

De la physique à la science économique, nouveaux regards sur le statut scientifique des travaux walrassiens¹

Arnaud Diemer, Hervé Guillemin
PHARE-GRESE Paris I, OMI – HERMES Reims

De tout temps, les économistes ont éprouvé le besoin de définir leur domaine d'étude. Au 19^{ème}, le sentiment qu'ils avaient d'être les responsables d'une discipline qui s'émancipait de la morale et de la politique, s'était beaucoup renforcé, et pratiquement tous les Traités d'économie cherchèrent à définir ce nouveau champ. Dans son *Cours d'économie politique*, Storch (1815) considère que l'économie politique est la science « *des lois naturelles qui déterminent la prospérité des nations* ». Dans ses *Principes d'économie politique*, Mc Culloch (1849) définit l'économie politique comme « *la science des lois qui règlent la production, l'accumulation, la distribution, et la consommation des articles ou des produits qui sont nécessaires, utiles ou agréables à l'homme et qui en même temps possèdent une valeur d'échange* ». Dans son *Histoire de l'analyse économique*, Schumpeter (1983, p. 216) rappelle que « *toutes les définitions de la période insistent sur l'autonomie de la Science économique à l'égard des autres sciences morales ou sociales* ». De nombreux économistes (Say, Mill...) mirent en avant son caractère analytique (scientifique), sa méthodologie et ses analogies avec les sciences physiques. Auguste et Léon Walras font partie de cette génération d'économistes, tournés vers le progrès scientifique et la recherche de la vérité.

Notre papier reviendra sur trois périodes importantes dans la constitution du programme scientifique walrassien. La première période (1831- 1874) s'appuie sur les travaux d'Auguste Walras et les premières réflexions de Léon Walras. A partir d'une démarche scientifique rigoureuse et d'une classification des connaissances (Ampère, 1832), Auguste établit une théorie du fait général. L'économie politique serait une science de la richesse sociale. La richesse est à la fois un fait général et une grandeur appréciable. Dès lors, cette science peut être aussi précise et rigoureuse que la physique, la chimie ou la mécanique. Elle relèverait même de l'arithmétique : « *il est aisé de voir que la richesse, comme toutes les autres grandeurs appréciables, se soumet aux lois qui régissent les nombres. On compare des valeurs, comme on compare des lignes, des angles, des surfaces... et ce sont les mêmes principes qui gouvernent toutes ces comparaisons* » (1831, p. 270). Auguste Walras accueillera avec ferveur les premières tentatives de Léon en vue d'élaborer une économie mathématique : « *J'ai essayé, dans ma théorie de la richesse, de distinguer très nettement l'utilité de la valeur échangeable. Je crois y avoir réussi. J'ai insisté sur ce point de vue que la valeur est une grandeur appréciable, comme la longueur, comme la pesanteur, comme la vitesse. Je n'ai donc pas repoussé les mathématiques du domaine de la richesse sociale. Au contraire, j'ai fait un appel sincère et motivé de leur intervention* » (lettre du 18 mai 1861). Dès 1859, Léon Walras disposait donc d'un matériau exceptionnel et rédigé pour établir les bases de sa « révolution scientifique ». La deuxième période (1874 – 1900) introduit la vision tripartite de l'économie politique². L'économie pure et la mécanique « élémentaire » ont une conception commune du monde : celle de l'équilibre. Léon Walras fait directement référence aux travaux de Poinsot (1811). Si la mécanique de Lagrange et Laplace (des machines sans frottements) fait office de point d'ancrage pour la science économique, c'est pour mieux appréhender la pertinence de la physique

¹ Ce terme renvoie aux travaux d'Auguste et de Léon Walras.

² « *La partie économique de la science sociale comprend en réalité trois sciences distinctes et par leur objet et par leur caractère: 1. l'économie politique pure ou l'étude des lois en quelque sorte naturelles et nécessaires, suivant lesquelles l'échange, la production, la capitalisation et la circulation de la richesse sociale tendraient à se faire sous un régime hypothétique de libre concurrence organisée (ce qui est tout autre chose que le simple laisser-faire); 2. L'économie sociale ou la recherche des lois morales qui devraient présider à sa répartition; et 3. L'économie politique appliquée ou la recherche des règles d'utilité suivant lesquelles devrait s'effectuer sa production* » (1987, p.507).

mathématique. Les mathématiques permettent en effet de formuler des lois scientifiques, de substituer la relation fonctionnelle à la relation causale et d'évoquer l'émergence de l'économie mathématique (la science des grandeurs). La troisième période (1901 – 1909) cherchera à consolider l'œuvre walrassienne en se tournant vers les mathématiciens. Elle renvoie également à la rédaction de l'article « *Mécanique et Economique* ». Léon Walras tente de donner une certaine légitimité scientifique à ses travaux. Son œuvre fait référence à la fois à la physique mathématique (Poincaré, 1902, 1906), à la mécanique rationnelle (Leibniz, 1684 ; Cournot, 1875 ; Fisher, 1892) et à la mécanique céleste (Newton, 1722 ; Poincaré, 1902 ; Picard, 1905). Toutes les lois économiques sont rattachées à une figure mathématique emblématique, « *l'équation différentielle* ».

I. Auguste Walras et les analogies méthodologiques

En ce début de 19^{ème} siècle, et ce malgré la parution de l'*Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert (1751-1765), philosophes et scientifiques continuent à manifester leur enthousiasme lorsqu'il s'agit de concevoir une nouvelle classification des connaissances (Condorcet, 1797). Parmi ces tentatives, celle d'Ampère³, physicien reconnu, mérite de retenir notre attention. Introduit à l'Académie des Sciences dès 1814, Ampère donnera des leçons de psychologie et de métaphysique au Collège de France. C'est à la suite de ces cours qu'il fût amené à publier en 1832, une première esquisse de sa classification dans la *Revue encyclopédique*. Auguste Walras ne semble avoir pris connaissance des travaux d'Ampère qu'à la parution de l'*Essai sur la philosophie des sciences* (1834 pour la première partie, et 1843 pour la seconde). Cependant une présentation de cette classification nous paraît nécessaire pour comprendre le cheminement de la pensée des deux Walras⁴. En effet, dans une lettre du 6 juin 1859, Auguste proposera à Léon de lui envoyer quelques commentaires du dit manuscrit⁵ (dans une seconde lettre datée du 22 juin de la même année, Auguste s'excusera auprès de son fils, il comptait lui envoyer l'ouvrage, mais certaines circonstances l'ont conduit à reporter cet envoi). Auguste Walras ne pense pas qu'il soit possible de dresser une liste fidèle des connaissances humaines et de dresser un tableau méthodique de toutes les sciences. Pour se lancer dans une telle entreprise, il faudrait les posséder toutes, or « *personne ne peut se flatter d'un pareil avantage* » (1832, p. 107). Une classification, même incomplète, est cependant pertinente si elle repose sur des faits qu'il convient d'ordonner, de comprendre et d'associer. En ces temps où l'économie politique peine encore à trouver sa place dans le vaste système des connaissances humaines, Auguste Walras entend ainsi définir l'objet et la nature de cette science. L'économie politique serait le fruit de l'observation et du raisonnement. Intimement liée aux autres sciences, il convient toutefois de préciser les limites naturelles de son étude. Dans son *Cours professé à Evreux* (1832) et ses *Notes et exposés de philosophie générale*⁶ (1863, inédites), Auguste Walras cherchera à poser les bases d'une véritable démarche scientifique pour l'économie politique. Il insistera tout particulièrement sur la théorie du fait général, celle de la valeur d'échange. Une théorie qui constituera la pierre angulaire de la révolution scientifique qu'amorcera Léon, dès 1874.

1. La classification des sciences selon Ampère

André-Marie Ampère est avant tout connu pour ses travaux en physique, pourtant, il figure avec Maine de Biran, parmi les initiateurs de la « *rénovation philosophique qui a occupé les quinze premières années* » du 19^{ème} siècle (Barthélemy St Hilaire, 1866). De 1804 à 1815, les deux hommes vont entretenir une importante correspondance, posant les bases d'une « *doctrine commune sur le sentiment du moi et de l'activité* » (Naville, 1857, p. 152). Durant toutes ces années, Ampère, livré aux recherches les plus variées, partagera sa temps entre la psychologie, la métaphysique (il

³ Ampère fût nommé secrétaire du bureau consultatif des Arts et Métiers à partir de mars 1806. Il devint professeur d'Analyse et de Mécanique à l'Ecole Polytechnique en 1809.

⁴ Un autre économiste s'est intéressé à la classification d'Ampère, il s'agit de Cournot (1838).

⁵ Léon Walras se servira des travaux d'Ampère dans sa *Classification des Sciences*, notamment de la science pure naturelle (Potier, 1994).

⁶ Fonds Walras, Lyon, FA III, A13-03-07.

anime à Lyon des séances de discussion), les mathématiques, la physique et une foule d'autres sciences. Son *Essai sur la philosophie des Sciences* (1834, 1843), enseigné sous la forme de leçons au Collège de France, constitue l'aboutissement d'un vaste projet⁷ : celui de classer l'ensemble des connaissances humaines en vertu d'un principe, *la vérité scientifique*.

Dans cet *Essai*, Ampère précise ce qu'il faut entendre par science. La distinction généralement admise entre les sciences (connaissance) et les arts (connaissance et exécution) n'a aucune raison d'être, tous deux entrent dans la classification des connaissances. En effet, « *sous le rapport de la connaissance, tout art, comme toute science, est un groupe de vérités démontrées par la raison, reconnues par l'observation ou perçues par la conscience, que réunit un caractère commun ; caractère qui consiste soit en ce que ces vérités se rapportent à des objets de même nature, soit en ce que les objets qu'on y étudie y sont considérés sous le même point de vue* » (1834, p. 6). Il est ainsi possible de définir et de classer les sciences en vertu de la nature des objets auxquels elles se rapportent, mais également en fonction des divers points de vue⁸ sous lesquels on considère ces objets. Ampère distingue deux sortes de classifications : les classifications artificielles et les classifications naturelles. Dans les premières, quelques caractères choisis arbitrairement, servent à déterminer la place de chaque objet, en faisant abstraction des autres. Le choix étant arbitraire, il est possible d'imaginer différents systèmes de classification (ordre alphabétique du dictionnaire). Dans les secondes, on emploie tous les caractères essentiels aux objets dont on s'occupe. Les résultats sont adoptés tant que les objets présentent un certain nombre d'analogies. Ampère note qu'une classification fondée sur la nature même des objets et de l'intelligence humaine présente certains avantages. C'est tout d'abord la plus complète (même si elle présente le revers de se modifier à chaque fois qu'un nouveau rapport est découvert). C'est ensuite la meilleure façon de diviser les connaissances humaines que se partage un grand nombre de savants, en classes et en sections (c'est le principe de classification retenue par l'encyclopédie). C'est enfin un excellent moyen de tracer les limites de chaque science (chaque science est associée à une autre science en fonction des analogies les plus marquées). Conjointement à ces analogies, Ampère introduit des relations d'ordre. Les sciences du premier ordre sont celles qui réunissent toutes les connaissances relatives à un même objet. Chaque science du premier ordre est partagée en deux sciences du deuxième ordre, lesquelles sont à leur tour, subdivisées en deux sciences du troisième ordre. Toutes les sciences du deuxième et du troisième ordre étant contenues dans celles du premier ordre, Ampère se tourne vers la classification des sciences du premier ordre qu'il associe en règnes et embranchements. Toutes les connaissances sont séparées en deux règnes : l'un comprenant toutes les vérités relatives au monde matériel (*les sciences cosmologiques*), l'autre tout ce qui se rapporte à la pensée humaine (*les sciences noologiques*). Chacun de ces règnes est à son tour divisé en deux sous-règnes. Les sciences cosmologiques contiennent d'une part, les vérités relatives à l'ensemble inorganique du monde, d'autre part, toutes celles qui se rapportent aux êtres organisés. Les sciences noologiques ont pour objet, d'une part, l'étude de la pensée et des moyens par lesquels les hommes communiquent leurs idées, leurs sentiments, leurs passions, et d'autre part, des sociétés et des institutions qui régissent les hommes.

Au-delà de l'aspect formel de la classification, Ampère insiste sur un principe méthodologique : « *Quel que soit l'objet de ses études, l'homme doit d'abord recueillir les faits, soit physiques, soit intellectuels ou moraux ; il faut ensuite qu'il cherche ce qui est en quelque sorte caché sous ces faits ; ce n'est qu'après ces deux genres de recherches qui correspondent aux deux points de vue*

⁷ Ampère renvoie l'origine de son travail à deux interrogations : 1° Qu'est ce que la physique générale et par quel caractère précis est-elle distinguée des autres sciences ? 2° Quelles sont les différentes branches de la physique générale qu'on peut considérer comme autant de sciences particulières ?

⁸ Ampère distingue quatre points de vue. Le premier, qualifié d'*autoptique*, correspond aux conceptions primitives. Il s'agit des formes (étendue, durée, causalité) sous lesquelles nous apparaissent les phénomènes. Le deuxième, nommé *cryptoristique*, s'occupe de tout ce qui est caché derrière les apparences, en l'occurrence, les conceptions objectives. Le troisième, qualifié de *troponomique*, compare les propriétés des corps ou les faits intellectuels pour établir des lois générales. Il renvoie à des conceptions *onomatiques*. Le point de vue *cryptologique* repose sur la dépendance mutuelle des causes et des effets. Il s'agit de conceptions explicatives.

subordonnés compris dans le premier point de vue principal, qu'il peut comparer les résultats obtenues jusque là, et en déduire les lois générales ; comparaisons et lois qui appartiennent également au troisième point de vue subordonné : alors il peut remonter aux causes des faits qu'il a observés sous le premier, analysés sous le second, et comparés, classés et réduits à des lois générales dans le troisième ; cette recherche des causes de ce qu'il a appris dans les trois premiers points de vue, et celle des effets qui doivent résulter de causes connues, constituent le quatrième point de vue subordonné, et complètent ainsi tout ce qu'il est possible de savoir sur l'objet qu'on étudie » (1834, p. XIX). Ce principe de classification naturelle des connaissances humaines est associé à une science qu'il nomme **mathésiologie**. La mathésiologie se propose d'établir, d'une part, les lois qu'on doit suivre dans l'étude ou l'enseignement des connaissances humaines, et de l'autre, la classification naturelle de ces connaissances. Le tableau de classification des connaissances humaines est ainsi constitué sur le principe de la mathésiologie. On commence par les sciences qui reposent sur un petit nombre de principes et d'idées. Les sciences mathématiques, comparativement aux autres sciences, répondent à cette exigence : « les sciences mathématiques se composent d'idées immédiatement tirées de la contemplation de l'univers » (1934, p. 236). Aux mathématiques, Ampère fait succéder les sciences où l'on s'occupe des propriétés inorganiques des corps ; puis toutes les sciences qui étudient les êtres vivants (le naturaliste, le médecin). Cette classification pour être parfaite, devra cependant tenir compte d'un élément important : l'étude de l'homme (c'est-à-dire des sciences philosophiques, morales et politiques).

