance de commander revient, via la raison naturelle, à ceux qui en sont les plus dignes. La dignité serait avant tout une vertu : « *Il n'y a forme d'Aristocratie plus belle, ni plus assurée, que celle qui fait choix des seigneurs de réputation et de vertu, ou du moins qui ne soient pas infâmes* » (1579, Livre VI, p. 668). Le principal fondement de l'Aristocratie repose sur l'amitié mutuelle entre les seigneurs. S'ils se mettent d'accord, ils se maintiendront et gouverneront mieux que le peuple. Il est cependant nécessaire que les seigneuries ne soient pas trop nombreuses, sinon on retombe sur l'un des inconvénients de l'Etat populaire. Par ailleurs, les seigneuries doivent à la fois contenter (les vénitiens donnaient quelques droits de bourgeoisie aux plus riches citadins) et retenir par la force le peuple. Elles risquent en effet à tout moment la révolte ou la montée de la haine des pauvres. Lorsque les seigneurs se contentent de leur état et qu'ils ne sont pas ambitieux des richesses d'autrui, ils seront les garants des lois et appliqueront la justice.

La Monarchie, longtemps louée par de nombreux auteurs (Hérodote, Platon, Aristote, Xénophon, Plutarque...), serait, selon Bodin³⁵, « *la plus sûre République, et sans comparaison la meilleure de toute* » (1579, Livre VI, p. 673). Il est ainsi plus facile de commander seul que de commander à plusieurs. Par ailleurs, les lois du Prince, qui ne sont que l'émanation des lois de la nature, sont destinées à guider les hommes. Bodin n'hésitera pas à donner sa préférence pour la Monarchie de droit successif (selon le droit naturel et la coutume, le premier fils du Monarque doit lui succéder), beaucoup plus louable que toute autre type de Monarchie (droit de choisir). Il y a effectivement moins de contestations possibles. Le peuple ne sera pas amené à remettre en cause le pouvoir du Prince, hormis si le vice lui sert de guide.

Bodin précise toutefois qu'il ne suffit pas de soutenir que la Monarchie est le meilleur état, il faut également qu'elle soit tempérée par « *la justice³⁶ harmonique, qui est composée de la justice distributive ou Géométrique, et commutative ou Arithmétique* » (1579, p. 706), lesquelles sont propres à l'état aristocratique et populaire. En effet, Bodin rappelle qu'à la suite du débat entre Platon et Xénophon, la philosophie politique grecque fût scindée en deux positions : celle des riches et des nobles qui soutenaient l'état aristocratique et la justice géométrique ; celle des pauvres et des roturiers qui soutenaient la justice arithmétique et l'état populaire. Une position intermédiaire fit alors son apparition. Dans toute république, on appliqua la justice arithmétique par égalité, lorsqu'il serait question des biens privés ou de réparer des offenses ou forfaits ; on appliqua la justice distributive ou géométrique lorsqu'il s'agissait de partager les deniers communs.

³⁵ Bodin précise cependant qu'elle présente certains dangers. Elle est tout d'abord sujet au changement, en bien comme en mal. La mort d'un Prince et l'arrivée de son successeur entraînent la fin des traités et des alliances, et très souvent la reprise de la guerre. Si le nouveau prince est belliqueux, il aura tendance à attiser la haine de ses sujets sur les contrées convoitées. Par ailleurs, la Monarchie est souvent caractérisée par la division de ses membres (succession), l'histoire est remplie de guerres civiles attisées par les différentes oppositions à la couronne et les revendications au trône. La souveraineté a tendance à transformer les sages en sots, les vaillants en poltrons, les bons en méchants et en tyrans.

³⁶ Bodin appelle justice, « *le droit de partage des loyers et des peines, et de ce qui appartient à chacun en termes de droit* » (1579, L VI, p. 707).

Bodin proposera la notion de *Justice Harmonique* pour dépasser le clivage entre justice arithmétique et justice géométrique, mais également tirer partie de leurs actions conjuguées. La proportion harmonique nécessite les lumières des mathématiciens (principes) et des juriconsultes (décisions) : « *La proportion Géométrique est celle qui a les raisons semblables, et la proportion Arithmétique, qui a toujours les mêmes raisons : la proportion Harmonique est composée des deux, et néanmoins différente de l'une et de l'autre : la première est semblable : la seconde est égale : la troisième est partie égale et semblable : comme on peut voir par l'exemple qui est en marge : où la proportion est triple de 3 à 9 et de 9 à 27 et de celui-ci à 81 et la proportion arithmétique suivante commence par même nombre et même différence de 3 à 9, mais de 9 à 15, elle n'est pas semblable, ainsi égale : car il y a toujours six entre les nombres : et la proportion harmonique commence par 3 aussi, ainsi l'un et l'autre y est mêlé doucement* » (1579, p. 709). La nature de la proportion harmonique permet d'unir les deux extrêmes (arithmétique et géométrique) par un moyen qui s'accorde avec l'un et l'autre. Le gouvernement fondé sur l'égalité et la proportion arithmétique est naturel aux états populaires, lesquels souhaitent partager les honneurs, les bénéfices et les deniers communs. Les lois y sont invariables et inflexibles, ainsi les nobles sont sujets aux mêmes peines que les roturiers. Le gouvernement fondé sur la similitude et la proportion géométrique est quant à lui naturel aux états aristocratiques, les lois sont flexibles et relatives aux jugements. La justice harmonique constitue la voie intermédiaire, celle du consensus. Il s'agit d'un monde où s'entremêlent les vices et les vertus, les sympathies et les antipathies, les riches et les pauvres, les forts et les faibles...

Si les *Six livres de la République* (1576) permettent de cerner la notion de justice harmonique – avant tout mathématique (Desan, 1987) – il convient maintenant de se tourner vers une autre œuvre de Bodin, *le Théâtre de la nature universelle* (1597) pour comprendre sa vision de la nature et de la physique. Dans cet ouvrage (TNU), Bodin traite des premiers principes du monde, des causes efficaces de la nature, des choses mortes et vivantes, de l'âme et de la constitution des hommes et des corps célestes (Jacobsen, 2000). Le théâtre³⁷ de la nature ne serait rien d'autre « *qu'une sorte de tableau (tabula) des choses créées par le Dieu immortel sous les yeux de tous (sub uniuscuiusque oculos subjecta) afin que nous puissions contempler et aimer la majesté, la puissance, la bonté et la sagesse de l'auteur lui-même et son administration des plus grandes choses aux moyennes et jusqu'aux plus petites* » (Bodin, 1597, cité par Robortello, Agricola, 1996, p. 67)³⁸.

Bodin conçoit la nature en termes aristotéliens. Le corps naturel, qui compose la nature, consiste dans la forme et la matière, et « *l'acquisition de la forme n'est autre chose, que la terminaison de l'effort de nature, lorsqu'elle produit une pomme ou quelque autre chose semblable : mais qui pourrait penser que cette sorte de pomme fût la dernière fin, pour laquelle Nature la produite ? Le même [Aristote] a aussi écrit, que l'âme étant la cause efficiente, est aussi la forme et la fin. Nous dirons donc (ainsi l'a pensé Scotus contre Aristote au 2. 1 des Sentences distinction 4.) qu'il y a deux sortes de fins, l'une pour la génération, l'autre pour le sujet desquelles la première se rapporte toujours à la suivante* » (TNU, 1597, L I, p. 8). A côté de la forme, il existerait ainsi une autre sorte de fin qui serait extérieure à la nature. Cet ordre des fins consisterait tout simplement dans la hiérarchie des fins subordonnée à Dieu tout-puissant (la gloire de Dieu est la dernière fin de toutes choses). Jacobsen (2000) a

³⁷ Le mot du titre « Théâtre » est remarquable, mais peut-être n'est-ce qu'un hasard, puisque Bodin l'utilise à une époque où se développent les chefs d'œuvre de l'édition que sont les théâtres de machines dont le but est de révéler aux amateurs, sous la forme de livres de grand format et de haute qualité d'impression, les modalités de fonctionnement des machines (Dolza, Verin, 2004).

³⁸ Bodin compare le monde naturel, uni sous des lois communes, « *à une ville à travers laquelle on est mené et dont on visite, comme des monuments, tous les éléments composants* » (Robortello, Agricola, 1996, p. 66).

résumé la position de Bodin de la manière suivante : « *Toute philosophie, qui accepte la conception de la nature à la manière d'Aristote et qui prétend être chrétienne (cosmologie chrétienne au sens de Saint Thomas d'Aquin) a dû faire cette distinction entre les deux ordres de fins mais Bodin pourrait s'être laissé inspiré par Jean Duns Scot sur ce dernier point* » (2000, p. 64).

Contrairement aux *Six livres de la République*, bien enracinés dans la physique aristotélicienne (dans le livre VI, Bodin condamne le système de Copernic qui mettait le soleil au centre du monde), le *Théâtre de la nature universelle* tendra – sous l'influence des thèses de Jean Duns Scot³⁹ – à démystifier les préceptes du philosophe grec. C'est ainsi que Bodin, se situant clairement dans une tradition augustinienne, affirme que la volonté n'est pas soumise à la raison : l'intellect rend un jugement sur le vrai ou le faux alors que la raison le fait sur ce qui est bon ou mauvais. Bodin critique Aristote (et Saint-Thomas D'Aquin) pour avoir privilégié le rôle de la raison. A la question, pêchons-nous à cause d'une faute relevant de la raison ou à cause d'une faute relevant de la volonté ? Bodin notera une certaine incohérence de la position d'Aristote : « *Et même Aristote étant tantôt d'accord avec toi, et tantôt en désaccord, comme c'est la coutume, a enseigné ailleurs que l'entendement et la volonté étaient toujours droits, mais que la fantaisie et l'appétit étaient tantôt droits tantôt pervers, laquelle chose étant ainsi, personne ne serait coupable de sa lâcheté, parce que le péché n'est péché, dit S. Augustin, s'il n'est volontaire, et même la volonté ne se départ point du devoir, que l'Entendement ne se soit premièrement dévoyé de son droit chemin : comme S. Thomas l'a très bien expliqué* » (1597, L IV, p. 676). De la même manière, Bodin se démarquera de la philosophie d'Aristote en soulignant que la nature ne se confond pas avec la morale. Reprenant à son crédit la distinction faite par Scot entre volonté libre et volonté naturelle (c'est-à-dire entre bonté naturelle et bonté morale), Bodin avance que ce qui entre dans notre entendement par voie des sens ne se confond pas avec ce qui commande la raison (vision du bien et du mal) : « *de sorte que si la volonté est séparée de l'entendement, il faudra aussi que leurs objets, tant dis-je, de l'une que de l'autre, soient divisés entre eux, à savoir la chose bonne et la chose vraie, car le vrai appartient à l'entendement, comme son objet ou sujet autour duquel il s'occupe, et le bon à la volonté* » (1597, L IV, p. 678).

Finalement, Bodin reprochera à Aristote d'avoir nié qu'il existe en nos âmes des traces 'des sciences et des vertus par les notions'. Il affirme que « *la semence de toutes les vertus et les sciences a été divinement esparsée en nos âmes dès leur premier origine, afin qu'il soit loisible à l'homme de vivre joyeusement de leur fruit* » (1597, L IV, p. 687). Cet avis a été partagé par Platon et les Académiciens. Toutes sortes de vertus et de sciences peuvent être ainsi extraites et exprimées par l'entendement, et ce grâce à la lumière divine : « *Combien à meilleur droit les hommes ont été ornés et enrichis par ce père de nature de la semence de toutes sortes de vertus et sciences ? Desquelles le caractère est tiré et exprimé en leur entendement moyennant la lumière qui leur en a communiqué par son esprit* » (1597, L IV, p. 688). Ainsi, contrairement à qu'enseigne la philosophie aristotélicienne, les âmes ne seraient pas « *des tablettes blanches* » (Jacobsen, 2000, p. 69). Bodin affirme que la chose individuelle peut être à la fois perçue par les sens et l'intellect. Il est ainsi faux de dire que l'entendement ne peut rien faire sans les sens, il vaut mieux dire que ce dernier est « *excité par les sens ou si nous aimons mieux dire, lui-même les recueille plutôt et les met en besogne puisque de leur naturel, ils n'ont une rude et grossière connaissance de cette cohérence, qui est des accidents aux sujets, car les sens ne découvrent rien que les accidents, par lesquels ils sont néanmoins souvent abusés* » (1597, L IV, p. 688).

³⁹ Le scotisme est très en vogue à Paris au tournant du XVI^e siècle. Les ouvrages de Nicolaus de Orbellis et Thomas Bricot, *Ad Mentem Scoti* et le *Copendium*, furent très populaires dès 1490.

2. Antoine de Montchrestien : la rupture avec la conception aristotélicienne du monde et de la connaissance

Antoine de Montchrestien symbolise la période de transition, cet entre-deux temporel de la pensée et de la pratique qui apparaît au début du 17^e siècle. Il va rédiger en 1615 un ouvrage intitulé « *L'économie politique patronale, Traité de l'oeconomie politique* ». Ce manuscrit, dédié au Roi et à la Reine mère, entrera dans l'histoire de la pensée économique grâce à son titre qui laisse penser que l'analyse économique élargit son champ d'intérêt de la sphère particulière à la sphère publique. *Le Traité d'Economie politique* est cependant plus que cela. C'est selon nous l'un ou le premier manifeste de l'analyse économique moderne (voir également Funck-Brentano, 1889 ; Lavalley, 1903). Il marque la rupture avec la pensée ancienne et avec les contraintes qu'elle faisait peser sur la vie des nations. Il introduit une nouvelle manière de voir les phénomènes économiques qui sont aux sources de cette pensée économique que l'on qualifie de moderne. Il est évident que l'ouvrage de Montchrestien vaut plus que le traitement sévère que lui a infligé Joseph Schumpeter dans son *Histoire de l'Analyse Economique* (1983): « *Antoyne de Montchrétien... semble avoir été le premier à publier un livre sous le titre d'Economie Politique. C'est là, néanmoins son unique mérite. Cet ouvrage médiocre manque totalement d'originalité. Ce qu'il recommande relève peut être d'un grossier bon sens, mais il accumule des erreurs élémentaires de raisonnement qui témoignent de l'infériorité, plutôt que de la supériorité de son savoir par rapport aux connaissances de son temps* » (1983, p. 240). Funck-Brentano (1889) n'hésite pas à présenter Antoine de Montchrétien comme le « *créateur d'une science dans laquelle les conceptions du vieux maître n'ont plus été dépassées* » (1889, p. II). Il serait ainsi le « *véritable représentant de notre ancienne et glorieuse école d'économistes d'Etat, qui commence avec Henri IV, se continue avec Richelieu et finit avec Colbert* » (ibid).

L'ouvrage dédié au Roi et à la Reine-Mère se présente comme un livre de conseils devant permettre aux autorités suprêmes de pouvoir œuvrer en toute connaissance de cause pour l'« utilité publique ». Les conseils de Montchrestien qui se veulent rationnels sont orientés vers l'efficacité et le bien-être matériel des sujets du roi de France. Le détour par la théologie morale dans l'étude des phénomènes sociaux ne s'impose plus comme dans le thomisme. Montchrestien met même en garde les souverains contre une trop grande influence de l'église dans les affaires de l'Etat : « *Souvenez-vous toujours que l'église est en l'estat, non l'estat en l'église ; qu'elle tient de vous, après Dieu, sa splendeur et sa richesse ; qu'elle ne peut ni ne doit les maintenir que par vous ; que vous estes tellement son fils aîné que vous ne laissez pas d'estre son père nourricier ; que c'est par conséquent à vous qu'il appartient principalement de faire dispenser, en leur droit et legitime usage, ces biens que vous et les vostres lui avez conferez, d'empescher les abus qui s'y peuvent commettre ou en l'acquisition, ou en la retention, ou en la profusion... Demeurez tousjours constant en ceste resolution, ferme en ceste creance ; que l'église n'a rien a voir, rien a connoistre sur le temporel de vostre royaume, et que Jesus-Christ, le maistre et seigneur de tous, a vuïdé la question par son commandement : rendez à Coesar ce qui est à Coesar, et a Dieu ce qui est a Dieu...* » (1619, [1889, p. 341]). Si Montchrestien donne comme conseil au roi de se méfier de l'ingérence ecclésiastique dans les affaires de l'Etat dans les conclusions finales de son texte, c'est qu'il aura fait figurer dans la première partie consacrée aux manufactures ses préventions par rapport à la pensée aristotélico-thomiste encore puissante à l'époque où il écrit. D'une certaine manière son ouvrage est encadré par des préceptes et conseils qui appellent l'émancipation par rapport aux conceptions et pratiques anciennes. Le Livre I du traité a pour objectif de justifier l'utilité des arts mécaniques et d'améliorer le fonctionnement des manufactures pour les rendre plus efficaces et compétitives. Ce premier livre est essentiel pour ce qui nous concerne puisque derrière l'argumentation développée par Montchrestien

transparaît une véritable remise en cause du système de valeurs ancien qui trouve ses racines dans les textes d'Aristote. Montchrestien veut convaincre les souverains qu'ils doivent accorder leur attention à toutes les catégories sociales, à tous les ordres qui forment l'Etat et pas seulement à l'ecclésiastique et au noble mais aussi au « populaire », à savoir les laboureurs, les artisans et les marchands. Les causes de cet intérêt sont de natures diverses, bien sûrs morales mais aussi et surtout utilitaires. Le souverain se doit de se « *préoccuper de l'employ et de l'accomodement de son peuple* » mais il ne doit pas oublier que ces classes mésestimées sont « *les canaux de l'utilité commune qui portent et versent l'eau dans les grandes places de vos citez, là où viennent s'abreuver tous les autres hommes* » (1619, [1889, p. 12]). Si Aristote n'a jamais nié comme Platon la nécessité de produire des biens pour satisfaire les besoins des hommes, il a toujours défendu que ce genre d'activité, avec des nuances certes, ne pouvait faire partie des activités nobles, c'est-à-dire des activités compatibles avec le statut de citoyen. En conséquence la structure sociale doit prendre en compte l'idée que l'économique possède, bien qu'indispensable à la vie, un statut dévalorisé. La quadrature du cercle se résolvant pour une bonne part grâce à l'existence de l'esclavage. Le citoyen digne de ce nom doit s'extraire du règne de la nécessité et dépenser toute son énergie dans l'activité spirituelle et la vie politique. La structure sociale est clairement définie : une classe supérieure (ou deux) qui s'adonne(ent) à la contemplation et à la vie publique et une classe qui travaille. Ce modèle va s'inscrire durablement dans le temps. Au Moyen Age on fait la distinction entre les oratori, les bellatori et les laboratori. Les premiers se vouent à dieu, les seconds défendent la cité et les derniers produisent pour tous. Nous le voyons ce système de valeurs accorde la dernière place à ceux qui produisent les richesses⁴⁰ et à tout ce qui concerne l'économie d'une manière générale. Il faut aussi remarquer que cette façon de penser la société se traduit aussi par une sorte d'incompatibilité entre le politique noble et l'économique non noble. La remise en cause de cette thèse est l'un des points les plus intéressants de la conception de la politique de Montchrestien : « *Les vacations privées font la publique. La maison est premier que la cité ; la ville que la province ; la province que la royaume. Ainsi l'art politic dépend médiatement de l'oeconomic, et, comme il en tient beaucoup de conformité, il doit pareillement emprunter son exemple. Car le bon gouvernement domestic, à le bien prendre, est un patron et modèle du public...* » (1619, [1889, p. 17]). Et quelques pages plus loin : « *...on ne peut fort maintenir, contre l'opinion d'Aristote et de Xénophon, que l'on ne scauroit diviser l'oeconomie de la police sans démembler la partie principale de son tout, et que la science d'acquérir des biens, qu'ils nomment ainsi, est commune aux républiques aussi bien qu'aux familles* » (1619, [1889, p. 31]). La gestion des affaires de l'Etat ne peut ignorer les enseignements de la gestion des affaires privées. Nous entrons maintenant dans l'Economie politique dont le modèle est celui d'une bonne gestion privée mais qui rompt avec les arrières plan théologico-moraux de l'analyse économique aristotélico-thomiste.

