



Munich Personal RePEc Archive

**Leontief and economics as an empirical
science: the “operational meaning” of
laws**

Akhabbar, Amanar

Lausanne University, Centre Walras-Pareto

2007

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/30453/>
MPRA Paper No. 30453, posted 22 Apr 2011 13:19 UTC

« LEONTIEF ET L'ECONOMIE COMME SCIENCE EMPIRIQUE : LA SIGNIFICATION
OPERATIONNELLE DES LOIS »

Amanar Akhabbar

Publié dans *Economies et Sociétés*, Série PE, 39(10-11), 2007, p.1745-1788

LEONTIEF ET L'ECONOMIE COMME SCIENCE EMPIRIQUE :
LA « SIGNIFICATION OPERATIONNELLE » DES LOIS*

AMANAR AKHABBAR¹

RESUME

Dès les années trente, Leontief défend la validité de l'analyse input-output sur la base d'une épistémologie très spécifique : l'opérationnalisme. L'opérationnalisme n'est pas propre à Leontief, mais il a été, sous des formes variées, une référence épistémologique courante des années trente aux années cinquante, en particulier à propos du statut des lois scientifiques. Les discussions épistémologiques autour de l'opérationnalisme permettent rétrospectivement d'éclairer les débats des économistes sur les fondements théoriques de la fonction de production de Leontief.

ABSTRACT: Leontief and economics as an empirical science: the “operational meaning” of laws.

From the 1930s, Leontief defended the validity of input-output analysis on the basis of a very specific epistemology: operationalism. Operationalism was not proper to Leontief but it was a common epistemological reference from the 1930s to the 1950s –especially about the status of scientific laws. The epistemological discussions around operationalism permits, in retrospect, to enlighten the debates about the theoretical foundations of the production function of Leontief.

* Ce travail fait partie d'une recherche menée dans le cadre de l'ACI CNRS « L'équilibre général comme savoir » au sein du GRESE-PHARE (Université Paris 1). Je remercie les participants de la session à laquelle a été présentée une première version de ce texte lors du colloque de l'Association Charles Gide *Existe-t-il des lois en économie ?* (Lille, septembre 2005), en particulier Richard Arena et Jérôme Lallement pour leurs commentaires et critiques. Je remercie également les deux rapporteurs anonymes de la revue *Æconomia* ainsi qu'Alain Desrosières.

¹ ATER -Université Paris Descartes et PHARE (Université Paris1 Panthéon-Sorbonne),
amanar.akhabbar@malix.univ-paris1.fr.

INTRODUCTION

Durant la première moitié du vingtième siècle, la science économique a vu se développer puis s'imposer une pratique scientifique particulière fondée sur la construction de modèles théoriques mathématiques et la mise en œuvre de techniques économétriques de plus en plus sophistiquées pour estimer et tester les modèles et les hypothèses théoriques². Cette manière de faire s'accompagne, au moins dans un premier temps, de l'idée que l'économiste peut faire reposer avec un certain degré de confiance ses modèles sur quelques principes généraux, sur ce que l'on considère comme des lois économiques.

Cette manière de faire trouve en Henry Ludwell Moore l'un de ses principaux pionniers du début du 20^e siècle. Pour Moore il s'agit d'utiliser les techniques statistiques disponibles (les coefficients de corrélation notamment) pour confirmer ou infirmer les *lois* énoncées par la théorie économique³. C'est cette même approche qui est appliquée par la suite, pour prendre l'exemple de l'analyse de la production, aux principes énoncés par la théorie de la productivité marginale, la loi des rendements factoriels décroissants ou encore aux « lois de la production » exprimées par les fonctions Cobb-Douglas (Cobb et Douglas [1928], Douglas [1938] et [1948]). Ainsi Paul H. Douglas (un ancien étudiant de Moore à l'université Columbia⁴) se demande lors de son adresse présidentielle à l'*American Economic Association*, en 1947 : « *existe-t-il des lois de la production ?* ».

Il y est notamment question de tester la « *loi des rendements [d'échelle] constants* » et, en l'occurrence, d'estimer la valeur des paramètres de la fonction de production. Douglas conclut que, « *la déviation des valeurs effectives ou observées de celles qui pourraient être attendues d'un point de vue théorique n'est pas importante et même est plutôt inférieure à ce qui pouvait être prévu étant donné la distribution aléatoire des erreurs d'échantillonnage et de mesure* » ([1948], p.41)⁵. Par là Douglas offre à la théorie de la productivité marginale un fondement empirique sur lequel s'appuieront des générations d'économistes : grâce à la méthode des tests⁶, la loi théorique énoncée par l'économiste est vérifiée par des régularités observées.

À côté de cette approche, l'analyse de la production de Leontief⁷ tranche au moins par ce qu'elle n'accorde aucune place aux principes théoriques et aux lois énoncés par Douglas, notamment ceux de la substitution entre les facteurs de production et les principes de la théorie de la productivité marginale⁸. Mais plus encore, à l'approche théorique et

² Voir, pour des histoires de l'installation de ces pratiques, Morgan et Rutherford [1998], Morgan [2003], Backhouse [1998] et Armate [2005].

³ Voir par exemple, *Laws of Wages : an essay in statistical economics* (1911), où Moore cherche en particulier à confirmer empiriquement la théorie de J.-B. Clark qui fait de la loi de la productivité marginale du travail l'explication de la formation des salaires.

⁴ Pour des éléments historiques, voir Douglas [1939] [1976], Samuelson [1979] et Lloyd [2001]. En même temps qu'il travaille sur la théorie de la production, Paul H. Douglas mène une carrière politique aux côtés des démocrates et devient sénateur au congrès américain (1948-1966).

⁵ « *The deviations of the actual or observed values from those which we would theoretically expect to prevail under the formula are not large and indeed are slightly less than we would expect under the random distribution of errors of sampling and measurement* » (Douglas [1948], p.41).

⁶ Méthode qui s'appuie dans une large mesure sur les *lois statistiques* telles que la loi normale. Mais nous ne nous référons pas à cet usage des *lois* en économie.

⁷ Wassily W. Leontief (1905-1999). Il vit en Russie jusqu'en 1925 puis s'installe en République de Weimar (à Berlin et Kiel). Il s'installe définitivement aux États-Unis en 1931.

⁸ Pour une critique analytique de la théorie de la répartition de Paul Douglas, voir Leontief [1934d], que nous n'examinerons pas ici.

méthodologique de Douglas, Leontief entend apporter sinon un démenti du moins une alternative. En effet, engagé avec son étude de l'interdépendance générale dans la recherche de « *la loi empirique du changement économique* » (Leontief [1953], p.53), Leontief entend imposer une pratique scientifique très différente de celle des économètres (dont il a un temps emprunté le chemin⁹) et met en doute la pertinence de la méthode des tests.

Cette méthode lui paraît trop permissive et conduit la théorie économique à être envahie par des concepts et des lois trop théoriques et abstraits pour être pertinents. Ainsi, ce qui est en question avec Leontief, ce n'est pas tant la nature des lois économiques – car Leontief fait partie de ce mouvement qui a favorisé la théorie, la modélisation et l'usage des mathématiques en économie –, que les conditions d'expression des « énoncés ayant la forme de loi ». Pour Leontief, tester statistiquement un énoncé ne suffit pas à lui procurer une légitimité : pour lui cette légitimité est à trouver dans un travail soigneux de formulation d'opérations de mesure pour chacun des concepts introduits par le théoricien, en s'appuyant sur des observations directes et non des confirmations indirectes des hypothèses par les tests. C'est ce que Leontief appelle la méthode empirique ou encore la méthode opérationnelle : fonder les propositions scientifiques sur des observations directes de manière à pouvoir les formuler en termes d'énoncés observationnels (les termes élémentaires).

Cet article a pour but de rendre compte des critères épistémologiques employés par Leontief et d'étudier leur mise en œuvre pour l'analyse de la production dans le cas de l'analyse *input-output*. En particulier, le projet épistémologique de Leontief, dans sa manière d'articuler les énoncés nomologiques¹⁰ et les énoncés observationnels, est à rapprocher – dans le cadre d'un exercice de reconstruction rationnelle – du courant philosophique qui lui est contemporain, l'opérationnalisme. Les principes de ce courant ont été largement discutés aux États-Unis à la même époque notamment sur la question de la formulation *de toutes les lois de la physique en termes élémentaires*, pour reprendre une formule de Carnap [1939].

Nous examinons dans ce qui suit le contenu du critère d'opérationnalité de Leontief, tel qu'il apparaît dans ses travaux des années trente aux années cinquante, c'est-à-dire des premiers articles sur l'étude des relations interindustrielles aux prises de position de Leontief dans les débats de la controverse sur la « mesure sans théorie ». L'argumentation se présente en deux temps. Dans un premier temps, nous présentons l'approche épistémologique de Leontief et ses conséquences sur son analyse de la production (ce qu'il nomme l'« *approche nomologique* »). Dans un second temps, après avoir établi les liens analytiques entre le critère épistémologique de Leontief et l'opérationnalisme des philosophes de cette époque, nous discutons les conséquences des débats philosophiques sur l'approche de Leontief. Nous verrons en particulier que le recours à un critère de type opérationnaliste soulève des problèmes quant à la possibilité d'énoncer des lois, ce qui permettra d'expliquer en retour certaines hésitations de Leontief pour justifier ses énoncés théoriques tels que la constance des coefficients de production.

⁹ Nous nous référons ici aux travaux économétriques de Leontief sur « *les lois de l'offre et de la demande* », expression employée par Leontief. Voir Leontief [1929] [1932] [1934a] [1934b] [1934c]. Leontief retirera de ces travaux la certitude de l'insuffisance du cadre analytique en équilibre partiel ainsi qu'un regard très critique à l'encontre de l'économétrie.

¹⁰ Les énoncés nomologiques désignent les propositions générales (des énoncés ayant la forme de lois) par opposition aux énoncés singuliers (comme les observations).

I. L'analyse *input-output* et l'énonciation de propositions générales : vers la formulation d'un problème épistémologique

1. L'analyse *input-output* et la question des lois : une vue d'ensemble

Si Wassily Leontief pouvait dire de l'analyse *input-output* « *c'est une approche, ce n'est pas une théorie* » (Leontief in Rosier [1986], p. 96), c'est que, pour lui, le discours théorique est strictement encadré par le discours sur la méthode. Il ne débat pas, lorsqu'il traite de l'analyse *input-output*, de théorie pure ou de techniques statistiques, mais de mesure et d'observation directe, de sens opérationnel des concepts, de possibilité de résoudre des systèmes larges d'équations par l'informatique... Avec l'analyse *input-output*, que Leontief invente dans les années trente, il s'agit de révolutionner la théorie par la méthode et de faire de la science économique une *science empirique* (ou *opérationnelle*).

Par là, Leontief comme Jan Tinbergen à la même époque ouvre la voie aux modèles économiques intégrant dans une même boîte à outils les formalismes mathématiques, les méthodes empiriques (économétrie, calibrage, estimation directe, etc.) et les équipements informatiques nécessaires. On peut relever en effet de nombreuses similitudes entre les travaux de Tinbergen et ceux de Leontief, au-delà du fait que l'un comme l'autre ont développé leurs travaux scientifiques en relation étroite avec leurs préoccupations de planification¹¹. D'une part l'un et l'autre publient leur thèse dans la revue codirigée par Schumpeter, *Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik* (Leontief en 1928 et Tinbergen en 1929), cherchant l'un comme l'autre à donner à la question des *business cycles* un fondement théorique en opposition aux méthodes ultra-empiristes alors installées (celle des historicistes, du NBER ou encore celle des baromètres)¹². D'autre part, Tinbergen comme Leontief travaillent sur la formalisation mathématique de la théorie économique, ils utilisent et développent les méthodes économétriques récentes¹³. De plus, persuadés de la double nécessité de fondements théoriques et de fondements empiriques à la science économique, ils construisent indépendamment l'un de l'autre, dans les années trente, les premiers modèles économiques empiriques nationaux¹⁴. Mais alors que Tinbergen défend l'idée de tester des modèles par les techniques économétriques, Leontief abandonne rapidement la voie économétrique pour développer une relation qu'il veut plus directe de la théorie aux données, s'appuyant notamment sur le tableau entrées-sorties et les études techniques d'ingénierie.

¹¹ Néanmoins, à la différence de Tinbergen, Leontief écrit très peu sur la planification elle-même et reste assez discret sur le sujet tandis que de nombreuses administrations aux États-Unis et ailleurs s'emploient à construire des tableaux entrées-sorties.

¹² Si Leontief a une relation plus distante avec la problématique de l'explication des cycles des affaires que Tinbergen, la question est présente dans sa thèse de 1928 et son modèle théorique (Leontief [1937]) apparaît aussi comme une réponse à cette question (voir Leontief [1935]).

¹³ Tinbergen, comme Leontief dans une certaine mesure, travaille en particulier sur les mécanismes des prix, l'étude économétrique des fonctions d'offre et demande ou encore du cycle des affaires.

¹⁴ Tinbergen construit en 1936 un modèle à 24 équations permettant de rendre de compte à la fois des prix et des volumes dans un cadre dynamique. Leontief emploie le terme de « modèle » dès 1928. Le modèle de Leontief de 1937, s'appuie sur un modèle walrassien (statique) simplifié à n secteurs, spécifié pour dix industries (limite autorisée par sa machine à calculer) incluant les ménages et pour lequel il collecte des données pour les États-Unis pour l'année 1919. Tinbergen utilise son modèle de 1936 pour étudier les effets de différentes politiques économiques sur l'économie des Pays-Bas et Leontief simule à partir de son modèle l'effet de changements structurels (changement dans les coefficients techniques) sur les productions et sur les prix sectoriels ainsi que sur le niveau de l'investissement, de l'épargne, du travail et de la demande finale américaine.