1^{er} tableau : division de toutes les connaissances en règnes, sous-règnes et embranchements

1 ^{er} règne			2 nd règne		
Règnes	Sous règnes	Embranchements	Règnes	Sous règnes	Embranchements
Sciences cosmologiques	A. Cosmologiques proprement dites	I. Mathématiques II. Physiques	Sciences noologiques	C. Noologiques proprement dites	V. Philosophiques VI. Dialectiques
	B. Physiologiques	III. Naturelles IV. Médicales		D. Sociales	VII. Ethnologiques VIII. Politiques

2^{ème} tableau : division de chaque embranchements en sous embranchements et sciences du 1^{er} ordre

1 ^{er} règne			2 nd règne		
Embranchements	Sous embranchements	Sciences 1 ^{er} ordre	Règnes	Sous règnes	Embranchements
I. Sciences mathématiques	a. Mathématiques (p.d)	1. Arithmologie 2. Géométrie 3. Mécanique 4. Uranologie	V. Sciences Philosophiques	a. Philosophiques (p.d)	1. Psychologie 2. Métaphysique 3. Ethique 4. Thélésiologie
	b. Physico-mathématiques			b. Morales	
II. Sciences physiques	c. Physiques (p.d)	5. Phys générale 6. Technologique 7. Géologie 8. Orctotechnie	VI. Sciences Dialectiques	c. Dialectiques (p.d)	5. Glossologie 6. Littérature 7. Technesthétique 8. Pédagogie
	d. Géologiques			d. Eleutherotechniques	
III. Sciences naturelles	e. Phytologiques	1. Botanique 2. Agriculture 3. Zoologie 4. Zootechnie	VII. Sciences Ethnologiques	e. Ethnologiques (p.d)	1. Ethologie 2. Archéologie 3. Histoire. 4. Hiérotologie
	f. zoologiques (p.d)			f. Historiques	
IV. Sciences médicales	g. Physico médicales	5. Phys médicale 6. Hygiène 7. Nosologie 8. Méd pratique	VIII. Sciences Politiques	g. Ethnorytiques	5. Nomologie 6. Art militaire 7. Economie sociale 8. Politique
	h. Médicales (p.d)			h. Ethnélogiques	

Extrait du 3^{ème} tableau : division des sciences du 1^{er} ordre en sciences du 2^{ème} et du 3^{ème} ordre

1 ^{er} règne			2 nd règne		
1 ^{er} ordre	2 ^{ème} ordre	3 ^{ème} ordre	1 ^{er} ordre	2 ^{ème} ordre	3 ^{ème} ordre
1. Arithmologie	a. Arithmologie élémentaire b. Mégéthologie	11. Arithmographie 12. Analyse Mathém 13. Théories des fonct 14. Théories des prob	1. Psychologie	a. Psychologie élémentaire b. Psychognosie	11. Psychographie 12. Logique 13. Méthodologie 14. Idéogénie
2. Géométrie	c. Géométrie élémentaire d. Théorie formes	21. Géom synthétique 22. Géom analytique 23. Lignes et surfaces 24. Géom moléculaire	2. Métaphysique	c. Ontothétique d. Ontognosie	21. Ontologie élément 22. Théologie naturelle 23. Ontologie comparée 24. Théodicée
3. Mécanique	e. Mécanique	31. Cinématique	3. Ethique	e. Ethique	31. Ethographie

	élémentaire f. Mécanique transcendantale	32. Statique 33. Dynamique 34. Méca moléculaire	.	élémentaire f. Ethognosie	32. Physiognomonie 33. Morale pratique 34. Ethogénie
4. Uranologie	g. Uranologie élémentaire h. Uranognosie	41. Uranographie 42. Héliostatique 43. Astronomie 44. Méca céleste	8. Pédagogique		
5. Phys générale	i. Physique générale élémentaire j. Physique mathématique	51. Phy expérimentale 52. Chimie 53. Stéréonomie 54. Atomologie	1. Ethologie . .		
6. Technologique	k. Technologie élémentaire l. Technologie comparée	61. Technographie 62. Cerdoristique indu 63. Economie indust 64. Physique indust	7. Economie sociale 8. Politique	n. Chrématologie o. Economie sociale (p.d) p. Synciménique q. Politique (p.d)	71. Statistique 72. Chrématogénie 73. Dianémétique 74. Coenolbologie 81. Ethnodicée 82. Diplomatie 83. Cybernétique 84. Théorie du pouvoir

Source : Ampère (1834, p. 273)

Cette classification des sciences s'appuie sur une décomposition entre les sciences cosmologiques et les sciences noologiques.

- Les sciences cosmologiques n'empruntent à l'observation que des notions de grandeur ou de mesure. On peut en effet étudier les vérités qu'elles renferment sans recourir aux autres branches de nos connaissances. Parmi les sciences du troisième degré relatives à la mesure des grandeurs, les unes se rapportent à toutes les grandeurs en général, les autres à des grandeurs particulières (telles que l'étendue, la durée, les mouvements, les forces). Dans le 1^{er} cas, quatre sciences du troisième ordre, *l'arithmographie* (l'écriture des nombres repose sur des caractères, des signes et des lettres) ; *l'analyse mathématique* (cette science conduit à partir de relations données pour en déduire les valeurs des éléments inconnus, on fait référence ici aux équations) ; *la théorie des fonctions* (il s'agit des lois mathématiques sur lesquelles reposent la solution de tout problème, on parle ici de calcul différentiel et de calcul intégral) et *la théorie des probabilités* (science qui consiste à rechercher les causes plus ou moins probables des évènements) constituent une science du premier ordre, baptisée **Arithmologie** (la connaissance des nombres). Les deux premières sciences renferment des notions simples qu'Ampère regroupe dans une science du 2^{ème} ordre, *l'arithmologie élémentaire*. Les deux dernières sciences font référence à des connaissances plus complexes (approfondissement du sujet), Ampère les a associées à la **Mégéthologie**. Dans le second cas, quatre sciences du 3^{ème} ordre, la *géométrie synthétique* (il s'agit de partir de vérités simples et évidentes, de les combiner pour en découvrir d'autres plus complexes), *la géométrie analytique* (application de l'algèbre à la géométrie), *la théorie des lignes et des fonctions* (application de la théorie des fonctions aux variations des lignes ou des angles de manière à formuler des lois générales) et *la géométrie moléculaire* (détermination des formes primitives dans les corps susceptibles de se cristalliser), définissent une science du 1^{er} ordre, **la géométrie**. La géométrie synthétique et la géométrie analytique constituent une science du 2^{ème} ordre, la **géométrie élémentaire**, alors que la théorie des lignes (des surfaces) et la géométrie moléculaire renvoient à la **théorie des formes**. A la suite des sciences qui ont pour objet la mesure et les propriétés de l'étendue, Ampère introduit celles qui sont relatives à la détermination des mouvements et des forces. Quatre sciences du 3^{ème} degré constituent la **Mécanique**⁹. *La cinématique* considère les mouvements en eux-mêmes (indépendamment des forces), et spécialement dans les machines : « *la cinématique doit surtout s'occuper des rapports qui existent entre les vitesses des différents points d'une machine... ; en un mot, de la détermination de ce qu'on appelle vitesses virtuelles* » (1834, p. 52). A l'inverse, la *statique* traite des forces indépendamment des mouvements. La statique se servira des rapports de

⁹ Le mot mécanique est pris dans le sens des mathématiciens. Elle n'est pas une science qui s'occupe seulement des mouvements que présentent les corps, « *la mécanique, telle que l'ont conçue Euler, Lagrange, Laplace... donne des lois ... à tous les mondes possibles ; et la détermination de ces lois par le calcul repose sur des bases semblables aux premières données d'où l'on part dans les démonstrations de la géométrie* » (1834, p. 198).

vitesse virtuelle calculés dans la cinématique pour « *déterminer les conditions d'équilibre des différents systèmes de forces* » (1834, p. 53). Par la suite, la *dynamique* va considérer simultanément la cinématique et la statique. Elle comparera les forces aux mouvements qu'elles produisent, et en déduira des lois générales du mouvement. *La mécanique moléculaire* constitue quant à elle une tentative des mathématiciens d'appliquer aux molécules, les mêmes lois obtenues dans la dynamique pour les corps (il s'agit d'une théorie de l'équilibre et du mouvement des molécules). Pour compléter ce tableau du 1^{er} règne, apportons les quatre précisions suivantes :

1° la *mécanique céleste* (science du 3^{ème} ordre) n'est pas rattachée à la *Mécanique*. Elle fait partie avec l'uranographie, l'héliostatique et l'astronomie d'une science plus étendue, *l'Uranologie*. La mécanique céleste cherche à découvrir la cause de tous les mouvements célestes. Cette grande inconnue a été révélée par Isaac Newton, qui nous a appris comment l'attraction universelle (force inhérente à toutes les particules de la matière) produit des mouvements.

2° Les quatre sciences du 1^{er} ordre (arithmologie, géométrie, mécanique et uranologie) sont réunies par un caractère commun, celui de n'emprunter à l'observation que des notions de grandeurs et des mesures. Ampère en forme un embranchement qu'il désigne sous le nom de sciences mathématiques. Ces dernières se subdiviseraient en deux sous-embranchements : les *sciences mathématiques proprement dites*, composées par l'arithmétique et la géométrie ; les *sciences physico-mathématiques*, regroupant la mécanique et l'uranologie.

3° **La physique générale**¹⁰, science du 1^{er} ordre, fait partie du sous-règne des sciences cosmologiques qui ont pour objet les propriétés inorganiques des corps. Elle est constituée de quatre sciences du 3^{ème} ordre. La *physique expérimentale* renferme toutes les vérités qui résultent de l'observation immédiate des corps (états de dureté, d'élasticité, de pesanteur...). *La chimie* va chercher dans les corps les éléments dont ils se composent et les proportions dans lesquelles ces éléments sont combinés. *La stéréonomie*, c'est la loi des corps. Il s'agit ici de déterminer les lois des phénomènes (exprimées en formules) et d'en déduire par le calcul, toutes les vérités. *L'atomologie* revient sur les causes des phénomènes lesquelles résident dans les forces que les molécules de la matière exercent les unes sur les autres. La physique expérimentale et la chimie forment une science de 2^{ème} ordre, **la physique générale élémentaire**. Cette dernière décrit tous les phénomènes, montre leurs enchaînements et leur dépendance mutuelle. La stéréonomie et l'atomologie constituent une autre science, **la physique mathématique**. Cette distinction est importante, seule la physique mathématique symbolise la quête de la vérité scientifique : « *Alors le premier pourrait être étudié avec fruit par des hommes qui n'auraient que quelques teintures de mathématiques, et devrait faire partie de l'instruction commune ; le second serait destiné à ceux qui se proposent de connaître la physique à fond, et, par leurs propres travaux, d'en étendre le domaine* » (1834, p. 78).

4° Si Ampère place l'économie politique (qu'il appelle finalement économie sociale) dans les sciences noologiques (second règne), il note l'existence d'une science « à fort contenu économique » dans ce qu'il appelle la **science technologique**. *L'économie industrielle*, science du 3^{ème} degré, fait en effet partie des sciences cosmologiques. Il s'agit ici de comparer les différents procédés, instruments et machines sous le rapport de la perfection des produits obtenus et celui des frais encourus. L'économie industrielle symbolise « *les avantages de la division du travail pour obtenir les produits les plus économiques, c'est-à-dire, réunissant les conditions les plus favorables au producteur et au consommateur* » (1834, p. 82).

- Les vérités relatives à la pensée forment les *sciences noologiques*. Ces dernières viennent après les sciences cosmologiques, car l'existence de l'homme suppose celle du monde matériel, du globe

¹⁰ La physique générale étudie, comme les mathématiques, les propriétés des corps pour les connaître (indépendamment de toute application à nos besoins), elle présente cependant une circonstance qui échappe aux mathématiques. Elle se rapporte à une multitude de faits, dont la liaison et l'ordre (rangement dans l'ordre naturel ou de façon arbitraire) occupent une place importante. La physique mathématique exige « *de suivre l'ordre prescrit par l'enchaînement naturel des faits* » (1834, p. 204).

qu'il habite, des végétaux et des animaux dont il tire sa nourriture et tous les secours dont il a besoin. Les divisions et subdivisions considèrent soit la pensée en elle-même ; soit les signes par lesquels les hommes se transmettent leurs idées, leurs sentiments et leurs passions (1^{er} sous règne) ; soit tous les développements qu'elle prend à mesure que les sociétés humaines se développent elles-mêmes (2nd sous règne). **La psychologie, l'ontologie** (qui remplace en 1843 la métaphysique), **l'Éthique** et la **Thélesiologie** constituent les quatre sciences du premier ordre qui ont pour objet l'étude des facultés intellectuelles et morales de l'homme. Le premier embranchement du règne des Sciences noologiques est donc formé par les sciences philosophiques. Ce qui est donc propre à la philosophie d'Ampère, c'est l'application aux problèmes psychologiques et métaphysiques des procédés employés dans les sciences physiques et naturelles. Ampère est en effet persuadé que la psychologie et la métaphysique ont suivi la même marche que les sciences, elles ont traversé l'âge des hypothèses et sont à la veille d'une grande révolution, analogue à celle de Newton dans l'astronomie et de Lavoisier dans la chimie : « *Elle attend, le grand homme qui doit profiter des fécondes erreurs de ses prédécesseurs, pour l'élever au point de perfection qui l'attend* » (St Hilaire, 1866, p. 15). **La technesthétique, la glossologie, la littérature et la pédagogie** constituent les quatre sciences du 1^{er} ordre relatives aux moyens par lesquels l'homme agit sur l'intelligence ou la volonté des autres hommes. Le 2^{ème} embranchement du règne des sciences noologiques est rattaché aux *sciences nootechniques*. **L'ethnologie, l'archéologie, l'histoire et l'hiérologie** constituent les quatre sciences du 1^{er} ordre qui ont pour objet l'étude des sociétés humaines et toutes les circonstances de leur existence passée ou présente. Il ne s'agit plus d'étudier des individus mais bien des sociétés en masse. Ce 1^{er} embranchement des sciences sociales est qualifié de *sciences ethnologiques*. **L'économie sociale, l'art militaire, la nomologie et la politique** forment les quatre sciences du 1^{er} ordre relatives aux moyens par lesquels la nature pourvoit aux besoins, aux défenses et à tout ce qui peut contribuer à la conservation et à la prospérité des sociétés humaines. Ce 2^{ème} embranchement constitue *les sciences politiques*, qui se subdivisent en *sciences physico-sociales* (économie sociale, art militaire) et en *sciences ethnogétiques* (nomologie, politique).

<i>Règnes</i>	<i>Sous – règnes</i>	<i>Embranchements</i>
Sciences noologiques	C. Sciences noologiques proprement dites D. Sociales	V. Philosophiques VI. Nootechniques VII. Ethnologiques VIII. Politiques
<i>Embranchements</i>	<i>Sous embranchements</i>	<i>Sciences du 1^{er} ordre</i>
VIII. Sciences politiques	p. Physico-sociales q. Ethnogétiques	5. Economie sociale 6. Art militaire 7. Nomologie 8. Politique
<i>1^{er} ordre</i>	<i>2^{ème} ordre</i>	<i>3^{ème} ordre</i>
5. Economie sociale	j. Economie sociale proprement dite k Coenobologie	51. Statistique 52. Chrématologie 53. Coenobologie comparée 54. Coenobogénie

Source : Ampère (1843, p. 288).

Attardons-nous quelques instants sur le 1^{er} sous – embranchement, qualifié de **sciences physico-sociales**¹¹. En 1834, Ampère substituait le terme économie sociale à celui d'économie politique, « *les auteurs qui ont écrit récemment sur ce sujet, ont substitué à l'expression économie politique celle d'économie sociale, plus convenable à tous égards* » (1834, p. xvii). **L'économie sociale**, science du 1^{er} ordre, étudie « *les effets qui résultent de la manière dont les richesses sont distribuées et toutes les autres causes qui peuvent influencer sur le bonheur et la prospérité des nations* » (1834, p. 259). Elle serait composée de quatre sciences du troisième ordre. *La statistique* part de

¹¹ Ampère les nomme ainsi « *parce qu'elles s'occupent des moyens physiques de conserver et de faire fleurir les sociétés* » (1843, p. 149).

l'observation des faits. Elle doit cerner l'état de ce qui fait la richesse et la force d'une nation. Il s'agit d'estimer « de façon complète » l'étendue des productions, de l'industrie, du commerce, des revenus... *La chrématologie* (associée en 1834 à la chrématogénie) étudie ce qui est caché sous ces faits. Elle renvoie aux notions d'utilité et de richesses. Il s'agit de chercher comment se produisent les richesses et comment elles se consomment. A partir des résultats de la statistique et de la chrématologie, la *Coenolbologie*¹² comparée rapproche les faits, les compare et les ramène à des faits généraux. Il s'agit d'établir « des lois générales sur les rapports mutuels qui existent entre les différents progrès de bien être » (1843, p. 124) et à préciser les différentes manières selon lesquelles les richesses sont distribuées (concentration ou dispersion de la propriété). Ces lois sont fondées uniquement sur l'observation ou la comparaison des faits. La richesse et la propriété constitueront les deux champs importants de l'économie politique. Enfin, la *coenolbogénie* (qualifiée en 1834 de coenolbologie) revient sur les causes (des faits généraux) qui ont amélioré ou détérioré l'état social d'une nation. L'économie sociale est ainsi la première science parmi les sciences politiques. Elle s'interroge sur les moyens de subvenir aux besoins des sociétés. Cette manière d'appréhender l'économie politique ne peut nous laisser indifférents. Elle renvoie inmanquablement au *Traité d'économie politique* de J-B Say (cinq rééditions entre 1803 et 1826) qui nous enseigne comment se forment, se distribuent et se consomment les richesses qui satisfont aux besoins des sociétés. Les principes (lois générales) qui ont guidé J-B Say, l'ont effectivement amené à distinguer deux sciences généralement confondues : « l'économie politique, qui est une science expérimentale [au sens de Bacon], et la statistique, qui n'est qu'une science descriptive » (1826, *Discours préliminaire*). L'économie politique est fondée sur l'observation des faits. Les phénomènes dont elle cherche à faire connaître les causes et les résultats, sont associés soit à des faits généraux et constants ; soit à des faits particuliers. La statistique ne nous fait connaître que les faits arrivés ; « elle expose l'état des productions et des consommations d'un lieu particulier, à une époque désignée, de même que l'état de sa population, de ses forces, de ses richesses, des actes ordinaires qui s'y passent et qui sont susceptibles d'énumération. C'est une description très détaillée » (ibid). **Pour parvenir à la vérité, il faut identifier les faits essentiels et véritablement influents, ceux qui permettront des déductions rigoureuses.**

Pour conclure sur ce point, notons que la classification des sciences noologiques d'Ampère présente deux intérêts. Elle est tout d'abord pertinente. L'économie sociale est associée aux derniers développements de la théorie économique, l'économie politique de Jean-Baptiste Say. Elle est ensuite pragmatique. Si toutes les parties de l'économie sociale réclament les sciences mathématiques, physiques, et naturelles, ce n'est pas une raison pour les réunir, cela suggère juste que les sciences cosmologiques se placent avant les sciences noologiques.