La rupture avec les aristotéliens porte sur l'essentiel : le système des valeurs et foncièrement la distinction entre le règne de la liberté et celui de la nécessité ou plus prosaïquement entre la contemplation et la production. Montchrestien veut réhabiliter ce qu'il appelle l'action et doit pour ce faire mettre à mal l'apologie de la contemplation des anciens. « *L'homme est né pour vivre en continuel exercice et occupation...la vie contemplative à la vérité est la première et la plus approchante de Dieu ; mais sans l'action elle demeure imparfaite et possible plus préjudiciable qu'utile aux républiques... aussi l'action se meslant quelquefois à la*

⁴⁰ Nous insistons : la hiérarchie est plus complexe puisque par exemple Aristote prend le soin de distinguer entre les modes d'acquisition naturelles des richesses (agriculture, chasse..) et la chrématistique qualifiée de mode non naturel d'acquisition des richesses. Les activités chrématistiques les plus dévalorisées sont celles qui se donnent pour but unique le profit. Voir Aristote « Les politiques ».

contemplation apporte de grands biens à la société humaine...les occupations civiles estant empeschées et comme endormies dans le sein de la contemplation, il faudroit necessairement que la république tombast en ruïne. Or, que l'action seule ne luy soit plus profitable, que la contemplation sans l'action, la nécessité humaine le prouve assés, et faut de là conclure, que si l'amour de la vérité désire la contemplation, l'union et profit de nostre société cherche et demande l'action...De là s'ensuit, que le plus grand traict que l'on puisse pratiquer en l'estat, c'est de ne souffrir qu'il demeure aucune partie oisive ; et par conséquent c'est un soin aussi utile qu'honorable de faire polir avec industrie et jugement les facultés naturelles des hommes qui y vivent, les rendre convenables par ensemble et profitables à l'entretien et conservation du corps universel dont ils sont membres animés, y faisant éclater haut et bas l'action, comme le seul esprit vital qui luy donne un pouls vigoureux, tesmoin de sa parfaite santé » (1619, [1889, p. 23]).

Montchrestien réhabilite l'action et lui subordonne la contemplation mais il ne faut pas se méprendre lorsqu'il parle d'action, c'est de la production dont il s'agit ou plutôt des productions, c'est-à-dire de toutes les activités économiques ; l'agriculture, la production artisanale et manufacturière et le commerce⁴¹. Et l'auteur appelle le roi, comme nous l'avons vu, à manifester son soutien aux catégories sociales qui sont engagées dans ces activités. Le travail dans toutes ses manifestations doit être promu et valorisé ; par delà le travail intellectuel et celui qui est orienté vers l'organisation de la cité, c'est surtout du travail productif dont il s'agit. Montchrestien accepte ou même promet la méthode forte pour augmenter le volume et la qualité du travail. Les vertus économiques et sociales du travail peuvent justifier nombre d'interventions des pouvoirs publics dans le champ de l'économie. L'auteur recommande la création de « *plusieurs ateliers de diverses manufactures, selon qu'elles s'y trouveront commode. Et cela sans doute fera faire de belles pépinières d'artisans, qui causeront la plus grande richesse du pays. Et cela s'en fera jeter à bas mille roües et potences, sans y employer les foudres de la justice, dont les spectacles ne sont moins horribles que nécessaires...Il y a plusieurs sortes de serfs ; mais ceux-là le sont plus naturellement, qui le sont volontairement ; n'ayans aucune honte de mener une vie caimande et nécessaire d'autrui...ce sont françois indignes de ce nom de liberté, et qu'avec toute justice et équité naturelle on peut obliger au travail. Ainsi l'industrie se provignera en un grand nombre d'hommes qui languissent inutiles* » 1619, [1889, p. 27]). La société de Montchrestien est une société qui place le travail parmi ses valeurs essentielles puisqu'il est la source première de son enrichissement et qu'il contribue à réduire les comportements parasitaires. Même si pour Montchrestien il ne faut pas hésiter à recourir dans certains cas à la force, notre auteur manifeste sans ambiguïté que la coercition ne peut être le moteur de la machine économique et sociale.

Montchrestien recommande vivement d'associer l'intérêt de l'Etat et l'intérêt particulier : « *En toute administration il n'y a poinct de negligence plus pernicieuse que de ne connoistre pas ceux à qui l'on commande, de paresse plus préjudiciable que de ne sonder à quoy plus naturellement ils sont applicables...Tout cela revient à ce poinct : qu'en l'estat aussi bien qu'en famille c'est un heur meslé de grandissime profit de mesnager bien les hommes selon leur particulière et propre inclination* » (1619, [1889, p. 31]). Cette dernière expression renvoie à la diversité des capacités et affinités des uns et des autres mais aussi à ce qui meut chacun d'une manière générale, à savoir l'intérêt particulier et plus précisément dans le

⁴¹ La réhabilitation du commerce, activité suspecte de l'antiquité au Moyen Age, est totale chez Montchrestien puisqu'elle se hisse au dessus des autres activités économiques : « *le commerce est en quelque façon le but principal des divers arts, dont la plupart ne travaillent que pour autrui par son moyen ; d'où il s'ensuit qu'il a quelque chose de plus exquis, en matière d'honneur et de profit, que les arts mesme* » (1619, [1889, p. 137]). « *Toute société, pour en parler généralement, semble estre composée de gouvernement et de commerce* » (ibid).

domaine économique au profit que l'on peut retirer de son activité. Montchrestien renonce à l'image, bien présente dans la philosophie aristotélicienne, de l'homme parfait qui oriente sa vie vers la spéculation et le bien public et se détourne pudiquement de tout ce qui pourrait souiller son âme. L'homme n'est pas parfait et il faut faire avec : « ...*mais d'autant que nous ne sommes pas parfaits et ne vivons avec des personnes parfaites, parlons de ce point selon le cours du monde, où chacun prend sa mire au profit, et tourne l'œil par tout où il aperçoit reluire quelques étincelles d'utilité, à laquelle l'homme se porte, soit par nature, soit par nourriture et coutume que l'on dit estre une seconde nature* » (1619, [1889, p. 38]). Montchrestien n'idéalise pas l'homme et ne lui accorde pas cette force mentale qui transparait chez les philosophes grecs. Comme les physiciens ont réduit le rôle de Dieu dans le fonctionnement de la nature, Montchrestien sort la perfection du domaine de l'humain. Comme eux il cherche à donner une explication du réel existant et non d'un réel idéalisé.

La question qui vient maintenant est celle du fonctionnement d'une société banalisée composée d'hommes normaux. Montchrestien, que l'on a classé à juste titre, parmi les auteurs mercantilistes autant décriés par les libéraux du 18^e siècle et par Smith en particulier, aura l'intuition très claire de ce qui deviendra l'un des socles du libéralisme économique du 18^e siècle à nos jours : l'articulation étroite entre les intérêts particuliers et l'intérêt général. Si nous devons faire un raccourci, nous pourrions dire qu'Antoine de Montchrestien est le concepteur de ce que Adam Smith appellera la main invisible : « *Car la plus ordinaire liaison des hommes et leur plus fréquent assemblage dépend du secours qu'ils s'entreprentent et des offices mutuels qu'ils se rendent de main en main..., mais en telle sorte que chacun est plus porté de son profit particulier comme d'un mouvement propre et à part de cest autre mouvement général que luy donne, sans qu'il s'en apaerçoive quasi, la nature de son premier mobile... tant de tracas, tant de labeurs de tant d'hommes n'ont point d'autre but que le gain, à ce centre se réduit le cercle des affaires ; la nécessité du mouvement cherche ce point* » (1619, [1889, p. 39]). Il nous faut donc modifier notre lecture d'un mercantilisme dont la vision du social serait en tous points opposée à celle du libéralisme qui lui succédera. Nous constatons également que Montchrestien accorde une place importante à la concurrence dans sa mécanique socio-économique : « *L'aemulation est en toutes choses un grand aiguillon à bien faire. Par elle les hommes peuvent monter à la perfection de tous les arts. Il n'y a point de plus court moyen pour faire bien tost gagner le haut comble à ceux qui les exercent que de les commettre en concurrence d'industrie comme en la poudre d'une lutte d'honneur et de prix. Cela les oblige à prendre garde à soy de plus près, à considérer circonspectement tout ce qui leur peut servir à faciliter leur art, et ordonner mieux leur travail* » (1619, [1889, p. 37]). Dans tous ses développements Montchrestien fait ressortir une conception de l'homme et de la société ainsi qu'une grille d'analyse des phénomènes sociaux qui marquent une prise de distance vis-à-vis de la tradition aristotélico-thomiste. Montchrestien se veut réaliste et volontariste. Son réalisme se décline dans sa perception de l'homme et de la société, nous l'avons vu, et dans la façon de les étudier. L'Etat est assimilé à un corps composé d'éléments multiples qui jouent chacun un rôle bien défini et dont on ne pourrait se passer sans mettre en péril ou affaiblir l'ensemble. La vision est nettement organiciste, chaque membre travaille à la fois pour soi et pour l'ensemble⁴². Le critère fondamental retenu par Montchrestien pour

⁴² « *La bonne administration politique est une santé universelle de tout le corps de l'état, et par conséquent une entière disposition de chaque membre particulier. Car il n'importe pas moins d'avoir soin des plus viles parties que des plus nobles, des cachées que des découvertes, puisqu'il est ainsi que de celles qui sont destinées à servir les autres sortent les labeurs plus nécessaires à son entretien et conservation. Voyons la nature, que le grand politique doit seulement et principalement imiter, distribuer à tous les membres de nostre corps par proportion et mesure, l'aliment qui leur fait besoin, et que, si quelqu'un n'en reçoit à l'égal de la nécessité, les esprits cessent peu à peu d'y venir, il s'atrophie et amenuise et de luy commence la dissolution de tout nostre assemblage* » (1619, [1889, p. 18]).

juger de l'état ou de l'action d'un élément ou de l'ensemble est celui de l'utilité. Alors que les premiers critiques scolastiques du thomisme continuaient à associer dans des proportions variables des considérations morales et des critères utilitaristes, Montchrestien élimine les premières ou leur accorde un rôle de circonstance pour mieux faire passer ces propositions. Nous avons le sentiment que Montchrestien cherche à imposer une démarche naturaliste fortement influencée par la mécanique. Très fréquemment il parle de mouvant, de mouvement, d'organe du mouvement. Son but semble être de persuader ses lecteurs qu'il a mis en évidence ce qui peut mouvoir la société vers le renforcement de la richesse, de la puissance et du bien être. Mais ce naturalisme est associé à un volontarisme qui traduit un scepticisme vis-à-vis de la possibilité de laisser les lois naturelles agir seules. La société serait comme une horloge qui a besoin d'être remontée et entretenue par l'homme. Concrètement le volontarisme de Montchrestien se traduit par des recommandations dans les principaux registres de l'économie du début du 17^e siècle, mais il est présent aussi, à un niveau plus général, dans l'articulation fructueuse que Montchrestien imagine entre le développement de la connaissance et l'action. Sur ce point comme sur d'autres Montchrestien s'inscrit parfaitement dans le mouvement des idées qui marque le début du 17^e siècle. Il aurait pu sans difficulté reprendre à son compte l'idée d'une science active, d'une science opérationnelle qui par une meilleure connaissance des lois de la nature aurait pu mieux la dominer. Il aurait pu tout autant reprendre une partie de l'approche mécaniste défendue par son contemporain Francis Bacon et plus tard par Descartes.

3. Francis Bacon : la connaissance au service de la puissance, l'essence en tant que structure mécanique

Francis Bacon (1561 – 1626) n'est pas à l'origine de découvertes ou de perfectionnements marquants dans le domaine scientifique. Il semble d'ailleurs qu'il ait ignoré l'essentiel des travaux des grands scientifiques de son époque et en particulier ceux de Galilée. Mais Francis Bacon nous intéresse particulièrement parce qu'il est l'un des premiers penseurs de l'époque moderne à donner une définition précise de ce qu'il pense être la fonction sociale de la science. C'est à juste titre que Bacon est considéré, avec Galilée, Descartes et Hobbes⁴³, comme l'une des figures emblématiques de cette première moitié du 17^e siècle qui va transformer ou engager fortement la transformation des modalités de penser le monde matériel et le monde des hommes.

Bacon est reconnu avant tout pour sa définition des buts de la science. Celle-ci sera reprise par Descartes bien que tous deux divergent nettement sur ce que doit être la méthode de recherche scientifique. La science de Bacon est la *scientia activa*, la *scientia operativa*. Bacon penche donc radicalement pour une définition instrumentale de la science ; contrairement à la science scolastique, sa fin n'est pas la connaissance des phénomènes. La connaissance, indispensable, n'est que le moyen de donner aux hommes un outil pour contrôler, voire dominer la nature. Mais il ne faut pas se tromper sur le projet de Bacon, la domination de la nature ne signifie pas aller contre celle-ci, contre ses lois, bien au contraire c'est la connaissance des lois naturelles et la soumission à celles-ci qui assurent une possibilité d'utiliser plus efficacement la nature au bénéfice des hommes. Nous pourrions dire que la domination (de la nature) passe par la soumission (à ses lois). Nous le comprenons ici, l'un des moments clefs du projet baconien est la mise en œuvre de la méthode la plus apte pour accéder à la connaissance des lois naturelles. Sur ce sujet Bacon va s'engager dans une voie qui ne sera pas celle retenue par Descartes. L'un et l'autre seront les représentants, à défauts d'en être les fondateurs, de deux courants épistémologiques bien démarqués : le premier, qui sera dominant en Grande

⁴³ Auquel nous devons ajouter le juriste Grotius.

Bretagne est celui de l'empirisme moderne, le second, mieux installé sur la continent est celui de l'idéalisme. D'une certaine manière, Bacon se rattache sur certains points à une tradition qui remonte en particulier à Aristote : celle d'une science qui ne méprise pas totalement le monde sensible et que l'on peut qualifier d'expérimentale. Nous en avons vu quelques figures importantes de la deuxième moitié du Moyen Age, Robert Grosseteste, Roger Bacon, Guillaume d'Ockham, au sujet desquels nous avons bien précisé qu'ils n'étaient ni en rupture totale avec la démarche aristotélicienne ni les précurseurs de la science moderne dont les fondements philosophiques et épistémologiques seraient plutôt platoniciens. Il y a donc quelque chose de surprenant ou de paradoxal chez Francis Bacon : il comprend l'air de son époque, le rôle dévolu à la science, la représentation que l'on se fait du monde naturel et celle, qui en découlera, du monde humain, mais ignore assez largement les découvertes scientifiques qui sont réalisées et soutient une démarche qui est nettement distincte de celle qui est à l'origine de ces découvertes.

Si l'on peut risquer un rapprochement, sur l'expérimentalisme, entre Bacon et Aristote il ne faut pas oublier que celui-là a construit, et présenté, son œuvre en opposition à la pensée aristotélicienne.

Plus précisément Bacon prend position contre deux mouvements de pensée fort influents au 16^e siècle. D'une part les humanistes qui aux yeux de Bacon ne saisissent pas correctement tous les enjeux de la science et ne font guère mieux que réactiver les grandes utopies de la philosophie grecque classique. D'autre part les scolastiques qui trouvent en Aristote la loi et le prophète. Bacon s'insurge contre ce qui lui semble être deux dérives : le refus de prendre la science au sérieux et le sentiment que tout ou presque a été dit par le stagirite et ses disciples. De plus, Bacon critique les scientifiques qui ne savent pas sortir de leur domaine strict pensant que toute la science, voire toute la connaissance, est contenue dans leur discipline, ce qui est vrai en particulier nous dit-il des géomètres pour qui tout peut être ramené à des nombres et des figures.

Toute l'œuvre de Bacon démontre combien il ne se satisfait pas de ce qu'il observe autour de lui tant sur le plan matériel qu'intellectuel. Cette insatisfaction va le conduire à s'engager dans un travail immense qu'il ne pourra accomplir d'ailleurs dans sa totalité : ni plus ni moins que de porter un jugement critique sur la science de son époque et de montrer comment la science pourrait devenir un formidable outil pour la société des hommes. Nous l'avons vu son jugement est peut-être biaisé par son ignorance au moins partielle de la révolution scientifique en marche, ce qui explique sûrement que Bacon soit par trop pessimiste, mais c'est sûrement cette inclination qui l'incitera à élaborer un véritable *tractatus de methodo*.

Il semble que Bacon se soit engagé très tôt dans la construction de son grand œuvre qu'il nommera plus tard *Instauratio Magna*. Si la trame est soigneusement précisée, seuls certains éléments seront rédigés. La première partie, « *De dignitate et augmentis scientiarum libri* » est la seule rédigée entièrement, mais l'élément le plus connu correspond à la seconde partie, c'est le *Novum Organum* dont le titre désigne clairement l'adversaire principal, Aristote et son *Organon*. En fait les deux textes sont fortement liés puisque les conclusions du premier (le bilan des sciences) justifient la rédaction du second (les propositions). Bacon reproche à la science qu'il observe d'être figée, de tourner en rond, de se réduire en arts et en méthodes⁴⁴. Bacon veut libérer la science, la sortir de son carcan dogmatique et méthodologique. La science de son époque s'épuise selon lui en débats stériles et en observations inutiles. Mais surtout Bacon s'insurge contre une pratique dominante à l'époque, la tendance à tout classer

⁴⁴ Bacon reproche aux sciences, « leur réduction prématurée et hâtive en arts et en méthodes ; cela fait, la science ne progresse que bien peu ou même pas du tout », *De dignitate et augmentis scientiarum* Livre I, chap XLI (cité par Bréhier, 1983, t II, p. 21).

dans des catégories. Il dénonce la tendance à « *produire distinction sur distinction* » (Brehier, 1983, t II, p. 22) et à réduire l'activité scientifique à des disputes « intellectualistes » comme aux meilleurs moments de la scolastique médiévale. Bacon va tirer de ce mépris vis-à-vis de la classification une défiance par rapport à l'outil même de cette pratique, à savoir l'entendement lui-même. Bacon se méfie de l'entendement parce qu'il l'associe au seul entendement aristotélico-thomiste. Bréhier fait justement remarquer que Bacon ne connaît pas l'entendement au sens de Descartes qui ne s'épuise pas dans les débats stériles mais vise le progrès de la connaissance et celui de la société. C'est là l'une des causes de l'orientation épistémologique de Bacon ; l'entendement ne lui semble pas suffisamment réformable pour insuffler un nouveau dynamisme à la science. Jamais Bacon ne laisse penser que l'entendement humain pourrait permettre une participation aux idées divines comme c'était le cas chez les platoniciens et Saint Augustin, et d'une certaine façon comme ce sera le cas chez Descartes. Si l'esprit n'a pas les moyens d'accéder par lui-même à la vérité de la nature, il faut utiliser un autre moyen qui ne peut être que de questionner directement la nature elle-même. L'expérience devient le médium de la connaissance.

Le *Novum Organum* a pour objectif de proposer un outil fiable à la science nouvelle que Bacon appelle de ses vœux. C'est fondamentalement un programme pour le développement des sciences de la nature. Son auteur commence par montrer les faiblesses de l'esprit pour mieux justifier la démarche qu'il promeut. L'esprit humain tend naturellement à être victime de ce que Bacon nomme des idoles, qui ne sont pas à proprement parlé des erreurs de raisonnement, mais plutôt des faiblesses auxquelles cède volontiers l'esprit. Elles sont au nombre de quatre : *idola tribus*, *idola specus*, *idola fori et idola theatri*. Les premières ou idoles de la tribu correspondent à une sorte de paresse de l'esprit qui conduit les hommes à ne retenir que ce qui leur semble évident ou favorable sans en discuter⁴⁵. Les secondes ou idoles de la caverne correspondent aux habitudes de pensée qui limitent le besoin de connaître. Les troisièmes ou idoles de la place publique renvoient aux pesanteurs du langage vulgaire qui décourage toute définition précise. Les quatrièmes ou idoles du théâtre sont liées à l'influence des théories philosophiques dont on ne peut facilement se libérer même si elles sont erronées.

Il faut aussi retenir que si Bacon condamne les rationalistes, il n'est pas exempt de critiques à l'encontre des empiristes radicaux qui se limitent à collectionner les observations et en restent là.