Il est à noter que les travaux de Tinbergen comme ceux de Leontief sont l'objet de controverses sur le bien-fondé de la méthode économétrique employée. Leontief est sévèrement critiqué par Ragnar Frisch lui-même et sa méthode d'estimation des fonctions d'offre et de demande est citée comme un exemple d'écueil de l'économétrie dans l'ouvrage de Frisch, *Pitfalls in the statistical construction of demand and supply curves* (1933). Tinbergen est quant à lui l'objet des critiques de J.M. Keynes qui voit dans ses travaux « *une sorte d'alchimie statistique* » (Keynes [1940], p. 156), avant d'ajouter que « *Newton, Boyle et Locke pratiquèrent l'alchimie. Alors laissez-le [Tinbergen] poursuivre* » (*ibid.*). Mais alors que Tinbergen poursuit dans la voie de la macroéconométrie, Leontief abandonne définitivement la méthode économétrique pour l'analyse *input-output* qu'il pense plus fiable.

C'est cette méthode, propre à Leontief, et qui se veut une alternative à la méthode des tests, que nous étudions dans cet article. Car chez Leontief, le discours sur la méthode est omniprésent : il est un acteur discret des controverses et des débats américains à partir des années trente et la position qu'il défend est souvent à la marge des grands courants.

Lois générales et théorie : la problématique soviétique

Pour la science économique américaine, la particularité de l'approche de Leontief provient d'une part de sa filiation avec la problématique posée dans le milieu des années vingt par les économistes russes P.I. Popov et L.N. Litochenko¹⁵ et, d'autre part, de ses références à la théorie de l'équilibre général.

En effet, en URSS, Popov et Litochenko construisent entre 1924 et 1926 une balance statistique de l'économie soviétique pour 1923-1924 dans l'idée d'appliquer à une économie nationale les méthodes de la comptabilité d'entreprise. Cette balance (ou bilan) de l'économie soviétique contient un exposé original d'un tableau multisectoriel à double entrées et présente la particularité eu égard aux balances-matières d'être exprimée en termes monétaires (et donc suppose donnés des prix monétaires¹⁶).

Les auteurs de la balance sont alors à la recherche d'une théorie économique qui expliquerait les mouvements représentés dans la balance comptable, en particulier les relations interindustrielles. Pour Popov, la balance, inspirée de Quesnay et Marx, « *n'est pas encore une théorie (...). Elle apporte le matériau pour une théorie* » (Popov in Spulber [1964], p. 6). Ils cherchent donc, de manière explicite, à articuler « *comptabilité économique nationale* » et « *économie politique* ». Cette recherche s'insère dans le débat, en URSS, sur l'existence de lois générales et de régularités empiriques en économie. Alors que pour Popov et Litochenko (mais aussi bien d'autres comme Groman ou Feldman), il ne fait aucun doute qu'il existe des lois générales valides pour tous les modes de production, le camp adverse (E.A. Preobrajenski¹⁷ notamment) considère que dans la sphère communiste dirigée par l'État cessent de s'appliquer les lois de l'économie politique (en particulier la loi de la valeur).

Ainsi, Popov souligne que « *les lois à travers lesquelles la reproduction capitaliste a lieu, dans une certaine mesure, sont aussi les lois qui gouvernent la reproduction de l'économie sociale en général...* ». (Popov [1926a], p. 13). Mais pour Preobrajenski, « *aucune économie politique n'est nécessaire* » (Preobrazhensky in Spulber [1964] p. 32) : ni les

¹⁵ La translittération donne Litoshenko en anglais. Voir, sur le travail pionnier des économistes soviétiques, en particulier Spulber et Dadkhah [1975]. Les principaux textes de Popov et Litochenko sur la balance de l'économie soviétique sont traduits dans Spulber [1964]. Voir aussi Dowidar [1964].

¹⁶ Rappelons que dans l'idéal soviétique des années vingt, l'économie devait tendre vers la disparition des catégories marchandes et monétaires. Construire une balance monétaire implique un certain éloignement des auteurs vis-à-vis de ce projet.

¹⁷ Preobrazhensky translittéré dans la langue anglaise.

schémas de reproduction de Marx ni aucun principe général de l'économie politique ne sont retenus, ne reste qu'une *technologie sociale*.

La prise de position en faveur de l'existence de lois objectives transhistoriques¹⁸, vaut à Popov et Litochenko d'être licenciés lors de la publication de la balance de l'économie soviétique en 1926. Par la suite, avec l'accession au pouvoir de Staline, ce type de prise de position coûtera la vie à de nombreux économistes et à la fin des années vingt, « *divers auteurs proclament la fin des lois économiques objectives et affirment que l'Etat comme tel est seul créateur des régularités du développement social, à travers le plan* » (Chavance [2000], p. 240)¹⁹. Dès lors, la loi est non pas ce qui est, mais ce qui doit être : la loi ne relève pas de l'ordre positif mais de l'ordre normatif²⁰.

Leontief et la recherche nomologique

De son côté, Leontief semble poursuivre le projet de Popov et Litochenko et se lance à la recherche de la théorie manquante à la balance comptable²¹. Il mène cette recherche d'abord dans la République de Weimar où il obtient un doctorat (supervisé par Ladislaus von Bortkiewicz) en 1928, puis aux États-Unis à l'Université Harvard où il enseigne (à partir de 1931). Leontief est intéressé par les questions épistémologiques dès ses études universitaires à Saint-Pétersbourg. En effet, il raconte que c'est à la suite des ennuis que lui cause une dissertation sur des questions de philosophie des sciences où il ne fait référence à aucun auteur marxiste, qu'il se décide à quitter l'URSS²². Cette dissertation, intitulée « *Les lois dans les sciences sociales, l'expérience de l'analyse logique abstraite* », discute des lois à partir des approches causales et normatives en science à travers les œuvres de philosophes allant de Kant et Hegel jusqu'à Bergson. Par la suite, dans sa thèse de 1928, Leontief indique que son projet constitue une tentative « *de collaboration entre une approche purement nomologique et une recherche idiographique tout aussi poussée* » (Leontief, (1928) [1991], p.200) : il s'agit pour lui en effet d'intégrer dans un cadre théorique *nomologique*, les données technologiques sur le processus de production et ce de manière à pouvoir expliquer la dynamique économique telle qu'on l'observe en particulier avec les *business cycles*. Par là Leontief ne prend pas seulement position dans le débat soviétique sur les lois économiques, mais aussi dans la querelle des méthodes entre l'école historique et Carl Menger.

Une fois à Harvard et après avoir construit puis expérimenté un modèle statique de type walrassien (1937)²³, Leontief construit un modèle dynamique qu'il présente en 1953 dans l'ouvrage collectif qu'il dirige, *Studies in the Structure of the American Economy* où il montre, à partir des données collectées dans ses tableaux *input-output*, comment rendre compte du changement structurel. Leontief y reprend le projet annoncé dans sa thèse, c'est-à-

¹⁸ Et donc dans les débats sous-jacents sur la politique de développement économique à suivre. Ainsi Popov écrit que la balance implique qu'on ne peut espérer accroître la branche industrielle en défaveur de la branche agricole, et qu'elle permet d'énoncer « *la loi de l'économie soviétique* » (Popov [1926b], p.82) (c'est-à-dire dans quelle proportion accroître chacune des branches de l'économie). Les conclusions de Popov vont à l'encontre de la doctrine finalement retenue par Staline lors de son premier plan quinquennal.

¹⁹ Staline met en place le premier plan quinquennal en 1929, ouvrant une longue ère de planification sans théorie.

²⁰ Nous ne reviendrons pas dans ce qui suit sur ce sens très particulier du terme loi (comme *ce qui doit être*).

²¹ Leontief écrit en [1925] une revue des travaux préliminaires de Popov et Litochenko. S'il connaît les travaux sur la balance soviétique, Leontief porte néanmoins à ce moment-là un regard assez critique sur la méthodologie retenue. Par la suite il ne fera plus référence à ces travaux soviétiques.

²² Voir en particulier le numéro de la revue *Economic System Research* de décembre 2006, consacré aux origines de l'analyse *input-output*.

²³ Nous présentons plus loin ce modèle, appelé modèle de Leontief. Rappelons que Leontief publie dans deux études datant de [1936] et [1937] le premier tableau entrées-sorties puis le modèle théorique associé.

dire expliquer les effets du changement structurel sur les variables économiques : « *la théorie dynamique nous permet ainsi de dériver la loi empirique du changement économique d'une économie particulière à partir des informations collectées sur ses caractéristiques structurelles* » (Leontief [1953], p. 53, nous soulignons). C'est en particulier à ce travail que se consacrent les membres du *Harvard Economic Research Project* (HERP), le laboratoire créé par Leontief à Harvard en 1948, et dont résultent entre autres ses articles sur la dynamique économique [1958b] [1961a] [1961b] [1963] [1970] ainsi que l'ouvrage d'Anne Carter sur la question [1970]. On peut ainsi discerner dans l'analyse *input-output*, un ambitieux projet de combinaison de l'ordre des faits et de l'ordre des théories et des lois générales autour de la question du changement structurel²⁴.

Le système de lois générales, auquel Leontief soumet l'étude des relations interindustrielles, est exprimé à l'aide d'un modèle d'équilibre général walrassien simplifié²⁵. C'est aux Etats-Unis que Leontief affine sa manière de concevoir le rapport entre les systèmes de quantification statistique et l'économie politique. Dans les controverses américaines entre le *NBER* et la *Cowles Commission*, Leontief adopte des positions épistémologiques originales qui le démarquent des deux camps.

Leontief, le NBER et la Cowles

L'après-guerre constitue une période charnière pour la science économique américaine car elle marque l'installation des pratiques économétriques et de modélisation (voir Morgan et Rutherford (eds.) [1998]). La *Cowles Commission*²⁶ joue un rôle crucial dans cette transformation de la science économique aux dépens de l'approche réputée plus descriptive des institutionnalistes et en particulier du NBER.

Ainsi, alors que Leontief travaille pour le *NBER*, au début des années trente, c'est d'abord sur des sujets inhabituellement théoriques pour l'institution new-yorkaise où il anime un « *séminaire clandestin* » de théorie (Leontief in Foley [1998])²⁷ ; puis, lorsqu'il envisage, dans l'après-guerre, un rapprochement avec la *Cowles Commission*, il ne manque pas de critiquer, pour s'en démarquer, la tendance à la théorisation excessive de Koopmans. Leontief crée d'ailleurs le *HERP* en partie en réaction à ces controverses (voir Akhbar [2005]).

Bien que critiquant l'approche théorique et déductive à la Koopmans, Leontief n'exclut pas pour autant la théorie mais celle-ci doit être « *opérationnelle* » et renvoyer à des observations directes. La démarche n'est donc pas a-théorique mais elle astreint la théorie à des correspondances très strictes avec les observations. C'est à ce contrôle de leur liberté théorique que Leontief veut pousser les nouveaux économistes mathématiciens américains.

Leontief s'appuie alors sur l'idée de « *sens opérationnel* » (*operational meaning*) des théories, notion introduite en économie par Henry Schultz et que l'on retrouve chez Paul A.

²⁴ Le présent article se limite à l'étude des travaux et de la méthodologie de Leontief uniquement entre les années trente et cinquante.

²⁵ Il faut ici introduire une distinction maintenue de manière implicite tout au long de notre étude entre le modèle et la théorie. En particulier le modèle *input-output* est explicitement emprunté par Leontief à Walras ce qui n'implique pas que la théorie sous-jacente soit walrassienne. Ainsi si par ailleurs Leontief s'inspire des théories « classiques », le modèle *input-output* utilisé renvoie aux *Éléments d'économie politique pure* de Walras. Voir Leontief [1955].

²⁶ La *Cowles Commission* est fondée en 1932 par Alfred Cowles pour soutenir l'*Econometric Society* créée en 1931. Tjalling Koopmans en est le directeur de recherche de 1948 à 1954, succédant à Marschak (1943-1948). Durant cette période la *Cowles* est installée au sein de l'Université de Chicago.

²⁷ Le *National Bureau of Economic Research* (NBER), fondé à New York en 1920 (comme organisation privée à but non lucratif), est le bastion des institutionnalistes américains à la tête desquels se trouvait W.C. Mitchell.

Samuelson et Oskar Lange (trois économistes dont Leontief est proche²⁸). Si cette notion est employée de manière différente par chacun de ces auteurs, elle vise à chaque fois à caractériser le type de relation entre la théorie et le *réel*. Le terme d'opérationnalité est en vogue aux Etats-Unis depuis l'essai du physicien de Harvard, Percy Bridgman²⁹, *Logic of Modern Physics* [1927], et donne lieu au modèle épistémologique opérationnaliste. Mais alors que Schultz se réfère explicitement à Bridgman³⁰, Leontief ne revendique aucune filiation philosophique³¹.

Comme l'a montré Joshua Cohen [1995], l'emploi par Schultz et Samuelson du concept d'opérationnalité est très libre. On peut penser en effet, que cet emploi renvoie plus à une forme de falsificationnisme poppérien qu'à l'opérationnalisme de Bridgman³². Une différence fondamentale entre les deux modèles épistémologiques étant que ce dernier se réfère à la notion de sens, et par là se rapproche des vérificationnistes, alors que le premier rejette la notion de signification des théories et lui oppose celle de réfutabilité des théories.