2. Une méthode scientifique pour l'économie politique

Si Auguste Walras accorde une place importante aux travaux d'Ampère, ce n'est ni pour sa classification complète des connaissances humaines, ni pour sa présentation de l'économie sociale (le *Traité d'économie politique* de J-B Say est un ouvrage qu'il convient de dépasser). Auguste Walras souhaite appliquer aux sciences noologiques, et plus précisément à l'économie politique, une méthode qui a si bien réussi aux sciences physiques. Depuis les travaux de Francis Bacon (1650) et son *Novum Organum*, la méthode scientifique – employée notamment par Isaac Newton en physique et Adam Smith en économie politique – a engendré des progrès importants (Diemer, 2007). Cette méthode¹³ consiste à n'admettre comme vrais que les faits dont l'observation et l'expérience ont démontré la réalité, et comme vérités que les conclusions que l'on peut naturellement en tirer. Dans son discours prononcé le 9 décembre 1832 à l'ouverture du Cours

¹² La coenolbologie est composée de deux mots grecs : le mot *commun* et le mot *bonheur* (richesse, prospérité). Le mot composé signifie donc richesse et félicité publique.

¹³ Notre méthode, rappelait Bacon, « consiste à établir divers degrés de certitude, à secourir les sens en les restreignant, à proscrire le plus souvent le travail de la pensée qui suit l'expérience sensible, enfin à ouvrir et garantir à l'esprit une route nouvelle et certaine qui ait son point de départ dans cette expérience même » (1857, p.2).

d'économie politique à Evreux, Auguste Walras rappelle que la science « *se présente toujours à nous comme un vaste et unique ensemble de faits et de rapports qui la constituent dans son intégralité ; et ce n'est que par ce moyen qu'elle peut s'accommoder à l'unité de la matière sur laquelle elle s'exerce, et à l'unité du fond sur lequel elle se dessine* » (1832, p. 72). La science serait ainsi la théorie d'un fait général¹⁴, universel et permanent. C'est ainsi que la mécanique est la science d'un fait original et distinct, le mouvement, qui s'applique à tous les corps susceptibles de se mouvoir dans l'espace. Si l'observation constitue bien le point de départ de la science, Auguste Walras s'empressera d'ajouter que ce n'est qu'un moyen et non un objectif en soi : « *Lorsque Bacon a préconisé l'observation, il ne l'a donné que comme une méthode ; mais jamais ni l'auteur du Novum Organum ni ceux qui l'ont compris n'ont prétendu que l'observation fût la science même* » (1832, p. 101). L'observation est la condition indispensable mais elle n'en est pas le principe. Le principe, c'est la raison. Ainsi les faits sans le raisonnement ne seraient rien.

C'est donc sur le terrain de la science qu'Auguste Walras entend établir les fondements de l'économie politique. Une division des connaissances en connaissances spéculatives et connaissances pratiques, permet de distinguer les sciences et les arts. La science, c'est la connaissance de la vérité ; l'art, c'est la connaissance de l'application. Si l'on se place du côté de l'intelligence pure, il est possible de repérer et de classer un certain nombre de faits. Il y a d'abord les faits isolés, mobiles, changeants et spéciaux. Ces faits ont une certaine durée, ils commencent à une certaine époque. Ce sont des *faits historiques*. Par opposition à ces faits, il y a des faits généraux, constants, immobiles et éternels. Ces faits ont la particularité de se répéter indéfiniment, « *le mouvement, la lumière, la pesanteur, la chaleur, la végétation, la vie sont des faits qui présentent ce caractère. Nous ne pouvons pas concevoir que les lois du mouvement ou de l'équilibre des corps viennent jamais à changer* » (1832, p. 109). Cette seconde classe de fait permet d'établir une nouvelle distinction entre les *faits nécessaires* et les *faits volontaires*. D'un côté, la nature qui présente le caractère de la nécessité, de la fatalité ; de l'autre l'humanité qui repose sur la liberté. La nécessité, la liberté et le progrès constituent donc trois faits généraux¹⁵ qui renvoient aux trois principaux démembrements de la science universelle ; à savoir la science naturelle ou domaine de la physique, la morale et l'histoire (Diemer, 2006).

SCIENCE NATURELLE ou DOMAINE DE LA PHYSIQUE	MORALE	HISTOIRE
Faits généraux, nécessaires, constants et invariables	Faits généraux qui ont leur racine dans la liberté, la force libre	Faits généraux mais mobiles changeants et progressifs
<i>Théorie des nombres et de l'étendue</i> <i>La science du mouvement et de l'organisation</i> - Mathématiques - Mécanique - Astronomie - Chimie - Physique proprement dite - Minéralogie - Botanique - Zoologie	<i>Morale individuelle</i> <i>Morale sociale</i> <i>Droit naturel</i> <i>Politique</i> <i>Législation</i>	<i>Histoire proprement dite</i> - Histoire civile et politique (individuelle, générale) - Histoire comparée - Histoire universelle - Philosophie de l'histoire <i>Histoire littéraire</i> <i>Histoire scientifique</i> <i>Histoire religieuse</i> <i>Histoire militaire</i>

¹⁴ Dans ses *Notes et exposés de philosophie générales* (1863, inédites), Auguste Walras précise que la théorie d'un fait [général] est « *une étude, attentive et complète autant que possible, de sa nature ; de sa cause, de ses différentes espèces, des lois suivant lesquelles il se produit et enfin des conséquences qu'il entraîne ou des effets qu'il produit lorsqu'on le considère à son tour comme une cause efficiente* » (Fond Walras, Lyon, FA III, A13-03-07).

¹⁵ : « *Des faits naturels, des faits humains, des faits historiques, voilà, je le répète, la division qui s'établit d'elle-même parmi les faits généraux, universels et permanents qui constituent la matière et l'objet de nos sciences. J'appelle fait naturel, fait physique ou fait fatal, tout fait qui s'accomplit dans la nature, abstraction faite de la volonté de l'homme et sur lequel la volonté de l'homme n'a qu'une influence indirecte, soit qu'il veuille le produire, soit qu'il veuille le prévenir, soit qu'il veuille le modifier* » (1863, Notes et exposés de philosophie générale, 4^{ème} leçon).

<ul style="list-style-type: none"> - Psychologie - Esthétique - Economie politique ou science de la richesse ou théorie de la valeur 		<p style="text-align: center;"><i>Histoire économique</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Etat chasseur - Etat pasteur - Etat Agricole - Etat industriel - Etat commerçant
---	--	--

Source : tableau construit par nos soins à partir du Cours d'Evreux (1832)

Fort de ce constat, Auguste Walras insistera sur la dépendance mutuelle qui existe entre toutes les connaissances. La connexité des sciences - suggérée par Bacon, « *toutes les sciences sont les rameaux d'une même tige*¹⁶ » - suggère deux constats. D'une part, les progrès des sciences doivent s'opérer d'une manière collective et simultanée, « *il est impossible qu'une science marche, sans que toutes les autres marchent en même temps ; il est impossible qu'une science reste stationnaire, sans que les autres s'arrêtent du même coup* » (1832, p. 73). Chaque branche de nos connaissances est ainsi intéressée d'une manière plus ou moins directe et plus ou moins évidente à l'avancement de toutes les autres¹⁷. D'autre part, les trois classes de faits reposent sur un certain ordre¹⁸, « *le progrès de la morale est essentiellement lié au progrès de la science naturelle, et que du progrès de la morale dépend essentiellement le progrès de l'histoire* » (1832, p. 112). Les sciences physiques doivent ainsi être étudiées avant les sciences morales qu'elles sont appelées à éclairer et à diriger. Les sciences physiques et les sciences morales sont un guide indispensable aux études historiques. Nous le voyons, plus qu'une simple exposition des faits, c'est à un véritable programme scientifique (méthode à l'appui) auquel nous invite Auguste Walras (Diemer, 2005). Il ne reste plus qu'à préciser son terrain de prédilection (l'économie politique et le droit naturel) et son objet (la richesse sociale).

3. *L'économie politique est une science naturelle*

Au 19^{ème} siècle, le phénomène de la valeur était considéré par la quasi-majorité des économistes classiques comme la donnée de base de la science, « *l'élément fondamental qu'il convenait d'élucider pour mener à bien l'élaboration progressive d'une discipline nouvelle* » (Leduc, 1938, p. 1). Les trois principales œuvres d'Auguste Walras, *De la Nature de la Richesse et de l'origine de la valeur* (1831), *Théorie de la richesse sociale ou résumé des principes fondamentaux de l'économie politique* (1849) et *Esquisse de la théorie de la richesse* (1863), s'inscrivent précisément dans la phase des controverses sur la valeur.

Sur la forme, Auguste Walras entend mettre la rigueur¹⁹ logique de son raisonnement et l'usage de sa méthode scientifique au service de l'économie politique. Trois idées se présenteraient à elle : ce sont celles de la richesse, de la valeur et de l'utilité. En associant l'économie politique à la science de la richesse, Auguste Walras précise que la richesse est un fait général, « *tout aussi nécessaire que la pesanteur, que la chaleur ou que la lumière* » (1863, p. 8). Auguste Walras insistera sur la distinction entre fait général et fait particulier. La science impose toujours de partir du fait général pour aller vers le fait particulier. Cette distinction peut être illustrée par l'algèbre et la géométrie : « *L'idée du nombre est plus générale que l'idée de la forme, puisque la forme résulte de la*

¹⁶ Pierre-Henri Goutte et Jean-Michel Servet (2005, p. 882) rappellent qu'il s'agit d'une traduction libre du premier chapitre du livre III de l'ouvrage de Francis Bacon *De Dignitate et Augmentis Scientiarum* dont Auguste Walras possédait un exemplaire.

¹⁷ Si Auguste Walras insiste sur l'idée de dépendance mutuelle, il s'empresse de préciser qu'il existe des limites naturelles entre toutes les branches de la connaissance. L'économie politique est la science de la richesse (la valeur et l'échange sont des faits naturels, permanents et universels), il convient de la distinguer de la morale et de la politique (une branche de la science générale de la liberté) ; de l'histoire et de la statistique (recueil de faits spéciaux, fortuits et accidentels). C'est ainsi par l'observation complète des faits les plus divers que l'on parvient à la vérité.

¹⁸ De la même manière, Auguste Walras considère qu'il est possible de dissocier la théorie d'un fait du 1^{er} ordre de celle d'un fait de 2^{ème} ordre ou encore de celle d'un fait du troisième ordre.

¹⁹ « *Tout homme qui se livre à l'étude d'une science, ou qui veut fonder lui-même une théorie, choisit nécessairement un fait général et universel qu'il prend pour objet de ses méditations, et puis il étudie ce fait dans sa nature ; dans son origine et dans ses conséquences* » (1863, p. 12).

dimension et de la relation des parties » (lettre du 25 février 1859, adressée à Léon). Une étude de la nature de la richesse révèle cependant que cette dernière a une double acception. Dans certains cas, on la définit comme la possession d'un certain nombre de choses utiles. La richesse, c'est « *le pouvoir de satisfaire ses besoins* » (1849, p.12). Dans d'autres, elle s'applique à la possession des valeurs échangeables. La richesse concerne des choses qui font l'objet « *d'un trafic, d'un commerce quelconque* » (1863, p.10). C'est cette double acception du mot richesse qui a généré des difficultés d'interprétation parmi les économistes. Un moyen d'échapper à ce dilemme revient à considérer que la valeur d'échange constitue l'objet exclusif des recherches en matière d'économie politique. Dès lors, la science de la richesse « sociale » serait la science de la valeur échangeable. En d'autres termes, la valeur d'échange serait également un fait général et universel : « *il y a, dans la théorie de la valeur échangeable, une science analogue à la théorie du son ou de la lumière. Ce sont là autant de faits naturels qui nous dominent, et que nous pouvons exploiter à notre profit, mais que nous devons d'abord étudier et connaître, dans leur nature et dans leurs lois, pour en tirer le meilleur parti possible* » (lettre du 25 février 1859). **En procédant à la description des lois qui régissent la valeur échangeable ou la richesse sociale, l'économie politique aurait acquis le statut de science naturelle** et se placerait « *à côté de la géométrie, de la mécanique, de l'optique et de l'acoustique, de la physiologie, de la psychologie, etc.* » (lettre du 6 février 1859).

Sur le fond, Auguste Walras s'oppose à la prétention des classiques anglais d'asseoir la valeur sur le coût de production (voire le facteur travail) tout en cherchant à dépasser la position de l'École française (en la personne de J-B Say) fondant la valeur sur l'utilité. Si l'utilité des choses est une condition nécessaire de leur valeur d'échange, elle n'en constitue pas pour autant la cause immédiate. La valeur prendrait sa source dans un fait général²⁰ que l'on nomme rareté : « *L'utilité est une condition nécessaire de la valeur ; et si l'on veut me permettre cette expression, je dirais que l'utilité est l'étoffe dont la valeur est faite. Sans utilité, point de valeur : c'est un principe incontestable. Mais il ne s'ensuit pas de là que tout ce qui est utile ait une valeur. Il y a des choses qui nous sont utiles, très utiles mêmes, très nécessaires, et qui pourtant ne valent rien... C'est la rareté de certains biens qui en fait des biens précieux, dignes de prix. C'est la limitation de certaines choses utiles qui est la cause de leur valeur, et qui motive le sacrifice que nous faisons, pour nous les procurer* » (1831, p. 160). La limitation des choses utiles peut toutefois prendre deux formes. Il y a des choses utiles qui sont limitées dans leur quantité, et d'autres qui sont limitées dans leur durée. Toute l'économie politique résulterait de ce double fait.

- Dans le cas d'une limitation dans la durée, Auguste Walras note qu'il y a des biens détruits par l'usage qu'on en fait. A proprement parler, la limitation dans la durée n'entraînerait pas de conséquences fâcheuses. Elle opposerait simplement le revenu au capital : « *J'appelle valeur capitale ou capital toute richesse sociale qui ne se consomme point ou qui ne se consomme qu'à la longue, toute utilité limitée qui survit au premier service qu'elle nous rend, qui se prête plus d'une fois au même usage...J'appelle revenu toute richesse sociale ou toute valeur échangeable qui ne sert qu'un fois, qui se consomme immédiatement, qui ne survit point au premier service qu'on en retire* » (1849, p. 53). La richesse sociale serait ainsi composée de trois éléments : la terre et les facultés de l'homme constituant les richesses sociales naturelles, les capitaux artificiels de toute nature formant les richesses sociales artificielles. La terre, les facultés humaines et les capitaux artificiels donneraient lieu à un revenu (la rente foncière, le travail, le profit) et à des prix débattus (le fermage, le salaire, l'intérêt). Ces capitaux, revenus et prix étant des faits généraux, universels et permanents, Auguste Walras précise qu'il ne suffit pas de constater ces faits, il faut en indiquer les lois. Or, « *c'est ici que l'économie politique est encore muette, malgré tous les progrès dont nous lui sommes déjà redevables. Pour la faire parler, il faut invoquer cette méthode d'observation que les philosophes nous recommandent avec tant de raison* » (1849, p. 73).

²⁰ La rareté (comme l'abondance) n'est donc pas un fait accidentel en économie politique. En tant que fait général, elle constitue le point de départ des investigations de l'économiste, **la base de la science**.

- Dans le cas de la limitation dans la quantité, les choses seraient frappées d'un double caractère. D'une part, elles deviennent appropriables. Elles font l'objet d'une possession et d'une jouissance exclusives. La rareté renvoie ainsi à la notion de propriété et au droit naturel. D'autre part, elles deviennent valables et échangeables. Elles peuvent faire l'objet d'un commerce (celui qui la possède peut la vendre, celui qui la désire peu l'acheter) et constituent la base de l'économie politique²¹. Dans ce dernier cas, la rareté traduirait un rapport de nombre ou de quantité. C'est le rapport qui existe entre la somme des choses utiles (des biens limités) et celle des besoins. Fort de ce résultat, Auguste Walras apporte quatre précisions.