La science de la nature se doit de connaître les propriétés particulières des différents corps, ce que Bacon nomme d'ailleurs les natures, comme par exemple le chaud, le froid le lourd le léger.... Mais bien que prenant ses distances avec Aristote, Bacon s'accorde avec lui pour dire que les natures (les propriétés) sont les manifestations de formes ou d'essences qui sont à leur origine. Le dessein est clair : la connaissance de l'essence permet de maîtriser la propriété. L'objectif du *Novum Organum* se précise comme la connaissance des formes. A l'encontre de la tradition aristotélico-thomiste qui selon Bacon a échoué, celui-ci prétend pouvoir accéder aux « *vraies différences* » (Brehier, 1983, t II, p. 30) qui permettent de définir les formes : nature naturante, différence vraie, chose en elle-même, loi, acte pur... Mais comme Aristote, Bacon va privilégier l'induction comme moyen pour accéder aux essences. Nous pouvons suivre Bréhier lorsqu'il écrit : « *Le Novum Organum a donc le même dessein extérieur que l'ancien : la connaissance des formes ou essences, en partant des faits, au moyen de l'induction. Mais il se vante de réussir, là où Aristote a échoué : de plus, il fait de la connaissance des formes non pas la satisfaction d'un besoin spéculatif, mais le prélude d'une opération pratique* » (Brehier, 1983, t II, p. 30). Plus précisément, la méthode consiste à extraire la matière pure que l'on veut connaître de l'ensemble dans lequel elle est mêlée à

⁴⁵ Comme par exemple l'astrologie géocentrique qui satisfait l'esprit peu curieux.

d'autres matières. L'induction est donc en premier lieu purification et élimination. Concrètement la méthode passe par une multiplication des expériences. Le chercheur ne doit pas hésiter à varier les expériences, à les reprendre, les étendre, les transférer du naturel à l'artificiel, à les inverser, à les associer à d'autres expériences... Bacon propose huit procédés d'expérimentation⁴⁶ qui visent non pas à retrouver un résultat préexistant, déjà donné par la spéculation, mais à se donner tous les moyens pour trouver un résultat valide. Celui-ci n'apparaît qu'à la fin des expérimentations. Il y a là une différence importante avec Galilée pour qui l'expérimentation n'était pas indispensable, l'entendement ayant préalablement défini avec rigueur le résultat⁴⁷. Bacon pense que la vérité de la nature ne peut être connue a priori.

Nous devons maintenant nous attacher à une question particulièrement importante : qu'est-ce qu'une forme en général pour Bacon ? Vous verrez que notre auteur s'inscrit parfaitement dans le nouveau paradigme du 17^e. Rappelons tout d'abord que la forme, ou essence, est pour Bacon comme pour Aristote l'objet même de la connaissance scientifique. Mais au contraire de celui-ci, Bacon pense qu'elle est observable grâce au sens soit directement soit à l'aide d'instruments qui améliorent la perception. C'est bien sûr indispensable pour que l'induction soit efficace. Mais pour Bacon, si la forme est observable, « elle n'est pas conclue », c'est-à-dire que l'induction ne permet que de réduire de plus en plus le champ d'observation. La forme ressort donc comme un résidu et celui-ci est toujours « une certaine disposition mécanique de la matière ». In fine toutes les formes se ramènent à une structure géométrique ou mécanique permanente. Par exemple la forme des couleurs est une certaine disposition géométrique de lignes. Le but de l'induction vise à éliminer tout ce qu'il y a de qualitatif dans la matière pour atteindre cette structure mécanique. Bacon, dans le *Novum organum*, définit clairement l'objectif de la physique comme étant l'étude des structures et mouvements cachés. Nous pouvons en conclure que Bacon annonce la mécanisation galiléenne et cartésienne, ce qui est vrai, mais il faut aussi retenir que le mécanisme de Bacon n'est pas celui de Descartes, qui pourtant s'est inspiré de l'auteur anglais dans certains de ses ouvrages. Nous l'avons vu la forme en tant que structure mécanique est ce qu'une induction bien menée permet de faire ressortir par élimination. La mise en évidence de ce résidu est l'objectif même de l'induction. On pourrait même dire qu'au delà la connaissance devient problématique et que les formes sont comme des « absolus inconnaissables » alors que le projet de Descartes ou celui de son concurrent Gassendi est de comprendre ces formes. Pour les deux français les formes sont « les choses à expliquer alors que pour Bacon elles expliquent ». La science de ceux-là est assurément plus ambitieuse que la science de celui-ci. Cette distinction n'est pas secondaire et elle montre là encore une certaine parenté, par delà les nombreuses divergences, entre Bacon et Aristote. Bacon se méfie des mathématiques et ne prétend jamais, bien au contraire, que la représentation de la nature peut se faire à travers les mathématiques. Il n'y a pas de mathématisation baconienne de la nature ; et même si les mathématiques ne sont pas absentes de la démarche de Bacon, il faut plutôt les considérer comme de simples outils de travail mobilisables dans le cadre de la recherche scientifique⁴⁸.

La conception que se fait Bacon de la nature et de la science -dans sa démarche et ses fins- est au cœur de sa philosophie politique. Sa conception instrumentaliste de la science se comprend mieux encore lorsque l'on sait que Bacon accorde une toute première importance à la philosophie politique. L'organisation de la société est pour lui la question centrale. Nous

⁴⁶ Variatio, repetitio, extensio, translatio, inversio, compulsio, applicatio, copulatio.

⁴⁷ Il suffit de rappeler l'expérience de Pise que Galilée n'avait jamais faite parce qu'il pensait ne pas en avoir besoin.

⁴⁸ « Les mathématiques restent servantes de la physique, c'est-à-dire se bornent à lui fournir un langage pour ses mesures ».

l'avons vu le but de la science est de maîtriser la nature et cette maîtrise, qui passe par la connaissance, n'est autre qu'une union de l'homme et de la nature. Bacon décrit la société de ses rêves dans un texte nommé « *La Nouvelle Atlantide* » qui est publié en 1627. Ce texte relativement court, une cinquantaine de pages, démontre bien l'idée que Bacon se fait de l'interaction entre les sciences et l'organisation politique : l'organisation politique doit favoriser les sciences qui en retour amélioreront l'organisation politique...etc. Il est évident que Bacon ne met pas sur le même plan la science et la politique ; même s'il accorde une place importante à celle-là, elle ne peut rivaliser avec celle-ci. D'ailleurs Bacon pour bien marquer l'importance qu'il confère à la politique réintroduit des notions qu'il avait fermement condamnées dans le champ de la connaissance de la nature. Il reprend la notion aristotélicienne de causes finales pour montrer que la société des hommes a légitimement des objectifs, ce qui n'est pas le cas de la nature, et que ceux-ci sont les plus élevés. Ainsi dans la société tout doit être orienté vers l'homme. Il y a ici manifestement un signe de volontarisme mais aussi une hiérarchie transparente entre les choses de la nature et les choses humaines. Nous retrouvons ici l'idée énoncée plus haut selon laquelle la soumission à la nature n'est que le moyen de sa domination. L'homme cherche, ou devrait chercher à faire, ce qu'il y a de mieux pour lui, et l'une des meilleures choses qu'il puisse faire est de fonder la meilleure société possible, la meilleure des républiques, dont l'architecture est l'objet de la Nouvelle Atlantide. Nous ne serons pas surpris de lire que son objectif premier est le bonheur des hommes comme c'était le cas dans l'*Utopie* de Thomas More ou dans la *Cité du Soleil* de Tommaso Campanella, son contemporain. Mais c'est aussi une république de la connaissance, une république des sciences. Et ici la connaissance n'est pas une fin en soi, elle est le moyen du bonheur. Il n'y a plus aucune réticence vis-à-vis du progrès scientifique et technique.

La nouvelle Atlantide est une société savante tournée vers l'innovation au service de l'homme. Sur ce point les hommes de la Nouvelle Atlantide ne sont pas dépourvus puisque non seulement ils connaissent leurs fins mais possèdent aussi les moyens de les atteindre : le *Novum Organum*. Nous ne développerons pas ici le cheminement, complexe, que Bacon, très prudent, imagine pour aller de la société très imparfaite qu'il a sous les yeux vers la cité idéale de la Nouvelle Atlantide, mais nous soulignerons un élément qui peut surprendre chez quelqu'un qui imagine une société idéale fondée sur la science : Bacon est foncièrement, voire brutalement impérialiste. Cette position va fortement influencer les écrits des économistes mercantilistes du 17^e siècle. Bacon considère son impérialisme comme un devoir pour une nation évoluée et en particulier pour l'Angleterre. En fait, il élargit la domination de l'homme sur la nature par les moyens que nous avons vus à la domination des nations les plus ambitieuses sur le monde. Bacon s'inscrit dans tous les domaines dans une logique d'expansion : expansion du savoir, expansion de la puissance politique, expansion de la puissance économique. Partant de ce constat, il est évident que Bacon ne pouvait que se sentir en phase avec les hommes ou les catégories sociales qui étaient porteurs du même idéal que lui. La classe sociale qui porte son projet est clairement identifiée, c'est la bourgeoisie commerciale. Comme l'écrit Richard H. Cox : le message impérialiste de Bacon « *était moins adressé aux rois, aux grands et aux clercs qu'aux marchands* » (1994, p. 409). Max Horkheimer et Theodor W. Adorno (1974) définissent Bacon comme l'un des premiers penseurs modernes à avoir bien compris le lien entre le pouvoir et le savoir : « *Malgré son ignorance des mathématiques, Bacon a bien saisi les tendances qui allaient être celles de la science après lui. L'heureuse union qu'il projette entre l'entendement humain et la nature des choses a un caractère patriarcal : l'entendement qui triomphe de la superstition, doit dominer la nature démythifiée. Le savoir, qui est un pouvoir, ne connaît de limites ni dans l'esclavage auquel la créature est réduite, ni dans la complaisance à l'égard des maîtres de ce monde. De même qu'il sert tous les objectifs de l'économie bourgeoise à l'usine et sur le champ de bataille, il est aux ordres de ceux qui entreprennent quelque chose, quelles que soient leurs*

origines. Les rois ne disposent pas plus directement de la technique que les marchands : elle est aussi démocratique que le système économique avec lequel elle se développe. La technique est l'essence même de ce savoir ». L'ensemble de la pensée de Francis Bacon forme un système bien articulé et cohérent. Il n'y a pas un Bacon épistémologue, un Bacon philosophe politique, un Bacon économiste... mais un penseur qui interroge la société de son temps, porte un jugement sur elle, voit ses forces et ses faiblesses et s'engage dans une révolution des modes penser et d'agir avec un seul but : l'émergence d'une société nouvelle fondée sur la connaissance vraie et donc la science baconienne. Et cette science est une et universelle même si les champs de recherche restent pluriels⁴⁹.

Pour conclure sur cet auteur il nous faut insister sur son influence théorique et pratique. Nous l'avons dit Bacon défend une vision mécaniste de la nature, et celle-ci bien que moins élaborée que celle de Galilée ou Descartes va influencer lourdement les penseurs britanniques qui lui succéderont. Sur le plan de la pratique scientifique, Bacon va ancrer solidement l'expérimentalisme dans la science anglaise. De plus la « Maison de Salomon » qui est l'institution la plus importante de la Nouvelle Atlantide servira de modèle pour la création des maisons de savants qui porteront la nouvelle science en Angleterre pendant très longtemps⁵⁰.

4. Hobbes et le mécanisme universel

La physique mécaniste impulsée par Galilée va étendre rapidement son influence et va s'installer comme le paradigme de la science de la nature et au delà transformer la manière de concevoir l'homme et la société. Thomas Hobbes (1588 – 1679), le contemporain de Galilée, à qui il rendra visite en Italie, et de Descartes, traduit parfaitement cette colonisation de l'ensemble de la philosophie par la conception mécaniste du monde. Dans la lignée de Francis Bacon, il personnifie remarquablement le phénomène d'extension de l'approche mécaniste à tous les pans du savoir rationnel. Les hypothèses défendues par Hobbes sont relativement simples : les lois qui régissent les comportements individuels mais aussi les comportements sociaux sont des lois causales mécanistes. Ainsi les phénomènes sociaux peuvent s'expliquer comme s'expliquent les phénomènes naturels. Hobbes va utiliser ce schéma dans sa philosophie politique qui est devenue à travers *Le Citoyen* et surtout le *Léviathan* l'un des moments structurants de cette discipline. Avec Hobbes, le monde social est plus que mis en parallèle avec le monde naturel, il est naturel : « *La chose politique est donc homogène au monde matériel ; et entre la physique, la psychologie et la théorie de la sociabilité humaine existe une continuité parfaite* » (Yakira, 1994, p. 51). L'hypothèse d'homogénéité du monde social et du monde matériel a des conséquences évidentes sur le plan épistémologique. Dans les deux champs la pensée rationnelle aura pour tâche de connaître les causes qui sont à l'origine des phénomènes. Hobbes transpose littéralement l'approche mécanique que nous avons observée chez Galilée et Descartes. Thomas Hobbes définit, dans le *De Corpore*, la philosophie comme étant « *une connaissance des effets ou des phénomènes, que nous acquérons par ratiocination vraie du savoir que nous avons au préalable de leurs causes ou génération. Et inversement, de telles causes ou générations (peuvent être déduites) de la connaissance préalable de leurs effets* ». Il précise dans un chapitre ultérieur que « *l'objet de la philosophie, ou la matière dont elle s'occupe, est chaque corps duquel on peut concevoir une génération quelconque, et qui peut, par considération de celle-ci, être comparé à d'autres corps, ou qui est susceptible de composition ou de résolution. Autrement dit, de la génération ou résolution de chaque corps nous pouvons savoir quelque chose. Et ceci peut être déduit de*

⁴⁹ Bacon parle de *Una Scientia Universalis* dans le « de Augmentis Scientiarum ».

⁵⁰ L'exemple le plus pertinent est celui de la *Royal Society* de Londres fondée une vingtaine d'années après la mort de Bacon.

la définition de la philosophie, dont l'objectif est de rechercher les propriétés des corps par leur génération, et leur génération par leurs propriétés » (Hobbes, *De Corpore*, chap 1.2 et 1.8 traduit par Yakira). La philosophie, comme toutes les autres disciplines intellectuelles, est une science des causes. Et il est clair que comme chez Descartes la cause doit être entendue uniquement comme cause efficiente ou comme cause mécanique-productrice.

La physique de Hobbes est dans l'ensemble peu originale par rapport aux enseignements de Galilée et de Descartes ; les notions de corps, d'étendue, d'espace sont classiques, on y trouve aussi une définition du principe d'inertie : « *Tout ce qui est en repos, à moins qu'il n'y ait à côté de lui un corps qui, faisant effort pour aller à sa place, ne souffre pas qu'il reste au repos. De la même manière, tout ce qui est en mouvement, à moins que quelque autre corps ne le force à s'arrêter* » (Bréhier, 1983, t II, p. 131). Cependant il faut mettre en évidence une notion importante de la physique de Hobbes, à la fois pour ce qu'elle est mais aussi en tant que notion qui vaut autant dans le champ de la matière que pour la société des hommes. Cette notion est celle de conatus⁵¹ ou effort que Hobbes définit comme « *le mouvement qui a lieu à travers la longueur d'un point et en un instant ou point du temps* » (ibid). Emile Bréhier nous fait remarquer que Hobbes a certainement employé la notion de conatus dans un premier temps pour décrire les mouvements de l'être vivant : « *Ce mouvement, en quoi consistent plaisir et peine est une sollicitation ou provocation pour se rapprocher de ce qui plaît ou se retirer de ce qui déplaît ; et cette sollicitation est l'effort (endeavour, conatus) ou commencement interne du mouvement animal* » (1640, p. 28, cité par Bréhier, 1983, II, p. 131). La notion de conatus nous montre l'importance du mouvement dans tous les champs disciplinaires pour Hobbes (il l'utilise dans de nombreux cas) mais aussi que la migration conceptuelle peut jouer dans les deux sens, ce qui confirme la thèse Hobbes : l'objet de la science est un.

Le *De Cive* (1642) et le *Léviathan* (1650) sont l'illustration du projet hobbesien de constituer une science politique sur le modèle de la science naturelle mécaniste. Ils sont une réflexion sur la meilleure forme de gouvernement et donc sur la constitution et la régulation de la société. Fidèle à la démarche causale, Hobbes essaie de nous faire comprendre ce qu'est l'Etat à partir des causes qui sont à son origine. L'Etat est ainsi le résultat d'un processus, d'une histoire. Pour reprendre le terme utilisé dans le *De Corpore*, pour connaître l'Etat, il faut connaître sa génération. C'est donc en partant de ce qui se situe en amont de l'Etat que Hobbes va progressivement nous dire ce qu'est la meilleure forme de gouvernement. Bien que la démarche soit claire, on ne peut qu'être saisi par un certain doute lorsque l'on constate que la conclusion de toute la réflexion de Hobbes, la forme d'Etat qui ressort comme la plus adéquate, est en accord parfait avec les conceptions politiques que Hobbes a défendues depuis toujours. Le but de Hobbes n'est pas évident puisqu'il consiste à associer deux idées qui ne sont pas compatibles immédiatement : le pouvoir fort, voire absolutiste et le pacte social. La démonstration de Hobbes est bien connue mais nous allons en rappeler les grands axes pour bien mettre en évidence sa démarche causale ou génétique. Dans un premier temps Hobbes démontre la nécessité du pacte social. Le premier élément de la démonstration renvoie à la nature de l'homme. Sur ce point Hobbes condamne la thèse défendue par Aristote selon laquelle l'homme serait un animal social, c'est-à-dire ayant une disposition naturelle à vivre en société. L'homme hobbesien est radicalement égoïste, « *l'homme est un loup pour*

⁵¹ De son côté, Frédéric Lordon (2006) associe le *Conatus* aux travaux de Spinoza. Le conatus serait le ressort principal de l'agir humain, il se définirait comme « *le mouvement vital de l'être cherchant à persévérer dans son être* ». Selon Lordon, cette conception *conatus* déboucherait sur une philosophie de l'existence humaine comme activité.

*l'homme*⁵² ». L'homme n'est pas sociable naturellement et voit son comportement guidé par un instinct de conservation. Si l'homme exerce totalement sa liberté c'est-à-dire le droit d'agir sans limite dans le sens de son instinct de conservation, il est évident qu'il va se heurter aux autres hommes qui possèdent ce même droit, ce qui va entraîner « la guerre de tous contre tous ». Mais l'homme étant doté de raison il comprendra que cette situation lui sera préjudiciable ainsi qu'aux autres hommes. La raison guidant l'instinct de conservation fait donc comprendre que la paix est la situation préférable et qu'il faut, si on la recherche, limiter le droit de chacun sur toute chose. En conséquence les hommes raisonnables qui répondent à leur instinct de conservation vont établir entre eux des contrats qui limitent leurs droits mais garantissent mieux leur survie. L'engagement de respecter les contrats est le pacte et il est fondamentalement le produit de l'instinct de conservation guidé par la raison. Se pose alors la question de la pérennité du pacte ou du respect des contrats. Hobbes nous répond que dans l'état de nature, même si les hommes ont intérêt à respecter le contrat, rien ne les y oblige. L'existence du pacte impose donc un autre élément qui est la crainte de châtiments si on ne le respecte pas. La crainte vient comme une sorte de contre-pied à la tendance à exercer son droit sur tout. Il faut remarquer qu'ici, c'est la raison qui joue un rôle crucial. L'homme n'ayant pas dans le schéma de Hobbes l'instinct de sociabilité, c'est la raison seule qui peut l'amener à vivre pacifiquement avec ses semblables. La raison joue donc un rôle clé dans la constitution et dans la forme de l'organisation politique. De l'instinct de conservation et de la raison sort la nécessité du pacte social. Quelle doit être sa forme ? Nous savons que les réponses sont multiples ; le pacte peut s'inscrire dans un continuum qui va de la démocratie la plus poussée à l'absolutisme. Hobbes défend ardemment cette dernière forme argumentant que le pacte volontaire est trop instable et trop précaire. La crainte doit s'incarner dans une volonté unique, qu'elle soit d'ailleurs un homme ou une assemblée : « *Or, cela ne peut se faire, si chaque particulier ne soumet sa volonté à celle d'un certain autre ou d'une certaine assemblée dont l'avis sur les choses qui concernent la paix générale soit absolument suivi et tenu pour celui de tous ceux qui composent le corps de la république* ». Il faut bien remarquer que chez Hobbes le pacte social aboutit à un abandon de leurs droits par les citoyens. La conservation se paie au prix d'un ample renoncement à la liberté. Le souverain est omnipotent dans le sens où il n'est pas soumis aux lois qui s'appliquent au peuple et ne peut être démis.