Nous cherchons à montrer dans ce qui suit que bien qu'il ne fasse pas référence à Bridgman, lorsque Leontief parle d'opérationnalité des théories il construit un modèle épistémologique très proche de celui de Bridgman. En effet, selon Bridgman les concepts scientifiques doivent être définis dans les termes des opérations permettant de les mesurer, le concept étant alors synonyme d'un ensemble déterminé de procédures expérimentales. Autrement dit, un concept n'est pas autre chose que l'ensemble des opérations qui permettent de le mesurer³³. De manière similaire, pour Leontief, il apparaît après un travail d'interprétation que nous développons dans ce qui suit, qu'il faut être capable de définir les concepts de telle manière que l'on puisse leur associer des observations directes quantifiées, grâce à des protocoles de mesure, ce que permettent de faire les *définitions explicites*³⁴.

Ainsi, à la manière des néo-positivistes qui s'approprient le modèle épistémologique de Bridgman, Leontief ne met pas en question l'existence d'observations directes indépendantes de la théorie économique. Leontief promeut l'utilisation des données techniques des ingénieurs sur les processus de production, pour analyser d'un point de vue économique la production.

²⁸ Leontief connaît bien Schultz ainsi que ses travaux d'économétrie puisqu'il a travaillé entre 1928 et 1934 sur l'estimation économétrique des fonctions d'offre et de demande et qu'il fréquente l'*Econometric Society* ; Samuelson est l'étudiant de Leontief à Harvard ; enfin Leontief et Lange se connaissent personnellement depuis le passage de Lange à Harvard où ce dernier suit les cours de Leontief (voir Leontief *in* Rosier [1986], p. 92).

²⁹ Percy Bridgman (1882-1961) est physicien. Il enseigne à Harvard dès 1910 et y obtient un poste de professeur en 1919. Il reçoit le Prix Nobel de physique en 1946. Fondateur de l'opérationnalisme, son approche va largement lui échapper pour être profondément discutée en philosophie des sciences entre les années trente et cinquante ainsi que pour servir de référence à de nombreux courants des sciences sociales (comme le behaviorisme). Ce courant participe de la volonté de mettre en pratique les savoirs des sciences sociales pour la planification sociale (voir Zunz [1998]).

³⁰ Voir par exemple Schultz [1928] où il évoque la possibilité de rendre opérationnelle, par le biais d'opérations de mesure, la théorie de l'équilibre général de Walras (voir aussi Henry L. Moore en [1929]).

³¹ Cette absence de revendication philosophique paraît paradoxale étant donné l'intérêt que porte Leontief à la philosophie des sciences depuis ses débuts à l'université.

³² La question de la nature de l'opérationnalisme de Samuelson n'est pas discutée ici. On admet que son opérationnalisme est très éloigné de celui de Bridgman et s'apparente en fait à une forme de falsificationnisme. Voir Cohen [1995], Hands [2004] et Machlup [1978].

³³ On se limite ici aux concepts physiques qui seuls ont été discutés par la suite (alors que Bridgman entend aussi parler de concepts mentaux).

³⁴ Cette exigence d'opérationnalité est absente de la « théorie pure » dont le critère de justesse est purement logique. Ainsi, partant d'hypothèses initiales, on aboutit à des conséquences vraies dans la mesure où elles sont la conséquence logique des prémisses. Voir Lallement [1997].

2. La fonction de production de Leontief

Lorsqu'en 1937 Leontief présente son modèle économique, c'est en association étroite au tableau entrées-sorties. Il note que « *la plus élaborée des investigations statistiques n'offre rien sinon des piles informes de matériau brut parfaitement inutiles tant qu'elle n'est pas encadrée dans un solide cadre théorique* » ([1937a], p. 131). C'est ce contenu théorique que vient apporter le modèle de Leontief. Nous nous concentrons dans ce qui suit sur son analyse de la production.

Nous reprenons l'analyse de la production telle que Leontief la présente le plus couramment. On se réfère en particulier au modèle de Leontief ouvert (statique) constitué de trois blocs d'équations (Leontief [1987]) : un premier bloc présente les égalités comptables entre les quantités produites et les quantités employées pour chaque industrie, un second bloc présente la décomposition des prix en coûts et valeur ajoutée pour chaque industrie, enfin, un troisième bloc présente la « fonction de production » de l'économie. C'est ce dernier bloc qui retient notre attention pour la suite.

Ce que Leontief appelle la fonction de production d'un système économique est l'ensemble des relations entre les *inputs* et les *outputs*, données par le concept de coefficient technique. Le coefficient technique a_{ij} mesure la quantité de l'*input* i utilisée pour la production d'une unité de l'*output* j ³⁵. Si l'on admet l'existence de n industries, chacune produisant un bien (pas de production jointe), on peut définir pour chaque bien n coefficients techniques. C'est l'ensemble de ces coefficients techniques qui forment la fonction de production d'une économie.

Les relations techniques entre les *inputs* et les *outputs* sont considérées comme stables, autrement dit les coefficients techniques sont constants. Cette stabilité des relations techniques permet alors de donner à voir la *structure* d'une économie. Par ailleurs, si les coefficients techniques sont constants, alors les facteurs de production sont complémentaires : en augmentant la quantité consommée d'un seul *input*, une industrie n'augmente pas la quantité produite d'*output*. De plus, l'hypothèse de constance des coefficients techniques implique que les rendements sont constants. Enfin, pour Leontief, la constance signifie le rejet formel de la théorie de la productivité marginale des facteurs de production (tant défendue par Paul Douglas).

Les propriétés principales de la fonction de production, à savoir des rendements constants, des facteurs de production complémentaires (pas de substitution entre les facteurs) et des productivités marginales nulles, reposent entièrement sur l'hypothèse de constance des coefficients techniques³⁶. C'est cet ensemble d'énoncés qui, sous la forme de propositions nomologiques³⁷ (énoncés ayant la forme de lois), constituent la fonction de production de Leontief.

Le même principe d'interdépendance entre n industries, via des coefficients techniques, est appliqué dans le modèle input-output en valeur. Dans ce dernier cas, un coefficient b_{ij} indique la valeur exprimée en dollar de bien i , employée à la production d'un

³⁵ Ici, Leontief ne fait que reprendre les *Éléments d'économie politique pure* de Walras.

³⁶ On peut noter dès à présent que l'argument épistémologique qui sera présenté dans ce qui suit ne porte pas tant sur la constance ou la variabilité des coefficients, mais sur le fait de les caractériser, qu'il s'agisse de l'une ou l'autre possibilité.

³⁷ Ce qui n'implique aucune forme de causalité.

dollar de bien j . Alors, hormis l'effet direct d'un changement des prix relatifs, les coefficients techniques sont constants, comme dans le modèle en quantités physiques. Si le premier modèle renvoie à des opérations physiques, le modèle en valeur renvoie à l'équivalent en monnaie. En principe au moins, ces deux approches sont cohérentes et Leontief emploie indifféremment l'une et l'autre.

Dans tous les cas, on peut organiser les coefficients techniques sous la forme d'une matrice dite « structurelle ». La mesure des coefficients techniques se fait soit à partir des études d'ingénierie sur les procédés techniques de production et les données en quantités physiques, soit à partir d'un tableau *input-output*. Dans le dernier cas, la mesure monétaire implique que la somme des coefficients techniques en colonne, pour un bien i , est égale à un ; dans le premier cas, on calcule la valeur d'un coefficient technique à partir de la relation linéaire $x_{ij} = a_{ij}X_j$, où x_{ij} est la quantité de bien i employée dans la production totale de l'*output* j , et X_j la quantité totale produite de l'*output* j (et la somme est différente de un). La matrice structurelle représente la fonction de production de l'économie.

3. De la justification de la forme de la fonction de production

Lorsqu'en 1937 Leontief énonce pour la première fois les propriétés de sa fonction de production, il ne manque pas de souligner les implications de son analyse de la production. En effet, si Walras dans les premières éditions des *Éléments d'économie politique pure* admettait une fonction de production similaire, à la suite des critiques théoriques de Pareto et de Barone, il allait proposer une fonction plus générale à facteurs de production substituables (autrement dit à coefficients techniques variables). Reprendre une fonction de production à coefficients techniques constants c'est revenir sur la critique de Pareto et Barone et par là même tourner le dos à la théorie de la productivité marginale.

Notons néanmoins que dans les années trente le modèle d'équilibre général le plus connu est celui de Cassel. Dans son modèle (à la différence de son exposé littéraire), Cassel suppose les coefficients techniques constants³⁸. Cette manière de voir peut être aussi retrouvée chez Frisch à la même époque³⁹. Par ailleurs, en 1935, Georgescu-Roegen (alors à Cambridge, Massachusetts) publie un article important où il examine la théorie de la productivité marginale de Pareto dans le cas où tous les facteurs de production ne sont pas substituables. Il note ainsi : « *il semble que si on abandonne l'hypothèse selon laquelle tous les facteurs de production sont substituables, on doit soit introduire les prix comme des inconnues intermédiaires, soit poursuivre sans théorie de la répartition* » (Georgescu-Roegen [1935], p. 46). Leontief a, quant à lui, décidé d'abandonner l'explication de la répartition ainsi que l'explication complète de la formation des prix. C'est en référence à ces débats théoriques que Leontief doit justifier la constance des coefficients techniques car, si en pratique l'analyse *input-output* est très utilisée, les fondements analytiques sont discutés et d'autres modèles sont en concurrence. Il nous faut examiner non pas la manière dont Leontief a utilisé son modèle, mais la stratégie de justification de son hypothèse alors régulièrement critiquée.

³⁸ Du moins dans le modèle mathématique, car Cassel, dans son analyse littéraire, n'exclut pas la possibilité de substitution entre les facteurs.

³⁹ Voir aussi Bjerkholt [2006].

En effet, avec les développements de la programmation linéaire et de l'analyse d'activité par Koopmans et Dantzig durant la seconde moitié des années quarante, la fonction de production à coefficients techniques variables trouve le cadre théorique qui lui manquait jusque-là (Koopmans [1951])⁴⁰. Il devient alors délicat pour Leontief de soutenir la constance des coefficients techniques et il doit faire face à la fois aux critiques des théoriciens de l'équilibre général qui voient dans l'approche de Koopmans l'énonciation adéquate des lois de la production, et à celles des économètres qui cherchent à tester et à estimer les facteurs de la variabilité des coefficients techniques.

Aux uns et aux autres Leontief répond que la question de la constance des coefficients techniques ne doit pas être abordée d'un point de vue théorique, mais du point de vue de l'analyse empirique :

« L'hypothèse de constance des coefficients techniques, qui constitue le fondement de [cette] analyse empirique, peut être questionnée du point de vue de la théorie de la production en équilibre général. Dans la mesure où la proportion dans laquelle les différents facteurs de production peuvent être combinés au sein de la même fonction de production [...] est variable, cette proportion va le plus probablement varier avec tout changement dans leur prix relatif. Cette proposition théorique si clairement établie par Pareto lors de sa critique de la fixité des coefficients de production de Walras est au-delà de toute contestation. Ce n'est pas cependant la validité fondamentale du principe de substitution mais sa signification quantitative qui importe du point de vue de l'analyse empirique » (Leontief [1946], p. 38-39).

Leontief indique par-là que les règles méthodologiques que doit suivre l'explication scientifique de la production ne sont pas celles de la théorie pure (argument contre Koopmans). Reste alors à spécifier les règles de l'analyse empirique et la nature de la signification quantitative des concepts et hypothèses théoriques. Si en 1946 Leontief entendait par « *signification quantitative* » des tests permettant d'évaluer les effets de substitution entre les facteurs de production, son argument contre la théorie pure repose en fait ailleurs que dans la testabilité des théories. Lorsque Leontief se réfère à des tests empiriques pour justifier la constance des coefficients techniques, il paraît peu convaincant et ses tests, vagues (d'autant qu'il rejette les principes de l'économétrie). Il est à noter que, pour nous, le problème est moins l'hypothèse théorique à défendre (constance ou variabilité) que les modalités d'expression d'un énoncé général valide. Autrement dit, si l'énonciation des lois de la production ne repose pas sur la méthode des tests, alors sur quelles règles méthodologiques repose-t-elle ?

Bien que Leontief utilise intensivement son modèle⁴¹, on ne trouve pas à proprement parler de méthodologie des tests chez Leontief, et ceux qu'il propose (Leontief [1944]) sont indirects et ne permettent pas d'isoler clairement des hypothèses indépendantes. Plus encore, Leontief apparaît pessimiste quant à la pertinence de la corroboration des hypothèses par les tests et va chercher à proposer une approche alternative à celle des économètres, en particulier au programme qu'a ouvert Haavelmo avec l'introduction des probabilités (Haavelmo [1944]). Ainsi si Leontief défend l'idée de constance des coefficients techniques, sur quelle épistémologie repose cette défense si la notion de test est écartée ?

⁴⁰ Voir *infra*, p. 11.

⁴¹ Voir la seconde publication de *The Structure of American Economy*.

II. La science opérationnelle comme alternative à la méthode des tests

À la révolution probabiliste pour l'économétrie entamée par Haavelmo, et aux arguments de théorie pure avancés par Koopmans, Leontief oppose une autre révolution : celle de la science empirique, ou encore opérationnelle. C'est en 1952, en introduction à la publication des premiers travaux de son laboratoire, le *Harvard Economic Research Project* (HERP), que Leontief défend, en réponse à la controverse sur « *la mesure sans théorie* » entre Koopmans [1947] et Vining [1949], un projet méthodologique alternatif (Leontief [1952]).

Avec son article de 1952, Leontief répond sur le terrain méthodologique adopté par Koopmans lors de la controverse de la mesure sans théorie. L'analyse empirique – au sens de Leontief – est une réponse à la fois à Koopmans, Vining et Haavelmo, et Leontief veut fonder sa critique de l'économie politique sur l'épistémologie⁴².