1° La limitation dans la quantité exprime deux types de rapport (Diemer, 2006), celui de l'offre à la demande, et celui du nombre de vendeurs au nombre d'acheteurs (la valeur se manifeste et se détermine dans le champ²² du marché) : « *Le rapport de l'offre à la demande et l'état du marché, c'est-à-dire le rapport du nombre des vendeurs et du nombre des acheteurs, ou, en d'autres termes, la somme des provisions comparée à la somme des besoins, consacrent sous d'autres noms, le principe de la rareté, et ne sont, en définitive, que des expressions un peu plus concrète d'un même fait* » (1863b, p. 403).

2° Ces deux rapports « mathématiques » constituent la rareté et déterminent la valeur d'échange. Dès lors, l'économie politique peut être exposée d'une manière aussi rigoureuse que l'arithmétique ou la géométrie. Elle fait partie des sciences exactes : « *la valeur d'échange est une grandeur appréciable du même genre que l'étendue, la vitesse ou la pesanteur. Dès lors, elle peut être soumise au calcul* » (1863, p. 15).

3° En tant que rapport numérique, la rareté partagerait la condition et la nature de tous les rapports, « *qui sont sujets à varier avec les termes qui les constituent et qui augmentent ou diminuent, suivant que leurs antécédents et leurs conséquences augmentent ou diminuent les uns par rapport aux autres* » (1831, p. 268). Auguste illustrera ses propos par des analogies avec la physique. Tout le monde a une idée claire et précise de ce qu'on entend par vitesse. La vitesse est un rapport entre l'espace parcouru par un mobile et le temps employé à parcourir cet espace. En langage mathématique, la vitesse est fonction de l'espace et fonction inverse du temps. Ce qui vrai de la vitesse, note Walras, est également vrai de la rareté. La rareté est fonction du nombre des besoins et fonction inverse de la quantité des biens. Cette analogie confirmerait un résultat régulièrement évoqué par Auguste Walras, à savoir que « *la valeur est une chose susceptible de plus et de moins, et que la richesse proprement dite est une grandeur, et, ce qui est encore plus important, une grandeur appréciable* » (1831, p. 270).

4° Enfin, pour que le rapport de quantité soit possible, il faut que les deux termes soient des grandeurs déterminables ou appréciables. Or c'est là que réside la véritable difficulté. S'il est facile de mesurer la vitesse d'un mobile (il suffit de trouver une unité d'espace et une unité de temps), il en va tout autrement de la rareté. Il convient en effet de déterminer ce qu'Auguste Walras appelle **l'unité besogneuse** et **l'unité d'approvisionnement**. Si le problème de l'unité

²¹ Si le droit naturel et l'économie politique partagent un même fait général - la limitation dans la quantité ou la rareté - Auguste Walras insiste sur un point crucial : si l'économie politique est une science naturelle, le droit naturel est du ressort de la morale. Dès lors, les deux sciences doivent se prêter un mutuel secours, sans pour autant s'absorber l'une dans l'autre, si même empiéter l'une sur l'autre.

²² Cette précision nous semble importante, notamment si l'on la met en relation avec la thèse de Mirowski (1984, 1989). Dans ses travaux, Mirowski affirme « *que l'on ne peut comprendre l'économie néoclassique qu'en la percevant comme une rupture brutale et significative vis-à-vis des doctrines représentatives de la théorie classique de la valeur... que les charmes de la vision néoclassique du marché proviennent de transformations au sein des métaphores du corps et du mouvement* » (2001, p. 226). Le passage d'Auguste à Léon peut donner lieu à deux interprétations. La première consisterait à placer Auguste Walras parmi les précurseurs de l'économie scientifique. Elle ne remettrait pas en cause la thèse de Mirowski (passage des analogies méthodologiques aux analogies mécaniques). La seconde laisserait entendre que la rupture entre l'approche classique et l'approche néoclassique n'a pas été si brutale. L'histoire de la pensée économique traduirait plutôt une succession de dépassements de la théorie initiale. Cette approche irait à l'encontre de la thèse de Mirowski (Hollander [1989] a émis certaines critiques sur cette thèse, notamment celle qui associe la genèse du marginalisme à la révolution énergétique).

d'approvisionnement peut être résolu en dressant une statistique exacte de tous les objets consommables, celui de l'unité besogneuse reste entier. Les goûts et les besoins étant différents d'un individu à l'autre, il est difficile d'apprécier la rareté et la valeur vénale qui en découle pour toutes les espèces de biens qui se consomment dans la société.

Cette dernière précision est essentielle pour comprendre la genèse et le développement de l'œuvre walrassienne. Le fait que la rareté ne soit pas objectivement mesurable, s'oppose « à ce que les mathématiques s'emparent de l'économie politique, comme elles l'ont fait de la mécanique, de la physique, de l'acoustique et de l'optique » (lettre du 18 mai 1861). Ceci ne remet pas en cause l'appel d'Auguste Walras en faveur des mathématiques, mais suggère que l'application des mathématiques à la théorie de la richesse sociale sera plus lente et plus difficile que prévue. Auguste Walras ne semble pas s'en inquiéter outre mesure. Il rappelle en effet que la métaphysique, seule, constitue « la reine des sciences », « la science universelle » (lettre à Léon du 25 juillet 1863).

II. Léon walras et les analogies théoriques

Tout au long de sa vie, Léon Walras n'a jamais cessé de rappeler tout ce qu'il devait à son père (Walras, 1908). La théorie du fait général et les analogies méthodologiques ont permis à Léon de poser les bases d'une véritable révolution scientifique en économie politique²³. Les analogies entre l'économie politique pure et la mécanique ont deux fonctions : délimiter le domaine d'étude de l'économie politique et lui assurer une certaine légitimité scientifique. Les analogies théoriques se substituent progressivement aux analogies méthodologiques. Sous l'impulsion des sciences mathématiques, l'économiste est amené à privilégier non plus la relation causale, mais bien la relation fonctionnelle et l'interdépendance. L'économie politique, la mécanique, la physique parleraient ainsi d'une seule voix : celle de l'équilibre.

1. Une révolution scientifique en économie politique

Dans une lettre adressée à Pascal Duprat, éditeur du *Nouvel Economiste* et promoteur du Congrès de l'impôt²⁴ qui se tiendra à Lausanne le 25 juillet 1860, Léon Walras résumait son programme scientifique et sa manière d'aborder la théorie de l'impôt de la manière suivante : « je connais en termes précis une formule rationnelle de la Répartition de la Richesse Sociale. J'avais été préparé à la connaissance de cette formule par une instruction littéraire et scientifique suffisante, par des études spéciales ; depuis plusieurs années j'appelle à la confirmation des idées de mon père toutes les preuves philosophiques, historiques, économiques, etc. etc. et de jour en jour La Loi nouvelle m'apparaît comme ayant dans le monde des faits moraux la même importance qu'ont dans l'univers astronomique les lois de Kepler ; et celles de Newton » (lettre du 18 juin 1860). Quelques mois plus tôt (février), Léon Walras avait fait paraître dans le *Journal des Economistes*, un article intitulé « Philosophie des sciences économiques » (voir également l'ouvrage *L'économie politique et la justice*, 1860). L'héritage paternel apparaît nettement dès les premières lignes de l'article. Léon Walras part du postulat que l'économie politique est une science. Elle s'occupe des faits, des lois et des rapports. Toute la science serait contenue dans la théorie du fait général : « En présence d'une série de faits individuels qui se ressemblent et qui diffèrent, l'esprit scientifique élimine toutes les qualités particulières à chacun des faits, il recueille les qualités communes à tous ou à plusieurs, et forme une espèce » (1860, p. 196). Par l'intermédiaire de procédés méthodologiques (observation, expérience, induction, hypothèse...), le savant parviendra à édifier une théorie du fait général en répondant aux cinq questions suivantes (nature du fait, origine du fait, espèce, lois, relation de cause à effet). Léon Walras s'en tient, mot pour mot, à la méthode scientifique préconisée par son père. Il admet que la valeur d'échange et la propriété constituent deux faits généraux en économie (l'un

²³ Nous ne reviendrons pas ici sur la genèse de la classification des sciences et des divisions de l'économie politique et sociale dans l'ensemble des écrits de Léon Walras. Les lecteurs intéressés par ce sujet peuvent consulter l'excellente présentation de Jean-Pierre Potier (1994).

²⁴ Congrès qui aura une grande influence sur la carrière de Léon Walras qui briguera quelques années plus tard la Chaire d'économie politique de l'Ecole de Lausanne.

étant naturel, l'autre moral) ; que la valeur d'échange se manifeste lorsque les choses ont deux qualités (l'utilité et la rareté) et que l'origine de l'appropriation réside dans la limitation en quantité. Au final, les faits naturels et les faits moraux seront accompagnés par une troisième catégorie de faits, les faits historiques. Ils formeront ainsi trois sciences : les sciences naturelles, les sciences morales et les sciences historiques. Si Léon Walras semble se satisfaire des conclusions paternelles, ses aspirations changeront radicalement quelques années plus tard. A l'image des travaux de Kepler et Newton, il entend opérer une véritable révolution dans l'économie politique.

C'est dans cet esprit qu'il formulera le projet, en décembre 1862 (lettre à Jules Du Mesnil Marigny), de rédiger un *Traité complet d'économie politique et sociale*. La composition de l'ouvrage s'appuie sur 4 tomes : le tome I Théorie de la Richesse sociale (l'économie politique pure) ; le tome II De la production, de la circulation et de la consommation de la richesse sociale (l'économie politique appliquée) ; le tome III De la Propriété et de l'Impôt (l'économie sociale) et le tome IV Histoire des idées et des théories économiques et sociales. Très vite, Léon Walras appelle de ses vœux à un rapprochement entre deux sciences : la science physique (déjà constituée) et la science économique (en pleine mutation). Cette analogie concerne à la fois les faits économiques et les faits moraux. L'économie politique pure doit constituer une science nouvelle : « *la science des forces économiques analogue à la science des forces astronomiques* » (1965, vol I, p. 119). Si les économistes n'ont pas su tirer partie des faits et des lois naturelles, c'est qu'ils ont toujours été étrangers à l'esprit et à la méthode scientifique. L'économie sociale est à constituer de toutes pièces, c'est « *la théorie des forces morales à élaborer après la théorie des forces économiques... c'est la loi de Newton sur l'attraction universelle à produire après les lois de Kepler sur les révolutions planétaires* » (1965, vol I, p. 120). Léon Walras insiste sur un point important : si la théorie de la propriété et de l'impôt n'existe pas, c'est précisément parce que la théorie de la richesse sociale n'a jamais été scientifiquement exposée.

Léon Walras est toutefois conscient des limites de l'analogie entre l'économie politique et la mécanique. Dans une lettre adressée à Edouard Pfeiffer (2 avril 1874), il précise que l'économie politique doit en effet répondre à trois catégories de questions : 1° des questions d'économie politique pure ; 2° des questions d'économie politique appliquée ; 3° des questions d'économie politique pratique²⁵. L'application des mathématiques à l'économie politique doit tenir compte de cette distinction. Dans le cas de la science pure, « *l'emploi du langage, de la méthode, des vérités mathématiques n'a pour but que de poursuivre une analyse plus rigoureuse, plus pénétrante que celle que permet le langage ordinaire* » (1965, vol I, p. 371). Les formules doivent être à la fois, indéterminées, générales et permanentes (les fonctions et les courbes se rapportent à n'importe quelle marchandise). Dans le cas de la théorie de l'art, les formules devront être précisées (les fonctions et les courbes à coefficients numériques indiqueront des rapports mathématiques entre des quantités). Le champ de l'économie politique pure et appliquée ne se réduit donc pas à des applications numériques, mais à l'expression de grandeurs (utilité, quantité, prix...) fonction les unes des autres (Lallement, 2000). Ce calcul des fonctions, Newton l'a appliqué à la théorie des mouvements astronomiques, Fourier, à la théorie de la chaleur. **La connaissance des propriétés générales des fonctions doit servir à l'étude des phénomènes économiques.** Léon Walras attend ce moment avec impatience, et entend bien revendiquer une certaine paternité. Une lettre adressée à Alberto Errera, professeur d'économie à Venise (13 avril 1874), lui offrira cette possibilité. Walras entend présenter ce qui constitue sa théorie mathématique de l'échange et de la production, en tout point comparable à celle de Galilée, Kepler, Newton et Laplace. Si la théorie mathématique du mouvement (vitesse, espace, temps) a été à l'origine de la mécanique céleste, la théorie mathématique de l'échange (rareté, utilité, quantité) sera le point de départ de la théorie économique : « *C'est votre Galilée qui a le premier découvert entre la vitesse, l'espace parcouru et le temps employé au parcours, dans le mouvement uniformément accéléré, le même rapport que j'ai*

²⁵ Etablissant une distinction entre la science pure, la théorie de l'art (la science appliquée) et la pratique de l'art, Léon Walras précise que les questions d'économie politique pratique sortent du domaine de la science pour passer sur le terrain de la politique ou des affaires.

aperçu aussi entre la rareté, l'utilité effective et la quantité possédée. Et cette [théorie mathématique] du mouvement qui a été le point de départ de la mécanique astronomique telle que l'ont faite ensuite Képler, Newton, Laplace. Eh bien, je vous le dirais sincèrement : lorsque j'ai cherché à me rendre compte de l'importance de mon principe d'une théorie mathématique de l'échange et de la production industrielle, c'est avec ces théorèmes de Galilée que je lui ai trouvé le plus d'analogies scientifiques » (1965, vol I, p. 376). Léon Walras est conscient que la forme mathématique constitue la partie démonstrative de son œuvre et qu'il est possible de dépouiller la science de cet appareillage pour n'en conserver que la partie descriptive. Ainsi, de même que l'on peut exposer le système du monde astronomique en décrivant les mouvements des astres et en énonçant les lois de Kepler et de Newton, il est possible d'exposer le système du monde économique²⁶ en décrivant le mécanisme de la hausse et de la baisse sur le marché (services, produits) et en énonçant les lois d'établissement et de variation des prix.

2. Equilibre physique et équilibre économique

Si les analogies entre la science économique et la science physique continuent d'occuper une place importante²⁷ dans les travaux de Walras, elles apparaîtront sous un nouveau jour avec la parution des *Eléments d'économie politique pure* (1874). Trois contributions majeures du Maître de Lausanne vont donner une nouvelle impulsion à la science économique (Dumontier, 1949) : une conception de la valeur d'échange qui tourne autour de la rareté (évoquée par Burlamaqui et Auguste Walras) et de l'utilité (déjà entrevue par Condillac, Say et Gossen) ; l'emploi des mathématiques dans la droite lignée des travaux de Cournot (« *Je me suis spécialement efforcé... d'exposer d'une manière approfondie la théorie mathématique de l'échange* », Préface) et la notion d'équilibre économique (déjà présente chez Turgot).

Ces trois contributions ont la particularité d'être interdépendantes. Walras analyse le phénomène qu'il baptise « équilibre » grâce à l'emploi des mathématiques et en prenant pour base, l'origine de la valeur (c'est-à-dire la rareté et l'utilité). L'équilibre économique constitue ainsi le cœur de l'œuvre walrassienne²⁸. L'articulation entre l'économie et la physique est ici manifeste. Au moment où Walras rédige et fait paraître les *Eléments d'économie politique pure*, la notion d'équilibre n'est arrêtée qu'en mécanique, et ce malgré les avancées de la science physique (théorie de l'ondulation de la lumière, théorie de l'atome, thermodynamique²⁹, électromagnétisme, spectroscopie). L'équilibre « mécanique » se traduit par un rapport de forces (travaux de Newton et de Leibniz). Il renvoie également à une école, celle des Laplaciens, qui en France, détient les rênes de l'enseignement et des sociétés savantes. Léon Walras entend tirer parti de l'analogie équilibre physique - équilibre économique. Cette idée lui est apparue dès 1853, à la lecture des *Eléments de statique* de Poinsot.

²⁶ Dans son article « *Une branche nouvelle de la mathématique* » rédigé en 1875 et publié en italien en 1876, Léon Walras revient sur les savants (Newton, Fourier, Ampère, Clausius, Tyndal, Zeuner...) qui ont fait les plus belles applications des mathématiques aux sciences physiques et naturelles. La théorie de la monnaie se prêterait ainsi à une étude mathématico-économique et déboucherait sur une solution mathématico-statistique.