La forme de cité que Hobbes appelle de ses vœux ressemble à une machinerie où les forces multiples et potentiellement destructurantes sont contenues par un mécanisme de régulation dont le rôle est joué par le souverain tout puissant. Hobbes prend soin de nous livrer une explication de l'origine de ces forces qui ne sont autres que naturelles.

B. Les questions économiques

Si l'idée du juste prix occupe une place importante dans les débats (De Roover [1958] y voit là une formulation précoce du prix de marché), de nombreux objets économiques (monnaie, usure, intérêt, balance...) vont initier réflexions et analyses tout au long du 16^e siècle.

1. La question monétaire

Nous l'avons vu dans le premier chapitre, la monnaie est avec la légitimité du commerce et l'usure, l'une des grandes questions débattues par les penseurs de la deuxième moitié du Moyen Age. Elle va rester au centre des débats au 16^e siècle. Nous verrons que Copernic lui-même proposera un texte qui associe une analyse assez subtile et des propositions pour régler

⁵² Cette idée n'est pas partagée par Spinoza. Le *conatus* n'est pas le propre de l'homme, mais de chaque chose. Comme le rappelle Lordon (2006), « *l'homme n'est ni bon, ni méchant, il est dynamisme et élan vital. L'homme n'est ni un loup, ni un animal social. Il peut être, suivant les situations historiques, l'un ou l'autre* ».

les problèmes monétaires. Mais il faudra attendre Jean Bodin pour qu'il y ait une véritable innovation sur la théorie monétaire même si on a fait un peu trop rapidement de ce philosophe politique brillant le concepteur de la théorie quantitative de la monnaie. Chez Copernic et encore plus chez Bodin la question de la monnaie est perçue à travers une grille mécaniste, relativement simple chez le premier, plus complexe chez le second.

a. Nicolas Copernic et la monnaie

En 1517, Nicolas Copernic commence à écrire son œuvre principale *De Revolutionibus Orbium Coelestium*⁵³. Quelques années plus tard, sur l'invitation du roi de Pologne, Sigismond 1^{er} et du chancelier Szydlowiecki, il rédige un texte économique sur la question de la monnaie intitulé *Traité sur la monnaie*⁵⁴ (1526). Même s'il serait abusif de voir dans ce texte une transposition de sa démarche de physicien dans le champ de l'économie, il est indiscutable que Copernic nous livre ici une analyse claire, précise et complètement dépouillée de toute référence à des considérations de théologie morale de l'une des questions économiques et politiques majeures de son temps. En effet pour Copernic, si la monnaie pose problème c'est la situation de l'Etat qui peut être mise en péril⁵⁵. Il met d'ailleurs en évidence ce qui lui semble être les quatre fléaux les plus graves, ceux qui peuvent amener la décadence des royaumes : la discorde, la mortalité, la stérilité de la terre et la détérioration de la monnaie.

Ce qui frappe dans le texte de Copernic, c'est la rigueur, pour ne pas dire la froideur comptable ou mathématique, avec laquelle il expose les problèmes liés à la dégradation de la monnaie, et comment il propose un ensemble de solutions visant à faire face au problème. Copernic aborde les questions de la fonction de la monnaie et de la valeur d'une monnaie sous un angle technique et sous un angle économique, le problème de la coexistence de bonnes et de mauvaises monnaies, les conséquences de l'altération métallique sur le niveau des prix... L'apport de Copernic à la question de la valeur d'une monnaie apparaît comme significatif puisque non seulement il nous explique ce qui détermine la valeur d'une monnaie mais aussi que l'on doit bien distinguer entre sa « valeur réelle » ou « valeur intrinsèque » et sa « valeur nominale » (1526, [1864, p. 6]) tout en nous livrant la clé de passage de l'une à l'autre⁵⁶. Copernic nous fait également un exposé particulièrement précis des conséquences de la présence dans un même espace économique d'une bonne monnaie et d'une mauvaise. Cet exposé apporte tous les éléments de ce qui passera à la postérité sous le nom de loi de Gresham du nom d'un auteur mercantiliste anglais qui écrit sur la question de la monnaie et du change en 1558⁵⁷. Copernic conclut son texte par un ensemble de recommandations visant à restaurer la valeur de la monnaie. La sixième recommandation - « on évitera une trop grande multiplication de numéraire » (1526, [1864, p. 8]), sous-entendu, on ne veut pas connaître une hausse des prix des marchandises⁵⁸, anticipe la théorie monétaire de Jean Bodin.

Ainsi, même si l'on ne peut pas dire que le traité sur la monnaie de Copernic soit une transposition de sa physique dans le domaine des phénomènes sociaux, il n'est pas absurde d'avancer que nous retrouvons le même souci de rigueur dans les deux domaines, la même

⁵³ *De la révolution des sphères célestes*, publié en 1543.

⁵⁴ Copernic se fait ici le défenseur des thèses de Nicolas Oresme.

⁵⁵ La question se posait déjà ainsi pour les nominalistes parisiens ; elle se reposera dans les mêmes termes chez de nombreux auteurs postérieurs à Copernic.

⁵⁶ Sur ce deuxième point Copernic reprend une thèse développée par la scolastique.

⁵⁷ Thomas Gresham, *Information touching the fall of exchange*, 1558. Cette loi apparaît déjà dans les travaux monétaires de Nicolas Oresme.

⁵⁸ Là encore il est possible de trouver chez des auteurs antérieurs à Copernic, des penseurs arabes ou les nominalistes parisiens, des développements qui font penser à une esquisse de théorie quantitative de la monnaie.

volonté de se mettre dans une posture de scientifique moderne débarrassée autant que faire se peut de toute ingérence du religieux dans l'analyse.

b. Bodin et l'influence de la quantité de métal précieux sur les prix

Dans l'œuvre de Jean Bodin, le traitement des questions d'économie politique renvoie au sixième livre de la République. Il s'agit de savoir « *ce qui est commun à la République, et qui gît en mesnagerie des finances, du domaine des rentes et des revenus, tailles et impôts, monnoyes et autres charges pour l'entretien de la République* » (1576, L VI, p. 581). L'étude des finances d'une République pose le délicat problème de l'estimation et de la déclaration des biens de chacun. Bodin applique à l'économie politique, la méthode de l'histoire comparée pour rechercher le prix des choses et des services.

L'estimation des richesses et des biens est liée au dénombrement du peuple et à l'établissement de registres. Or certains n'hésitent pas à cacher ces informations : « *Il n'est pas bon qu'on sache le train, le trafic, la négociation des marchands qui gît bien souvent en papiers et en crédits, il n'est pas bon aussi qu'on esuente le secret des maisons et des familles, il n'y a que les trompeurs, les pipeurs et ceux qui abusent les autres, qui ne veulent pas qu'on découvre leur jeu, qu'on entende leurs actions, qu'on sache leur vie, mais les gens de bien, qui ne craignent point de la lumière, prendront toujours plaisir que l'on connaisse leur état, leur qualité, leur bien, leur façon de vivre* » (1576, L VI, p. 587). Bodin interrogera d'abord les coutumes, telles qu'elles apparaissent au détour de l'histoire. Les censeurs romains avaient reçu la charge de dénombrer les biens et les personnes, d'être surintendant des finances, de lever les impôts et les péages, de réformer les abus, d'instituer et de destituer les sénateurs... La charge était lourde, cependant, au vu de la grandeur de l'Empire, deux censeurs suffisaient. La Censure est ainsi nécessaire, sans elle, « *les mœurs du peuple se gâtent, la République devient malade, comme un corps qui délaisse les purgations ordinaires* » (1576, L VI, p. 589).

Bodin précise que les finances sont les nerfs de la République. Cette dernière introduit trois idées phares : des moyens honnêtes pour lever les fonds ; les employer au profit de la République ; en épargner au besoin une partie.

- Il existerait sept moyens de lever des fonds. (1) Le premier relève du domaine de la République. Romulus divisa ainsi son territoire en trois parties : assignant un tiers pour l'église, l'autre tiers pour le domaine de la République et le surplus fût divisé entre les particuliers, près de 3 millions de citoyens. (2) Le second s'appuie sur la conquête. Les trésors de guerre sont ainsi portés à l'épargne du pays conquérant. L'histoire de Rome en est une excellente illustration (victoires sur les Samnites, les Gaulois, les Grecs, les Macédoniens...), les romains ne se contentaient pas de lever des fonds sur le pays conquis, ils le condamnaient également à lui remettre une partie de ses terres. Après avoir conquis l'Angleterre, Guillaume le Conquérant déclara que tout le pays en général et les héritages de chacun en particulier, lui étaient acquis et confisqués par droits de guerre. (3) Le troisième introduit les dons soit par legs testamentaires ou par donation entre vivants. Ainsi, En Ethiopie, les gouverneurs des cinquante gouvernements avaient l'habitude d'apporter au Grand Negus Roi d'Ethiopie, les dons en grain, vin, bétail artifices, or et argent, sans autre commission. Le quatrième moyen d'entretenir les finances consiste en pensions ou tributs des alliés, « *qui sont payés en temps de paix aussi bien qu'en temps de guerre pour la protection et la défense contre les ennemis ou pour en tirer conseil, confort et aide au besoin, selon la teneur des traités* » (1576, L VI, p. 606). Le cinquième moyen de fonder les finances réside dans le 'trafic' que le Prince ou la Seigneurie exerce par ses facteurs. Bodin rappelle ainsi qu'il était défendu aux sénateurs romains « *d'avoir aucun vaisseau de mer, qui tint plus de*

quarante muids » (1576, L VI, p. 608). Le sixième moyen repose sur les marchands qui apportent ou emportent des marchandises, « *c'est l'un des plus anciens et usités en toute République, et fondé sur l'équité, car c'est bien la raison que celui qui veut gagner sur les sujets d'autrui paie quelque droit au Prince ou au public* » (1576, L VI, p. 609). Le roi de Turquie prenait ainsi dix pour cent sur tous les marchands étrangers sortant d'Alexandrie et cinq pour cent sur ses sujets. Bodin rappelle que le roi François 1^{er} accorda certains privilèges aux marchands afin qu'ils apportassent leurs denrées et leurs deniers en France plutôt qu'en Espagne. Les Traités de commerce sont des remparts à l'imposition des Princes, cependant ils sont peu nombreux et peu suivis d'actes. En Angleterre, les marchands français payaient ainsi un écu pour chaque tonneau de vin arrivant au port, sans égard aux traités de commerce conclus. Sous certaines conditions, Bodin considère que le commerce peut enrichir un pays, remplir ses caisses et améliorer le bien être de ses habitants : « *Quant aux matières qu'on apporte des pays étrangers, il est besoin de rabaisser l'impôt, et de le hausser pour les ouvrages de main, et ne permettre qu'il en soit apporté de pays étranger, n'y souffrir qu'on emporte du pays les denrées crues, comme le fer, cuivre, acier, laines, fil, soie crue et autres matières semblables : à fin que le sujet gagne le profit de l'ouvrage, et le Prince l'imposition foraine* » (1576, L VI, p. 611). (7) Le septième moyen passe par l'imposition des sujets. Bodin considère qu'il ne faut utiliser ce moyen qu'en dernier recours, une fois que les six autres ne permettent plus d'alimenter les finances. De nombreux rois (Philippe de Valois⁵⁹) déclarèrent qu'ils ne lèveraient aucun impôt sans le consentement du peuple. Lors des périodes de guerres, ils eurent même recours à l'emprunt pour les financer. L'impôt lorsqu'il était levé, pouvait prendre trois formes : les uns extraordinaires (les subsides sur les villes franches et personnes privilégiées, les décimes, les dons caritatifs et gratuits étaient levés par commission), les autres ordinaires (la taille, la gabelle) et les derniers occasionnels (Bodin précise que l'impôt extraordinaire doit être tel que chacun en porte sa part, comme l'impôt du sel et du vin).

Il existe néanmoins certains impôts qui sont à « l'honneur de Dieu » et au profit de la République, il s'agit notamment des taxes qui viennent grever des produits tels que les friandises, les parfums, les draps d'or et d'argent, la soie, l'émail, les vêtements superflus et de couleur écarlate... car « *le naturel des hommes est tel qu'ils ne trouvent rien plus doux ni plus beau, que ce qui leur est étroitement défendu, et plus les superfluités sont prohibées, plus elles sont désirées* » (1576, L VI, p. 618).

Bodin reviendra également sur une pratique de plus courante, l'usure. Il note ainsi que les Princes, Les Seigneurs et la République empruntent de plus en plus, les taux peuvent aller de cinq pour cent à quatorze pour cent (le roi Henry empruntant à 10, puis 12 et 16%). La Maison Saint Georges de Gênes prête à 5% et baille l'argent à un taux plus élevé, c'est la seule qui s'enrichit. Les Princes se seraient même fait une concurrence acharnée pour attirer les capitaux étrangers, concurrence qui pour certains fût synonyme de dettes : « *le Cardinal de Tournon lorsqu'il avait le crédit envers le Roy François 1^{er} auquel il fit entendre, à la suscitation de certains italiens, qu'il n'y aurait moyen d'attirer en France les finances de tous côtés et faire fonds à l'avenir, pour en frustrer les ennemis, que d'établir la Banque de Lyon, et prendre l'argent d'un chacun, en payant l'intérêt à huit pour cent : mais en fait, le Cardinal voulait assurer cent mille écus qu'il avait en les coffres, et en tirer tout l'intérêt qu'il pourrait : les lettres patentes décernées, et l'ouverture de la banque ainsi faite comme j'ai dit, chacun y venait à l'envi, de France, d'Allemagne et d'Italie, en sorte que le Roy François 1^{er}, quand il mourut, se trouva endetté à la Banque de Lyon de cinq cent mille écus* » (1576, L VI, p. 622). Le roi d'Angleterre n'hésita pas à emprunter à des marchands

⁵⁹ Philippe de Valois déclara par Lettre Patentes (1328) qu'il ne voulait et qu'il n'entendait que le droit de gabelle, qui était alors de quatre deniers par livre.

allemands cent mille écus au taux de 12%, alors qu'il pensait attirer les capitaux étrangers, il commença à perdre son crédit car les plus avisés jugèrent qu'il ne pourrait pas payer un tel taux. Ces diverses expériences (tarissement des sources d'argent dans le Royaume, l'empereur Charles V et son successeur étaient redevables de plus de 50 millions d'écus pour avoir emprunté à intérêt, les domaines de Naples et de Milan furent ainsi gagés aux genevois) ont amené les Rois et les Princes à quitter l'intérêt ou à bannir de leur Royaume tous les banquiers et les marchands, en confisquant leurs biens pour couvrir leurs dettes (Louis IX, Philippe Le Bel, Philippe de Valois).

- Le second point concerne le bon emploi des finances de la République. Ce surplus concerne généralement les dépenses des finances (en particulier les aumônes), puis la maison du roi, et enfin les réparations (notamment lors des campagnes de guerres). Bodin note que les Princes et Seigneurs se sont entourés de Commissaires, de contrôleurs et de greffiers (Charles le Sage, Roi de France, nomma un greffier du conseil privé, le premier fût Pierre Barrier) pour enregistrer les affaires (dons, offices, bénéfices et exemptions) de l'Etat.

- Le dernier point concerne l'épargne des fonds, autrement dit « *la retenue qu'on en doit faire pour la nécessité, afin qu'on ne soit pas contraint de commencer la guerre par emprunts et subsides* » (1576, L VI, p. 631). Certaines grandes puissances n'ont pas hésité à mettre le trésor de l'épargne au temple, comme les Grecs (temps d'Apollon Delphique), les Romains (temple de Saturne) ou les rois de Maroc (Grand temple du Maroc). Le pape Jean XXII avait ainsi amassé un trésor évalué à vingt trois millions d'or. Cependant cet amas d'or et d'argent suscitait l'envi et donnait l'occasion aux ennemis d'envahir le pays (les égyptiens craignaient ainsi qu'on leur fasse la guerre pour mettre la main sur leur finance).

Dans le chapitre III, Bodin revient sur les moyens d'empêcher l'altération et la falsification des monnaies. La vie de la République en dépend : « *Il me semble que ce point ici mérite d'être bien entendu par celui qui veut établir sagement une République ou réformer les abus, d'autant qu'il n'y a rien qui plus travaille le pauvre peuple que de falsifier les monnaies ou varier le cours... Car si la monnaie qui doit régler le prix de toutes les choses, est muable et incertaine, il n'y a personne qui puisse faire état du vrai de ce qu'il a : les contrats seront incertains, les charges, taxes, gages, pensions, rentes, intérêts et vacations incertaines : les peines pécuniaires et amendes limitées par les coutumes et ordonnances seront aussi muables et incertaines : bref tout l'état des finances et de plusieurs affaires publiques et particulières sera en suspens* » (1579, L VI, p. 636). Bodin considère qu'il y a plus à craindre de la falsification des monnaies par les Princes. Ceux-ci sont en effet les garants de la justice à l'égard de leurs sujets mais également des étrangers (commerce). C'est ainsi que Philippe Le Bel fût qualifié par le poète Dante de « *falsificatore de moneta* » pour avoir le premier affaibli la monnaie de son royaume. Il fallut une intervention du Pape Innocent III pour ces pratiques soient réprimées. Bodin précise qu'une telle condamnation est sans effet tant que le poids des monnaies et les lois sont fixés par les Princes. Par ailleurs, les faux monnayeurs jouent sur le mélange des métaux pour altérer la valeur des monnaies. Pour résoudre ce problème, il faudrait ordonner dans toute la République que les monnaies soient constituées de métaux simples. Il suffirait ainsi d'interdire de mêler l'or à l'argent, le cuivre au plomb et à l'étain sous peine de confiscation des biens (comme le fit Tacite, Empereur de Rome). Les monnaies seraient forgées à même poids et on pourrait respecter la parité de douze pièces d'argent pour une pièce d'or (« *chacune des pièces d'argent pèsent le même poids que la pièce d'or de même marque* » 1597, L VI, p. 639). Selon Bodin, cette pratique suffirait pour qu'il n'y est ni hausse ni baisse des prix. Elle éviterait du même coup certains comportements spéculatifs. Les Princes ou ceux qui ont puissance auprès d'eux « *amassent et empruntent les monnaies fortes et puis les font hausser : de sorte qu'il s'en est trouvé un, lequel ayant emprunté jusque cent mille écus, fit hausser le prix de cinq soles tout à coup sur l'écu, et gagna vingt cinq*

mille francs. Un autre fit ravaller le cours des monnaies au mois de Mars, et le haussa au mois d'avril, après avoir reçu le quartier » (1579, L VI, p. 640). Même si la variation du prix des métaux (or, argent, cuivre) est chose courante, elle peut être compensée par la marque d'un poinçon, fixée par la loi.

Bodin note que la valeur de l'or et de l'argent dépend comme toute marchandise de son abondance ou sa rareté : « *On me dira que l'abondance d'argent peut aussi apporter la diminution de son prix* » 1579, L VI, p. 641). Afin d'éviter toute falsification ou altération des monnaies, Bodin proposera certaines réformes : la suppression de tous les officiers des monnaies, hormis ceux qui se trouvent dans l'un des villes pour forger toutes les monnaies ; l'abolition du droit de seigneurage et de brasse ; la mise en place d'une taille sur les sujets ; la forge des monnaies dans une seule ville dans laquelle résideront les juges des monnaies.

Si le sixième livre de la République comporte bien un chapitre entier (mais relativement court) sur les questions monétaires, l'histoire de la pensée économique a surtout retenu un autre écrit de Jean Bodin, sa *Réponse aux paradoxes de Monsieur de Malestroict touchant le fait des monnoyes et l'enchérissement de toutes choses* (1568). L'éditeur Jacques du Puys publiera en 1578 à Paris le *Discours de Jean Bodin sur le réhaussement et diminution des monnoyes et le moyen d'y remédier : et réponse aux paradoxes de Monsieur de Malestroict*. Ce texte occupe une place particulière dans les ouvrages relatant l'histoire de l'analyse de la question monétaire puisqu'elle a fait de Bodin le fondateur de la théorie quantitative de la monnaie. Ce qualificatif nous semble inadéquat mais cela ne doit pas nous inciter à oublier l'originalité de cet auteur pour ce qu'il apporte à l'analyse économique et pour sa méthode qui s'éloigne un peu plus de l'approche moraliste et conventionnaliste de la monnaie et se rapproche des critères de la démarche utilisée de plus en plus souvent dans la physique terrestre et céleste.