La controverse de la mesure sans théorie et l'après-guerre

En 1947 Koopmans rédige, à l'occasion d'un compte rendu du livre de Mitchell et Burns, *Measuring Business Cycles*, ce qui est considéré comme une des attaques décisives à l'encontre de l'institutionnalisme américain. L'article, intitulé « *Measurement without theory* », constitue une attaque épistémologique de l'approche des institutionnalistes et se situe dans la lignée de celles de Carl Menger au XIX^e siècle, ou encore d'Adolf Lowe dans les années 1920, contre l'école historique allemande⁴³.

Dans sa revue de 1947, Koopmans développe de manière systématique et approfondie une position qu'il avait déjà défendue lors d'un précédent compte rendu d'un ouvrage d'Edwin Frickley sur les *business cycles* et qui résume son approche : « *Les statistiques mathématiques modernes ont particulièrement développé deux types de problèmes : celui du test statistique des hypothèses et celui de l'estimation des paramètres à partir de certaines hypothèses sur les données employées. Ces deux types de problèmes apparaissent lors de l'analyse des fluctuations ; mais chacun nécessite au moins la formulation d'hypothèses sur le processus qui génère les données économiques* » (Koopmans [1944], p.380). Autrement dit, pour Koopmans, les travaux empiriques de mesure sont vains lorsqu'ils ne constituent pas l'étape de test ou d'estimation d'une théorie formulée au préalable⁴⁴. Ainsi Koopmans défend la construction de modèles théoriques basés sur la notion d'optimisation pour expliquer les fluctuations économiques. C'est au statisticien, ensuite, de tester les hypothèses et d'estimer les paramètres du modèle.

Cette vision de l'économie s'appuie sur les avancées de l'économétrie (Haavelmo mais aussi les récents travaux à la *Cowles Commission* initiés souvent par Jacob Marschak) ainsi que sur les recherches sur le principe d'optimisation dans le cadre de la planification et

⁴² Position que l'on retrouve lors de la célèbre adresse présidentielle de Leontief à l'*American Economic Association* en 1970 (Leontief [1971]).

⁴³ Voir en particulier, pour la question de l'explication du cycle des affaires, Lowe [1926]. Ce dernier souligne que les données ne peuvent par elles-mêmes permettre de trouver des réponses aux questions posées par les économistes. Pour Lowe, seule la théorie peut constituer une réponse. Le caractère radical de la critique de Koopmans contraste avec le climat intellectuel des années vingt. Notons que c'est Sombart lui-même qui recommande Leontief (qui est son assistant à Berlin) à Lowe. Leontief passera ainsi plusieurs années à l'institut que dirige Lowe à Kiel, à travailler sur l'estimation économétrique des fonctions d'offre et de demande.

⁴⁴ Bien que cette critique s'adresse d'abord à Mitchell et Burns, c'est la méthode même du NBER qui est remise en question. C'est Rutledge Vining [1949] qui répondra à Koopmans (En effet, Wesley C. Mitchell meurt en 1948).

de la théorie de l'équilibre général. En effet, lors de la Seconde Guerre mondiale, le grand succès rencontré par l'analyse *input-output* de Leontief auprès des administrations de guerre américaines et les problèmes particuliers de planification⁴⁵ rencontrés par celles-ci amènent George Dantzig et Tjalling Koopmans à inventer la programmation linéaire et l'analyse d'activité (indépendamment de Kantorovič en URSS à la même époque⁴⁶). De manière schématique, ces approches offrent la possibilité de maximiser une fonction objectif sous plusieurs contraintes techniques et utilisent en particulier les propriétés des ensembles convexes⁴⁷.

Dantzig présente son modèle comme une tentative de généralisation du modèle de Leontief (voir Dantzig et Wood [1949a] et [1949b]). De la même manière, avec Koopmans on retrouve l'idée de coefficients techniques constants, mais non pas pour caractériser l'ensemble de l'économie, mais seulement une activité économique (l'économie étant l'ensemble des activités). Chaque activité est caractérisée par un ensemble de coefficients constants décrivant la quantité de bien utilisée pour chaque *input* employé par cette activité et la quantité de bien produite de chaque *output* de cette activité⁴⁸. Une activité peut produire plusieurs biens et le même bien peut être produit par plusieurs activités. Ce procédé permet d'introduire dans le modèle de Leontief des productions jointes, plusieurs facteurs primaires (non reproductibles) ainsi que des possibilités de substitution entre les facteurs. C'est ce que l'on appellera par la suite « la fonction de production de Koopmans » : une fonction à plusieurs activités, avec des rendements constants, qui autorise les productions jointes et la substitution entre les facteurs (par le jeu de combinaisons d'activités)⁴⁹.

Dans ce cas, déterminer l'équilibre économique revient à déterminer l'allocation optimale des facteurs, c'est-à-dire la combinaison optimale des activités, par exemple en maximisant la consommation finale étant données certaines contraintes de ressources. Koopmans retrouve alors les propriétés d'efficacité de l'équilibre en optimum de Pareto.

Bien que ce modèle ait d'abord surtout servi à des fins de planification, Koopmans y voit (appliquée notamment à des modèles d'équilibre général) une explication des phénomènes économiques plus puissante que le modèle de Leontief⁵⁰. Ces développements de la programmation linéaire et de l'analyse d'activité donnent lieu à une conférence en 1949 organisée par Koopmans, dont les actes sont publiés en 1951 (Koopmans [1951]). Les modèles alors exposés, avec substitution entre les facteurs de production, constituent un défi analytique pour Leontief.

C'est à la publication de la *Cowles* et à la position épistémologique qu'elle sous-tend (exposée par Koopmans lors de la controverse avec les institutionnalistes) que Leontief répond dans un article publié en 1952. Ainsi, si la justification de la forme de la fonction de

⁴⁵ Il s'agit en particulier des fameux problèmes de transport.

⁴⁶ Comme Koopmans et Dantzig, Kantorovič (Kantorovich chez les anglo-saxons) découvre la programmation linéaire à partir d'un problème concret de planification transposé en problème d'allocation optimale des ressources. La programmation linéaire, très largement développée pour des problèmes de microéconomie, n'a pas immédiatement été employée pour des économies nationales.

⁴⁷ Ainsi la programmation linéaire peut s'appliquer à des problèmes très différents formant un domaine appelé « recherche opérationnelle » (*operations research*).

⁴⁸ A titre d'exemple, une activité peut produire 1 unité de bien A, et 10 de bien C en utilisant 5 unités de bien B, 3 de bien D et 2 de bien E. On peut alors noter l'activité sous la forme : (1, -5, 10, -3, -2) où les coefficients négatifs désignent les *inputs*.

⁴⁹ Voir Samuelson [1951], Koopmans [1951], Georgescu-Roegen [1951] et Arrow [1951].

⁵⁰ Ainsi Koopmans construit par la suite des modèles de croissance optimale en équilibre général dans la lignée de celui de von Neumann (1936) exprimé dans le vocabulaire de la programmation linéaire. Voir par exemple Koopmans [1964].

production de Koopmans est à chercher du côté de la tradition de la théorie de l'équilibre général et de la méthode scientifique qu'il défend lors de la controverse de la mesure sans théorie, la justification de la fonction de production de Leontief dépend avant tout du sens que l'on donne au concept d'analyse empirique.

1. Les règles de la science empirique

En 1952 il apparaît, pour Leontief, que la théorie sans mesure est dénuée de portée empirique et que la mesure sans théorie est infructueuse. La science économique est définie par Leontief comme une « *science empirique* » et « *tant que l'économiste analytique se satisfait d'« hypothèses » plutôt que d'observations effectives (directes ou indirectes) il est libre d'errer, plus ou moins au hasard, dans le champ de son investigation.* » (Leontief [1953], p. 7)

En opposition à Koopmans qui sépare l'analyse et la mesure, Leontief souligne que « *la mise en œuvre empirique est autant considérée comme une partie d'un argument économique que les développements de ses conséquences logiques* » (Leontief [1952a], p.1). Construire des théories et des modèles mathématiques sans spécifier le lien entre les concepts théoriques et les observations conduit à des théories dépourvues de « *sens opérationnel* » (« *operational meaning* », *Ibid.*, p. 3).

Contre les institutionnalistes du NBER, Leontief remarque que ces derniers ont développé des procédures méthodologiques dont les principaux outils sont la moyenne et l'agrégation, et cela « *parfois dans l'ignorance et souvent dans la défiance de la tradition théorique abstraite* » (*ibid.*). Les mesures que ces outils produisent ne constituent pas des observations directes et sont en fait déjà profondément imprégnées de théorie. Les « *empiristes radicaux* » s'égarent en les utilisant comme s'il s'agissait d'observations directes.

Pour Leontief, les observations indirectes (moyennes, agrégats, indices, estimations économétriques etc.) résultent d'opérations théoriques qui conduisent le plus souvent à des impasses⁵¹. Contre les méthodes économétriques et en réponse aux difficultés qu'elles rencontrent durant les années trente et quarante, Leontief oppose la simplicité de l'observation directe.

Cette attaque est réitérée en 1958 dans un compte-rendu de Leontief [1958] de *Three essays on the state of economic science* de Koopmans [1957]. Leontief appelle à dépasser les problèmes théoriques et à se pencher sur la question « *bien plus ardue et, en raison de cela bien plus importante, du problème de la relation effective et opérationnelle de la théorie aux faits observés* » (*ibid.*, p. 105). Pour ce faire, on ne peut se contenter d'évoquer un prétendu « *réalisme des hypothèses* ». Pour Leontief, « *un modèle économique abstrait ne peut être relié à ladite réalité qu'à travers un système complexe de définitions de base, de classification et de règles de mesure qui logiquement ne peuvent être ni vraies ni fausses, mais sans lesquelles le plus rigoureux des modèles est dépourvu de toute signification empirique* » (*ibid.*). Il ne s'agit donc pas de rejeter toute forme de théorie, mais de soumettre la théorie aux règles de la science opérationnelle.

⁵¹ Voir le problème de l'identification en économétrie et les problèmes des nombres-indices auxquels Leontief s'est attelé.

Comment interpréter les réponses de Leontief à Koopmans ? Si Leontief a toujours mis en avant le rôle structurant de la théorie, il considère que la séparation entre la conceptualisation théorique et l'observation empirique est dangereuse. Son attaque de la référence au « *réalisme des hypothèses* » montre bien que si la position de Leontief est différente de celle du NBER et de Mitchell, elle l'est aussi de la méthode des tests prônée par Koopmans.

Néanmoins, en se référant au « sens opérationnel des théories », Leontief semble fondre deux éléments en un seul :

1. d'une part les relations entre l'analyse théorique et l'analyse factuelle,
2. d'autre part la nature de la classe légitime des données, les termes primaires (observation directe, inférence statistique, etc.).

Il semble que l'épistémologie de Leontief peut être comprise sur ces deux éléments comme distincte de la méthode des tests et proche de l'opérationnalisme en philosophie des sciences.

En effet, les articles de Leontief précédant la controverse de la mesure sans théorie, montrent que pour lui, l'économiste doit partir, dans sa démonstration, des énoncés primaires que sont les observations directes et remonter, par le biais de définitions explicites vers des propositions plus abstraites⁵². C'est ce principe même qui fonde l'approche opérationnaliste en épistémologie.

2. Du rôle des définitions explicites et de l'observation directe

Alors que Haavelmo justifie l'usage des probabilités en économie par l'incomplétude de la connaissance et la difficulté à proposer des expérimentations, on trouve chez Leontief, à partir d'un diagnostic proche, un remède très différent. L'analyse structurelle doit être directe, c'est-à-dire doit se baser sur des observations directes (indépendantes de la théorie économique) et les termes théoriques doivent recevoir des définitions explicites. Ce sont là les deux règles principales que l'on peut extraire des travaux de Leontief des années trente aux années cinquante⁵³. La *première* de ces règles, c'est-à-dire la nature des observations directes, a moins une valeur en elle-même que contre les méthodes d'estimation des économètres. Parler d'observations directes est d'abord, pour Leontief, ne pas recourir à l'estimation économétrique. C'est la *seconde* règle, le mode de définition des termes théoriques, qui constitue le cœur de l'analyse opérationnelle.

Les définitions explicites et l'article de 1937

C'est dans l'article de Leontief intitulé « *Implicit theorizing : a methodological criticism of the neo-Cambridge school* » [1937], qu'est énoncée la seconde règle de Leontief, à savoir que les termes doivent être reliés entre eux par des définitions explicites. Cet article a donné lieu à de nombreuses interprétations souvent confondues avec sa défense des observations directes comme termes primaires.

⁵² Cette approche contraint la démonstration et non pas la découverte scientifique. Ainsi la découverte part d'un certain cadre théorique, mais ensuite il faut introduire ce cadre théorique dans le cours de la démonstration en relation avec les observations.

⁵³ Pour d'autres présentations des préceptes méthodologiques de Leontief, voir en particulier Carter et Petri [1986], DeBresson [2004] et Kurz et Salvadori [2000].

En effet, cet essai de Leontief sur la *théorisation implicite* n'entend pas défendre l'approche empirique ou opérationnaliste contre la théorie pure, mais vise à mettre en garde contre un certain mode d'introduction des termes théoriques dans l'argumentation, indépendamment des fondements empiriques de la théorie⁵⁴.

Dans son article, Leontief distingue entre des énoncés fondamentaux pris pour vrais quelle que soit leur origine (que ce soit « *l'observation directe* » ou des « *énoncés normatifs* », [1937], p.340) et « *les implications logiques obtenues à partir de l'ensemble primaire des propositions fondamentales* » (*ibid.*). Les « *théorèmes* » obtenus par déduction des éléments initiaux sont appelés énoncés de première classe (C1). Ceux obtenus par déduction à partir des énoncés C1 plus – éventuellement – des éléments initiaux sont dits de seconde classe (C2) car plus éloignés des éléments fondamentaux que les énoncés C1 ; et ainsi de suite.