²⁷ L'économie politique pure est une science « exacte » susceptible de manier l'expérience et le raisonnement : « *Il est à présent bien certain que l'économie politique est, comme l'astronomie, comme la mécanique, un science à la fois expérimentale et rationnelle. Et on ne pourra pas lui reprocher d'avoir trop tardé à revêtir le second caractère avec le premier. L'astronomie de Kepler et la mécanique de Galilée ont mis ... deux cents ans à devenir l'astronomie de Newton et de Laplace et la mécanique de d'Alembert et de Lagrange. Or, il s'est écoulé moins d'un siècle entre l'apparition de l'ouvrage d'A. Smith et les tentatives de Cournot, de Gossen, de Jevons et la mienne. Nous étions donc à notre poste, et nous avons rempli notre tâche* » (Walras, 1900, préface à la 4^{ème} édition, p. XX).

²⁸ Dans son ouvrage « *More heat than light* » (1989), Mirowski, assez curieusement, insiste sur les inconsistances des analogies walrassiennes sans toutefois revenir sur le statut de l'équilibre dans la théorie de Léon Walras. Or, si l'on place le concept d'équilibre (existence, stabilité) au cœur de l'œuvre de Léon Walras et si l'on tient compte des derniers développements de la thermodynamique (voir ci-dessous), la thèse de Mirowski (1984, 1989) n'est plus aussi robuste.

²⁹ Les principes de la thermodynamique, énoncés par Carnot, Mayer, Clausius et Lord Kelvin... n'ont pas encore permis d'évoquer la notion d'équilibre (les lois Le Chatelier sur le déplacement de l'équilibre n'apparaissent qu'en 1884).

A. Les *Eléments de statique* de Poinsot

Le renvoi aux travaux de Poinsot (Inspecteur général de l'Université Impériale et professeur à l'École Polytechnique) est évoqué par deux fois dans la correspondance de Léon Walras. Dans une première lettre datée du 23 mai 1901 et adressée à Melle Dick May (pseudonyme de Melle L. Weill, sociologue français, fondatrice de l'École libre des sciences sociales en 1896), Walras précise qu'il a consulté les *Eléments de Statique* de Poinsot lors de sa préparation au Baccalauréat ès Science (1853). Cette lecture fût pour lui une véritable révélation : « *cette théorie de l'équilibre par la composition et la décomposition des forces et des couples me parut si lumineuse et si aisée que j'en lu d'une haleine la première moitié ; le lendemain, j'expédiais la seconde* » (1965, vol III, p. 148). William Jaffé a largement commenté les propos de Léon Walras dans une note de bas de page (1965, vol III, note 7, p. 149). Il renvoie ses lecteurs au chapitre II « *Des conditions de l'équilibre exprimées par des équations* » et au mémoire « *Théorie générale de l'équilibre et du mouvement des systèmes* ». Dans une seconde lettre, adressée cette fois-ci à Henri Poincaré et datée du 26 septembre 1901, Léon Walras précisera les chapitres qui ont directement servi à la conception des lois économiques présentes dans les *Eléments d'économie pure* (1874, p. 74-75). Toutes les grandes lois économiques sont liées au concept de la rareté, et plus précisément, à l'expression mathématique de la rareté (fonction décroissante de la quantité consommée de marchandise). Bien que la rareté ne soit pas une grandeur appréciable, Léon Walras note qu'il suffirait de la considérer comme telle, afin de passer de l'expression mathématique à l'étude théorique. Cette démarche est scientifique et rigoureusement suivie par les physiciens. Léon Walras s'appuiera sur le chapitre III « *Centre de Gravité* » des *Eléments de Statique* de Poinsot : « *J'ouvre la statique de Poinsot... Je vois qu'il y définit la masse d'un corps comme 'le nombre des molécules qui le composent' ou 'la quantité de matière qu'il renferme' ; et je constate que, ce faisant, il considère, lui aussi, comme appréciable une grandeur qui ne l'est pas, vu que personne n'a jamais compté les molécules d'un corps quelconque* » (1965, vol III, p. 161). Grâce à cette masse, les mathématiciens auraient démontré que les corps célestes s'attirent les uns les autres en raison directe des masses et en raison inverse du carré des distances. Par simple analogie, Léon Walras associe la masse à la rareté, démontrant que « *les marchandises tendent à s'échanger les unes [contre] les autres en raison inverse de leurs raretés* » (1988, 13^{ème} leçon). Cette démarche permettrait à la fois d'expliquer les principaux phénomènes économiques (lois d'établissement et de variation des prix) et d'esquisser l'économie politique pure mathématique. Léon Walras la résume de la manière suivante : « *La science fait la théorie des faits généraux ou des groupes de faits particuliers ; c'est-à-dire qu'elle indique leur nature, leurs causes, leurs conséquences, en formulant leurs lois. Quand ces faits sont des grandeurs, ou des faits quantitatifs (comme la gravitation, le prix), leurs lois s'expriment par des équations qui se déduisent les unes des autres ; et c'est ainsi que les sciences physico-mathématiques formulent rationnellement des lois qui sont confirmées par l'expérience. Or, pour établir ces équations, il faut bien y faire entrer les causes (la masse m ; la rareté r) en les traitant comme des grandeurs appréciables alors même qu'elles ne le sont pas toujours et ne le deviennent (quand cela a lieu) que par leur rapport avec les autres grandeurs qui le sont. La théorie de l'échange ne sort pas de ces limites* » (1965, vol III, p. 162).

Léon Walras s'étant appuyé sur les *Eléments de Statique* de Poinsot pour introduire les conditions de l'équilibre et le problème de la mesure de la rareté, il convient de s'attarder quelques instants sur les principaux résultats de ce « *Traité* ». Les *Eléments de Statique* sont décomposés en 4 chapitres (composition et décomposition des forces et des couples ; conditions de l'équilibre ; centres de gravité ; les machines) et un mémoire sur la composition des moments et des aires. Ce qui frappe dès l'introduction de l'ouvrage, c'est que Poinsot associe la mécanique à la *Science de l'Équilibre*. La mécanique tente de résoudre un problème général : un corps étant sollicité par certaines forces données, il convient de déterminer le mouvement qu'il prendra dans l'espace. Pour trouver une solution à ce problème, Poinsot souligne qu'il faut commencer par répondre à la question suivante : quelles doivent être les relations des forces pour que le système prenne un mouvement égal à zéro, c'est-à-dire demeure en équilibre ? L'étude de la Mécanique

commencerait ainsi par celle de la *Statique*, définie comme *la Science de l'équilibre des forces*. Il n'est pas nécessaire ici de connaître les divers mouvements que les forces sont capables d'imprimer à la matière, il suffit simplement « *de considérer les forces comme de simples grandeurs homogènes et par conséquent comparables* » (1811, p. 4). D'une manière générale et du point de vue de la solution mathématique, on est amené à regarder un corps en équilibre comme s'il était au repos (et réciproquement), « *si un corps est en repos, ou sollicité par des forces quelconques, on peut lui supposer appliquées telles nouvelles forces qu'on voudra, qui soient en équilibre d'elles-mêmes, et l'état du corps ne sera point changé* » (1811, p. 6). Une étude minutieuse des deux états tend toutefois à relativiser ces considérations. Dans l'état de repos, le corps n'est sollicité par aucune force alors que dans l'état d'équilibre, le corps est sollicité par des forces qui s'entre-détruisent. En outre, aucun corps ne serait exactement en équilibre, et lorsqu'il apparaît dans cette situation, il existe entre les forces qui le sollicitent une lutte perpétuelle qui le fait osciller infiniment peu, et le ramène continuellement à une position unique qu'il abandonne toujours. Ce n'est qu'après avoir traité la question de la Statique, que la Mécanique peut se tourner vers ce qui se rapportent au mouvement des corps, à la *dynamique* ou *Science du Mouvement*.

Ces notions étant posées, Poinsot présente les théorèmes et les lois de l'équilibre à partir de la composition et de la décomposition des forces et des couples. Il rappelle à cet effet que la force est une cause quelconque du mouvement, elle agit suivant une certaine direction et avec une certaine intensité³⁰. Comme les directions et les intensités des forces peuvent être représentées par des lignes droites et des longueurs proportionnelles prises sur ces lignes, les forces peuvent être soumises au calcul comme toutes les autres grandeurs. Pour découvrir le chemin qui mène aux conditions de l'équilibre, Poinsot imagine un corps ou un système tenu en équilibre par des forces quelconques P, Q, R, S dirigées dans l'espace. Poinsot note qu'il arrive qu'une seule force soit capable de produire sur un corps le même effet que plusieurs forces, il convient donc de chercher « *à réduire les forces appliquées, au plus petit nombre possible, et d'observer sur tout la loi de cette réduction* » (1811, p. 11). Cette force qui est capable de produire sur un corps le même effet que plusieurs autres forces combinées, se nomme **résultante**. Les autres forces se nomment **les composantes**. La loi d'après laquelle on trouve la résultante de plusieurs forces se nomme *composition des forces*. La même loi d'après laquelle on substitue à une seule plusieurs forces capables du même effet, se nomme la *décomposition des forces*.

Poinsot évoquera trois axiomes fondamentaux : (1) « *Deux forces égales et contraires appliquées à un même point sont en équilibres* » (1811, p. 13) ; 2° « *lorsque deux forces P et Q agissent dans la même direction et dans le même sens, il est visible, et l'on doit accorder comme un axiome que ces forces s'ajoutent, et donnent une résultante égale à leur somme $P+Q$* » (1811, p.16), Poinsot en conclut que la résultante des forces agissant dans une même direction et dans un même sens, est égale à leur somme totale ; 3° « *Lorsque deux forces inégales P et Q agissent en sens contraire dans une même direction, leur résultante est égale à la différence $P - Q$ forces, et elle agit dans le sens de la plus grande* » (1881, p. 17). Si les forces constituent la 1^{ère} partie des principes de la Statique, la composition et la décomposition des couples en forment la seconde. Poinsot appelle couples, « *l'ensemble de deux forces, telles que P et $-P$, égales, parallèles et contraires, mais non appliquées au même point. La perpendiculaire commune AB, menée entre les directions des deux forces, sera le bras du levier, et le produit $P \times AB$ de l'une des forces par le bras du levier, en sera nommé le moment* » (1811, p. 43). Cette nouvelle cause du mouvement est appelée « énergie³¹ ».

La composition et la décomposition des forces et des couples constituant les deux conditions de l'équilibre - « *Toutes les forces appliquées au système, étant transportées parallèlement à elles-*

³⁰ En fait, les forces ont véritablement trois caractéristiques : leurs intensités, leurs directions et leurs points d'application. La Statique revient donc à mettre en équation les relations mutuelles engendrées par ces trois caractéristiques sur un corps.

³¹ On peut se demander jusqu'à quel point Léon Walras a été influencé par les travaux de Poinsot. Le concept d'énergie renvoie ici à la mécanique statique et non à la thermodynamique.

mêmes en un point quelconque du système ou de l'espace, doivent s'y faire équilibre entre elles ; et tous les couples qu'elles produisent en se transportant en ce point, doivent aussi se faire équilibre entre eux » (1811, p. 67) - Poinsot va chercher à exprimer ces lois sous la forme d'équations. Soient P, P', P'' les différentes forces parallèles, d'un point A pris dans leur plan, Poinsot tire une perpendiculaire commune sur leurs directions et qui les coupe aux points respectifs B, C, D. Considérant la force P, Poinsot commence par appliquer au point A deux forces contraires P, - P égales et parallèles à la 1^{ère}. L'équilibre repose sur les deux équations suivantes.

1° La résultante des forces appliquées en A doit être nulle. Toutes les forces agissant dans une même direction, leur résultante est égale à leur somme et par conséquent on aura : $P + P' + P'' = 0$ (**première équation de l'équilibre**). Notons ici que si les forces qui tirent dans un même sens sont considérées comme positives, celles qui tirent dans un sens contraire seront négatives.

2° Le moment résultant de tous les moments des couples soit aussi nul de lui-même. Ce moment résultant est égal à la somme des moments composants, puisque tous les couples sont dans un même plan. Donc, en nommant pour abrégé p, p', p'' les bras de levier respectifs AB, AC, AD... on aura : $P p + P' p' + P'' p'' \dots = 0$ (**seconde équation de l'équilibre**). Les produits P p, P' p', P'' p'' sont ce que Poinsot nomme les moments des forces. Le moment est la mesure d'une force particulière, c'est-à-dire, « *de l'énergie du couple qui provient de la force, lorsqu'on la transporte parallèlement à elle au point que l'on considère* » (1811, p. 80).

Les conditions de l'équilibre étant mathématiquement posées, Poinsot reviendra sur une force particulière (la gravité) et les différents instruments transmettant ces forces (les machines). A première vue, ces deux derniers chapitres nous éloignent de la question de l'équilibre. Ils permettront cependant de comprendre les différentes analogies utilisées par Walras dans ses *Eléments d'économie politique pure* et dans son article « Economique et Mécanique »³². Poinsot nomme pesanteur ou gravité, « *cette cause inconnue qui fait descendre les corps vers la terre, lorsqu'ils sont abandonnés à eux-mêmes* » (1811, p. 155). La pesanteur étant une cause du mouvement, Poinsot note qu'on peut l'assimiler à une force « constante », à une force de rappel. Cette force pénètre les parties les plus intimes des corps et agit également sur toutes les molécules. Si la pesanteur désigne la cause qui attire les corps vers la terre, le poids désigne la force particulière qui en résulte pour chacun d'eux, force qui est proportionnelle à leur masse, et égale à l'effort qu'il faudrait employer pour les soutenir. Poinsot précisera par la suite que les forces parallèles, appliquées à différents points, ont un centre, c'est-à-dire, un point unique par lequel passent continuellement leurs résultantes successives. Ce point unique se nomme centre de gravité. Les machines sont quant à elles, des instruments destinés à transmettre des forces. Elles ne sont pas autre chose que des corps ou des systèmes gênés dans leurs mouvements par des obstacles quelconques. Parmi ces machines, Poinsot reviendra sur la balance. Cette dernière est un levier, aux extrémités duquel sont suspendus par des cordons deux bassins destinés à recevoir des corps dont on veut comparer les poids. On dispose cette machine de manière à ce que son centre de gravité passe par la verticale menée par un point d'appui F, et que les bras de levier FA et FB soient parfaitement égaux. Pour qu'une balance soit en équilibre, Poinsot précise qu'il faut que « *le point d'appui divise le levier ou fléau en deux parties parfaitement égales* » (1811, p. 215).

B. L'équilibre walrassien

Pour comprendre le passage de Poinsot à Léon Walras, il convient de se focaliser sur les conditions et les équations de l'équilibre. Walras introduit l'équilibre³³ de deux manières : il le constate dans un premier temps, puis en esquisse une théorie dans un second temps.

³² Il semble que certains commentateurs de l'œuvre walrassienne aient très mal compris cette référence aux travaux de Poinsot. Mirowski (1989) y voit notamment l'absence de discussion du concept d'énergie et une réduction de la physique à des considérations d'ordre statique. Or, Léon Walras y voit surtout une présentation des conditions mathématiques de l'équilibre. La méthode mathématique, la physique des forces et des machines ne peuvent qu'inciter Léon Walras à rechercher les analogies confortant son corpus théorique (rareté - mathématiques appliquées - équilibre).

³³ Nous nous limiterons ici au cas d'un échange entre deux marchandises.

La notion d'équilibre se dégage tout d'abord d'un marché dans lequel deux marchandises sont en vente, l'une contre l'autre. Un tel marché est un ensemble d'échanges. Pour chaque échange, on peut définir une valeur d'échange (rapport des quantités échangées). Le phénomène fondamental évoqué par Walras, c'est que dans les conditions de concurrence, ce rapport est le même pour tous les échanges du marché. ***L'équilibre et la détermination de la valeur d'échange sont donc une seule et même chose.*** L'analogie entre la physique et l'économique justifie un tel résultat (Dumontier, 1949). Etant donnés la température et le volume d'un gaz, son équilibre se traduit par une pression identique dans tout le gaz. De même, en économie, les quantités et les utilités étant données, une seule valeur d'échange s'établit dans tout le marché. Cette analogie est ici très importante, elle souligne que la détermination de la valeur d'échange (et donc de l'équilibre) est un phénomène instantané, un schéma en dehors du temps (lettre³⁴ à Laurent du 22 mai 1900). Ainsi le marché ne constitue pas l'histoire des échanges qui s'y sont déroulés. Il a lieu dans les courts instants où les demandeurs et les offreurs prennent conscience de l'offre et de la demande effectives, c'est-à-dire de l'ensemble des quantités de marchandises et des dispositions à l'enchère : « *On peut voir sur les grands marchés les prix courants d'équilibre se déterminer en quelques minutes et des quantités considérables s'échanger en quelques heures* ». L'hypothèse de libre concurrence a donc une seule finalité : celle de réduire ces quelques minutes à l'instant donné, de sortir du temps le phénomène du marché. Il est donc possible de faire une étude « approximative » du marché tout comme il est permis d'appréhender les conditions d'équilibre d'une balance. C'est ce que Walras appellera l'étude statique. Si l'économiste étudie, en « première approximation », un système homogène où la valeur d'échange est définie, il doit ensuite étudier, « en seconde approximation », les variations du système (c'est-à-dire des marchés où il y a plusieurs valeurs d'échange pour deux marchandises). C'est seulement cette seconde approximation qui lui permettra de voir que le cas particulier est un équilibre.