Bodin ne se satisfait pas de l'explication apportée par Jean de Malestroict à la hausse des prix qui préoccupe grandement les dirigeants comme les marchands, les artisans et les autres classes impliquées dans la vie économique. La crise des prix est à la fois intense et durable puisqu'elle est déjà perceptible au 15^e siècle, et qu'elle durera malgré les efforts pour la conjurer jusqu'au début du 17^e siècle. L'explication de Malestroict est à la fois vraie, insuffisante et peu originale pour l'époque. Nous l'avons déjà rencontrée plus haut : la hausse des prix est la conséquence de l'altération des monnaies qui était devenue à l'époque un exercice répandu dans de nombreux pays. L'enchérissement des prix des marchandises est donc le fruit de la réduction du contenu métallique des monnaies pour une valeur faciale constante. Malestroict en déduit que si l'on mesure les prix non plus à partir de la valeur faciale des monnaies mais en fonction de leur poids en métal précieux, il n'y a plus de hausse des prix. Bodin accepte cette explication mais seulement comme une explication parmi d'autres et certainement pas comme l'explication première. En fait Bodin avance que la hausse des prix est le fruit de cinq causes : premièrement l'augmentation de la masse des métaux précieux en provenance d'Amérique, deuxièmement la prédominance des monopoles, troisièmement les déprédations qui réduisent le flux des marchandises, quatrièmement les dépenses des rois et des princes et cinquièmement l'altération des monnaies. Il faut convenir que cette explication multiple est particulièrement riche pour l'époque puisqu'on y trouve une explication qui renvoie à la masse des métaux précieux, des explications mettant en avant des problèmes de fonctionnement du marché autant du côté l'offre que du côté de la demande et une explication qui renvoie aux pratiques frauduleuses des émetteurs de monnaies. Nous devons retenir que ces explications s'inscrivent toutes dans un schéma que l'on pourrait qualifier de mécaniste. La masse des métaux, la situation de monopole, la réduction du volume des transactions, la forte demande des princes pour certains biens et la réduction du poids des monnaies sont toutes des explications qui sont dans l'ordre du quantitatif même si

elles peuvent être associées à des jugements moraux : il est immoral de procéder à l'altération des monnaies, il n'est pas bien que les princes dépenses autant dans les biens de luxe...

Peut-on alors franchir le pas et dire, comme cela a été souvent le cas, que la thèse de Bodin (la première de ses cinq explications), est déjà une formulation de la théorie quantitative de la monnaie. La réponse est négative. L'interprétation erronée provient parfois d'une mauvaise compréhension du rôle des métaux précieux chez Bodin. En effet deux orientations sont possibles. Soit le métal précieux, l'or ou l'argent en l'occurrence, est considéré comme une marchandise comme les autres, soit le métal précieux est utilisé comme une monnaie. Bodin se situe dans la première optique alors que la théorie quantitative impose de se placer dans la seconde. Chez Bodin, on a l'idée que l'augmentation du volume de métal précieux aura pour conséquence une diminution de la valeur d'une unité de ce même métal de la même façon que l'augmentation du volume offert d'une marchandise quelconque a pour effet de réduire son prix. Bodin ne fait ici qu'appliquer à la monnaie ce qui vaut pour n'importe quelle marchandise ; dans ce schéma il est très difficile d'établir une relation précise, quantifiée entre la hausse du volume offert et la baisse de la valeur sauf à connaître la fonction de demande. En fait, la thèse de Bodin ne respecte pas les deux critères fondamentaux de la théorie quantitative de la monnaie. Le premier est l'existence d'un lien de causalité entre la monnaie et les prix, que la monnaie soit une monnaie métallique ou une monnaie de papier. Le second est celui d'une proportion entre la variation de la quantité de monnaie et la variation des prix. Sur le premier critère, nous venons de le voir, Bodin ne fait pas de distinction précise entre les métaux précieux en tant que marchandises et en tant que monnaie. Sur le deuxième critère, la question de la proportion n'est pas posée.

Donc, bien que plus subtile et efficace que celle de Malestroict, l'explication bodinienne de l'inflation par la hausse de la masse (quantité) de métaux précieux ne peut être tenue pour une première expression de la théorie quantitative. *« J'ai vérifié que plusieurs Comtés, Baronnies et grandes seigneuries ont été prisées et achetées il y a cent ou six vingt ans vingt fois moins qu'elles ne sont à présent, pour l'abondance d'or et d'argent qui est venue des terres neuves, comme il advint à Rome, quand Paul Emile apporta l'or et l'argent du Royaume de Macédoine, l'estimation des terres haussa d'un tiers d'un coup, et au temps que César fit venir à Rome les trésors et dépouilles d'Egypte, l'usure diminua soudain et le prix des terres haussa ; tout ainsi qu'il en vint aux espagnols après la conquête du Pérou, le total de vin coûtait en ce pays là trois cent ducats... et la cause était de l'abondance d'or et d'argent qui fût alors trouvé au Pérou et apporté en Espagne... Depuis l'or et l'argent étant communiqué à la France pour la nécessité des vivres et des marchandises qui vont sans cesse en Espagne, l'estimation de toute chose a haussé, et par conséquent les gages des officiers, la paye des soldats, la pension des capitaines, les journées et vacations de tout un chacun, et par même suite les fermes ont augmenté : celui qui avait cent livres de rente, maintenant en a mille des mêmes fruits qu'il recueillait : car le muid de blé de rente qu'on avait pour cent ou cent vingt livres tournois l'an M. D. XXII vaut presque autant en pur achat, ainsi que je l'ai remarqué par les registres de Châtelet de Paris ».* (1576, L VI, p. 615). Les véritables fondateurs de la théorie quantitative de la monnaie seront John Locke et David Hume qui écrivent respectivement un siècle et un siècle et demi après Bodin.

2. Le concept de balance commerciale et la controverse Malynes-Misselden-Mun

Le concept de balance du commerce, directement inspiré du monde de la mécanique, va devenir un concept clé de l'analyse économique au début du 17^e siècle en Angleterre quelques temps après que les travaux de Simon Stevin aient sensiblement fait progresser la mécanique statique. Les notions d'équilibre et de balance, notions clés de la mécanique, vont se retrouver

au cœur de l'analyse économique (rappelons que Stevin était un excellent financier et qu'il a introduit et popularisé la comptabilité en partie double dans les Flandres).

Mais revenons tout d'abord sur le contexte de l'époque. En 1620, l'Angleterre connaît une crise sans précédent. De nombreux personnages publics vont monter à la tribune afin de préciser les causes de la crise et proposer des solutions de sortie de crise. Les débats mettent plus particulièrement en avant trois protagonistes ayant tous de hautes responsabilités politiques et économiques et par conséquent une grande influence sur les décisions prises par le pouvoir royal en matière économique : Gérard de Malynes, Edward Misselden et Thomas Mun. La crise anglaise du début du 17^e siècle est à la fois une crise commerciale, monétaire et morale. Plus précisément, l'Angleterre connaît un déficit commercial et une rareté monétaire. Sur le plan commercial, il semble que l'Angleterre ait eu à faire face à une diminution de ses débouchés extérieurs. Les problèmes politiques sur le continent et le début de la guerre de Trente ans expliquent ces difficultés, mais il ne faut pas oublier les conséquences de la rivalité entre les diverses grandes compagnies commerciales britanniques (Gould, 1955). Par exemple, l'un des représentants de l'Eastland Company va réussir à déstabiliser ses concurrents, les Merchants Adventurers, jusqu'alors en position de force sur le marché du drap en faisant voter une loi interdisant d'exporter des étoffes non teintées (l'objectif étant aussi de fragiliser l'industrie textile de transformation des hollandais). Les conséquences de cette loi sont catastrophiques puisque les hollandais refusent d'importer le drap travaillé anglais qui de plus n'est pas d'une grande qualité de finition. Toute la filière du drap se retrouve en situation difficile : ralentissement de l'activité, disparition d'entreprises, chômage... Le constat réalisé par les magistrats du Gloucester est sans nuance : « *Le peuple commence à voler, et beaucoup meurent de faim ; toutes les branches d'industrie sont en décadence* »⁶⁰.

Sur le plan monétaire, une pénurie relative de métaux précieux succède aux arrivées massives du 16^e siècle. Le phénomène incite les gouvernants à modifier le rapport entre la valeur officielle de la monnaie et son contenu métallique. Deux méthodes sont mises en œuvre : la première consiste à réduire le poids de métal dans une pièce qui conserve sa même valeur faciale, c'est l'avilissement (ou *debasement* en anglais, Desmedt, 1998, p. 2), la seconde appelée rehaussement (*enhancement*) consiste à conserver les caractéristiques physiques de l'espèce mais à augmenter sa valeur faciale. Les manipulations monétaires se font dans un premier temps aux dépens de l'or (et donc en faveur de l'argent) puis aux détriments de l'argent. La conséquence en est une fuite de l'argent vers les pays étrangers où le rapport entre l'or et l'argent est plus favorable au second métal. Les espèces en argent, c'est-à-dire celles qui sont les plus utilisées dans les échanges intérieurs, deviennent rares ce qui ralentit l'activité économique. Le problème devient suffisamment préoccupant pour que les autorités sollicitent l'avis des experts sur l'affaiblissement du commerce. Le problème est posé de la manière suivante : existe-t-il un lien de causalité entre les problèmes commerciaux et les problèmes monétaires et si oui dans quel sens se fait la causalité ?

La première thèse défendue au Conseil Privé du Roi est celle de Gérard de Malynes. Ce personnage influent auprès des autorités politiques est aussi impliqué dans les activités commerciales anglaises, il écrira par ailleurs un ouvrage qui servira de guide aux marchands pendant presque un siècle la *Lex Mercatoria*. Malynes est un bon connaisseur du domaine commercial mais son domaine de prédilection est celui du change entre les monnaies, et pour lui la cause de la dégradation de la situation économique est à rechercher de ce côté⁶¹. Pour

⁶⁰ Lettre des magistrats du Gloucester, citée par Shaw en 1896 et reprise par Ludovic Desmedt (1998).

⁶¹ Voir aussi Ludovic Desmedt, « Monnaie, crédit et balance du commerce chez les premiers mercantilistes » CEMF-LATEC, document de travail, Université de Bourgogne.

Malynes la monnaie joue un rôle central dans l'activité économique, les formes de la monnaie sont assimilées à des fonctions vitales, par exemple les métaux précieux sont comparés aux corps et au sang du roi, la monnaie permet au roi d'entrer en contact avec ses sujets, et le change est « *le mystère divin qui les relie* » (Malynes, 1623, cité par Desmedt, 1998, p.2). Pour Malynes, l'économie relie trois grandeurs : les marchandises, la monnaie et le change : « *Les biens représentent le corps du commerce, alors que la monnaie en constitue l'âme et le change, l'esprit* » (ibid, p. 4). Malynes, considérant que les thèses développées par Malestroict et Bodin sont insuffisantes, introduit un autre élément, ce sont les lettres de change qui gouvernent le cours des monnaies réelles. Ainsi la cause des problèmes monétaires est à rechercher du côté des marchés cambiaires qui jouent un rôle fondamental pour tout ce qui touche à la monnaie. Pour reprendre l'idée de Desmedt, la thèse de Malynes est conspirationniste. Les pratiques du change par lettre sont en cause : en effet les lettres de change circulent beaucoup entre Londres et Anvers puis au début du 17^{ème} entre Londres et Amsterdam. Par conséquent le marché des changes est fortement influencé par les périodes de règlement des achats quand les paiements affluent à Londres, Anvers ou Amsterdam. Les changes subissent d'amples variations saisonnières, d'ailleurs bien étudiées à l'époque. Ce qui préoccupe surtout Malynes c'est la relation entre les différents protagonistes : « Le preneur (taker) en change rédige une lettre de change, la vend à un bailleur (deliverer) ; après négociation sur le délai et le lieu de remboursement, ce dernier lui fournit une somme en espèces. Le bailleur reçoit donc en échange de la somme qu'il a déboursée un engagement de paiement à terme dans un autre lieu et dans une autre monnaie (c'est le payeur –ou tiré- qui remboursera le bénéficiaire, correspondant du bailleur). A Londres, les exportateurs anglais sont souvent preneurs ; car ils désirent obtenir immédiatement des fonds en échange des marchandises qu'ils ont expédiées. Les bailleurs sont principalement des marchands étrangers disposant de liquidité... Si les transactions cambiaires étaient effectuées au pair, il n'y aurait pas de gain. Celui-ci provient de l'écart stipulé entre le cours auquel le donneur « vend » ses espèces et celui auquel il négocie les devises qu'il obtient en remboursement. Pour Malynes, la nature de ce gain ne fait aucun doute : c'est un intérêt, ou plutôt de l'usure. Selon lui, les marchands-banquiers dissimulent des opérations usuraires sous le couvert de transactions de change. Le cours des lettres négociées par les banquiers, est soumis à leurs manipulations qui les écartent de leur parité et désorganisent l'ensemble du commerce anglais. Les bailleurs profitent de leur position et font payer des sommes parfois prohibitives aux preneurs. En fait, le bailleur n'est qu'un créancier et le preneur, incontestablement son débiteur. Entre le change et l'usure, « *la différence ne réside que dans l'appellation* ». Effectivement, *l'instauration d'un taux d'intérêt maximum pousse les marchands à dissimuler les opérations usuraires sous le couvert d'opérations de change* » (ibid, p. 5). Ainsi les pratiques des changeurs ressortent comme des moyens pour contourner les préceptes religieux qui interdisent le prêt avec intérêt. Les désordres monétaires et commerciaux que connaît l'Angleterre ne sont que les conséquences de la lutte menée par les marchands et banquiers contre l'influence encore vivace de la morale scolastique. Malynes semble reprendre à son compte au moins en partie les thèses héritées de la pensée aristotélicienne et thomisme. L'inclusion d'un taux d'intérêt, masqué derrière le change, conduit à éloigner le prix effectif du juste prix ; de plus la manipulation cambiaire transforme la fonction de la monnaie qui n'est plus seulement, comme cela devrait être, de faciliter les échanges, et enfin l'intérêt cambiaire a pour conséquence de déposséder l'autorité publique de son pouvoir de fixation de la valeur des monnaies. Le constat élaboré par Malynes est très négatif : les mauvaises pratiques cambiaires sont le chancre « Canker » qui mine le commerce. Celui-ci posé, Malynes fait des propositions pour améliorer la situation ; celles-ci reposent sur l'intervention de l'Etat. Les marchands étrangers ont obligation d'utiliser leurs bénéfices à l'achat de produits anglais pour éviter la sortie de numéraire. Malynes préconise également la publication de tables officielles

des cours de change et la vérification des caractéristiques des espèces (poids en métal précieux, pureté...). Enfin, Malynes se montre favorable à la réactivation de la charge de Royal Exchanger, l'officier public qui est chargé de délivrer les licences autorisant l'exportation des métaux précieux. Ainsi Malynes voit la cause des désordres économiques, et aussi leurs solutions, uniquement dans le domaine des opérations de change. Comme le fait remarquer justement Desmedt, « *il néglige pratiquement totalement les conditions générales du commerce entre l'Angleterre et ses partenaires commerciaux* » (ibid).

Edward Misselden va s'opposer fermement à la thèse de Malynes. Dans un premier texte intitulé *Free Trade, or the Means to Make Trade Flourish* (1622), il préconise l'organisation du commerce, c'est-à-dire la limitation du nombre des compagnies de commerce et sur le plan monétaire, la réévaluation du cours officiel de l'argent pour lutter contre la rareté monétaire. Mais c'est dans *The Circle of Commerce or the Ballance of Trade* (1623) que Misselden se distingue de ses prédécesseurs. Il ne croit pas à l'explication des difficultés économiques anglaises à partir des manipulations des changeurs. Prenant le contrepied de Malynes il va renverser la logique de l'explication de la crise en partant du commerce lui-même. Ce sont les mauvais résultats du commerce qui génèrent tous les autres maux, y compris la rareté monétaire. Dans son opposition à Malynes, Misselden démontre que les variations des cours du change sont plutôt une bonne chose et que l'écart entre le cours officiel et le cours réel se justifie par la rémunération du bailleur qui sans profit n'engagerait pas son argent dans ce type d'activité. Misselden s'insurge contre la thèse de Malynes qui avance que c'est la variation du niveau de la livre sur les marchés de changes qui détermine le niveau des prix en Angleterre : « *Car ce n'est pas le taux de change, qu'il soit élevé ou bas, qui fait le prix des biens cher ou bon marché, comme voudrait bien l'affirmer Malynes. Mais c'est l'abondance ou la rareté de biens, leur usage ou non usage qui les fait augmenter en prix* » (Desmedt, p. 8). Si Misselden en tire la conclusion que le pouvoir politique n'a pas à intervenir dans la détermination des taux de change, il avance aussi qu'il a tout intérêt à bien connaître l'état des relations commerciales entre le pays et l'étranger. Le pouvoir doit procéder comme le négociant particulier et définir la relation entre ce qu'il achète à l'étranger et ce qu'il lui vend. La balance du commerce est présentée comme « *le centre autour duquel gravitent les échanges* »⁶². Misselden préconise la mise en place d'un groupe d'experts chargés, chaque année, d'établir les comptes qui permettent de juger de la position de la balance. Il apparaît que pour la balance de 1621-1622, les importations ont été supérieures aux exportations. Cette situation d'under-ballance explique les difficultés anglaises ; la prospérité ne sera retrouvée que lorsque qu'il y aura « *over-balance* ». Alors l'excédent commercial entraînera un afflux de métaux précieux en provenance de l'étranger. Certes l'idée qu'il faut comparer les biens entrants et les biens sortants d'un pays et qu'un excédent commercial est positif n'est pas nouvelle⁶³, mais Misselden va donner à la notion de balance une opérationnalité plus grande. La balance devient un instrument d'analyse pour repérer l'origine des difficultés et un outil pour y remédier en repérant les secteurs déficitaires. Enfin et peut-être surtout, la balance ressort à l'époque comme le seul indicateur de la santé d'une économie.

La thèse de Misselden sera reprise et approfondie par Thomas Mun. Après avoir dans un premier temps défendu une position assez proche de celle de Malynes dans son *Discourse of Trade from England Into the East-Indies* » (1621), il s'en éloigne définitivement pour rejoindre la thèse de Misselden dans *Englands Treasure by Forraign Trade or The Ballance*

⁶² C'est sous Richard II que le concept de balance commerciale est utilisé pour la première fois par une instance officielle, une commission désignée par le parlement. L'idée centrale est qu'un pays s'appauvrit lorsque ses importations sont supérieures à ses exportations et inversement.

⁶³ L'idée est déjà présente dans un texte du milieu du 14^e siècle.

of our Forraign Trade is th Rule of our Treasure (1630)⁶⁴. Son revirement s'explique certainement par son inquiétude vis-à-vis du retour à l'interventionnisme strict préconisé par Malynes. Comme Misselden, Mun rejette l'idée que les marchands puissent manipuler les cours de change à leur profit. En fait les cours de change dépendent seulement des volumes de lettres de change offertes et demandées et ces volumes eux-mêmes dépendent directement des soldes commerciaux dégagés dans les échanges internationaux. Ainsi la sortie de monnaie métallique ne provient pas d'une dévaluation de la monnaie nationale mais est le résultat mécanique du déficit commercial : « *Ce n'est pas la sous-évaluation de notre monnaie, mais le déficit de notre commerce qui provoque la perte de nos richesses* » (Mun cité par Desmedt, 1998, p. 9) ou « *Que les taux de change soient favorables, défavorables ou au pair, que les princes étrangers surhaussent leur monnaie ou altèrent la définition légale et que notre roi fasse de même ou conserve, comme c'est présentement le cas, une définition légale constante ; que les monnaies étrangères circulent dans le pays à un taux plus élevé que celui de l'Hôtel des monnaies ; que les règlements concernant le travail des étrangers soient appliqués ou abolis ; que les finances soient mal gérées ; que le prince oppresse, les hommes de lois extorquent, les usuriers pillent, les prodigues gaspillent et que les marchands exportent l'argent dont ils ont besoin pour leur commerce et pourtant tout cela n'aura pas d'autres effets sur le commerce que ce qui a été dit dans cet ouvrage. Car les métaux précieux rentreront ou sortiront du pays en raison de l'excédent ou du déficit du commerce avec les étrangers. Et ceci doit être considéré comme un fait nécessaire auquel on ne peut opposer de résistance* » (Mun, 1664, p. 118).