Ce type de déductions logiques permet d'atteindre « *des conclusions qui se trouvent bien plus loin que l'horizon normal de notre perception logique immédiate* » (p. 341). De déduction en déduction nous explique Leontief, l'analyse se complexifie et s'alourdit. Il devient alors de plus en plus difficile d'avancer si nous n'introduisons pas de nouveaux termes qui permettent d'alléger la chaîne déductive qui nous a conduit là.

Avec l'introduction de nouveaux termes dans la chaîne de déduction logique, se pose alors la question de leur définition. Une définition explicite consiste à définir le nouveau terme en utilisant uniquement les termes primaires (les énoncés fondamentaux). La forme la plus simple de définition explicite est, si l'on veut définir un terme X : « $X \equiv B$ » (*ibid.* p. 341) où B est un terme primaire (ou encore postulat initial). C'est une définition explicite.

Dans cet exemple, le nouveau terme est synonyme d'un terme initial (dans cet exemple évidemment la définition par un seul terme initial est superflue). Mais il est important pour nous de noter que pour Leontief, la forme logique d'une définition explicite est bien :

$$X \equiv \{I, J, K, \dots\}$$

où I, J, K ... sont les termes initiaux et X le terme à définir⁵⁵. On introduit ainsi des termes intermédiaires par des définitions explicites. La signification des termes introduits est sûre tant que les définitions de ces termes prennent la forme énoncée ci-dessus.

Ce que critique alors Leontief, en visant les économistes de Cambridge (GB), ce n'est pas le choix de leurs termes primaires, mais celui des définitions des nouveaux termes⁵⁶. Ceux-ci, selon Leontief, ont largement recours aux définitions implicites, c'est-à-dire que les termes théoriques ne sont pas définis à partir des énoncés primaires, mais sont introduits dans l'argumentation sans être définis. Autrement dit leur signification doit être déduite du contexte de leur emploi. Alors, pour Leontief, « *on ne peut trop insister sur la différence entre une définition explicite et une définition implicite. La dernière constitue un problème méthodologique dont la première est la solution* » (Leontief [1937b], p. 343).

⁵⁴ Pour une discussion plus générale de l'usage des définitions dans la macroéconomie de l'entre-deux-guerres, voir Andvig [1991].

⁵⁵ En somme, et ce point est très important pour la suite, pour Leontief, une définition explicite est du type : $X \equiv \{I, J, K, \dots\}$. Si I, J, K sont les termes initiaux, dans une science empirique, ces termes sont des termes observationnels.

⁵⁶ Autrement, peu importe que l'analyse soit normative ou empirique, c'est-à-dire que les termes primaires soient des postulats normatifs ou des observations directes, ce qui importe c'est le mode d'introduction des nouveaux termes dans le vocabulaire de la théorie.

La science empirique

L'article sur la théorisation implicite ne vise pas à défendre la science empirique ; pour Leontief cette dernière se caractérise comme suit : pour les « *sciences empiriques* », les « *propositions initiales sont issues de l'expérience commune* », ce sont les « *données* » (*given data*), (*ibid.* p.340), ce qu'il nomme par la suite l'observation directe. En particulier, l'agrégation est une opération sans légitimité si elle ne respecte pas certaines règles que Leontief énonce dans sa « *théorie de la structure interne des relations fonctionnelles* » (Leontief [1947]), que nous n'examinons pas ici.

Ainsi, nous interprétons la méthode opérationnelle à la fois comme le recours aux énoncés primaires et aux énoncés observationnels, et le fondement des « *théorèmes* » sur les définitions explicites : si les termes théoriques ne sont pas définis exclusivement à partir de termes primaires (les observations directes) alors ils ne peuvent avoir de sens explicite. Aussi Leontief se réfère-t-il au concept d'utilité marginale de la monnaie de R.F. Kahn : ce concept est défini en référence à celui de consommateur moyen qui lui-même renvoie au concept de nombre-indice (qui, selon Leontief, est en lui-même une impasse théorique). Par l'usage de définitions implicites, on peut ainsi construire à l'infini des chaînes logiques, allongeant par-là même la liste des concepts théoriques (Leontief [1937b]).

Au contraire, le théoricien doit pouvoir *remplacer* les concepts abstraits intervenant dans sa théorie par des observations directes quantifiables : « *Les hypothétiques équations de consommation et de production acquièrent un sens explicite dès lors que les signes algébriques sont remplacés par des valeurs numériques observées* » (Leontief [1936], p.116)⁵⁷. C'est pour cette raison que la fonction de production de Leontief n'est pas à proprement parler une fonction de production usuelle, mais l'ensemble des relations entre les *inputs* et les *outputs*, c'est-à-dire, pour Leontief, l'ensemble des procédés techniques de transformation lorsque le modèle est en quantité. Par conséquent, contrairement à la fonction de Cobb-Douglas, il n'est pas nécessaire d'estimer des paramètres avec une probabilité d'erreur plus ou moins grande (et, sous certaines hypothèses, sur les données et le résidu) : les *inputs* et les *outputs* sont directement observables et les informations techniques sur les procédés de fabrication données. A partir des données contenues dans le tableau entrées-sorties et des données techniques, les modèles de Leontief deviennent *opérationnels*, parce que l'on peut mesurer directement un coefficient technique. La nature directe de la mesure et des observations est dans une certaine mesure conventionnelle : le terme direct permet d'exclure nombre de méthodes d'agrégation, de constructions d'indice ainsi que les techniques d'inférence statistique de l'économétrie (voir ce qui suit sur l'analyse structurelle directe). Pour Leontief son approche ne doit pas simplement permettre de mesurer des quantités mais donner une signification empirique aux énoncés nomologiques.

L'analyse structurelle directe

Nous voyons alors que la science empirique de Leontief repose sur les définitions explicites des concepts théoriques et sur l'admission exclusive des observations directes comme termes primaires. C'est cette méthode qui est à la base de l'*analyse structurelle directe*. En effet, dans la mesure où l'expérimentation n'est que très limitée en économie, on ne peut mener des tests et des mesures sous l'hypothèse *ceteris paribus*.

⁵⁷ « *Hypothetical production and consumption equations gain explicit meaning as soon as the symbolic algebraic signs are replaced by observed numerical values.* » (Leontief [1936], p. 116).

Dès lors, « *l'analyse factuelle directe et les descriptions quantitatives des propriétés structurelles du système économique, détaillées dans leur contenu, complètes dans leur couverture du système économique et systématiquement conçues pour répondre aux besoins spécifiques d'un cadre théorique approprié, semblent offrir la seule approche prometteuse pour une compréhension empiriquement significative des caractéristiques opérationnelles de l'économie moderne* » (Leontief [1954], p. 40).

Rétrospectivement, cette manière de présenter une alternative à la méthode des tests rappelle à de nombreux égards celle de Carnap. Ainsi, pour déterminer si tel élément X a la disposition D à réagir à telle condition C par la réaction R, ce dernier distingue dans *Signification et nécessité* (1956), deux approches épistémologiques : la première approche consiste à tester, c'est-à-dire à soumettre X à la condition C et voir si la réaction R se produit, cette approche est dite « *behavioriste (en un sens très large)* » (Carnap [1997], p. 362) ; la seconde « *consiste à étudier l'état de X (en t) de manière suffisamment détaillée pour qu'il soit possible de déduire de la description obtenue de cet état, à l'aide de lois générales pertinentes (disons de la physique, de la physiologie, etc.), les réactions qu'aurait X en des circonstances spécifiées quelconques dans l'environnement.* » (*Ibid.* p. 363), Carnap l'appelle « *la méthode de l'analyse structurelle* » (*Ibid.*). Ce que Carnap entend par analyse structurelle est très proche de ce que Leontief entend lui-même par ce terme : plutôt que tester différentes dispositions, il s'agit de décortiquer un phénomène (en collectant des données détaillées) et de déduire à partir des lois élémentaires de la physique les caractéristiques de ce phénomène.

Prenant l'exemple d'une voiture dont on cherche à déterminer la capacité d'accélération à une vitesse de 16km/h, Carnap explique que la méthode structurelle consiste à étudier « *la structure interne [de la voiture], en particulier le moteur, et à calculer, à l'aide des lois physiques, l'accélération qu'on obtiendrait dans les conditions spécifiées* » (*ibid.*). Dans un article de 1954, Leontief explique que le travail de l'économiste est comparable à celui d'un ingénieur qui doit étudier les capacités d'une voiture. Alors, plutôt que de se contenter d'inférences indirectes (notamment en regardant le tableau de bord), ce qui revient à la méthode des tests pour Leontief, il incite « *à regarder sous le capot [pour étudier directement chaque partie du moteur] même si, comme dans un garage, cette opération est pénible et souvent salissante* » (Leontief (1954) [1974], p. 38). C'est ce que Leontief appelle « *l'analyse structurelle directe* ». Il s'agit en particulier de dépasser le cadre du tableau entrées-sorties pour se fonder directement sur les données physiques des ingénieurs, notamment sur les procédés techniques. Leontief a largement encouragé et pratiqué ce type de recherche. Pour lui, il faut arriver à se ramener aux éléments les plus petits et atteindre ainsi un niveau où ne s'appliqueraient plus que les lois de la physique.

Mais alors que cette méthode, un temps envisagée par les opérationnalistes au début des années cinquante est impraticable pour Carnap, Leontief l'emploie pour poser les fondements épistémologiques de l'analyse *input-output*. Pourquoi Carnap condamne-t-il l'analyse structurelle directe et quelles en sont les conséquences pour la démonstration de Leontief ?

III. Un réexamen de l'opérationnalité de la fonction de production de Leontief

Dans le cadre d'un exercice de reconstruction rationnelle et sans présager de la nature des influences philosophiques sur la méthodologie de Leontief, il apparaît que ses règles épistémologiques correspondent dans une large mesure à l'opérationnalisme des philosophes.

On peut alors, à partir des travaux des philosophes américains, contemporains des études des relations interindustrielles de Leontief⁵⁸, préciser les relations que peuvent entretenir l'idée d'une signification opérationnelle des concepts et la possibilité d'établir des relations indirectes entre ces concepts et les observations – Leontief ayant exprimé un avis profondément dubitatif sur la fécondité de l'approche indirecte des économètres.

Après avoir exposé les critiques adressées à l'opérationnalisme par Carnap, Goodman et Hempel, nous montrons qu'elles amènent à envisager deux interprétations possibles de l'épistémologie opérationnaliste de Leontief.

1. Un exercice tatillon à propos des termes dispositionnels⁵⁹ ?

Alors que Leontief publie ses deux premiers articles sur l'étude des relations interindustrielles en 1936 et 1937, Carnap publie deux articles sur la signification empirique et la testabilité des théories (Carnap [1936] et [1937]), où il remet profondément en question la possibilité d'une théorie épistémologique vérificationniste. Leontief, de son côté, n'a jamais plaidé pour le vérificationnisme, mais, dans le même temps, reste sceptique quant à la méthodologie des tests développée par les économètres (parce qu'elle légitimerait l'introduction d'entités indirectement observables dans la théorie) et propose, avec son critère d'opérationnalité une méthodologie alternative.

L'idée d'une signification empirique trouve une place prépondérante chez Leontief. Ainsi ce dernier, en s'adressant à R. Stone, demande : « *Le test empirique d'une hypothèse théorique peut-il être réellement séparé de l'estimation des paramètres pertinents ? La question de la prévision peut-elle être considérée indépendamment de ces deux autres questions ? Les "construits empiriques" de la Statistique du Revenu National ne devraient-ils pas être jugés à la lumière d'une hypothèse théorique formulée de manière explicite décrivant les opérations d'une économie nationale ?* » (Leontief [1952a], p. 169). Leontief se réfère ici au principe des définitions explicites déjà exposé en 1937 et à la méthode d'analyse structurelle directe.

Définitions explicites et termes dispositionnels

Dans ses travaux de 1936-1937, Carnap examine la possibilité d'appliquer des définitions explicites aux termes descriptifs des sciences quantitatives et de la physique en particulier. La formulation canonique d'une définition explicite d'un prédicat Q appliqué à un objet x est alors :

[D :] $Q(x) \equiv \dots x \dots$

Rappelons que le *definiendum* est la partie gauche de la définition tandis que le *definiens* est la partie à droite de la définition. L'objectif d'une définition explicite est bien de permettre de remplacer le *definiendum* par le *definiens*. Autrement dit l'un et l'autre doivent être liés par une relation de synonymie (\equiv). Ce procédé permet d'énoncer les conditions

⁵⁸ Notons que si les débats épistémologiques entre Leontief et la *Cowles Commission* se déroulent entre Cambridge et Chicago, il en va de même concernant les discussions philosophiques des principes portés par l'opérationnalisme. En effet, le fondateur de l'opérationnalisme, P. Bridgman enseigne à la même époque à Harvard où se trouve Leontief. Par ailleurs, c'est à l'université de Chicago et à Harvard que Carnap discute de l'opérationnalisme. Carl Hempel quant à lui est l'assistant de Carnap à Chicago (1936-1939) avant de rejoindre d'autres universités. Enfin, Nelson Goodman, étudie dans les années trente à Harvard où il obtient un PhD en 1941. Les analyses sur l'opérationnalisme de Carnap, Hempel et Goodman comptent parmi les plus décisives et sont reprises dans ce qui suit.

⁵⁹ Nous reprenons ici une expression de Nelson Goodman pour qui, bien entendu, il ne s'agit pas d'un exercice sémantique tatillon.

nécessaires et suffisantes de l'emploi d'un terme du vocabulaire scientifique ; les termes scientifiques peuvent être remplacés par les opérations de mesure qui permettent de relever des valeurs numériques observées. On ne trouve aucun terme théorique dans le *definiens*. La question est alors de savoir à quels termes peut s'appliquer une telle structure logique.