Constater l'existence du marché, de la concurrence (force « physique » et « naturelle » qui s'exerce sur le marché) et de la valeur d'échange ne suffit pas à Walras, il nous invite à y entrer physiquement, « *Voyons donc comment s'exerce la concurrence sur un marché bien organisé, et, pour cela, entrons à la Bourse des fonds publics d'un grand marché de capitaux tel que Paris ou Londres* » (1988, p. 71), à saisir l'atmosphère qui y règne et à comprendre les pratiques commerciales qui s'y développent, le plus simplement du monde « *Au premier abord, quand on y entre, on n'entend qu'une clameur confuse, on n'aperçoit qu'un mouvement désordonné ; mais une fois, qu'on est au courant, ce bruit et cette activité s'expliquent à merveille* » (ibid). En prenant pour exemple la Bourse de Paris et les opérations sur la rente française à 3%, Walras introduit les subdivisions offre/ demande effectives pour définir la notion d'état stationnaire ou d'équilibre du marché, et surtout rappeler que ces situations d'équilibre (et de déséquilibre) indiquent si les vendeurs/acheteurs ont trouvé leur contrepartie dans l'échange ! Trois situations sont en effet évoquées :

(i) La situation où chacun (acheteurs et vendeurs) trouve sa contrepartie dans l'échange. L'offre est égale à la demande (prix d'équilibre). L'échange peut donc avoir lieu, il y a un état stationnaire ou un équilibre de marché.

(ii) La situation où les vendeurs ne trouvent pas leur contrepartie dans l'échange. La demande est inférieure à l'offre. Les courtiers qui représentent les vendeurs (lesquels ne sont pas physiquement présents sur le marché) auront des ordres de vendre : ***ils iront au rabais***. Selon Walras, ce type de comportement génère deux conséquences : 1° le retrait progressif des vendeurs pour qui le prix n'est plus rémunérateur ; 2° l'arrivée d'acheteurs qui ne pouvaient pas trouver de contrepartie dans l'échange, au prix précédent. On assiste à une réduction de l'écart entre l'offre et la demande, et à l'instauration d'un nouvel équilibre à un cours moins élevé.

³⁴ « *Je ne fais pas la dynamique économique, mais la statique, c'est-à-dire en ce qui concerne d'abord l'échange, la théorie de l'établissement d'un certain équilibre de prix de marchandises et de quantités échangées à ce prix. En conséquence, le temps ne figure pas à titre de variable dans mon problème, il n'y figure même qu'implicitement* » (1965, vol III, p. 118).

(iii) La situation où les acheteurs ne trouvent pas leur contrepartie dans l'échange. La demande est supérieure à l'offre. Si « théoriquement », l'échange doit être suspendu, Walras précise que cet état du marché traduit un comportement particulier des acheteurs : celui *d'aller à l'enchère* (pour obtenir le bien, il faut être prêt à payer un prix plus élevé). Ce type de comportement génère également deux types de conséquences : 1° le retrait progressif des acheteurs qui ne peuvent plus renchérir ; 2° l'arrivée sur le marché de vendeurs, prêts à profiter des hausses de prix. On assiste à une réduction de l'écart entre l'offre et la demande, et à l'apparition d'un nouvel équilibre (un état stationnaire à un cours plus élevé).

De son côté, l'approche théorique doit répondre à une question simple : « *Comment savoir... si on s'achemine vers l'équilibre ?* » (1988, p. 79). Walras part du principe qu'il existe un rapport indirect entre le prix et l'offre effective, et un rapport direct entre le prix et la demande effective. Il cherchera précisément à étudier ce dernier : « *D'une façon générale, tout porteur d'une marchandise quelconque qui se rend sur le marché pour y échanger une certaine quantité de cette marchandise contre une certaine quantité de quelque autre marchandise y porte des dispositions à l'enchère, ou virtuelles, ou effectives, susceptibles d'une détermination rigoureuse* » (1988, p. 82). Les dispositions à l'enchère ont une expression mathématique qui peut être appréhendée par une approche géométrique ou une approche algébrique. Dans le cadre de deux marchandises (A et B), l'approche géométrique et algébrique renvoie aux notions de courbe et d'équation des demandes et des offres effectives. A partir du mécanisme de baisse ou de hausse des prix de deux marchandises (p_a , p_b), Walras formule la loi de l'offre et de la demande effectives, dite loi d'établissement du prix d'équilibre, dans le cas de l'échange de deux marchandises : « *Deux marchandises étant données, pour qu'il y ait équilibre du marché à leur égard, ou prix stationnaire de l'une en l'autre, il faut et il suffit que la demande effective de chacune de ces deux marchandises soit égale à son offre effective. Lorsque cette égalité n'existe pas, il faut, pour arriver au prix d'équilibre, une hausse du prix de la marchandise dont la demande effective est supérieure à l'offre effective, et une baisse du prix de celle dont l'offre effective est supérieure à la demande effective* » (1988, p. 93). Walras établira un lien entre le marché de la bourse et la démonstration mathématique de la loi d'établissement du prix d'équilibre. Le mécanisme de la concurrence devient « *la solution pratique* », par hausse et baisse des prix, du problème de l'échange de deux marchandises. Contrairement à la solution théorique qui est rigoureuse mais impraticable, la concurrence permet de déterminer en quelques minutes le prix courant d'équilibre et les quantités échangées.

Après avoir constaté et précisé les conditions d'existence de l'équilibre, Léon Walras reviendra sur l'analogie entre la science économique et la physique pour aborder la question de la stabilité. Au-delà du point d'équilibre, l'offre de la marchandise est supérieure à la demande, ce qui doit amener une baisse des prix, et un retour vers l'équilibre. En deçà du point d'équilibre, la demande de la marchandise est supérieure à l'offre, ce qui doit amener une hausse de prix, c'est-à-dire un acheminement vers le point d'équilibre. Comme le souligne Walras, on peut imaginer « *un corps dont le point de suspension est au dessus du centre de gravité sur une ligne verticale, de telle sorte que ce centre de gravité, s'il s'était éloigné de la verticale, y reviendrait de lui-même par la seule force de la pesanteur, c'est un équilibre stable* » (1988, p. 98).

Science physique	Science Economique		
Corps	Marchandise		
	Solution théorique		Solution pratique
	Approche géométrique	Approche algébrique	Marché
Coordonnées du corps (masse, vitesse)	Courbes de demande et d'offre effectives (prix, quantité)	Equations d'offre et de demande effectives (prix, quantité)	Demander à l'enchère Aller au rabais
Point de suspension = centre de gravité	Intersection des courbes → Prix et quantités	Résolution d'un système à deux équations pour trouver	Valeur d'échange = prix de marché

	d'équilibre	le prix et la quantité d'équilibre	
Point de suspension au dessus du centre de gravité Pesanteur = Force de rappel	Formes des courbes (offre croissante et demande décroissante)	Signe des dérivées des équations d'offre et de demande	Concurrence = force de rappel
	O > D, le prix baisse, D > O, le prix augmente, retour à l'équilibre	Egalité entre le nombre d'inconnues et le nombre d'équations	
	Equilibre stable		

Si la pesanteur doit jouer le rôle d'une force de rappel en physique, la concurrence, le système de résolution des équations et la forme des courbes devront également jouer ce rôle en économie politique et en économie mathématique.

III. De la physique mathématique à l'économie mathématique

A la suite des nombreuses éditions des *Éléments d'économie politique pure* (1874, 1877, 1889), Léon Walras sera régulièrement amené à préciser la portée de ses travaux et les analogies empruntées aux sciences physiques. Un certain nombre d'économistes (Vilfredo Pareto³⁵, Irving Fisher...) ont déjà cerné la portée de ces analogies, toutefois Léon Walras a conscience que pour être acceptés, ses travaux doivent d'abord attirer les mathématiciens vers l'économie politique. Dès les premières années du 20^{ème} siècle, Léon Walras s'engage dans une campagne de séduction scientifique, qui prendra les traits d'une note intitulée *Economique et Mécanique*. Nous reviendrons sur le contenu et l'interprétation de ce manuscrit qui a généré de nombreux débats parmi les économistes contemporains³⁶.

1. La physique, l'économique et les mathématiques

Durant la dernière décennie du 19^{ème} siècle, les idées de Léon Walras vont le mettre en contact avec certains partisans de la méthode mathématique. Luigi Perozzo, statisticien italien et auteur de *Utilità differenziale delle ferrovie* (1893), entrevoit déjà un découpage des activités de recherche : les économistes établissant les formules logiques de leur science (les équations du marché), les mathématiciens élaborant les formules mathématiques correspondantes (les équations du marché exprimées sous la forme de dérivées partielles, formeraient un système Jacobien). Dans une lettre adressée à Léon Walras et datée du 24 février 1890, Perozzo insistera sur le point suivant : l'économie et la physique seraient toutes deux emportées par une véritable révolution, celle du langage scientifique et des mathématiques. **La mécanique rationnelle ne serait donc pas une fin en soi, mais le fruit d'une simple équation aux dérivées partielles.** Luigi Perozzo renverra Léon Walras au manuel de Mansion « *Théorie des équations des dérivées partielles* » (1875). Les mathématiques pures doivent permettre d'élever l'économie mathématique au plus haut degré de généralité. Il suffirait de définir quelque équation fondamentale exprimée en dérivées partielles et régissant un grand nombre d'applications. Dès lors, l'équation différentielle devient le dénominateur commun des deux sciences (lettres à Laurent du 12, 13, 22, 24 et 29 mai 1900). Il est ainsi possible de faire un parallèle entre la théorie de la chaleur et la théorie économique, à partir de l'équation différentielle suivante :

³⁵ Pareto (1901) note que c'est pour avoir fourni « *le premier le système des équations d'équilibre de la libre concurrence* » que Walras occuperait une place à côté de Newton.

³⁶ Si Mirowski (1984), Mirowski et Cook (1989) insistent sur le fait que Walras n'avait pas bien compris le concept d'énergie (ce qui ne l'a pas empêché de s'approprier une partie de la physique), Jolink et Van Daal (1987) suggèrent que l'explication de l'utilisation des analogies mécaniques dépend de la manière d'appréhender l'utilisation des mathématiques : application théorique versus application pratique des mathématiques. Dans la plus pure tradition cartésienne, Walras associerait les mathématiques à une méthode d'analyse plutôt qu'à un instrument de calcul numérique. Walker (1991) est revenu sur les thèses de Mirowski en soulignant les limites de la métaphore énergétique.

$$\partial Q / \partial t = \sum \frac{\partial^2 V}{\partial x_i^2}$$

Variabiles	Théorie de la chaleur	Théorie économique
Q	Quantité totale de chaleur d'un corps	Richesse totale d'un pays
T	Température	Temps d'observation de la richesse
V	Volume du corps	Quantité de richesse évaluée en valeur
Xi	Dimension du corps dans une direction donnée	Quantité d'objets

La variation moyenne de la chaleur (ou de la richesse publique) en fonction de la température (du temps) peut être encore affinée en introduisant des constantes α_i . Ce facteur servirait « à réduire au même dénominateur les divers éléments considérés, marchandises, capitaux, hommes, etc. » (1965, vol II, p. 397). Aux yeux de Perozzo (mais également de Walras), l'enjeu est de taille. Si une telle équation pouvait être acceptée par la communauté des économistes, l'économie politique gagnerait à sa cause tous les développements de Laplace, de Clausius, de Riemann, de Fourier. En d'autres termes, elle attirerait vers elle les mathématiciens les plus distingués. Il faudra attendre près de 11 ans³⁷ pour que cet appel soit plus ou moins entendu par les mathématiciens. C'est tout d'abord Henri Poincaré, Membre de l'Académie des Sciences et mathématicien d'envergure internationale, qui est directement sollicité par Léon Walras (lettres des 10 et 26 septembre 1901) afin de se pencher sur l'application des mathématiques aux sciences économiques. Walras revient sur la question de la rareté et le problème de sa mesure. Il rappelle au mathématicien qu'il a cherché à écarter toute idée d'évaluation numérique pour se focaliser sur l'expression mathématique de la rareté en vue d'une étude théorique (Lotter, 1985). S'appuyant sur la mécanique et la thermodynamique, Poincaré apportera une certaine légitimité aux travaux de Walras en précisant que « la rareté est une grandeur, mais non une grandeur mesurable », ce qui ne l'empêche pas d'être mathématisable (lettre du 30 septembre 1901). Ainsi, le véritable enjeu ne résiderait pas dans la formulation d'une quelconque expression mathématique de la rareté (fonction qui peut être arbitraire), mais bien dans le choix des prémisses et des hypothèses. Tout comme le physicien néglige le frottement dans l'étude des corps, l'économiste peut considérer que les hommes sont « égoïstes » et « rationnels ». C'est ensuite Charles Emile Picard, mathématicien français et membre de l'Institut de France, qui à la lecture des travaux d'Emile Bouvier, *La méthode mathématique en économie politique* (1901) et d'Hermann Laurent, *Traité d'économie politique rédigé conformément aux principes de l'Ecole de Lausanne* (1902), établira un rapprochement entre l'économie mathématique de l'Ecole de Lausanne et l'astronomie, la mécanique et la physique mathématique. Dans son ouvrage « *La science moderne et son état actuel* » (1905), Picard précise à la fin du chapitre 1, « *Après Cournot, l'Ecole de Lausanne a fait un effort extrêmement intéressant pour introduire l'Analyse mathématique dans l'Economie politique. Sous certaines hypothèses... on trouve dans de savants traités une équation entre les quantités de marchandises et leurs prix, qui rappelle l'équation des vitesses virtuelles en Mécanique : c'est l'équation de l'équilibre économique. Une fonction des quantités joue dans cette théorie un rôle essentiel rappelant celui de la fonction potentielle. D'ailleurs, les représentants les plus autorisés de l'Ecole insistent sur l'analogie des phénomènes économiques avec les phénomènes mécaniques, 'comme la Mécanique*

³⁷ Entre temps, Léon Walras devra faire face à un problème méthodologique soulevé par Vilfredo Pareto (Lettre du 2 août 1893). Dans les sciences physiques (comme dans de nombreuses sciences), la quête de la vérité peut suivre deux voies, plus précisément deux méthodes : la méthode scientifique (relayée par les mathématiques) et la méthode expérimentale. S'appuyant sur les travaux de Newton, Walras sous-entend que la science énonce des vérités que l'expérience ne saurait confirmer. Elle se suffirait ainsi à elle-même et pourrait rectifier des faits : « *Le système de Newton était en contradiction avec les faits tant qu'on avait pas expliqué les perturbations d'Uranus. Qui a complété les faits en trouvant la planète Neptune ? Le raisonnement sans expérience* » (1965, vol II, note 8, p. 573). Vilfredo Pareto s'opposera à cette vision en réitérant l'intérêt de la méthode expérimentale « *De même, je n'admets pas le dilemme de mes amis de Paris qui veulent que l'emploi des mathématiques exclut, en économie politique, la méthode expérimentale. Si cela était j'abandonnerais l'emploi des mathématiques, car dans toutes les sciences physiques la méthode expérimentale est souveraine* » (1965, vol II, p. 572) et la complémentarité des deux approches « *l'exemple que je viens de citer des sciences physiques prouve que l'emploi des mathématiques peut aller parfaitement d'accord avec l'usage de la méthode expérimentale* » (ibid).

rationnelle, dit l'un d'eux, considère des points matériels, l'Economie pure considère l'homo oeconomicus. Naturellement, on trouve là aussi les analogues des équations de Lagrange, moule obligé de toute mécanique » (1908, p. 46). C'est enfin Vito Volterra, mathématicien italien, qui note - dans un article intitulé « *Les mathématiques dans les sciences biologiques et sociales* » (1906) – que la révolution amorcée en économie politique et sociale est absolument semblable à celles qui ont été successivement accomplies par Descartes, Lagrange, Maxwell, Helmholtz en géométrie, en mécanique, en physique et en physiologie : « *Parmi les innombrables faits qui attirent l'attention du mathématicien, j'ai cherché surtout à mettre en lumière les deux plus saillants, savoir : le pas fait dans ces derniers temps par l'économie politique, par lequel la branche de celle-ci que Descartes et Lagrange n'hésiteraient pas à appeler l'économie analytique a été constituée comme un corps de science autonome, et le début encore plus récent de la biologie dans les recherches quantitatives et statistiques* » (Volterra, 1906, p. 19).