Mun dans la lignée de Misselden propose une analyse novatrice des difficultés économiques, et en déduit également la marche à suivre pour restaurer la prospérité : rétablir une balance du commerce positive (*over-balance*). Mun rejette la solution d'un retour de l'interventionnisme marqué dans le commerce extérieur et préconise d'accorder la plus grande liberté aux marchands et autres intervenants dans les échanges extérieurs. Les préconisations de Mun ne relèvent pas d'un libéralisme radical même s'il fait confiance à l'initiative privée ; il réclame par exemple l'instauration de ce qui deviendra au milieu du 17^e siècle l'Acte de navigation qui stipule que le commerce avec l'Angleterre soit réalisé sur des navires battant soit pavillon anglais soit sous les couleurs du pays avec lequel les échanges sont effectués. Mun ne reprend pas à son compte la condamnation des manipulations cambiales exprimée par Malynes, celles-ci apparaissent plutôt comme une modalité de rétribution qui incite les changeurs à s'impliquer dans des activités lucratives. La question du taux d'intérêt est complètement renversée par rapport à la position scolastique reprise par Malynes : un taux d'intérêt élevé n'est plus condamnable pour des raisons politico-morales, mais devient au contraire le signe d'une activité économique florissante.

Le concept de Balance va devenir après les travaux de Misselden et surtout ceux de Mun un outil fondamental de l'économie politique. Nombreux sont les textes traitant du commerce extérieurs qui utilisent ce concept (D'avenant, 1697). Pendant près d'un siècle et demi la notion de balance sera utilisée en économie en référence à la mécanique statique développée par Stevin et Galilée à la fin du 16^e et au début du 17^e siècle. C'est particulièrement clair chez Mun où l'on voit qu'un déséquilibre favorable de la balance (*over-balance*) joue comme un levier sur l'ensemble de l'économie, le volume des métaux précieux en circulation s'accroît, les activités économiques sont stimulées, l'emploi se développe, le bien-être matériel augmente, l'Etat s'enrichit... La balance du commerce est certainement le concept qui résume le mieux la pensée dite mercantiliste dans sa version anglaise. Tout ce qui favorise le commerce est bon pour la nation. Mais elle symbolise aussi les limites de l'analyse mercantiliste qui pensait que les gains réalisés dans le commerce extérieur par un pays ne

⁶⁴ Ce texte de Mun a été écrit vraisemblablement en 1630 mais publié seulement en 1640 par son fils.

pouvait se faire qu'au dépend des autres pays. Philip Mirowski (2001, p. 172) fait justement remarquer que la théorie de la balance du commerce repose sur l'hypothèse que l'argent est l'indice de la valeur, que l'Etat est l'instance qui détermine l'unité monétaire, et que l'on n'échange que des équivalents. Partant de là le marché intérieur fonctionnait comme un circuit fermé et ne pouvait générer aucun surplus de valeur. La seule solution pour augmenter la valeur (ou la diminuer) était le recours à des sources extérieures ou à d'éventuelles réserves de métaux précieux. D'où l'importance d'un commerce extérieur excédentaire pour augmenter la grandeur de la valeur détenue par une nation ; pour les auteurs de la balance du commerce il y a « *identification... entre la balance positive et l'augmentation de la valeur* » (ibid). Les théoriciens de la balance du commerce, en avançant que ce qui est gagné par un échangiste est perdu par un ou plusieurs autres supposent que la masse totale de valeur et donc le volume total des espèces dans l'ensemble des pays sont constants comme la quantité de sang dans un corps humain. Nous voyons ici l'influence des découvertes de Harvey sur la circulation sanguine. Cela n'est pas sans rappeler également la thèse de Descartes qui avance que tous les phénomènes peuvent se ramener à de la matière en mouvement, que « *la Substance et le corps signifient la même chose* » et que « *la quantité n'est rien d'autre que la détermination de la matière, c'est-à-dire du corps* ». Les mercantilistes de la balance du commerce se sont nourris de ce rapprochement « *en comparant la valeur à la substance, l'or au sang vital du corps politique, la prospérité économique à la santé corporelle, et le commerce au mouvement* » (2001, p. 173). Nous avons là deux choses importantes dans l'histoire de l'analyse économique ; premièrement des auteurs assimilent explicitement les lois du fonctionnement économique à des lois physiques, celles du mouvement, et deuxièmement ils posent la question de la réification d'un indice de la valeur même si leur réponse (l'argent est la substance de la valeur) seront tournées en dérision par les auteurs libéraux du 18^e siècle (notamment Adam Smith).

Cette conception du commerce en tant que jeu à somme nulle va laisser la place provisoirement à une autre conception des échanges dans le dernier tiers du 17^{ème} siècle ; celle dite du free-trade. Cette courte période verra la publication d'un certain nombre de travaux qui laissent penser que l'argent n'est pas l'indice de la valeur et avancent des doutes sur les politiques qui privilégient les échanges extérieurs, les exportations, au détriment du marché intérieur. Par exemple Nicolas Barbon écrit qu' « *il n'y a pas de prix fixe ou de valeur de quoi que ce soit* » ou « *les objets valent bien que ce que pour quoi on peut les vendre* » ou encore « *les choses n'ont pas de valeur en elles-mêmes, c'est l'opinion et la mode qui déterminent leur usage et leur donnent de la valeur* » (Mirowski, 2001, p. 174-175). Il ressort de ces extraits deux choses : la première est que Barbon n'est pas bien fixé sur ce qui influence la détermination de la valeur d'un bien et deuxièmement, et c'est le plus important, qu'il ne ressent pas comme une nécessité d'avoir une définition précise de l'indice de la valeur et par conséquent délaisse toute tentative de faire progresser la question d'une mesure objective de la valeur et donc la quantification de la richesse d'un pays. Même si les mercantilistes de la balance avaient un indice de la valeur critiquable, ils en avaient un alors que Nicolas Barbon, Dudley North et d'autres laissent l'économiste quantificateur bien démuni. L'image de la balance retrouvera une certaine notoriété avec les auteurs de la transition entre le mercantilisme et le libéralisme classique comme Cantillon ou Hume qui vont prendre leur distance avec la thèse de l'excédent commercial. Celui-ci bien que favorable au décollage économique d'un pays peut devenir problématique pour un pays développé. Hume va d'ailleurs construire une théorie de l'équilibre commercial pour un pays en mobilisant à nouveau la notion de balance mais dans une optique qui renvoie plutôt à l'hydraulique et aux vases communicants qu'au concept de levier.

3. L'arithmétique politique et William Petty

William Petty occupe une place particulière dans l'histoire de la pensée économique. Il est présenté comme l'un des mercantilistes les plus subtils, comme l'un des apôtres de l'économie quantitative, comme le « père de la théorie de la valeur-travail »... Ses travaux nous intéressent particulièrement puisqu'ils représentent globalement un effort important pour rapprocher l'analyse économique des sciences de la nature et plus précisément font ressortir une tentative originale pour résoudre la question de la mesure de la valeur. Comme Barbon, Petty n'accepte pas la thèse selon laquelle l'argent ou l'or pourrait être l'indice de la valeur, mais contrairement à celui-ci il ne renonce pas à construire un nouvel indice.

Tout d'abord il faut rappeler que William Petty possédait une solide formation dans le domaine des sciences physiques et avaient fait partie des membres fondateurs de la Royal Society. Sa formation scientifique l'a amené rapidement à ne pas se satisfaire des approches superficielles qui pouvaient laisser penser que les phénomènes de toute nature pouvaient être saisis à travers leurs seules apparences. Sur la question de la valeur, autant Malynes que Misselden ou Mun, pouvaient être taxés de superficiels. Petty a la conviction que derrière le phénomène prix il y a une valeur intrinsèque ou une valeur-substance. La question de la détermination d'un fondement solide, non soumis aux aléas des nécessités ou des désirs des vendeurs comme des acheteurs étaient un enjeu important pour Petty. En effet, le problème de la mesure est fondamental, une science véritable est une science qui doit savoir mesurer les phénomènes et donc soumettre le réel aux mathématiques. Il s'exprime ainsi : « [je dois] *m'exprimer en termes de nombres, poids ou mesure ; n'utiliser que des arguments sensés et ne considérer que les causes des fondements visibles dans la nature* ». Quel va donc être l'indice qui permettra de résoudre la question de la valeur ? « *Toutes les choses devraient être évaluées par deux dénominations naturelles, à savoir la Terre et le Travail... Si cela est vrai, on devrait être heureux de trouver une Egalité naturelle entre la Terre et le Travail qui rende possible l'expression de la valeur de chacun des deux termes pris isolément, aussi bien ou mieux que l'expression de la valeur commune aux deux, et qui rende possible la réduction de l'une à l'autre aussi aisément et aussi sûrement que la réduction de pence en livres* ».

Petty nous propose ici une sorte de substance double de la valeur, ce qui on le comprend très vite ne va pas simplifier le problème puisque cela induit une autre difficulté qui est celle de l'équivalence entre les deux substances. L'idée d'une substance à double origine sera reprise par Richard Cantillon quelques décennies plus tard. Ce dernier comme nous le verrons plus loin distinguera nettement entre une valeur intrinsèque renvoyant à la substance et au champ de la production et le prix de marché défini par d'autres forces jouant dans le champ de l'échange. Bien que mal assurée la démarche initiée par Petty et prolongée par Cantillon est aux sources de la conception des prix et de la valeur de Smith et de Ricardo.

4. Du mercantilisme au capitalisme moderne, les apports de Leibniz

Nous allons nous interroger ici sur les relations qu'entretiennent la physique, la métaphysique et l'économie chez Leibniz. Nous verrons que celui-ci n'hésite pas rapprocher les différents champs disciplinaires non seulement pour utiliser des analogies permettant de comprendre ses démonstrations mais aussi parce qu'il pense qu'il existe réellement des mécanismes de même nature dans les domaines de la physique, de la métaphysique et de l'économie. Nous nous appuyerons ici fortement sur les travaux de Jon Elster, et notamment son ouvrage *Leibniz et la formation de l'esprit capitaliste* (1975). Il est possible d'établir des connexions fortes entre l'économie d'une part et la physique et la métaphysique d'autre part sur trois sujets : premièrement l'analogie faite par Leibniz entre la force et le capital,

deuxièmement la relation entre l'harmonie préétablie et les rapports de production capitalistes, troisièmement la rationalité économique de Dieu.

Il existe au moins quatre textes où Leibniz établit une analogie entre la force et le capital. Dans les quatre textes, Leibniz renforce une démonstration concernant la physique par la présentation d'un phénomène économique. Alors qu'il était responsable de l'exploitation des mines du Harz en Allemagne, Leibniz écrivit un texte destiné à convaincre les autorités auxquelles il devait rendre compte de la pertinence de ses projets. Une analogie en chaîne entre la force et l'eau, puis l'eau et l'argent, lui permet d'appuyer sa démonstration sur les notions physico-économiques de potentiel et d'accumulation. Le deuxième texte renvoie à la critique émise par Leibniz à l'encontre de Descartes sur la question de la force présentée plus haut. L'un des principaux éléments du débat entre Leibniz et les disciples de Descartes portait sur la place du temps dans la démonstration. Les cartésiens considéraient que la critique de Leibniz n'était valable que dans les cas de mouvements isochrones, c'est-à-dire imprimés dans le même temps. Voici la réponse de Leibniz « *En effet le temps ne sert à rien à cette estime. Voyant un corps d'une grandeur donnée aller avec une vitesse donnée, ne pourra-t-on point estimer sa force sans savoir en quel temps et par quels détours ou délais il a peut-être acquis cette vitesse qu'il a ? Il me semble qu'on peut juger ici sur l'état présent sans savoir le passé. Quand il y a deux corps parfaitement égaux et semblables, et qui ont la même vitesse, mais acquise dans l'un par un choc subit, dans l'autre par quelque descente d'une durée notable, dira-t-on pour cela que leurs forces sont différentes ? Ce serait comme si on disait qu'un homme est plus riche, à qui l'argent a coûté plus de temps à gagner* » (Elster, 1975, p. 164). Nous pouvons souligner avec Elster qu'il y a une différence cruciale entre Leibniz et Descartes. La position cartésienne laisse penser que la force n'est pas une variable d'état « *dont la valeur présente suffit pour la prédiction des valeurs futures* » (ibid) et que le passé possède une efficacité causale. Mais derrière la comparaison avec la durée nécessaire à l'enrichissement se cache peut-être aussi une conception du système économique et social qui diverge nettement de celle de Descartes. Il y a peut-être une autre vision de la société, disons une vision purement capitaliste que l'on pourrait opposer à la vision mercantiliste encore fortement imprégnée des mentalités féodales. En effet, dans une société capitaliste « idéale » peu importe l'histoire de l'enrichissement, seul compte la masse d'argent disponible pour la dépense. Dans un troisième texte, Leibniz mobilise un phénomène de la sphère économique pour renforcer sa démonstration. Leibniz hésite entre les deux mondes. « *J'avais soutenu que les forces actives se conservent dans le monde. On m'objecte, que deux corps mous ou non élastiques, concourant entre eux, perdent de leur force. Je répons que non. Il est vrai que les touts la perdent par rapport à leur mouvement total, mais les parties la reçoivent, étant agitées intérieurement par la force du concours ou du choc. Ainsi ce déchet n'arrive qu'en apparence. Les forces ne sont point détruites mais dissipées parmi les parties menues. Ce n'est pas les perdre, mais c'est faire comme ceux qui changent la grosse monnaie en petite* » (Elster, 1975, p. 169). Il est clair qu'ici Leibniz ne met en avant que la conservation de la quantité de mouvement, que l'on appelle de nos jours conservation de l'énergie. Transposé dans le champ de l'économie l'accent est mis sur la conservation de la masse de capital et non pas sur son accumulation. Suivons Elster : « *Du point de vue économique la dernière phrase porte non pas sur l'accumulation, mais sur la conservation -l'absence de perte- du capital ; elle témoigne donc d'un état d'esprit très différent de celui qu'exprime le texte précédemment cité. Le mouvement accéléré est en effet le paradigme de l'accumulation du capital, le choc des corps le paradigme de la circulation. Autant il est impossible d'expliquer le mouvement uniformément accéléré par les lois purement cinétiques des chocs des corps, autant il est impossible, Marx l'a suffisamment dit, de faire sortir la plus-value de la circulation des marchandises. La pensée de Leibniz hésite visiblement entre les deux modes de pensée ; d'une part il reconnaît fort bien l'existence et l'importance de l'accélération et de l'accumulation,*

d'autre part il est incapable de construire la notion de potentiel qui lui permettrait de réconcilier croissance et conservation » (Elster, 1975, p. 169). Le même type d'embarras se trouve dans un quatrième texte, que nous ne présenterons pas, où Leibniz s'oppose à Jean Bernouilli toujours autour de la question du principe de la conservation de la force vive.

Nous avons vu plus haut que Leibniz introduisait la notion d'harmonie préétablie en tant que loi de la relation entre les monades. Elster n'hésite pas à établir un lien entre la notion d'Harmonie préétablie et la notion de salariat. Pour être plus précis, l'idée d'harmonie préétablie se retrouve dans les relations qui existent entre le capitaliste et l'ouvrier. Alors que l'attitude du maître précapitaliste est autoritaire, discrétionnaire et arbitraire, celle de l'employeur capitaliste est plus subtile puisqu'elle ne consiste pas à dominer en permanence l'ouvrier mais à lui apprendre à se dominer lui-même : *« mais il existe des valets assez bien appris pour n'avoir point besoin qu'on leur fasse des signes. Ils les préviennent. Les montres sonnantes, par exemple, et les réveille-matin sont de tels valets. Bien loin d'attendre des signes, ils nous en donnent. Le valet artificiel imitant et contrefaisant un véritable, dont nous avons parlé ci-dessus, n'a pas même besoin d'être monté ou préparé par nous comme les montres et les réveille-matins en ont besoin. L'Artiste l'aurait préparé pour nous. Un tel valet est notre corps »* (Elster, 1975, p. 173). Comme l'avance Elster, Leibniz nous propose un dieu capable de créer un univers qui se soutiendrait lui-même sans avoir besoin de corrections et de dégrassements perpétuels. Le fait que dieu ne soit pas amené à intervenir en permanence et à tout propos est plutôt un signe de sa sagesse et de sa puissance. Pour Elster, Leibniz manifeste ici clairement son adéquation avec le nouvel esprit capitaliste *« selon lequel le pouvoir le plus efficace est aussi le pouvoir le moins visible »*. Le capitalisme se distingue par la supériorité, en termes d'efficacité, de son pouvoir *« indirect et invisible »* sur les pouvoirs *« directs et physiques »* qui ont caractérisé les systèmes qui l'ont précédé.

Le parallèle que Leibniz établit entre Dieu et l'entrepreneur contribue à renforcer le sentiment que le philosophe allemand, bien qu'encore influencé par le mercantilisme, avait compris les fondements de la logique économique capitaliste moderne. Elster qualifie le dieu de Leibniz d'entrepreneur divin (et de dieu maximisateur) parce qu'il agit selon des critères économiques : c'est-à-dire qu'il agit comme s'il allouait des ressources rares dans le but de réaliser le maximum de profit. Il existe chez Leibniz une économie physique *« dont le problème est de maximiser les rendements de ces ressources rares que sont l'espace et le temps »* (Elster, 1975, p. 181) et le rôle de celle-ci est d'*« expliquer pourquoi la perfection de l'univers est limitée à n'être qu'un maximum »* (ibid). Voyons ce qu'il en est exactement. En fait, nous trouvons chez Leibniz l'idée que la quantité à maximiser est comme dans l'économie capitaliste non pas une grandeur absolue mais une différence : la différence entre les revenus obtenus et les coûts dépensés pour obtenir ces revenus. Le raisonnement se fait en « net » et non pas en « brut » alors que dans les économies précapitalistes, c'est la production brute qui est maximisée ou au moins ajustée en fonction des besoins. Il est possible d'établir un parallèle intéressant entre cette forme de raisonnement et la rationalité en finalité de Max Weber. L'individu agit en tenant compte à la fois de la fin visée et des moyens à mettre en œuvre pour l'atteindre. Cette forme de rationalité, typique du capitalisme moderne, porte effectivement sur la maximisation du net, alors que la deuxième forme de rationalité exposée par Weber, la rationalité par rapport aux valeurs, renvoie à une maximisation du brut et est représentative des modes d'action dans l'univers pré-capitaliste. Pour Elster, il est évident que Leibniz introduit ici l'*« idée du rapport quasi économique entre la fin et les moyens »* (1975, p. 185).