En particulier, Carnap s'interroge sur « *la question de savoir si les concepts de dispositions peuvent être définis, i.e. des prédicats qui énoncent les dispositions d'un point ou d'un corps à réagir à telles ou telles conditions avec telles ou telles réactions, e.g. 'visible', 'fragile', 'soluble' (...). De tels termes-de-disposition ne peuvent être définis par les termes qui décrivent ces conditions et réactions* » (Carnap [1936], p. 440). Autrement dit, on ne peut trouver de définition explicite pour les termes dispositionnels : on ne peut les définir à partir des termes par lesquels ces conditions et ces réactions se manifestent.

L'exemple choisi par Carnap a le mérite de la clarté : soit le prédicat 'S', « soluble dans l'eau » ; $S_1(x,t)$ signifie « l'objet x est placé dans l'eau à l'instant t » ; $S_2(x,t)$ signifie « l'objet x se dissout à l'instant t ». On peut alors penser définir S par : « x est soluble dans l'eau » si et seulement si « si x est placé dans l'eau à l'instant t alors x se dissout à l'instant t » est vrai, soit :

$$[D :] S(x) \equiv (t) [S_1(x,t) \supset S_2(x,t)]^{60}.$$

Le *definiens* est vrai si l'antécédent (S_1) et le conséquent (S_2) sont vrais, mais aussi dans tous les cas où l'antécédent est faux⁶¹. Ainsi, un objet qui n'aurait pas été placé dans l'eau à l'instant t se verrait attribuer le prédicat « soluble dans l'eau ». C'est face à ce type de problème qu'il a été conclu que la plupart des termes scientifiques ne pouvaient recevoir de définition explicite⁶².

Ce résultat important ne repose pas sur la nature des observations légitimes ou non (question qui relève selon Carnap de la psychologie), mais sur la structure logique du langage. Et ce résultat a eu un effet désastreux sur la philosophie opérationnaliste. En fait, « *ce qu'aucune définition opérationnelle ne peut exprimer, c'est le fait que les masses, les températures, les charges et autres propriétés attribuées aux corps physiques subsistent même lorsque ces grandeurs ne sont pas mesurées* » (Jacob [1980], p.135). On le voit, le problème que l'on soulève avec les termes dispositionnels, dans le cadre d'une épistémologie opérationnaliste ou empiriste, porte sur des opérations qui dépassent l'observation directe de faits effectifs. Un terme dispositionnel ne porte pas seulement sur la description du monde actuel mais sur des potentialités, c'est une porte sur des mondes possibles. Ainsi, « *en plus des propriétés observables qu'elle présente et des processus effectifs qu'elle subit, une chose est remplie de menaces et de promesses* » note Goodman ([1984], p.60), et à la question de pouvoir « *les définir de façon plus terre à terre, auquel cas nous pourrions expliquer les termes-de-disposition sans aucune référence à des forces occultes* » (*ibid.*), la réponse de Carnap condamne la voie par les définitions explicites.

⁶⁰ Le symbole \supset signifie « Si ... Alors ... ». Toute proposition conditionnelle de ce type n'est fautive que lorsque l'antécédent est vrai et le conséquent faux.

⁶¹ Ce qui ramène aux paradoxes de l'implication matérielle. Soit un objet x qui n'a pas été placé dans l'eau : la proposition « si x est placé dans l'eau à l'instant t alors x se dissout à l'instant t » est vraie et donc, selon la règle établie, on applique à x le prédicat S. Ainsi x est soluble dans l'eau (bien qu'il n'ait pas été soumis à l'expérience). En effet, dans ce cas, S_1 est faux (puisque x n'est pas placé dans l'eau) et donc l'implication est vraie. Dans ce cas on peut dire que « x est soluble dans l'eau ».

⁶² Or la variabilité ou la constance des coefficients techniques est un problème de définition de termes dispositionnels (variable, constant).

Le choix des termes primitifs

Avec le problème des termes dispositionnels, il apparaît que la constitution du vocabulaire scientifique par le seul moyen des définitions explicites est une voie trop restrictive. Carnap s'interroge alors sur la pertinence d'une approche qui fait des observations directes les termes primitifs à partir desquels sont introduits de nouveaux termes :

« *Serait-il possible de formuler toutes les lois de la physique en termes élémentaires, en n'admettant des termes plus abstraits qu'à titre d'abréviations ? Si oui, nous posséderions l'idéal de la science sous forme sensationnaliste que Goethe, dans sa polémique contre Newton, ainsi d'ailleurs que certains positivistes, semblent avoir eu en tête. Mais il s'avère – et c'est un fait empirique, pas une nécessité logique, qu'il n'est pas possible d'arriver de cette manière à un système de lois à la fois puissant et efficace.* » (Carnap [1939] in Jacob [1980], p. 134-135).

D'une part, la méthode répandue et efficace, selon Carnap [1939], est celle qui, partant de termes théoriques abstraits comme termes primitifs et de lois générales comme axiomes, introduit progressivement des termes de moins en moins abstraits jusqu'à atteindre les termes élémentaires (les observations directes). Ce que décrit Carnap est la méthode hypothético-déductive à la Hempel. Mais cette dernière méthode où la « *construction commence par le haut* » (les termes théoriques) a pour défaut de laisser un espace d'indétermination et d'interprétation entre la théorie et l'observation : le système théorique est dit « *flottant* » (*ibid.*, p. 63)⁶³. Ce qui donne lieu à une interprétation directe (en termes élémentaires) ce ne sont ni les lois ni les termes théoriques (primitifs) mais les énoncés singuliers auxquels on aboutit par des chaînes de déduction.

D'autre part, la méthode qui consiste à partir des termes élémentaires comme termes primitifs (les observations directes) et de là introduire des termes plus abstraits par le biais de définitions explicites conduit à un langage scientifique simplifié à l'excès et est, en ce sens, trop restrictive. Il faut alors admettre des relations plus souples entre les termes primitifs et les termes théoriques et là encore, il s'avère qu'on ne peut formuler une interprétation complète des termes scientifiques.

L'interprétation des lois

En effet, admettre des termes tels que les termes dispositionnels exige non plus d'employer des *définitions* explicites (ou opérationnelles) mais d'autres procédures qui sont alors des « *règles de correspondance* ». Ces *règles* d'emploi d'un terme ne permettent plus alors de spécifier des conditions nécessaires et suffisantes, ce qui ouvre un champ immense à l'interprétation⁶⁴. Si ces règles permettent de construire des langages plus complexes, le choix du niveau de complexité est avant tout une question pratique. Si seuls les termes pouvant recevoir des définitions explicites sont admis, alors la complexité du langage est minimale (langage L_0).

De plus, dans un tel cadre épistémologique, il n'est pas possible d'employer des énoncés universels (on ne peut observer tous les cas), c'est-à-dire des énoncés ayant la forme de lois. En effet, dans ce contexte, une loi conduit à inférer à partir d'observations passées des prévisions hors de son domaine d'application légitime (ce qui est observé). On ne peut donc l'admettre dans un langage L_0 comme un énoncé ayant une signification empirique : on interprète alors une loi comme une *règle d'inférence*, qui permet de formuler des énoncés⁶⁵.

⁶³ Et c'est bien ce flottement que Leontief désire éliminer.

⁶⁴ On ne peut s'empêcher ici de penser à la méthode employée par Tinbergen et Klein consistant à sélectionner un ensemble de modèles différents compatibles avec les données.

⁶⁵ Ainsi, par un chemin détourné et après un investissement analytique massif, les opérationnalistes retrouvent le problème de l'induction de Hume. Mais dans le cas de l'opérationnalisme, le problème de l'induction se pose à

Cette analyse coupe l'herbe sous les pieds de ceux qui avancent l'idée que les lois permettent de relier des propriétés manifestes à des propriétés potentielles. Avec le problème des termes dispositionnels se pose celui de l'interprétation des lois et, pour un langage opérationnel, il ne peut y avoir de lois mais des règles d'inférence⁶⁶. Pour obtenir des lois il faut admettre des relations bien plus souples que les définitions explicites, ce qui amène à parler de la libéralisation de l'empirisme. Ainsi il faut admettre des critères d'admission des termes théoriques plus souples qui vont de la testabilité à la confirmabilité.

La question des termes dispositionnels pose la question de savoir quels termes peuvent recevoir une définition explicite et ceci exclut du langage opérationnel les termes dispositionnels. Mais alors on est confronté non plus à une question logique mais pratique sur la pertinence d'un tel langage. La réponse de Carnap est d'abandonner le point de vue normatif (énoncer les règles d'une science bien faite) pour coller à la pratique scientifique : les scientifiques énoncent des lois et donc il s'agit pour lui de déterminer un modèle épistémologique qui permet de soutenir ces énoncés nomologiques. Par conséquent il faut abandonner l'opérationnalisme pour pouvoir rendre compte du vocabulaire scientifique en cours : les lois ne sont pas interprétées comme des « règles d'inférence » et le langage en cours dans les communautés scientifiques n'est pas un langage opérationnaliste.

2. La constance des coefficients techniques : un opérationnalisme du moindre mal ?

Cette analyse des définitions explicites par Carnap permet, rétrospectivement, d'éclairer les difficultés rencontrées par l'analyse *input-output*. Ainsi il semble bien que Leontief, de par ses propositions méthodologiques et son propre *mode de démonstration* scientifique qui consiste toujours à partir d'observations regroupées dans un tableau entrée-sortie pour introduire le modèle théorique, se rapproche de la première méthode avancée par Carnap : les termes élémentaires (les observations directes) sont les termes primitifs à partir desquels sont construits les termes plus abstraits⁶⁷. C'est ce procédé qui permet à Leontief d'éviter la méthode des tests.

Pour Leontief, dans la science empirique, les propositions de base proviennent de l'observation directe. C'est à partir des ces termes élémentaires que l'on obtient des termes plus abstraits : « nous pouvons donc distinguer une classe d'implications qui ont une évidence immédiate, puis une seconde classe comprenant des affirmations qui n'apparaissent pas évidentes du point de vue des postulats de base, mais qui le sont par rapport aux implications de la première classe (c'est-à-dire que l'on peut dégager directement de celles-ci), et ainsi de suite. » (Leontief [1937b], p. 340). Ce passage d'une classe à l'autre (à abstraction croissante) ne doit se faire pour Leontief que par le biais de définitions explicites.

C'est en ce sens que la méthode de Leontief est profondément empiriste et qu'il peut opposer sa science empirique à celle de ce qu'il appelle « l'école déductive » (à la Koopmans) qui place, parmi les termes primitifs, les lois générales et les termes abstraits. Pour reprendre l'image de Carnap, Leontief part « du bas » – les termes élémentaires de l'observation directe

travers la question de la définition du vocabulaire scientifique et non directement comme un problème d'inférence.

⁶⁶ À son tour la question des lois pose celle des contrefactuels dans la mesure où une loi doit pouvoir soutenir un contrefactuel. Pour Goodman ces questions n'ont rien d'« un petit exercice tatillon » (Goodman [1984], p. 29) et sans les élucider on ne peut prétendre « à une quelconque philosophie des sciences » (*ibid.*).

⁶⁷ Ce qui n'implique pas que la découverte scientifique n'exige pas au préalable une théorie. Ici il s'agit de l'exposition des principes scientifiques. Cette exposition se fait en partant des énoncés observationnels pour arriver aux énoncés plus abstraits.

– pour aller « *vers le haut* » – les termes théoriques abstraits (ce qui n'exclut pas les déductions ou les « *calculs* »).

Nous envisageons dans ce qui suit l'incidence de cette analyse épistémologique sur l'approche de Leontief dans le cas de la justification de sa fonction de production, celle-ci étant introduite sous la forme d'une proposition nomologique.

L'opérationnalité de l'hypothèse de constance des coefficients techniques

Certes, une théorie n'acquiert de *signification empirique* qu'à travers un *système complexe de définitions de base, de classification et de règles de mesures*, mais l'exigence de construction de définitions explicites conduit à une impossibilité : puisque la fonction de production de Leontief repose sur l'hypothèse de constance des coefficients techniques et que la constance est un concept dispositionnel, la fonction de production de Leontief n'a pas de signification opérationnelle. Ou encore, la constance des coefficients techniques ne peut être admise comme une caractéristique opérationnelle des systèmes économiques.

On comprend alors que Leontief ait été tenté de proposer des « tests indirects » pour valider son hypothèse : si l'on ne peut définir la constance, il faut donc recourir à d'autres règles de correspondance. Mais ici, il faut bien admettre que si l'analyse *input-output* se dotait d'un vaste système de comptabilité nationale, la méthodologie des tests restait quant à elle atrophiée par le critère d'opérationnalité de Leontief⁶⁸.

On peut penser que, pour Leontief, l'hypothèse de constance des coefficients techniques est en réalité, par défaut, l'hypothèse la moins inopérationnelle. Le choix de la constance plutôt que de la variabilité des coefficients techniques permet alors de ne pas avancer, comme Koopmans le fait, d'autres explications non opérationnelles : si les coefficients sont constants, alors on peut proposer une fonction de production. Si, par contre, ils sont variables, il faut soit recourir à l'estimation des paramètres indiquant les facteurs de cette variabilité (et donc recourir à l'inférence statistique indirecte), soit admettre avec Koopmans que la rationalité des agents conduit à des substitutions entre les facteurs de production et donc à des coefficients techniques observés variables⁶⁹. Il s'avère que Leontief rejette l'une et l'autre approche. La première contredit en effet la règle de l'observation directe et la seconde ramène à l'examen d'une hypothèse que Leontief rejette : la rationalité des agents économiques. Pour Leontief, l'emploi du principe de maximisation et de la rationalité de l'agent économique relève de l'analyse normative et d'ailleurs il note : « *l'économiste doit être prêt à déterminer s'il aspire à une explication positive des faits observés ou à établir les règles normatives d'un comportement « raisonnable » et d'en déduire les conséquences logiques* » (Leontief [1954], p. 27).