Dans une lettre adressée à Walras et datée du 20 octobre 1906, Picard réitérera son intérêt pour l'économie mathématique en insistant sur les analogies des problèmes d'économie politique pure « *avec les problèmes de la mécanique rationnelle des systèmes sans frottements* » (1965, vol III, p. 313). Par la suite, Walras s'attachera à entretenir les relations qu'il a tissées avec les deux grands mathématiciens français que sont Poincaré et Picard (lettres du 26, 27 octobre et 23 novembre 1906). Dans une lettre adressée à Georges Renard (3 janvier 1907), Léon Walras précise qu'il est en train de lire deux volumes des deux éminents mathématiciens – lesquels lui ont donné un « *assentiment formel sur le point de départ de [sa] théorie* » (1965, vol III, p. 317) – *La valeur de la science* d'Henri Poincaré ; *La science moderne et son état actuel* de Picard. Walras ne cache pas ses intentions. Il s'agit de saisir la portée de la grande révolution qui a fait de la physique, une science mathématique, et de s'assurer que celle qui fera de la science sociale, une science mathématique, verra bien le jour. La physique mathématique de Fourier, Fresnel, Laplace, Ampère, Maxwell, Helmholtz, Hertz, Gibbs et Boltzmann fascine Léon Walras.

2. L'article « *Economique et Mécanique* »

L'article « *Economique et mécanique* » occupe une place importante dans l'œuvre scientifique de Walras. Evoqué dès 1901 avec Henri Poincaré, mais rédigé durant l'hiver 1907-1908, cet article expose clairement le projet de son auteur. **L'analogie entre les deux disciplines doit attirer l'attention des mathématiciens**: « *ce n'est pas tout de populariser la méthode mathématique en économie politique par un enseignement élémentaire ; il faut aussi la justifier aux yeux des hommes compétents. C'est ce que j'ai tâché de faire dans un Mémoire : Economique et Mécanique que je considère très important au point de vue de la méthode et dans lequel je pose nettement les quantités ou grandeurs psychiques (susceptibles seulement d'une appréciation subjective) comme pouvant aussi bien que les quantités ou grandeurs physiques (susceptibles d'une mesure objective) être mises en équations* » (lettre à Georges Renard, 21 janvier 1909). Aux yeux de Walras, cette courte note (12 pages rédigées en décembre 1907) établit la parfaite similitude 1° entre la formule des satisfactions maxima et celle d'énergie maxima de la balance romaine ; 2° entre les équations d'équilibre général du marché et celles de la gravitation universelle des corps célestes (Lettre à Albert Aupetit, 1^{er} décembre 1907). Elle doit également faire passer les travaux walrassiens dans le champ des mathématiques appliquées : « *J'ai écrit cet hiver un morceau intitulé Economique et Mécanique dans lequel j'établis la similitude de ces deux disciplines... Ainsi nous voilà classés officiellement dans les Mathématiques appliquées* » (Lettre du 12 mars 1908, adressée à Moore). Avant d'aborder le contenu de l'article, il convient d'apporter quelques précisions sur sa rédaction.

La rédaction de l'article « *Economique et mécanique* »

Dès 1907, s'engage une correspondance entre Léon Walras et Albert Aupetit (que Léon Walras reconnaît publiquement comme son meilleur disciple). L'objet concerne la rédaction et l'utilisation de la note « *Economique et Mécanique* », que Walras souhaite proposer à l'Institut des Actuaire, à l'Académie des Sciences (Bulletin des sciences mathématiques) ou comme introduction au volume *Economie rationnelle* de la collection Doin. Cette note mathématique représente un pari

audacieux pour Léon Walras, il s'agit en effet de convaincre les mathématiciens du bien fondé de **la méthode scientifique** en économie politique. Les notions d'utilité et de rareté posent en effet un réel problème de mesure, doit-on pour autant refuser leur utilisation dans les calculs ? Les physiciens eux-mêmes ont toujours eu des difficultés pour mesurer directement les énergies, les forces et les masses. Léon Walras se propose ainsi de mettre en équations des quantités ou des grandeurs psychiques, c'est-à-dire susceptibles seulement d'une appréciation subjective. Il transforme dans le même temps le statut scientifique de l'économie politique. **A l'origine, science physico-mathématique, elle devient une science psycho-mathématique**³⁸.

Après maintes corrections suggérées par Pasquale Boninsegni³⁹ et Irving Fisher⁴⁰ (le terme quantités est remplacé par raretés, introduction de la force vive de Leibniz, précisions concernant l'introduction et la détermination numérique du coefficient k), Léon Walras suggère à Albert Aupetit d'envoyer l'article à M. Poincaré, Picard et Borel, en leur demandant de bien vouloir le présenter au Congrès International de Mathématiques qui se tient à Rome du 6 au 11 avril 1908. Pour la première fois, une section spéciale a été formée pour traiter des applications des mathématiques aux sciences économiques, financières et techniques (lettre du 13 juillet 1908, adressée à Ernest Roguin). La note de Walras sera envoyée à Henri Fehr et Charles Cailler, respectivement professeurs de mathématiques et de mécanique pure à l'Université de Genève, et de nouveau à Pasquale Boninsegni. Faute de disciples (Aupetit ne donnant plus aucun signe de vie) et de discutants (Henri Fehr fera quelques remarques insignifiantes), Léon Walras effectuera une nouvelle tentative auprès de Maffeo Pantaleoni (professeur d'économie à Rome), puis proposera son texte à la Société vaudoise des sciences naturelles⁴¹. La note « Economique et Mécanique » sera inscrite à l'ordre du jour de la séance du 7 avril 1909. Tout en insistant sur la « parfaite analogie des points de départ mathématiques et du mode de déduction de ces deux sciences », Léon Walras résumera ses propos par un tableau de formules mathématiques (lettre du 2 avril 1909 adressée à Pasquale Boninsegni). Il focalisera toute son attention sur le problème de l'introduction et de la détermination numérique du coefficient général k (lettre du 7 mars 1908 adressée à Aupetit). Considérant que l'accélération d'un corps est proportionnelle à la force d'attraction qui agit sur lui, divisée par la masse, il en déduit, respectivement pour la Terre et la Lune, les valeurs km_t et km_l . De cette double équation, Walras tire le principe d'égalité de l'action et de la réaction ($a_l = a_t$) et celle de la proportionnalité exclusive de l'accélération du corps attiré à la masse du corps attirant. Le coefficient k ne serait finalement que le g des physiciens, c'est-à-dire le coefficient de la chute des corps et de la pesanteur universelle (Walras renvoie aux travaux de Hervé Faye, astronome français et auteur des « *Leçons de cosmographie* », 1854). A la suite de cette présentation, un résumé de deux pages sera glissé dans le volume 45 du *Bulletin de la Société Vaudoise* (1909). Léon Walras n'entend cependant pas en rester là. Il profitera de l'honneur qui lui est fait (Jubilé du 10 juin 1909 à l'Université de Lausanne), pour joindre à son discours, la note⁴² récemment présentée à la Société Vaudoise ainsi que la lettre d'assentiment d'Henri Poincaré⁴³.

³⁸ Jolink et Van Daal (1987, p. 31) ont commenté ce passage en utilisant l'expression de « *unbridgeable difference between observed magnitudes : 'intime' versus 'exterior' phenomena* »

³⁹ Successeur de Vilfredo Pareto à la chaire d'économie de l'Université de Lausanne (1907).

⁴⁰ Fisher (1892, 1925) consacre le chapitre 3 de ses « *Mathematical investigations in the theory of value and prices* » aux analogies mécaniques.

⁴¹ Léon Walras fût élu *Membre associé émérite* de la Société Vaudoise des Sciences naturelles, le 17 juin 1899 (lettre de Louis Pelet, chimiste suisse, secrétaire de la Société vaudoise des sciences naturelles).

⁴² Dans une lettre datée du 2 juin 1909, soit 8 jours avant le jubilé de Léon Walras, Pasquale Boninsegni apportera de nouvelles corrections à la note en question (l'énergie comme l'utilité est rattachée à une quantité scalaire, c'est-à-dire une intégrale définie ; modification des équations de force ou d'énergie...).

⁴³ Dans une lettre du 6 mai 1909, adressée à Henri Poincaré, Walras abordera l'analogie entre la thermodynamique et l'économique. Le rapprochement de ces deux sciences repose sur deux opérations distinctes : la définition et la mesure. Dans le cas de la thermodynamique, la température est la cause de la dilatation, elle se mesure par une fonction croissante, soit $t = \varphi(t)$. Dans le cas de l'économique, la rareté est à l'origine de la valeur, elle se mesure par une fonction croissante, soit $r = \varphi(v)$.

Economique	Mécanique
$u_a = \Phi_a(q_a) \quad u_b = \Phi_b(q_b)$ $r_a = \frac{d\Phi_a(q_a)}{dq_a} = \Phi'_a(q_a) ; r_b = \frac{d\Phi_b(q_b)}{dq_b} = \Phi'_b(q_b)$ $\frac{d\Phi_a(q_a)}{dq_a} \cdot dq_a + \frac{d\Phi_b(q_b)}{dq_b} \cdot dq_b = 0$ $r_a \cdot dq_a + r_b \cdot dq_b = 0$ $v_a \cdot dq_a + v_b \cdot dq_b = 0$ $\frac{r_b}{r_a} = \frac{v_a}{v_b}$	$P \cdot \frac{dp}{dt} + Q \cdot \frac{dq}{dt} = 0$ $\varepsilon_p = \varphi(p) \quad \varepsilon_q = \psi(q)$ $P = \frac{d\varphi(p)}{dp} = \varphi'(p) ; Q = \frac{d\psi(q)}{dq} = \psi'(q)$ $\frac{d\varphi(p)}{dp} \cdot dp + \frac{d\psi(q)}{dq} \cdot dq = 0$ $P \cdot dp + Q \cdot dq = 0$ $y \cdot dp + x \cdot dq = 0$ $\frac{P}{Q} = \frac{y}{x}$
Economique	Astronomique
$p_{c,b} = \frac{v_c}{v_b} = \frac{p_{c,a}}{p_{b,a}} = \frac{v_c / v_a}{v_b / v_a}$ $p_b = \frac{r_{b,1}}{r_{a,1}} = \frac{r_{b,2}}{r_{a,2}} = \frac{r_{b,3}}{r_{a,3}} = \dots$ $p_c = \frac{r_{c,1}}{r_{a,1}} = \frac{r_{c,2}}{r_{a,2}} = \frac{r_{c,3}}{r_{a,3}} = \dots$ $p_d = \frac{r_{d,1}}{r_{a,1}} = \frac{r_{d,2}}{r_{a,2}} = \frac{r_{d,3}}{r_{a,3}} = \dots$ $v_a : v_b : v_c : v_d : \dots$ $\therefore r_{a,1} : r_{b,1} : r_{c,1} : r_{d,1} : \dots$ $\therefore r_{a,2} : r_{b,2} : r_{c,2} : r_{d,2} : \dots$ $\therefore r_{a,3} : r_{b,3} : r_{c,3} : r_{d,3} : \dots$ $\therefore \dots \dots \dots$ $mv_a = nv_b = pv_c = \dots ; m = np_b = pp_c = \dots$	$e = \frac{gt^2}{2}$ $\frac{\gamma_l}{\gamma_t} = \frac{e_l}{e_t}, \frac{\gamma_s}{\gamma_t} = \frac{e_s}{e_t}, \frac{\gamma_s}{\gamma_l} = \frac{e_s}{e_l}$ $\frac{\gamma_s}{\gamma_l} = \frac{\gamma_s / \gamma_t}{\gamma_l / \gamma_t}$ $\gamma_t m_t = \gamma_s m_s = \dots ;$ $\gamma_t = \gamma_l \mu_l = \gamma_s \mu_s = \dots$ $a_t = a_l = \frac{K m_l m_l}{d_{t,l}^2}$ $\gamma_t = \frac{a_t}{m_t} = \frac{k m_l m_l}{m_t} = k m_l,$ $\gamma_l = \frac{a_t}{m m_l} = \frac{k m_l m_l}{m_l} = k m_t$ $0^m 00272 \times 60.3^2 = 0^m 00272 \times 3626 = 9.8$

Source : Jaffe (1965, vol III, p. 400-401)

L'article sera finalement envoyé dans sa version définitive (avec les remarques de Boninsegni) à Henri Poincaré, le 14 juin 1909 et à l'économiste français Sauvaire-Jourdan, le 26 juin 1909 (ce dernier a traduit les *Principles of Economics* d'Alfred Marshall). Il sera même associé à la campagne scientifique que Walras entend mener pour obtenir le prix Nobel de la Paix (lettre du 10 août 1909).

Le contenu de l'article « Economique et Mécanique »

Dans ce qu'il nomme « note mathématique », Léon Walras entend privilégier plusieurs pistes (Diemer, 2005), une référence explicite à la physique mathématique (Poincaré, 1902, 1906), à la mécanique rationnelle (Leibniz, 1684 ; Cournot, 1875 ; Fisher, 1892) et à la mécanique céleste (Newton, 1722 ; Poincaré, 1902 ; Picard, 1905) qui associent la loi à une « équation différentielle » (Walras, 1905).

Les grandes lois économiques, évoquées par Léon Walras, tirent leurs origines des grands débats scientifiques du moment. La loi représente avant tout l'harmonie, c'est la conquête de l'esprit humain. Une conquête que l'on doit principalement aux astronomes (Hipparque, Ptolémée, Copernic, Kepler...). Ce sont eux qui nous ont appris qu'il existait des lois naturelles, que ces lois étaient inéluctables et précises. Il était donc normal que la mécanique céleste fût le premier modèle de la physique mathématique. Poincaré (1906) précise que c'est Newton qui nous a montré qu'une Loi physique n'était qu'une relation constante et nécessaire entre l'état présent du monde et son état

immédiatement postérieur. Toutes les autres lois découvertes depuis, ne seraient pas autre chose que des équations différentielles : « Une loi... c'est une relation constante entre le phénomène d'aujourd'hui et celui de demain. En un mot, c'est une équation différentielle » (1906, p. 191). Si la mécanique céleste constitue bien le premier modèle de la physique mathématique, cette science évolue rapidement, et il convient de suivre ses développements avec attention, sous peine de jugements et de raisonnements erronés. Cette vision de la science et des lois sera largement partagée par Léon Walras. Ce dernier a notamment besoin de légitimer son œuvre auprès d'un public d'économistes très réticents à l'introduction des mathématiques dans l'économie politique (Bouvier, 1900). La correspondance qu'il juge bon d'entretenir avec Henri Poincaré arrive ainsi à point nommé. L'article « *Economique et mécanique* » de 1905 est assez symptomatique de cette période durant laquelle Léon Walras éprouvera le besoin de resituer sa théorie de l'échange et son théorème de l'équilibre général dans un cadre scientifique. L'équation différentielle (loi au sens de Newton) y règne sans partage. **Léon Walras entend ainsi démontrer aux mathématiciens que si l'économique ne peut être une science physico-mathématique, elle est en revanche une science psycho-mathématique.** Sa manière de procéder serait identique à celle de deux sciences physico-mathématiques incontestées : la mécanique rationnelle et la mécanique céleste.