Nous pouvons constater aussi que la démarche de Leibniz d'une part se démarque de celle de Descartes et d'autre part n'est pas très éloignée de celle de Malebranche. Descartes refuse absolument l'idée d'une comparaison entre les mondes possibles parce que cette comparaison

supposerait un critère de choix antérieur au choix divin : « pour Descartes ce critère n'est constitué que dans et par ce choix » (Elster, 1975, p. 186). La position de Malebranche est tout autre : « Dieu pouvait sans doute faire un monde plus parfait que celui que nous habitons. Il pouvait par exemple, faire en sorte que la pluie, qui sert à rendre la terre féconde, tombât plus régulièrement sur les terres labourées, que dans la mer, où elle n'est pas si nécessaire. Mais pour faire ce monde plus parfait, il aurait fallu qu'il eût changé la simplicité de ses voies, et qu'il eût multiplié les lois de la communication des mouvements, par lesquels notre Monde subsiste ; et alors il n'y aurait plus eu entre l'action de Dieu et son Ouvrage, cette proportion, qui est nécessaire pour déterminer un Etre infiniment sage à agir, ou du moins il n'y aurait point eu la même proportion entre l'action de Dieu et ce monde si parfait, qu'entre les lois de la nature et le monde que nous habitons » (Malebranche, 1976, p. 28). Leibniz reconnaît d'ailleurs lui-même la parenté de son système avec celui de Malebranche. Les deux textes qui suivent expriment parfaitement la thèse leibnizienne :

« On peut donc dire que celui qui agit parfaitement est semblable à un excellent géomètre, qui sait trouver les meilleures constructions d'un problème ; à un bon Architecte qui ménage sa place et le fonds destiné pour le bâtiment de la manière la plus avantageuse, ne laissant rien de choquant, ou qui soit destitué de beauté dont il est susceptible ; à un bon Père de famille, qui emploie son bien en sorte qu'il n'y ait rien d'inculte ni de stérile ; à un habile machiniste qui fait son effet par la voie la moins embarrassée qu'on puisse choisir ; et à un savant auteur, qui enferme le plus de réalités dans le moins de volume qu'il peut » (Elster, 1975, p. 198).

« Les voies de Dieu sont les plus simples et les plus uniformes : c'est qu'il choisit des règles qui se limitent le moins les unes les autres. Elles sont aussi les plus fécondes par rapport à la simplicité des voies. C'est comme si l'on disait qu'une maison a été la meilleure qu'on ait pu faire avec la même dépense. On peut même réduire ces deux conditions, la simplicité et la fécondité, à un seul espace, qui est de produire le plus de perfection qu'il est possible ; et par ce moyen le système du R.P. Malebranche se réduit au mien. Car si l'effet supposé était plus grand, mais les voies moins simples, je crois qu'on pourrait dire, que tout pesé et tout compté, l'effet lui-même serait moins grand, en estimant non seulement l'effet final, mais aussi l'effet moyen. Car le plus sage fait en sorte, le plus qu'il peut, que les moyens soient fins aussi en quelque façon, c'est-à-dire désirables, non seulement par ce qu'ils font, mais encore par ce qu'ils sont. Les voies plus composées occupent trop de terrain, trop d'espace, trop de lieu, trop de temps, qu'on aurait pu mieux employer » (Elster, 1975, p. 199).

Ces deux textes ont le mérite de clarifier la position de Leibniz mais pourraient également inciter à une interprétation plus épistémologique : la simplicité des lois de la nature doit se traduire par la même simplicité dans l'interprétation des phénomènes naturels.

Conclusion

Nous venons de le voir, la période qui s'étend du milieu du 16^e siècle à la deuxième moitié du 17^e est d'une extrême richesse. La révolution copernicienne est prolongée et approfondie par la mathématisation galiléenne de la nature. Nous arrivons à une autre représentation du cosmos mais aussi à une autre façon de lire les phénomènes naturels. Les mathématiques sont l'outil indispensable pour expliquer la nature : la nature est mathématique. Plus précisément, elle est vue comme un immense mécanisme. Les penseurs du social vont se nourrir de cette évolution, ils vont marquer leurs distances vis-à-vis des explications reposant totalement ou partiellement sur des considérations morales ou religieuses. De nombreux auteurs incitent les gouvernants à « remettre l'église à sa place » c'est-à-dire dans le champ du spirituel. Le système des valeurs qui trouvait ses origines dans la philosophie classique grecque et dans les

textes religieux vacille puis s'écroule pour être remplacé par une sorte de système inversé dans lequel les conduites ou les activités qui étaient honnies auparavant sont vivement encensées puisque moteurs de l'enrichissement des nations, de leurs souverains, et de leurs habitants. Sur le plan strict de l'analyse économique, on constate le recourt fréquent aux métaphores et analogies issues de la physique, autant pour expliquer des phénomènes particuliers que pour se donner une représentation générale de la société et de l'économie. L'image du mécanisme devient omni présente : les références à la statique et la dynamique inspirent ou confortent de nombreuses démonstrations. Le recours aux métaphores issues de la physique peut amener à s'interroger sur leur rôle réel. Il apparaît qu'elles sont plus que de simples illustrations ou raccourcis et que les auteurs qui les utilisent pensent que de nombreux phénomènes sociaux sont de la même nature que les phénomènes physiques. Cela est vrai chez les disciples de Francis Bacon comme chez ceux de René Descartes.

Bibliographie

- ALLARD G-H (1972), « La pensée symbolique au Moyen Âge », *Les Cahiers Internationaux de Symbolisme*, n°21, p. 3-17.
- ALLEGRE C. (2002), *Galilée*, Plon.
- ARENA R. (1987), *Réflexions sur la théorie monétaire de Nicole Oresme*, in Actes du colloque Oresme, Paris/Beltrame, Belles lettres/Uno piu Uno.
- ARCHIMEDE (?), *Traité sur l'Arénaire*, in F. Peyrard, (1807), *Œuvres d'Archimède*, F. Buisson, Paris.
- ARISTARQUE DE SAMOS (1823), *Traité sur les grandeurs et les distances du soleil et de la lune*, traduit par le Comte de Fortia d'Urban, Firmin Didot Père et Fils, Paris.
- ARISTOTE (1992), *Ethique de Nicomaque*, GF Flammarion.
- ARISTOTE (2003), *Economique*, Les Belles Lettres.
- ARISTOTE (1990), *Les politiques*, GF Flammarion.
- ARISTOTE (2002), *Physique*, GF Flammarion.
- ASHLEY W. (1900), *Histoire et doctrines économiques de l'Angleterre*,
- ASHLEY W. (1899), *Oresme* in Palgrave, *Dictionary of Political Economy*, London, McMillan
- BABELON E. (1882), « Du commerce des Arabes dans le Nord de l'Europe, avant les croisades », *Bulletin de l'Athénée Orientale, revue critique internationale*, n°1, p. 3 – 15.
- BACON F. (1843), *Oeuvres complètes*, Charpentier, Paris.
- BACON F. (1620), *Novum Organum*, traduction en français chez Hachette et Cie, Paris, 1857.
- BACON F. (1622), *La Nouvelle Atlantide*, Réimpression chez GF-Flammarion, 2000.
- BALIBAR F. (1984), *Galilée, Newton lus par Einstein*, PUF, Paris.
- BALCH T.W (1908), *The Law of Oresme, Copernicus and Gresham*, Philadelphie, Allen.
- BARBON N. (1690), *A discourse of Trade*,
- BARNI G. (1975), *La conquête de l'Italie par les Lombards*, Albin Michel.
- BASTIT M. (1997), *Les principes des choses en ontologie médiévale: Thomas d'Aquin, Scot, Occam*. Bordeaux, Bière.
- BELAVAL Y. (1969), *Leibniz, initiation à sa philosophie*, Vrin.
- BERUBE C. (1964), *La connaissance de l'individuel au Moyen Âge*, Montréal-Paris, Presses de l'Université de Montréal.
- BERAUD A., FACARELLO G. (1992), *Nouvelle histoire de la pensée économique. Tome I Des scolastiques aux classiques*, La Découverte.
- BERTRAND J. (1860), *Les fondateurs de l'astronomie moderne, Copernic, Tycho Brahé, Képler, Galilée, Newton*, Paris, J. Hetzel.
- BESOGNER B. (1996), « Aristote et les mathématiques (384- 322 av J-C) », p. 26-42, in *Les Philosophes et les mathématiques*, Ellipses, Paris.
- BIARD J. (1999), *Guillaume d'Ockham et la théologie*, Paris, Editions du Cerf.
- BRIDREY E. (1906), *La théorie de la monnaie au XIV^{ème} siècle : Nicole Oresme*, Paris, Giard et Brière.
- BLANQUI A. (1860), *Histoire de l'économie politique, depuis les anciens jusqu'à nos jours*.
- BLAY M. (1995), *Les Principia de Newton*, PUF Philosophies.
- BLAY M. (2002), *La science du mouvement De Galilée à Lagrange*, Belin Sup Sciences.
- BLOCH O. (1971), *La Philosophie de Gassendi. Nominalisme, matérialisme et métaphysique*, Martinus Nijhoff, La Haye.

- BREHIER E. (1983), *Histoire de la philosophie*, 3 tomes, Quadrige, PUF.
- BODIN J. (1576), *Les six livres de la république* », Jacque du Puys, Paris. Réédition en 1579, Imprimerie Jean de Tournes, Lyon.
- BODIN J. (1578), *Discours de Jean Bodin sur le Réhaussement et diminution des monnoyes, tant d'or que d'argent, et le moyen d'y remédier : et responses aux Paradoxes de monsioeur de Malestroict*, J. du Puys, Paris.
- BODIN J. (1597), *Théâtre de la nature universelle*, Lyon, François de Fougerolles.
- BOISGUILBERT Pierre Le Pesant de « [Le] détail de la France sous le règne présent [Document électronique] : augmenté en cette nouvelle éd. de plusieurs mémoires et traités sur la même matière. Ce document est extrait de la base de données textuelles Frantext réalisée par l'Institut National de la Langue Française (INaLF)
- BOTERO G. (1606), *A Treatese Concerning the Magnificency and Greatness of Cities*, London.
- BOUDENOT J.C (2001), *Histoire de la Physique et des Physiciens De Thalès au boson de Higgs*, Ellipses.
- BOUVERESSE J., ITARD J., SALLE E. (1977), *Histoire des Mathématiques*, Larousse.
- BROD M. (1932), *L'astronome qui trouva Dieu*, Editions du Siècle, Paris.
- BROWN P. (1989), *Society and the Holy in Late Antiquity*, Erwing, University of California.
- BRUNDAGE J. (1995), *Medieval canon law. An introduction*, Londres, New York.
- BURIDAN Jean «Du ciel et du monde » Livre II problème <questio>22, traduit de l'ancien français par Lassalle et Souffrin. Publié in Terres médiévales sous la direction de Bernard Ribémont. Klincksieck, p. 305-314.
- BURNS J.H (1993), *Histoire de la pensée politique médiévale 350-1450*, Léviathan, PUF.
- BUSQUET R., PERNOUD R. (1949), *Histoire du commerce de Marseille de l'Antiquité à la Révolution Français*, tome 1, 1^{ère} édition, Paris.
- CANNING J. (2003), *Histoire de la pensée politique médiévale 300 – 1450*, Editions Universitaires de Fribourg.
- CANTILLON R. (1755), *Essai sur la nature du commerce en général*, réédité par l'INED, 1997.
- CARDASCIA G. (1943), « Machiavel et Jean Bodin », *Bibliothèque d'Humanisme et de Renaissance*, vol 3, p.129-167.
- CESBRON G., RIVOIRE G., FOYER J. (1985), « Jean Bodin. Actes du Colloque International d'Angers », 2 vol, Presses de l'Université d'Angers.
- CHANTEUR J. (1991), « La loi naturelle et la souveraineté chez Jean Bodin », *Théologie et droit dans la science politique moderne*, p. 281-294.
- CHAREIX F. (2003), La découverte des lois du choc par Christiaan Huygens, *Revue d'histoire des sciences*, vol 56, n°1, p. 15-58.
- CHAREIX F. (2002), *Le Mythe Galilée*, PUF.
- CHATELET F., DUHAMEL O., PISIER E. (2001), *Dictionnaire des oeuvres politiques*, PUF.
- CHAUVIRE R. (1914), *Jean Bodin, auteur de la République*,
- CHEVALLIER J.J (1993), *Histoire de la pensée politique*, Grande Bibliothèque Payot.
- CHILD J. (1668), *Brief Observations Concerning Trade and Interest of Money*.
- CHKOLSKI V. (2002), *Le voyage de Marco Polo*, Petite Bibliothèque Payot.
- COKE R. (1670), *A Discourse of Trade*.
- CONTAMINE P., BOMPAIRE M., LEBECQ S. SARRAZIN J.L (1997), *L'économie médiévale*, Armand Colin.
- COPERNIC N. (1526), *Traité de la monnaie*. Traduction française par Wolowski, Guillaumin, 1864.
- COSSA L. (1899), *Histoire des doctrines économiques*, Giard et Brière.
- COSTE A. (1997), « L'œuvre scientifique de Nicole Oresme », *Bulletin de la Société Historique de Lisieux*, Janvier.
- COSTE L. (1897), *L'histoire des doctrines économiques concernant la légitimité de l'intérêt*, Paris, Giard et Brière, 168 p.
- COUTURAT L. (1969), *La logique de Leibniz*, Editions Olms.
- COUZINET M-D. (1997), « La logique divine dans les Six livres de la République de Jean Bodin », in Foisneau L. (ed.), *Politique, droit et théologie chez Bodin, Grotius et Hobbes*, Paris, Kimé, p. 47-70.
- COX R.H (1994), in Leo Strauss et Joseph Cropsey « Histoire de la philosophie politique » PUF Léviathan.
- D'AUTUME A., CARTELIER J. (1995), *L'économie devient-elle une science dure ?* Economica.
- D'AVENANT C. (1697), *An Essay on the East-India Trade*, London.
- DAVANZATI B. (1588), *A Discourse upon Coins*, London.
- DE CUSE N. (1440), *De la docte ignorance*, Paris, éd. de la Maisnie, P.U.F., 1930.
- DE LA CROIX A. (2002), *Les Templiers au cœur des croisades*, Editions du Rocher.
- DE LIBERA A. (1993), *La philosophie médiévale*, Paris, PUF.
- DE MURAT A. (1991), *L'enjeu de la philosophie médiévale : études thomistes, scotistes, occamiennes et grégoriennes*, Leiden, E.J. Brill.
- DENTZER H. (1973), *Actes du colloque international Jean Bodin à Munich*, Munich, C. H. Beck.
- DEPPING G.B (1830), *Histoire du commerce entre le Levant et l'Europe depuis les croisades jusqu'à la fondation des colonies d'Amérique*, tome II, Paris Imprimerie Royale.

- DE ROOVER R. (1971), *La pensée économique chez les scolastiques*, Vrin, Montréal/Paris.
- DE ROOVER R. (1958), « *The concept of Just Price : Theory and Economic Policy* », *Journal of Economic Theory*, vol 18, n° 4.
- DESAN P. (1987), « La Justice mathématique de Jean Bodin », *Corpus*, n°4, p. 19 – 29.
- DESCARTES R. (1628), *Regulae ad directionem ingenii* (les règles pour la direction de l'esprit), in Victor Cousin (ed.), *Œuvres de Descartes*, tome XI, chez F.G Levrault, Paris, 1826.
- DESCARTES R. (1637), *Discours de la méthode*, in Victor Cousin (ed.), *Œuvres de Descartes*, tome I, chez F.G Levrault, Paris, 1824. Réédition, GF Flammarion, 1966.
- DESCARTES R. (1637), *De la géométrie*, in Victor Cousin (ed.), *Œuvres de Descartes*, tome V, chez F.G Levrault, Paris, 1824.
- DESCARTES R. (1647), *Les principes de la Philosophie*, in Victor Cousin (ed.), *Œuvres de Descartes*, tome III, chez F.G Levrault, Paris, 1824. Réédition chez Vrin, 2002.
- DESCARTES R. (1664), *Traité du Monde et de la Lumière*, in Victor Cousin (ed.), *Œuvres de Decartes*, tome IV, chez F.G Levrault, Paris, 1824.
- DESIT-RICARD (2001), *Une petite histoire de la physique*, Ellipses, L'esprit des sciences.
- DESMEDT L. (1998), « *La sagesse pratique des premiers mercantilistes anglais : l'analyse du change et du commerce extérieur au début du XVIIème siècle* », Document de travail, CEMF-LATEC, Université de Bourgogne.
- DOLZA L., VERIN H. (2004), Figurer la mécanique : l'énigme des théâtres de machines de la Renaissance, *Revue d'Histoire Moderne et Contemporaine*, n°51-2, p. 7 – 37.
- DEVILLAIRS L. (1998), *Descartes, Leibniz. Les vérités éternelles*, PUF Philosophies.
- DREYER J.L.E (1977), *Tycho Brahe, A Picture of Scientific Life and Work in the Sixteen Century*, Peter Smith Publisher, Gloucester.
- DUPONT de NEMOURS (1767), *L'ordre naturel et essentiel des sociétés politiques*, Ephémérides du citoyen.
- DUPUY C., CHARTRAIN F. (1989), *Traité des Monnaies et Autres Ecrits Monétaires du XIVème siècle*, La Manufacture.
- DUPUY C. (1988), *La monnaie médiévale (XIème – XIVème siècle) – Une lecture des faits et de la pensée*, Thèse de Doctorat en Sciences Economiques, Université de Lyon 2.
- DUVAL E. (1873), Foires et marchés, *Dictionnaire d'économie politique*, Coquelin et Guillaumin, p. 785-787.
- EASLEA B. (1986), *Science et philosophie, une révolution, 450 – 1750, la chasse aux sorcières, Descartes, Copernic, Kepler*, Editions Ramsay.
- EKELAND I. (1987), *Le calcul, l'imprévu, les figures du temps de Kepler à Thom*, Seuil.
- ELSTER J. (1975), *Leibniz et la formation de l'esprit capitaliste*, Aubier.
- EPICURE, *Lettre sur l'univers*, Mille et Une Nuits, 1998.
- ESPINAS (1891), *Histoire des doctrines économiques*.
- Mc EVOY J. (1999), *Robert Grosseteste et la théologie à l'Université d'Oxford*, Du Cerf.
- FICHANT M. (2004), *L'invention métaphysique*, Folio.
- FISHER S. (2005), *Pierre Gassendi's Philosophy and Science*, Brill, Leyde, Boston.
- FLASCH K. (1992), *Introduction à la philosophie médiévale*, Champs Flammarion.
- FORGEAU A. (1886), *Du Louage d'ouvrage : Droit romain – Théorie des circonstances atténuantes*, Imprimerie des écoles Henri Jouve, Paris.
- FORTREY S. (1673), *Englands Interest and Improvement*, London.
- FOSSIER R., *Histoire du Moyen Age*, Tome IV, (XV - XVI siècles), Editions Complexe
- FOSSIER R., VERGER J., *Histoire du Moyen Age*, Tome IV (XIII-XV siècles), Editions Complexe.
- FOUILLEE A. (1920), *L'histoire de la philosophie*, Librairie Delagrave, Paris.
- FREUND J. (1973), « Quelques aperçus sur la conception de l'histoire de Jean Bodin », in *Actes du colloque international Jean Bodin*, H. Dentzer ed., Munich, Beck.
- GALILEI G. (1632), *Dialogues sur les deux grands systèmes du monde*, Points Seuil, 1992.
- GALILEI G. (1638), *Discours mathématiques concernant deux nouvelles sciences touchant la mécanique et les mouvements locaux*, Armand Colin, Paris, 1970.
- GARNIER J. (1864), Nicole Oresme, *Journal des économistes*, vol 3.
- GASSENDI P. (1658), *Œuvres complètes*, 6 volumes, édités par Henri Louis Habert de Montmor.
- GASTON L. (1921), *Les grands écrivains scientifiques (de Copernic à Berthelot)*, Armand Colin.
- GERVAISE I. (1720), *The system or Theory of the Trade of the World*, J. Roberts Editions.
- GEYMONAT L. (1957), *Galilée*, Seuil, Collection Sciences.
- GIMPEL J. (1975), *La révolution industrielle du Moyen Age*, Seuil Points Histoire.
- GIORDANENGO G. (1994), « Droit romain », « Droit canonique » in Jacques Berlioz et alii (éd.), *Identifier sources et citations*, Turnhout, L'atelier du médiéviste, p. 121-144, p. 145-176.
- GORDON B. (1975), *Economic Analysis Before Adam Smith*, Macmillan, Londres.