En somme, la constance des coefficients techniques n'a pas à proprement parler de sens opérationnel (en suivant Carnap) et, dans le même temps, c'est l'hypothèse la moins inopérationnelle. Cela peut conduire à penser que ce qui est recherché est non pas une théorie opérationnelle, mais plutôt la théorie la moins inopérationnelle possible. C'est un opérationnalisme du moindre mal, dont la fragilité repose sur le caractère purement conventionnel du degré d'opérationnalité admis.

⁶⁸ Notons néanmoins que le premier ouvrage collectif du *Harvard Economic Research Project* laissait présager une possible libéralisation méthodologique.

⁶⁹ Ce qui est en question ici c'est la variabilité des coefficients comme substitution et non comme changement technologique.

Retour aux années cinquante : la réponse de la Cowles

Ce caractère conventionnel de l'hypothèse de constance n'a pas reçu beaucoup d'écho dans les années d'après-guerre et Koopmans ne reprend pas les arguments de Leontief pour les discuter. On trouve néanmoins chez Lawrence Klein et Leonid Hurwicz (tous deux proches de la *Cowles Commission*) des commentaires soulevant la question du rapport entre la forme de la fonction de production de Leontief et les règles méthodologiques qui la légitimeraient.

Ainsi Hurwicz note qu'il est « *réellement difficile de dire dans quel esprit l'hypothèse de constance est posée* » ([1955], p. 631) ; s'agit-il d'une simplification ? D'une approximation ? Hurwicz en vient à considérer que l'hypothèse de constance signifie d'abord le rejet de l'individualisme méthodologique, et cela en raison de la démarche que Leontief préconise. Mais plutôt que d'attribuer ce rejet aux définitions explicites, Hurwicz note que c'est le rejet des inférences statistiques qui conduirait Leontief à ne pas admettre d'explication par l'agent rationnel⁷⁰.

Pour Hurwicz, si le concept de coefficient technique ne pose pas problème, c'est-à-dire que l'on peut toujours mesurer des coefficients techniques, il n'en va pas de même avec la constance des coefficients. Avec l'hypothèse de constance on déduit de la valeur d'un coefficient technique (observé et mesuré) la forme de la fonction de production. Mais quelle est la légitimité d'une telle opération qui déduit d'un ensemble d'observations un énoncé ayant la forme d'une loi demande Hurwicz, ramenant par là au problème de l'induction évoqué plus haut.

Pour Klein, il faut également chercher dans le rejet par Leontief des inférences statistiques le choix d'une telle fonction de production et rien n'indique que la méthode de Leontief soit plus juste que celle des économètres.

Ainsi, pour Klein comme pour Hurwicz, la fonction de production de Leontief n'exprime pas tant une loi significative qu'un énoncé par défaut, une manière de ne pas introduire d'inférences statistiques indirectes ou un principe théorique comme la rationalité de l'agent. On retrouve donc l'idée qu'il s'agit d'un opérationnalisme de moindre mal.

Ces critiques reposent néanmoins sur la nature des observations légitimes uniquement et non pas sur la relation entre les données et les termes scientifiques. Comme nous l'avons vu, si on se penche sur la nature de la relation entre la théorie et l'observation, il apparaît que la constance ne peut recevoir de définition opérationnelle. On ne peut donc pas faire reposer l'ensemble des règles méthodologiques sur les définitions explicites et les protocoles de mesure. Le contenu empirique de l'hypothèse de constance devient alors problématique : si la fonction de production est un énoncé qui prend la forme d'une loi, s'agit-il d'une règle d'inférence ou d'une loi ?

3. La constance des coefficients techniques : une règle d'inférence ?

Dans une stricte ligne opérationnaliste, l'usage de l'opérateur universel est exclu pour les énoncés ayant une signification opérationnelle. On peut néanmoins l'employer si l'on admet des énoncés ayant la forme d'une loi sans être considérés comme vrais : ce sont des

⁷⁰ Cette position se retrouve dans la thèse de doctorat de Leontief où il rejette la notion « *d'homme économique* » (Leontief [1991], p.208) comme principe explicatif, parce « *qu'extrêmement complexe* » (*ibid.*, p. 208) notant que la « *psychologie n'a expliqué que dans une mesure très limitée ses idées de lois gouvernant la satisfaction des besoins* » (*ibid.*, p.181). Il lui préfère, en raison de sa simplicité et de sa valeur logique le concept de circuit. En ce sens, Leontief se place du côté de l'*objectivisme* (vs *subjectivisme*).

règles d'inférence. À partir d'énoncés (les observations passées et présentes), on infère d'autres énoncés (des prévisions). À partir de la valeur actuelle des coefficients techniques, on effectue des prévisions reposant sur la règle énonçant la constance des coefficients techniques.

Dans ce cas, dire que les « coefficients techniques sont constants » n'est pas énoncer une proposition au contenu empirique vrai. Le contenu empirique de cette règle est nul. De là, l'énonciation de la constance des coefficients techniques peut ne pas sonner comme l'énonciation d'une loi, c'est-à-dire d'un énoncé pourvu d'une signification opérationnelle. Comme le dira plus tard Leontief : « *On a parlé très souvent de coefficients constants. Mais du point de vue mathématique, cela signifie seulement que les coefficients sont des paramètres du modèle et non des variables inconnues. Or un paramètre n'est pas nécessairement fixe, il peut varier dans le temps. Il peut changer* » (Leontief in Rosier [1986], p. 104). L'hypothèse de constance ne porterait donc pas sur « les coefficients techniques » mais sur le statut de cette variable dans le modèle. Le contenu empirique de l'hypothèse serait vide.

Il reste que les débats entre les économistes de la *Cowles Commission* et Leontief portent bien sur la manière de rendre compte des variations des coefficients techniques. Pour Leontief, à ce moment-là, aucune description et explication opérationnelle de cette variabilité n'est disponible: l'économétrie se fourvoie dans sa méthode et l'agent rationnel de Koopmans est un « *fantôme* » (*Ibid.*). La variabilité reste donc une énigme à laquelle la seule réponse est, selon Leontief, l'observation : il faut maintenir le système économique sous une surveillance perpétuelle.

La constance des coefficients techniques n'est donc pas pourvue de signification empirique, ce n'est pas une loi. Ce serait ce que Carnap appelle une *règle d'inférence*. Parce que l'on désire formuler des prévisions, on ne peut se contenter de la seule mesure des coefficients techniques, et l'on admet que les coefficients techniques sont constants. En faisant cela, on énonce une proposition dépourvue de sens opérationnel. Ceci amène à ne pas voir dans l'opérationnalisme de Leontief un opérationnalisme du moindre mal, mais au contraire, la mise en œuvre d'un critère opérationnaliste fort qui réduirait le vocabulaire scientifique au point d'en éliminer les lois.

Un critère trop restrictif

Le problème soulevé par notre relecture à travers Carnap, Goodman et Hempel de la justification des coefficients techniques et la critique de la méthodologie de Leontief par Klein et Hurwicz porte sur la possibilité même de formuler des lois étant donné un certain rapport postulé entre la théorie et l'observation. Certes la constance n'est pas une loi, mais peut-on formuler des lois avec les règles méthodologiques que se donne Leontief ? Hurwicz et Klein expriment un scepticisme profond quant à la possibilité d'aboutir à une analyse positive de la variabilité des coefficients techniques étant donné les règles méthodologiques que Leontief se donne. L'analyse que font Carnap, Hempel et Goodman du critère d'opérationnalité donne raisons à Klein et Hurwicz : l'exigence d'opérationnalité des théories conduit à éliminer la plupart des termes (comme les termes dispositionnels) et les opérateurs universaux qui caractérisent les lois ne peuvent être employés. Autrement dit, on ne peut aboutir à une explication des données économiques parce que le critère opérationnaliste est trop restrictif. En effet Leontief n'admet ni hypothèse comportementale, ni principe de maximisation (ce que A. Carter fera par exemple), ni relation générale entre des grandeurs (par exemple les salaires et les profits)...

Conclusion

Leontief désire donner un contenu empirique à ses énoncés nomologiques comme la constance des coefficients techniques et dans le même temps, ce contenu doit être validé non pas par la méthode des tests mais par son critère d'opérationnalité. Au même moment, les débats philosophiques sur ce critère épistémologique établissent que le critère d'opérationnalité est trop restrictif pour permettre d'introduire la plupart des termes scientifiques et pour justifier des énoncés nomologiques. Bien qu'on ne puisse pas mesurer précisément l'influence de ces débats de philosophie des sciences sur les débats entre économistes, certains liens forts apparaissent. Il paraît improbable que ces débats ne se soient pas suscités mutuellement, car de même que Leontief et Bridgman enseignent à Harvard, Carnap est à l'Université de Chicago et collabore avec la *Cowles Commission* dirigée par Koopmans. De fait, les débats qui scellent l'avenir de l'opérationnalisme en philosophie se déroulent en même temps que les économistes de la *Cowles Commission* et Leontief discutent de la validité des énoncés opérationnels généraux.

Parce que le critère d'opérationnalité est trop restrictif, il semble bien alors que, si l'on veut considérer la fonction de production de Leontief comme pourvue de signification, il faille abandonner son épistémologie opérationnaliste. Sinon, la fonction de production est non pas une loi (un énoncé nomologique pourvue d'une signification), mais une règle d'inférence (vide de signification) – ou encore, comme le souligne L. Klein, il faut abandonner tout principe général.

Cette configuration épistémologique explique qu'une large part du débat entre Leontief et les économistes de la *Cowles Commission*, à propos de sa fonction de production, n'ait pas porté sur des arguments théoriques mais sur les règles épistémologiques qui la soutiennent. Pour Lawrence Klein et Leonid Hurwicz, les fondements empiriques de la fonction de production de Leontief ne sont pas à trouver dans des opérations de mesure (la constance ne pouvant être observée directement) mais dans le rejet par Leontief des inférences statistiques indirectes et du principe d'optimisation. En effet, ce rejet conduit à choisir non pas une hypothèse opérationnelle, mais l'hypothèse la moins inopérationnelle (parce que économique d'un point de vue analytique), à savoir la constance des coefficients techniques. Alors, la pratique montre dans quelle mesure la règle d'inférence de la constance des coefficients techniques se révèle juste ou pas.

Ce débat marque non seulement la difficulté de Leontief à justifier ses hypothèses, dans le cadre de la science empirique qu'il veut construire, mais aussi à imposer des règles épistémologiques différentes de celles de la *Cowles Commission*, alors victorieuse des controverses épistémologiques américaines de l'Après-Guerre. Néanmoins, alors que le reproche d'une trop grande ascèse analytique est récurrent pour l'analyse *input-output* (problème de la complexité du langage scientifique), le défaut inverse attribué à la méthode des tests (le problème du flottement de la théorie) contribuera dans une large mesure à l'installation de l'instrumentalisme qui va suivre l'« Essai sur la méthodologie de l'économie positive » de Friedman [1953]. L'impossibilité de fournir à la théorie un ancrage dans les données empiriques amène à un éloignement de la théorie par rapport aux données. C'est pourquoi, dans les années soixante-dix, ce n'est plus tant à la méthode des tests développée par la *Cowles Commission* que Leontief [1971] adressera ses critiques, mais à l'instrumentalisme.

BIBLIOGRAPHIE

- Akhabbar Amanar [2005], « Is the constancy of technical coefficients a matter of tolerance? A methodological inquiry about the justification of a controversial assumption (1936-1952) », Communication pour la 15th *International Input-Output Conference*, Beijing, 27 juin-1^{er} juillet 2005.
- Andvig Jens Christopher [1991], « Verbalism and definitions in interwar theoretical macroeconomics », *History of Political Economy*, 23(3), p. 431-455.
- Armatte Michel [2005], « La notion de modèle dans les sciences sociales : anciennes et nouvelles significations », *Mathématiques et Sciences Humaines*, 172(4), p. 91-123.
- Arrow Kenneth J. [1951], « Alternative proof of the substitution theorem for Leontief models in the general case », in Koopmans [1951a].
- Backhouse Roger E. [1998], « The transformation of U.S. economics, 1920-1960, Viewed through a survey of journal articles », in Morgan et Rutherford (eds.) [1998], p. 85-107.
- Béraud Alain et Faccarello Gilbert (dir.) [2000], *Nouvelle Histoire de la pensée économique*, v.2, Paris, La Découverte.
- Bjerkolt Olav et Knell Mark [2006], « Did Ragnar Frisch discover input-output analysis ? », [2006], *Economic Systems Research*, 18(4).
- Bridgman Percy W. [1927], *The Logic of Modern Physics*, New-York, Macmillan.
- Carnap Rudolf [1936], « Testability and meaning », *Philosophy of Science*, 3(4), p. 419-471.
- Carnap Rudolf [1937], « Testability and meaning-Continued », *Philosophy of Science*, 4(1), p. 1-40.
- Carnap Rudolf [1939], *Foundations of Logic and Mathematics*, International Encyclopedia of Unified Science, Chicago: University of Chicago Press.
- Carnap Rudolf [1997], *Signification et nécessité*, Paris, Gallimard, traduit de l'anglais, *Meaning and necessity*, University of Chicago Press, (1956).
- Carter Anne P. [1970], *Structural change in the American economy*, Harvard University Press.
- Carter Anne P. et Petri Peter A. [1986], « La contribution de Wassily Leontief et de l'analyse input-output à la science économique », in Rosier [1986].
- Clapham John H., [1922], « Of empty economic boxes », *Economic Journal*, 32, p. 305-314.
- Chavance Bernard [2000], « La théorie économique de l'économie socialiste dans les pays de l'Est entre 1917 et 1989 », in Béraud et Faccarello [2000], p. 235-262.
- Cobb Charles W. et Douglas Paul H. [1928], « A theory of production », *The American Economic Review*, 18(1), Papers and Proceedings, p. 139-165.
- Cohen Joshua [1995], « Samuelson's operationalist descriptivist thesis », *Journal of Economic Methodology*, 2(1), p. 53-78.
- Dantzig George et Wood Marshall K. [1949a], « Programming of interdependent activities: I General discussion », *Econometrica*, 17(3/4), p. 193-199.
- Dantzig George et Wood Marshall K. [1949b], « Programming of interdependent activities: II Mathematical Model », *Econometrica*, 17(3/4), p. 200-211.
- DeBresson Christian [2004], « Des analyses économiques utiles : Applications contemporaines des tableaux entrées-sorties », in DeBresson et Cloutier [2004], *Changement climatique, flux technologiques, financiers et commerciaux. Nouvelles directions d'analyse entrée-sortie*, Presses Universitaires du Québec.
- Douglas Paul H. [1938], « Professor Cassel on the statistical determination of marginal productivity », *The Canadian Journal of Economics and Political Science/ Revue canadienne d'Économie et de Science politique*, 4(1), p. 22-33.