- S'appuyant sur les travaux de Leibniz (1684), Cournot (1875) et Fisher (1892), Léon Walras établit une analogie entre l'économique pure et la mécanique rationnelle, à partir d'une reformulation de l'équation différentielle fondamentale de ces deux sciences. Dans le cas de l'économique pure, Léon Walras donne une formule générale de la solution mathématique du problème de l'échange de deux marchandises, A et B (*9^{ème} et 10^{ème} leçons*, EEPP, 1874). A partir des équations d'utilité, u_a et u_b (fonction croissante non proportionnelle de la quantité consommée) et des équations de rareté, r_a et r_b (fonction décroissante de la quantité consommée), Walras détermine une équation d'utilité maxima, soit une **équation de demande ou d'offre**, qu'il qualifie « *d'équation différentielle fondamentale de l'économique pure* » (1987, p. 333).

$$\begin{matrix} u_a = \varphi_a(q_a) \\ u_b = \varphi_b(q_b) \end{matrix} \rightarrow \frac{d\varphi_a(q_a)}{dq_a} \cdot dq_a + \frac{d\varphi_b(q_b)}{dq_b} \cdot dq_b = 0 \rightarrow r_a \cdot dq_a + r_b \cdot dq_b = 0$$

Les marchandises A et B, étant supposées s'échanger en fonction des valeurs, v_a et v_b , **l'équation d'échange** s'écrira de la manière suivante :

$$v_a \cdot dq_a + v_b \cdot dq_b = 0$$

L'égalisation des deux équations donne *la satisfaction maxima*. Cette dernière a lieu lorsque le rapport des raretés est proportionnel au rapport des valeurs.

$$\begin{matrix} r_a \cdot dq_a + r_b \cdot dq_b = 0 \\ v_a \cdot dq_a + v_b \cdot dq_b = 0 \end{matrix} \rightarrow \frac{r_b}{r_a} = \frac{v_b}{v_a}$$

Dans le cas de la mécanique rationnelle, Léon Walras revient sur le concept de « *force vive* » (la force multipliée par la vitesse) de Leibniz, qu'il oppose au concept de « *force morte* » de Newton. A partir d'une équation de force (expression naturelle de l'égalité, à un instant t, de deux forces vives s'exerçant sur un point en un sens contraire) et d'une analogie avec la balance romaine susceptible de déterminer des équations d'énergie (proportionnellement croissantes avec les espaces p et q), Walras pose l'équation d'énergie maxima, soit l'équation différentielle fondamentale de la mécanique rationnelle. En supposant que les bras de levier de la balance ont des longueurs respectives p et q ; l'égalisation des deux équations, en l'occurrence l'équilibre de la balance romaine, s'établira lorsque le rapport des forces est inversement proportionnelle aux bras du levier.

$$P \cdot \frac{dp}{dt} + Q \cdot \frac{dq}{dt} = 0 \rightarrow P \cdot \frac{dp}{dt} = -Q \cdot \frac{dq}{dt} \rightarrow \frac{d\varphi(p)}{dp} \cdot dp + \frac{d\varphi(q)}{dq} \cdot dq = 0 \rightarrow P \cdot dp + Q \cdot dq = 0$$

$$P = \frac{d\varphi(p)}{dp} = \varphi'(p) \quad , \quad Q = \frac{d\varphi(q)}{dq} = \varphi'(q)$$

$$P.dp + Q.dq = 0 \quad \rightarrow \quad \frac{P}{Q} = \frac{q}{p} \quad p.dq + q.dp = 0$$

Dans un repère orthonormé et dans l'espace, l'analogie associe les forces et les raretés à des « vecteurs », les énergies et les utilités à des « quantités scalaires ».

- S'appuyant sur les travaux de Newton (1722), de Poincaré (1902) et de Picard (1905), Léon Walras établira la même analogie entre l'économique et la mécanique céleste, à partir des principes de gravitation et d'attraction universelle (notions de force et de masse). Dans le cas de l'économie pure, il s'agit de passer de l'étude de l'échange de deux marchandises à l'étude de l'échange de plusieurs marchandises entre elles. Préférant la solution arithmétique à la résolution géométrique⁴⁴ (difficulté pour représenter un espace à plus de deux dimensions), Léon Walras démontre que l'équilibre général du marché n'est possible, 1° que si l'on introduit une troisième marchandise (11^{ème} leçon, EEPP, 1988) faisant office de numéraire (il s'agit de substituer les échanges directs aux échanges indirects, processus d'arbitrage) : « l'équilibre parfait... n'a lieu que si le prix de deux marchandises quelconques l'une en l'autre, est égal au rapport des prix de l'une et l'autre en une troisième quelconque⁴⁵ » (EEPP, 1988, p. 163) ; d'autre part (13^{ème} leçon, EEPP, 1988), 2° que si le « rapport des raretés de deux marchandises quelconques, égal au prix de l'une en l'autre, est le même chez tous les détenteurs de ces deux marchandises » (EEPP, 1988, p. 201). Si C, B ... sont des marchandises, énoncées en l'une d'entre elles, la marchandise A, prise comme numéraire, les deux résultats précédents peuvent être résumés par les formules suivantes :

$$p_{c,b} = \frac{v_c}{v_b} = \frac{p_{c,a}}{p_{b,a}} = \frac{v_c/v_a}{v_b/v_a} \quad (1)$$

$$p_b = \frac{r_{b,1}}{r_{a,1}} = \frac{r_{b,2}}{r_{a,2}} = \dots$$

$$p_c = \frac{r_{c,1}}{r_{a,1}} = \frac{r_{c,2}}{r_{a,2}} = \dots \quad (2)$$

$$p_d = \frac{r_{d,1}}{r_{a,1}} = \frac{r_{d,2}}{r_{a,2}} = \dots$$

$$v_a, v_b, v_c, v_d$$

$$r_{a,2}, r_{b,2}, r_{c,2}, r_{d,2} \dots \quad (3)$$

$$r_{a,3}, r_{b,3}, r_{c,3}, r_{d,3} \dots$$

Léon Walras précisera dans la 12^{ème} leçon des EEPP, que cette solution scientifique au problème de l'échange de plusieurs marchandises, se résout également empiriquement par le mécanisme de la libre concurrence. La hausse ou la baisse du prix d'une marchandise (en numéraire) doit être pensée comme un mode de résolution par tâtonnement du système d'équations d'égalité de l'offre et la demande. La résolution du système d'équation par itération, et plus précisément le tâtonnement, serait ainsi une expression des grandes lois économiques.

Conclusion

Si la physique, et plus précisément la mécanique statique, occupe une place importante dans les travaux de Léon Walras, il convient de préciser la portée et la signification de ces analogies. L'œuvre walrassienne s'inscrit tout d'abord dans une filiation directe père – fils. C'est à partir des conceptions d'Auguste Walras que Léon forgera dès 1860, un programme scientifique pour l'économie politique. L'économie politique fait partie de la classification des connaissances humaines (Ampère, 1832), elle ne peut donc se concevoir sans une théorie de la science en général. Or toute science est une théorie d'un fait général (nature, causes, espèces, lois, effets). L'économie

⁴⁴ Ceci sera corrigé par un appendice sur « la théorie géométrique de la détermination des prix » (EEPP, 1988).

⁴⁵ Ceci se traduirait par la présence de (m-1) équations d'échange, qui associées aux m (m-1) équations de demande et aux (m-1) (m-1) équations d'équilibre général, forment un total de 2 m (m-1) équations, dont les racines sont les m (m-1) prix des m marchandises les unes en les autres, et les m (m-1) quantités totales de ces m marchandises échangées les unes contre les autres (EEPP, 1988, p. 173).

politique est la science de la richesse sociale. La richesse est à la fois un fait général et une grandeur appréciable. Dès lors, l'économie politique peut être aussi précise et rigoureuse que la physique, la chimie ou la mécanique. Elle relèverait même de l'arithmétique. Si Auguste Walras s'inspire de la méthode scientifique (celle de Bacon) qui a si bien fonctionné dans le domaine de la physique, il précise dans le même qu'il conviendra de délimiter les frontières de l'économie politique. C'est à partir des analogies méthodologiques paternelles, de la classification des connaissances d'Ampère (1834, 1843) et des travaux de Poincaré (1842) que Léon Walras va développer ses conceptions de la science économique. Les analogies théoriques se substituent progressivement aux analogies méthodologiques. Sous l'impulsion des sciences mathématiques, l'économiste doit privilégier non plus la relation causale, mais bien la relation fonctionnelle et l'interdépendance. L'économie politique et la mécanique statique parleraient ainsi d'une seule voix : celle des conditions et des équations de l'équilibre. Si la mécanique des machines sans frottements semble bien constituer un point d'ancrage de la science économique, elle n'en constitue pas l'essence. Seule la méthode mathématique permet de formuler des lois scientifiques et donner un statut scientifique à l'économie politique. C'est dans cette perspective qu'il convient d'appréhender l'article « Economique et mécanique ». Si Walras renvoie ses lecteurs à la mécanique rationnelle de Leibniz et à la mécanique céleste de Newton, c'est uniquement pour rappeler que toutes les lois économiques sont rattachées à une figure mathématique emblématique, « l'équation différentielle⁴⁶ ». L'économie (mathématique) doit suivre les traces de la physique mathématique, seule cette dernière symbolise la quête de la vérité. Anachronisme scientifique ou simple revers du destin, c'est au moment où Léon Walras pense avoir établi les bases de la science économique que les sciences physiques seront ébranlées dans leurs certitudes par les thèses d'Albert Einstein (1905).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMPERE A-M (1834), *Essai sur la philosophie des sciences*, tome 1, Bachelier, Paris.
- AMPERE A-M (1843), *Essai sur la philosophie des sciences*, tome 2, Bachelier, Paris.
- AUPETIT A. (1901), *Essai sur la théorie générale de la monnaie*, Paris, Guillaumin.
- BACON F. (1650), *Novum Organum*. Traduction française de Lorquet, Librairie de L. Hachette et Cie, Paris, 1857.
- BARTHELEMY ST HILAIRE J. (1866), *La philosophie des deux Ampères*, Didier et Cie.
- BOUVIER E. (1901), « La méthode mathématique en économie politique », *Revue d'économie politique*, août-septembre, vol 15, n° 8-9, pp. 817-850.
- DIEMER A. (2007), « Auguste Walras et la critique de l'économie politique de J-B Say », *Colloque international Jean-Baptiste Say*, Triangle, Lyon, 12-13 janvier, 21 p.
- DIEMER A. (2006), Auguste Walras, les premiers pas de l'économie scientifique, *Economies et sociétés*, « Histoire de la pensée économique », PE, n°38, 12/2006, p. 1753-1776.
- DIEMER A., LALLEMENT J. (2005a), « De Auguste à Léon Walras : retour sur les origines du marché et de la concurrence walrassienne », *Cahiers du CERAS*, hors série n°4, pp. 99-120.
- DIEMER A. (2005b), « Auguste et Léon Walras : la constitution d'un véritable programme scientifique pour l'économie politique », *Journées « Les Walras : un itinéraire du XIX au XX siècle »*, Lyon, Triangle, nov, 25 p.
- DIEMER A. (2004), « Economie pure et économie appliquée : un point de vue critique sur l'originalité de l'œuvre de Léon Walras », *Cahiers du CERAS*, hors série n°3, pp. 235-259.
- FISHER I. (1892), "mathematical investigations in the theory of value and prices", *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, vol.IX, July.
- FISHER I. (1925), *Mathematical investigations in the theory of value and prices*, Yale University Press.
- GIDE C., RIST C. (1922), *Histoire des doctrines économiques*, 4ème édition, Sirey.
- HOLLANDER S. (1989), « On P. Mirowski's Physics and the Marginalist Revolution », *Cambridge Journal of Economics*, vol 13, p. 459-470.
- JAFFE W. (1965), *Correspondence of Léon Walras and Related Papers*, 3 vol, North Holland Publishing, Amsterdam.
- JOLINK A., Van Daal J. (1989), "Léon Walras's mathematical economics and the mechanical analogies", *History of Economics Society Bulletin*, vol 11, Spring, p. 25-32.
- JOLINK A. (1993), « Economic Equilibrium in the History of Science : Reviewing the Invisible Hand », *The Economic Journal*, vol 103, n° 420, September, p. 1303 – 1311.
- LALLEMENT J. (2000), « Prix et équilibre selon Léon Walras », in BERAUD A. et G. FACCARELLO G. (dir.), *Nouvelle histoire de la pensée économique*, La Découverte, p. 449-497.

⁴⁶ Une manière d'attirer vers l'économie les mathématiciens les plus compétents (Poincaré, Picard).

- LAURENT H. (1902), *Traité d'économie politique rédigé conformément aux principes de l'Ecole de Lausanne*, Paris, Schmid.
- LOTTER F. (1985), "Léon Walras : de la mesure observée à la mesure imaginaire", *Cahiers de l'ISMEA*, Economies et sociétés, Histoire de la Pensée économique, n° 3, mars, pp. 109-145.
- MIROWSKI P. (1984), « Physics and the marginal revolution », *Cambridge Journal of Economics*, vol 8, p. 361-379.
- MIROWSKI P. (1984), "The Role of Conservation Principles in Twentieth Century Economic Theory", *Philosophy of the Social Sciences*, vol 14, p. 461-473.
- MIROWSKI P. (1989), "On Hollander's substantive identity of classical and neoclassical economics : a reply", *Cambridge Journal of Economics*, vol 13, p. 471-477.
- MIROWSKI P. (1989), *More heat than light*, Cambridge University Press. Traduction française, B. Maurin, "Plus de chaleur que de lumière", *Economica*.
- MIROWSKI P. (1990), "Walras' Economics and Mechanics" in Warren Samuels, ed., *Economics as Rhetoric*, Norwell, Kluwer.
- NAVILLE E. (1857), « *Maine de Brian, sa vie et ses pensées* », in 18°.
- NEWTON I. (1722), *Traité d'optique sur les réflexions, réfractions, inflexions et les couleurs de la lumière*, traduction française de M. Coste, 2nd édition, Montalant, Paris.
- PARETO V. (1901), « Note sur les équations de l'équilibre dynamique », *Giornale degli Economisti*, septembre.
- PICARD E. (1908), *La science moderne et son état actuel*, Paris, Flammarion.
- POINCARÉ H. (1902), *La Science et l'hypothèse*, réédition, La Bohème, 1992.
- POINCARÉ H. (1906), *La valeur de la Science*, Ernest Flammarion Edition.
- POINCARÉ H. (1900), « Les relations entre la physique expérimentale et la physique mathématique », *Revue générale des sciences pures et appliquées*, vol 11, n° 21, pp. 1163-1175.
- POINSON L. (1811), *Eléments de statique*, Paris, Volland, L'Ainé et le Jeune, Libraires, 8^{ème} édition (1842), Bachelier.
- SCHUMPETER J. (1953), *History of Economic Analysis*, Oxford University Press. Traduction française, "Histoire de l'analyse économique", Editions Gallimard, 1983.
- VOLTERRA V. (1906), « Les mathématiques dans les sciences biologiques et sociales », *La revue du mois*, 10 janvier, vol 1, n°1, pp. 1-21.
- WALKER D. (1987), « Walras' Theories of Tatonnement », *Journal of Political Economy* vol 95, pp. 758-774.
- WALKER D. (1991), « Economics as Social Physics », *The Economic Journal*, vol 101, may, p. 615-631.
- WALRAS A. (1831), *De la nature de la richesse et de l'origine de la valeur*, in 8°, Paris, Johanneau. Réimpression sous la direction de G. Leduc, (1938), Alcan.
- WALRAS A. (1832-1835-1836-1837), Cours professé à Evreux ; Cours professé à l'Athénée, in *Cours et Pièces Diverses*, Auguste et Léon Walras, *Œuvres économiques complètes*, vol III.
- WALRAS A. (1849), *Théorie de la richesse sociale ou résumé des principes fondamentaux de l'économie politique*, in 8°, Paris, Guillaumin.
- WALRAS A. (1863), *Esquisse d'une théorie de la richesse*, Discours prononcé le 19 décembre à l'ouverture du Cours d'Economie Politique professé à Pau, imprimerie et lithographie de E. Vignancour.
- WALRAS A. (1863), *Notes et exposés de philosophie générale*, Fonds Walras, Lyon, FA III A 13-07-03.
- WALRAS A. (2005), Auguste Walras : cours et pièces diverses, in Auguste et Léon Walras, *Œuvres économiques complètes*, vol III, préparé par Pierre-Henri Goutte et Jean-Michel Servet, Paris, Economica.
- WALRAS L. (1871), *Discours d'installation*, publication du rapport d'une séance académique du 20 octobre, p. 18-42, in *Mélanges d'économie politique et sociale*, OEC vol. VII Economica, Paris, 1987, p. 359-376.
- WALRAS L. (1874), *Eléments d'économie politique pure*, Corbaz, Lausanne, OEC, vol. VIII, Paris, Economica, 1988.
- WALRAS L. (1876) : « Une branche nouvelle de la mathématique. De l'application des mathématiques à l'économie politique », *Mélanges d'économie politique et sociale*, OEC vol. VII Economica, Paris, 1987, p. 291-329.
- WALRAS L. (1896), *Etudes d'économie sociale*, Corbaz, Lausanne, OEC, vol. IX, Paris, Economica, 1990.
- WALRAS L. (1898), *Etudes d'économie appliquée*, Corbaz, Lausanne. 2^e édition (1936), Pichon, Paris, OEC, vol. X, Paris, Economica, 1992.
- WALRAS L. (1908), *Un initiateur en Economie Politique, A.-A. Walras*, Editions de la *Revue du Mois*, Paris.
- WALRAS L. (1909), « Economique et Mécanique », *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, vol 45, pp. 313-325.
- WALRAS L. (2001), *L'économie politique et la justice*, in Auguste et Léon Walras, *Œuvres économiques complètes*, vol V, Economica.