- GORDON B. (1989), *The Economic Problem in Biblical and Patristic Thought*, Vigiliae Christianae Supplements, n°9, E.J Brill, Leyde.
- GOULD J.D (1955), “The Trade Crisis of the Early 1620’s and English Economic Thought”, *The Journal Of Economic History*, Cambridge University Press, vol 15, p. 121 – 133.
- GOYARD-FABRE S. (1989), *Jean Bodin et le droit de la République*, Paris, PUF, Léviathan.
- GRATELOUP L.L (1985), *Les philosophes : De Platon à Montesquieu*, Le Livre de Poche.
- GRANT E. (1995), *La physique au Moyen Age VI-XV siècles*, PUF 1995
- GUEROULT M. (1967), *Leibniz, dynamique et métaphysique*, Aubier.
- HALLYN F. (1987), *La structure poétique du monde. Copernic, Képler*, Seuil.
- HAMMAN A. (1942), *La doctrine de l’Église et de l’État chez Occam : étude sur le “Breviloquium”*, Paris, Editions franciscaines.
- HAUSER H. (1931), « Un précurseur, Jean Bodin », *Annales*, vol 3, n°11, p. 379 – 387.
- HELVETIUS C. A. (1774), *Le vrai sens du système de la nature*,
- HEEREN A., HERMANN L. (1808), *Essais sur l’influence des Croisades*, traduction française de Charles Villiers, Institut de France, Société Royale des Sciences de Göttingue.
- HOBBS T. (), *Le citoyen ou les fondements de la politique*, Réédition chez GF Flammarion, 1982.
- HOBBS T. (), *Léviathan*, Folio Essais Gallimard, 2000.
- D’HOLBACH, « Système de la nature ou des loix du monde physique et du monde moral [Document électronique] Ce document est extrait de la base de données textuelles Frantext réalisée par l’Institut National de la Langue Française (INaLF)
- D’HOLBACH, « [La] morale universelle ou Les devoirs de l’homme fondés sur sa nature [Document électronique]. Ce document est extrait de la base de données textuelles Frantext réalisée par l’Institut National de la Langue Française (INaLF)
- HORKHEIMER M., ADORNO T.W (1974), *La dialectique de la raison*, TEL Gallimard.
- HUGONNARD-ROCHE H., ROSEN E., VERDET J.P (1975), *Introduction à l’astronomie copernicienne. Le commentariolus de Copernic. La Narratio Prims de Reticus*, Editions Blanchard.
- HUSSERL E. (1976), *La crise des sciences européennes et la phénoménologie transcendantale*, TEL Gallimard.
- JACOBSEN M.C (2000), *Jean Bodin et le dilemme de la philosophie politique moderne*, Etudes Romanes, Museum Tusulanum Press
- JANET P. (1900), *Œuvres philosophiques de Leibniz*, 2 tomes, Felix Alcan
- JERPHAGNON L. (1989), *Histoire de la pensée Philosophies et philosophes 1. Antiquité et Moyen Age*, Le Livre de Poche.
- JOPLIN T. (1718), *An essay on Money and Bullion*, B. Lintot.
- JOURDAIN C. (1864), *Mémoire sur les commencements de l’économie politique dans les Ecoles du Moyen Age*, Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, Paris.
- JOY L.S (1987), *Gassendi the Atomist: Advocate of History in an Age of Science*, Cambridge University Press.
- KANT E. (2006), *Qu’est-ce que les Lumières ?* Mille et une nuits, Petite collection.
- KANT E. (1886), « Théorie du ciel » in *Examen des théories scientifiques modernes* suivi de « Théorie du ciel de Kant », C. Wolff, Gauthier Villars.
- KESTEN H. (1951), *Copernic et son temps*, Calmann-Levy.
- KOYRE A. (1973), *Du monde clos à l’univers infini*, Tel Gallimard.
- KOYRE A. (1971), *Etudes d’histoire de la pensée philosophique*, TEL Gallimard.
- KOYRE A. (1973), *Etudes d’histoire de la pensée scientifique*, TEL Gallimard.
- KOYRE A. (2001), *Etudes galiléennes*, Hermann Editeurs des sciences et des arts.
- KOYRE A. (1968), *Etudes newtoniennes*, NRF Gallimard Bibliothèque des Idées.
- KOYRE A. (1961), *La révolution astronomique : Copernic, Képler, Borelli*, Paris, Hermann.
- KUHN T.S. (1973), *La révolution copernicienne*, Le Livre de poche.
- LABROUSSE R. (1959), *Introduction à la philosophie politique*, Paris, Librairie Rivière.
- LANE F. (1985), *Venise, une république maritime*, Champs Flammarion.
- LAPLACE S. (1878 – 1912), *Œuvres complètes de Laplace, publiées sous les auspices de l’Académie des sciences par MM. les secrétaires perpétuels*, Gauthier-Villars, Paris, 14 volumes.
- LAPIDUS A. (1997), “Metal, Money and the Prince - John Buridan and Nicholas Oresme after Thomas Aquinas”, *History of Political Economy*, vol 29, n°1.
- LAPIDUS A. (1992), « Une introduction à la pensée économique médiévale », in Béraud et Faccarello (dir), *Nouvelle histoire de la pensée économique*, tome 1, Editions La Découverte, Paris, p. 24-70.
- LAPIDUS A. (1987), « La propriété de la monnaie : doctrine de l’usure et théorie de l’intérêt », *Revue économique*, vol 38, n°6, p. 1095-1110.
- LAPIDUS A. (1986), *Le détour de valeur*, Paris, Economica.
- LARRERE C. (1992), *La naissance de l’économie au XVIII^e siècle*, Léviathan, PUF.
- LECOURT D. (2003), *Dictionnaire d’histoire et philosophie des sciences*. PUF/ Quadrige.

- LE GOFF J. (1985), *Les intellectuels au Moyen Age*, Editions du Seuil.
- LE JALLE E. (1999), *Hume et la régulation morale*, PUF.
- LEIBNIZ G. W. (1695), « Système nouveau de la nature et de la communication des substances », *Journal des Savants*, 27 juin, p. 294-300 ; 4 juillet, p. 301 – 306.
- LEIBNIZ G. W. (1696), « Eclaircissement du nouveau système de la nature et de la communication des substances », *Journal des Savants*, 2 et 9 avril, p. 166-171
- LEIBNIZ G. W. (1696), « Second éclaircissement du nouveau système de la nature et de la communication des substances », *Histoire des ouvrages des savants*, février. Réédition in Paul Janet (ed.), *Œuvres philosophiques de Leibniz*, tome 1, 1900, Alcan, p. 653 - 655.
- LEIBNIZ G. W. (1696), « Troisième éclaircissement du nouveau système de la nature et de la communication des substances », *Journal des Savants*, 19 novembre, p. 451 – 455.
- LEIBNIZ G. W. (1704), *Nouveaux essais sur l'entendement humain*, in Paul Janet (ed.), *Œuvres philosophiques de Leibniz*, tome 1, 1900, Alcan, p. 13 – 498.
- LEIBNIZ G. W. (1714), *La Monadologie*, in Paul Janet (ed.), *Œuvres philosophiques de Leibniz*, tome 1, 1900, Alcan, p. 707 – 722.
- LEIBNIZ G. W. (1714), *Principes de la nature et de la Grâce fondés en raison*, in Paul Janet (ed.), *Œuvres philosophiques de Leibniz*, tome 1, 1900, Alcan, p. 723 – 731.
- LEVY E. (1991), *Le statut de la monnaie chez Jean Buridan et Nicole Oresme*, Mémoire de DEA, Université de Paris I.
- LIEGEOIS (1863), *Essai sur l'histoire et la législation de l'usure*, P.E Durand. Paris.
- LOCKE J. (1696), *Further Considerations Concerning the Value of Money*, London, Awnfham and John Churchill.
- LOCKE J. (1693), *Some Thoughts concerning Education*, traduction française, *Quelques pensées sur l'éducation*, Vrin, 2007.
- LOCKE J. (1691), *Some Considerations of the Consequences of the Lowering of Interest and Raising the Value of Money*, London, Awnfham and John Churchill, 2nd edit, 1696.
- LOCKE J. (1690), *Essay concerning Human Understanding*, traduction française, *Essai sur l'entendement humain*, livres I et II, Vrin, 2001.
- LOCKE J. (1689), *Two Treatises of Government*, traduction française, *Deux traités du gouvernement*, Vrin, 1997.
- LOCKE J. (1664), *Essais sur la loi de nature*, ed. Guineret H. (1986), Centre de Philosophie politique et juridique, Université de Caen.
- LORDON F. (2006), *L'intérêt souverain, Essai d'anthropologie économique spinoziste*, La Découverte, Paris.
- LOWRY S.T (1987), *Pre-Classical Economic Thought: From the Greeks to Scottish Enlightenment*, Kluwer, Dordrecht.
- LUMINET J.P (2008), *La discorde céleste : Képler et le trésor de Tycho Brahe*, Lattes.
- MAINE DE BIRAN (1819), *Exposé de la doctrine philosophique de Leibniz*, Paris.
- MALEBRANCHE N. (1976), *Œuvres complètes, tome V, Traité de la Nature et de la Grâce*, Vrin, Bibliothèques des Textes Philosophiques.
- MALESTROICT (1566), « Les paradoxes du Seigneur de Malestroict, Conseiller du Roy, et Maître Ordinaire de ses comptes, sur le fait des monnoyes, présentés à sa maiesté, au mois de mars, MDCLXVI ».
- MALYNES G. (1622), *The Maintenance of Free Trade*.
- MALYNES G. (1601), *A Treatise of the Canker of Englands Common Wealth*.
- MANDEVILLE B. (1714), *From the fable of the bees : or, private vices, publick benefiits*,
- MANDEVILLE B. (1723), *Recherche sur la nature de la société*. Addition à la seconde édition (1723) de la fable des abeilles », Babel, 1998.
- MANDROU R., PEARCE B. (1978), *From Humanism to Science, 1480 – 1700*, Penguin.
- MAUPERTUIS (1782), *Discours sur les différentes figures des astres*, Imprimerie royale.
- MESNARD P. (1949), « Jean Bodin et la critique de la morale d'Aristote », *Revue thomiste*, numéro 59, p. 525-562.
- MEYER M. (1994), *La philosophie anglo-saxonne*, PUF.
- MICHEL P.H (1960), *Giordano Bruno et le système de Copernic*, Editions Contemporaines Boivin, Paris.
- MICHEL P.H (1962), *La cosmologie de Giordano Bruno*, Vrin.
- MICHELET (1974), *Œuvres complètes, Histoire de France*, Editions P. Viallanex, Paris.
- MICHON C. (1992), *Nominalisme : la théorie de la signification d'Occam*, Paris, Vrin.
- MINOIS G. (2000), *Galilée*, PUF.
- MIRABEAU V.R (1759), *L'ami des hommes ou Traité de la population*. Ce document est extrait de la base de données textuelles Frantext réalisée par l'Institut National de la Langue Française (INaLF).
- MIROWSKI P. (2001), *Plus de chaleur que de lumière : L'économie comme physique sociale, la physique comme économie de la nature*, Economica.

- MISSELDEN E. (1622), *Free Trade or, The Means to Make Trade Flourish*, S Waterson.
- MISSELDEN E. (1623), *The Circke of Commerce or the Balance of Trade, in defence of Free Trade*, N. Bourne.
- MONCHRETIEN A. (1619), *L'économie politique patronale, Traité de l'oeconomie politique*, in TH. Funck – Brentano (1889), librairie Plon, Paris.
- MORE T. (1987), *L'Utopie*, GF Flammarion.
- MOREAU P-François « Hobbes. Philosophie, science religion » PUF Philosophies 1989
- MORMINO G. (2003), Le rôle de Dieu dans l'œuvre scientifique et philosophique de Christiaan Huygens, *Revue d'histoire des sciences*, vol 56, n°1, p. 113-133.
- MUGNAI M. (2001989), « Leibniz, le penseur de l'universel », *Les Génies de la Science*, août, n°28.
- MUN T. (1664), *Englands Treasure by Forraign Trade. Or The Balance of our Forraign Trade is The Rule of our Treasure*, London.
- NOLEN D. (1881), *La Monadologie*, Paris.
- NORTH D. (1691), *Discourses Upon trade*, London, Basset.
- OFFRAY DE LA METTRIE J. (1748), *L'homme machine*, Bibliotheca Augustana.
- ORESME N. (1377), *Le Traité du ciel et du monde*, livre II, chapitre 25, traduit de l'ancien français par Lassalle et Souffrin, publié in *Terres médiévales* sous la direction de Bernard Ribémont, Klincksieck, 1993, p. 315-333.
- ORESME N., BARTOLE de SASSOFERRATO, BURIDAN J. (1989), *Traité des monnaies et autres Ecrits monétaires du XIV^{ème} siècle*, Textes réunis et introduits par Claude Dupuy, La manufacture.
- OSLER M. J. (1994), *Divine Will and the Mechanical Philosophy: Gassendi and Descartes on Contingency and Necessity in the Created World*, Cambridge University Press, Cambridge.
- PANACCIO C. (1992), *Les mots, les concepts et les choses. La sémantique de Guillaume d'Occam et le nominalisme d'aujourd'hui*. Paris, Vrin.
- PICARD O. (1980), *Considérations historiques, éthiques (chrématistique), économiques, juridiques sur la monnaie chez Aristote*, CNRS, Ktéma Strasbourg, n°5, p. 267 – 276.
- PETTY W. (1690), *Political Arithmatick*, Clavel.
- POLANYI K., ARENSBERG C. (1957), *Trade and Market in Early Empires*, The Free Press, New York. Traduction française, (1977), *Les systèmes économiques dans l'histoire et dans la théorie*, Larousse, Paris.
- PLATON (2002), *La République*, Garnier – Flammarion.
- PLATON (1999), *Le Timée*, Garnier - Flammarion
- PRIBRAM K. (1986), *Les fondements de la pensée économique*, Economica.
- PRIGOGINE I., STENGERS I. (1986), *La nouvelle alliance. Métamorphose de la science*, Folio Gallimard.
- PUFENDORF S. (1732), *Le droit de la nature et des gens*, Bibliothèque de philosophie politique et juridique.
- ROBORTELLO F., AGRICOLA R. (1996), « La méthode entre le droit et l'histoire : Jean Bodin », in Couzinet M-D et Vasoli C. (ed.), *Histoire et Méthode de la Renaissance*, Vrin.
- ROCCHI J. (2004), *L'irréductible Giordano face à l'Inquisition*, Syllepse.
- RONAN C. (1988), *Histoire mondiale des sciences*, Seuil Points.
- ROSSI P. (1999), *Aux origines de la science moderne*, Seuil Points Sciences.
- ROUSSEAU J.J (1992), *Du contrat social*, GF Flammarion.
- ROUSSEAU J.J (1990), *Sur l'économie politique. Considérations sur le gouvernement de Pologne. Projet pour la Corse*, GF Flammarion.
- RULIE P. (1780), *Théorie de l'intérêt de l'argent, tirée des principes du droit naturel, de la théologie et de la politique, contre l'abus de l'imputation d'usure*, Barrois, Paris.
- SAINT THOMAS d'AQUIN (1269), *Commentaires de la Politique*, jusqu'au livre III, lecture 6, d'Aristote.
- SAINT THOMAS d'AQUIN (1266 – 1273), *Summa Theologica*, in Abbé George Malé, Théologie de Saint Thomas ou exposition de la somme théologique, 1832, Librairie Catholique de Périsse, Paris.
- SAINT THOMAS d'AQUIN (1269), *Commentaires de l'Ethique à Nicomaque* d'Aristote.
- SAINT-THOMAS d'AQUIN (1265 – 1267), *Setentia Libri Ethicorum*, V, 7, 8, 9.
- SAISSE E. (1857), *Discours sur la philosophie de Leibniz*, Paris.
- SANDORI P. (1983), *Petites logiques des forces, construction et machines*, Seuil Points.
- SCHUMPETER A.J. (1954), *History of Economic Analysis*, George Allen & Unwin. Traduction française, (1983), *Histoire de l'analyse économique*, 3 tomes, Gallimard, Paris.
- SENN F. (1905), *Le Nexum, contrat de prêt du très ancien droit romain*, Paris, in 8°, 47 p.
- SERIS J.P (1987), *Machine et communication*, Vrin.
- SERRES M. (1968), *Le système de Leibniz et ses modèles mathématiques*, PUF.
- SIMAAN A. (2005), *L'image du monde De Newton à Einstein*, Vuibert.
- SOUFFRIN P. (1993), « Oresme, Buridan, et le mouvement diurne de la terre ou des cieus » in *Terres médiévales*, sous le direction de B. Ribémont, Klincksieck.
- STEVIN S. (1585), *L'art pondénaire ou de la Statique* in Albert Girard (ed.), *Œuvres Mathématiques de Simon Stevin de Bruges*, Bonaventure et Abraham Elsevier, Leyde, 1634.
- STENGERS I. (1995), *L'invention des sciences modernes*, Champs Flammarion.

- STRAUSS L., CROPSEY J. (1994), *Histoire de la philosophie politique*, Léviathan PUF.
- SZCZECINIARZ J.J (1998), *Copernic et le mouvement de la terre*, Paris, Flammarion.
- TASCHOW U. (2003), *Nicole Oresme und der Frühling der Moderne*, Die Ursprünge unserer modernen quantitativ-metrischen Weltaneignungsstrategien und neuzeitlichen Bewusstseins- und Wissenschaftskultur, Avox Medien Verlag.
- TAUSSIG S. (2005), *Vie et mœurs d'Épicure par Pierre Gassendi*, Les Belles Lettres, Paris.
- TAUSSIG S. (2003), *Pierre Gassendi, introduction à la vie savante*, Brepols, Paris.
- THEIL P. (1961), *Les bâtisseurs du Monde d'Aristote à Copernic*, Editions Seghers.
- Traduction œcuménique de la Bible « Ancien testament » Le Livre de Poche 1975
- Traduction œcuménique de la Bible « Nouveau testament » Société biblique française, Le Cerf 1988
- TORTAJADA R. (1992), « La renaissance de la scholastique, la réforme et les théories du droit naturel », in Béraud et Faccarello (dir), *Nouvelle histoire de la pensée économique*, tome 1, Editions La Découverte, Paris, p. 71-91.
- TORTAJA R. (1987), « M. de Malestroit et la théorie quantitative de la monnaie », *Revue Economique*, vol 38, n°4, p. 853 – 876.
- TURGOT A.R.J (1997), *Formation et distribution des richesses*, GF Flammarion.
- VAN DE WIEL C. (1991), *History of Canon Law*, Louvain.
- VANNERUS J. (1952), *Les Lombards dans l'ancien pays du Luxembourg*, Bruxelles, Bulletin de l'Institut historique belge de Rome.
- VATIN F. (1993), *Le travail : Economie et Physique 1780-1830*, PUF.
- VAUBAN (1707), *Projet d'une dîme royale qui, supprimant la taille, les aydes, les doüanes d'une province à l'autre, les décimes du Clergé, les affaires extraordinaires... produiroit au Roy un revenu certain et suffisant* [Document électronique] Ce document est extrait de la base de données textuelles Frantext réalisée par l'Institut National de la Langue Française (INaLF).
- VAUGHAN R. (1675), *A discourse of Coin and Coinage*,
- VEDRINE H. (1999), *La conception de la nature chez Giordano Bruno*, Vrin.
- VIDAL-NAQUET E. (1900), *Oresme*, in Say Léon, *Nouveau dictionnaire d'économie politique*, t. 2, Paris Guillaumin.
- VILAIN C. (2006), *Impetus*, in *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*, dir Dominique Lecourt, PUF.
- VILLEY M. (1973), « *La Justice Harmonique selon Bodin* » in Dentzer H ; (ed.), *Actes du colloque international Jean Bodin*, Munich, Beck.
- VIRIEUX-REYMOND A. (1986), *Les grandes étapes de l'épistémologie jusqu'à Kant*, Patiño.
- WAGNER P. (2002), *Les philosophes et la science*, Folio Essais Gallimard.
- WASZEK N. (2003), *L'Ecosse des Lumières. Hume, Smith, Ferguson*, PUF Philosophies.
- WEBER M. (1991), *Histoire économique. Esquisse d'une histoire universelle de l'économie et de la société*, NRF Gallimard.
- WINTER J. (2004), *La création de l'infini, Giordano Bruno et la pensée cosmique*, Calmann Levy.
- XENOPHON (1995), *L'Economie*, Rivages Poche/ Petite Bibliothèque.
- XENOPHON (1967), *Œuvres complètes I*, GF Flammarion.
- YAKIRA E. (1994), *La causalité de Galilée à Kant*, PUF Philosophies.
- ZOUKERMANN R. (1968), *Galilée, Penseur libre*, Editions rationalistes, Paris.