Douglas Paul H. [1939], « Henry Schultz as colleague », *Econometrica*, 7(2), p. 104-106.

Douglas Paul H. [1948], « Are there laws of production? », *The American Economic Review*, 38(1), p. 1-41.

Douglas Paul H. [1976], « The Cobb-Douglas production function once again: its history, its testing and some empirical values », *The Journal of Political Economy*, 84(5), p. 903-916.

Dowidar Mahamed [1964], *Les schémas de la reproduction et la méthodologie de la planification socialiste*, Alger : Les Éditions du Tiers Monde.

Evans Duane W. et Hoffenberg Marvin [1952], « The interindustry relations study for 1947 », *The Review of Economics and Statistics*, 34(2), p.97-142.

Foley Duncan [1998], « An interview with Wassily Leontief », *Macroeconomic Dynamics*, 2(1), p. 116-140.

Friedman Milton [1953], *Essays in Positive Economics*, The University of Chicago Press.

Georgescu-Roegen Nicholas [1935], « Fixed coefficients of production and the marginal productivity theory », *The Review of Economic Studies*, 3(1), p. 40-49.

Georgescu-Roegen N. [1951], « Some properties of a generalized Leontief model », in Koopmans [1951a].

Goodman Nelson [1983], *Fact, Fiction and Forecast*, Harvard University Press, trad. Fr., *Faits, Fictions et Prédiction*, Éditions de Minuit (1984).

Haavelmo Trygve [1944], « The probability approach in econometrics », *Econometrica*, 12, Supplement, p. iii-vi +1-115.

Hands Wade D. [2004], « On operationalisms and economics », *The Journal of Economic Issues*, 38, p. 953-968.

Hempel C.G. [1954], « A logical appraisal of operationism », *Scientific Monthly*, 79, p.215-220.

Hurwicz Leonid [1955], « Input-Output analysis and Economic Structure », *The American Economic Review*, 45(4), p.626-636.

Jacob Pierre [1980], *L'empirisme logique*, Paris, Les Éditions de Minuit.

Klein Lawrence L. [1953], « Review: Studies in the Structure of the American Economy », *The Journal of Political Economy*, 61(3), p. 260-262.

Keynes John Maynard [1940], « On a method of statistical business-cycle research. A comment. », *The Economic Journal*, 50(197), p. 154-156.

Kohli Martin C. [2001], « Leontief and the US Bureau of Labor Statistics, 1941-54: developing a framework for measurement », in Klein, J. and Morgan, M.S, (ed.), *The Age of Economic Measurement, History of Political Economy*, 61(3), p. 190-212.

Koopmans Tjalling Charles [1944], « Business cycles and fluctuations: a review, *Economic Fluctuations in the United States*, by Edwin Frickley », *The American Economic Review*, 34(2), p. 377-381.

Koopmans Tjalling Charles [1947], « Measurement without theory », *The Review of Economic Statistics*, 29(3), p. 161-172.

Koopmans Tjalling Charles (ed.) [1951a], *Activity Analysis*, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph 13.

Koopmans Tjalling Charles [1951b], « Alternative proofs of the substitution theorem for Leontief models in the case of three industries », in Koopmans [1951a], p. 147-154.

Koopmans Tjalling Charles [1964], « Economic growth at a maximal rate », *The Quarterly Journal of Economics*, 78(3), p. 355-394.

Kurz Heinz D. et Salvadori Neri [2000], « Classical roots of input-output analysis: a short account of its long prehistory », *Economic Systems Research*, 12(2), p. 153-179.

Lallement Jérôme [1997], « L'économie pure de Walras est-elle normative? », in Brochier Hubert et alii, *L'économie normative*, Paris, Economica.

Leontief Wassily [1925], « Die Bilanz der russischen Volkswirtschaft. Eine methodologische Untersuchung », *Weltwirtschaftliches Archiv*, 22(2), Octobre, p.338-344; et in *Weltwirtschaftliches Archiv. Chronik und Archivalien*, 22 (II), p. 265-269.

Leontief Wassily [1927], « Über Theorie und Statistik der Konzentration », *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, 126, p. 304-311.

Leontief Wassily [1928], « Die Wirtschaft als Kreislauf », *Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik*, 60, p. 577-623, traduction anglaise (partielle) « The economy as a circular flow », *Structural change and economic dynamics*, (1991), 2(1), p. 177-212.

Leontief Wassily [1929], « Ein Versuch zur statistischen Analyse von Angebot und Nachfrage », *Weltwirtschaftliches Archiv. Chronik und Archivalien*, 30(1), p. 1-53.

Leontief Wassily [1931], Compte rendu de *Elastizität der Nachfrage*, de J. Marschak, *Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik*, 66(2), p. 420-423.

Leontief Wassily [1934a], « Pitfalls in the construction of demand and supply curves: a reply », *The Quarterly Journal of economics*, 48(1), p. 355-361.

Leontief Wassily [1934b], « More pitfalls in demand and supply curve analysis: a final word », *The Quarterly Journal of economics*, 48(3), p. 755-759.

Leontief Wassily [1934c], « Verzögerte Angebotsanpassung und partielles Gleichgewicht », *Zeitschrift für Nationalökonomie*, 5(5), p. 670-676.

Leontief Wassily [1934d], « Interest on capital and distribution: a problem in the theory of marginal productivity », *The Quarterly Journal of Economics*, 49(1), p. 147-161.

Leontief Wassily [1935], « Price-quantity variations in business cycles », *The Review of Economics and Statistics*, 17(4), p. 21-27.

Leontief Wassily [1936], « Quantitative input and output relations in the economic systems of the United States », *The Review of Economic Statistics*, 18(3), p. 105-125.

Leontief Wassily [1937a], « Interrelations of prices, output, savings and investment », *The Review of Economic Statistics*, 19(3), p. 109-132.

Leontief Wassily [1937b], « Implicit theorizing: a methodological criticism of the neo-Cambridge school », *The Quarterly Journal of Economics*, 51(2), p. 337-351.

Leontief Wassily [1941], *The Structure of American Economy*, Cambridge, Harvard University Press.

Leontief Wassily [1944], « Output, employment, consumption, and investment », *The Quarterly Journal of Economics*, 58(2), p. 290-314.

Leontief Wassily [1946], « Wages, profit and prices », *The Quarterly Journal of Economics*, 61(1), p. 26-39.

Leontief Wassily [1947], « Introduction to a theory of the internal structure of functional relationships », *Econometrica*, 15(4), p. 361-373.

Leontief Wassily [1949], « Recent developments in the study of interindustrial relationships », *The American Economic Review*, 39(3), p. 211-225.

Leontief Wassily [1952a], « Some basic problems of structural analysis », *The Review of Economics and Statistics*, 34(1), p. 1-9.

Leontief Wassily [1952b], « Review: *The Role of Measurement in Economics* », *The Journal of Political Economy*, 60(2), p.168-169.

Leontief Wassily (ed.), [1953], *Studies in the Structure of the American economy*, Oxford University Press, New-York.

Leontief Wassily [1954], « Mathematics in economics », *Bulletin of the American Mathematical Society*, 60(3), in Leontief [1974], p. 85-114.

Leontief Wassily [1955], « Input-output analysis and general equilibrium », in Barna [1956], *The Structural Interdependence of the economy: proceedings of an international conference on input-output analysis*, New York, Wiley, p. 41-49.

- Leontief Wassily [1958a], « The State of Economic Science », *The Review of Economics and Statistics*, 40(2), p. 103-106.
- Leontief Wassily [1958b], « A theoretical note on time preference, productivity of capital, stagnation and economic growth », *The American Economic Review*, 48(1), p. 105-111.
- Leontief Wassily [1961a], « Lags and the stability of the dynamic systems », *Econometrica*, 29(4), p.659-669.
- Leontief Wassily [1961b], « Lags and the stability of the dynamic systems: a rejoinder », *Econometrica*, 29(4), p. 674-675.
- Leontief Wassily [1963], « When should history be written backward? », *The Economic History Review*, 16(1), p. 1-8.
- Leontief Wassily [1970], « The dynamic inverse », in Carter Anne P. et Brody A. (eds.), *Contributions to input-output analysis*, vol.1, Amsterdam : North-Holland.
- Leontief Wassily [1971], « Theoretical assumptions and nonobserved facts », *The American Economic Review*, 61(1), p. 1-7.
- Leontief Wassily [1985], *Essays in Economics: theories, theorizing, facts and policies*, Transaction Publishing.
- Leontief Wassily [1987], « Input-output analysis », *The New Palgrave, A dictionary of economics*, edited by John Eatwell, Murray Milgate, Peter Newman, p. 860-864.
- Leontief Wassily [1991], « The economy as a circular flow », *Structural Change and Economic Dynamics*, 2(1), p.181-212. traduction anglaise (partielle) de, « Die Wirtschaft als Kreislauf », *Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik*, 1928, 60, p. 577-623.
- Lloyd P. J. [2001], « The origins of the von Thünen-Mill-Pareto-Wicksell-Cobb-Douglas function », *History of Political Economy*, 33(1), p. 1-19.
- Lowe Alfred [1926], « Wie ist Konjunkturtheorie überhaupt möglich? », *Weltwirtschaftliches Archiv*, transl. [1997], « How is Business Cycle Theory Possible at All? », *Structural Change and Economic Dynamics*, 8(2), p. 245-270.
- Machlup Fritz [1978], *Methodology of Economics and other social sciences*, New-York: Academic Press.
- Mirowski Philip [1989], « The measurement without theory controversy: defeating rival research programs by accusing them of naive empiricism », *Æconomia, Économies et Sociétés*, Série PE, 11, p. 65-87.
- Moore Henry Ludwell [1929], *Synthetic Economics*, New York, Augustus M. Kelley Publishers, 1967.
- Morgan Mary S. et Malcolm Rutherford (eds.) [1998], *From Interwar to Postwar Neoclassicism*, Supplément annuel au Volume 30, *History of Political Economy*, Durham et Londres, Duke University Press.
- Morgan Mary S. [2003], « Economics », in Porter Theodore et Ross Dorothy (eds.) (2003), p. 275-305.
- Porter Theodore M. et Dorothy Ross [2003], *The Cambridge History of Science*, Vol. 7, *The Modern Social Science*, Cambridge University Press.
- Popov P.I [1926a], « Introduction to the balance of the National economy », in Spulber [1964], p. 5-19, traduit du russe, « Vvedenie k izucheniiu balansa narodnogo khoziaistva ».
- Popov P.I [1926b], « Balance sheet of the national economy », in Spulber [1964], p. 54-87 traduit du russe, « Balans narodnogo khoziaistva v tselom ».
- Rosier Bernard [1986], *Wassily Leontief : textes et itinéraire*, Paris, La Découverte.
- Samuelson Paul A. [1979], « Paul Douglas's measurement of production functions and marginal productivities », *The Journal of Political Economy*, 87(5), Partie 1, p. 923-939.
- Schultz Henry [1928], « Rational economics », *The American Economic Review*, 18(4), p. 643-648.

- Spulber Nicolas (ed.) [1964], *Foundations of Soviet strategy for economic growth, Selected Soviet essays, 1924-1930*, Bloomington, Indiana University Press.
- Spulber Nicolas et Kamran Moayed Dadkhah [1975], « The pioneering stage in input-output economics: the soviet national economic balance », *The Review of Economics and Statistics*, 57(1), p. 27-34.
- Tinbergen Jan [1929], « Konjunkturforschung und Variationsrechnung », *Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik*, 61(3), p. 533-541.
- Tinbergen Jan [1938], « Statistical evidence on the acceleration principle », *Economica*, New Series, 5(18), p. 164-176.
- United Nations [1999], *Handbook of Input-Output Table, Compilation Analysis*, Handbook of National Accounting, Series F No.74.
- Vining Rutledge [1949], « Koopmans on the choice of variables to be studied and the methods of measurement », *The Review of Economics and Statistics*, 31(2), p. 77-86.
- Walras Léon [1874-1877], *Éléments d'économie politique pure*, OEC, vol. VII, Paris, Economica, 1986.
- Zunz Olivier [1998], *Why the American Century ?*, The University of Chicago Press, traduction française, *Le siècle Américain, Essai sur l'essor d'une grande puissance*, Fayard, 2000.