

**ANALYSE SPECTRALE DE L'ÉVOLUTION DE
LONGUE PERIODE DES BREVETS EN FRANCE, EN
ALLEMAGNE, EN GRANDE-BRETAGNE, AUX ÉTATS-
UNIS ET AU JAPON
(17^{ÈME}-20^{ÈME} SIECLES)**

**SPECTRAL ANALYSIS OF THE LONG TERM
EVOLUTION OF PATENTS IN FRANCE, GERMANY,
THE UNITED KINGDOM, THE UNITED STATES AND
JAPAN (17TH-20TH CENTURIES)**

**CLAUDE DIEBOLT (BETA/CNRS)*
& KARINE PELLIER (LAMETA/CNRS)****

RESUME :

L'application de l'analyse spectrale au domaine cliométrique a été jusqu'à présente restreinte. Elle est employée ici pour déterminer la périodicité des séries agrégées de brevets de la France, de l'Allemagne, de la Grande-Bretagne, des Etats-Unis et du Japon. Après avoir rappelé la méthode (I), nous examinerons les séries retenues, le traitement de ces séries et les résultats de l'analyse spectrale (II). Il sera alors possible de montrer les perspectives de ce type d'approche et de synthétiser un résultat majeur, à savoir l'existence d'un cycle unique, commun aux cinq pays, de type Juglar.

MOTS CLES : Analyse spectrale, brevets, cliométrie, cycles économiques.

CLASSIFICATION JEL : C22, C82, E32, N11, N12, N13, N14.

ABSTRACT :

Spectral analysis has had limited applications in cliometrics to date. It is used here to determine the frequency of aggregate patent series of France, Germany, the United Kingdom, the United States and Japan. A reminder of the method (I) is followed by successive examination of the series chosen, the treatment of these series and the results of spectral analysis (II). It is then possible to show the prospects of this type of approach and to synthesise a completely new major result, that is to say the existence of a single Juglar type cycle, common to the five countries.

KEYWORDS : Spectral analysis, patents, cliometrics, economic cycles.

* Auteur correspondant. CNRS, Université de Strasbourg & Humboldt-Universität zu Berlin. Adresse : BETA/CNRS, Université Louis Pasteur de Strasbourg, Faculté des Sciences Economiques, 61 Avenue de la Forêt Noire, 67085 Strasbourg Cedex, France. Tél. : (0)3.68.85.21.87, Fax. : (0)3.68.85.20.71, E-mail: cdiebolt@cournot.u-strasbg.fr, <http://www.cliometrie.org>

** LAMETA/CNRS, Université Montpellier I. Adresse : Faculté des Sciences Economiques, Espace Richter, Avenue de la Mer, C.S. 79606, 34960 Montpellier Cedex 2, France. Tél. : (0)4.67.15.83.02, Fax. : (0)4.67.15.84.67, E-mail : pellier@lameta.univ-montpl.fr

INTRODUCTION

Dévoré par le démon de la connaissance, à l'image de Jean Pic de la Mirandole, tel est le terrible destin des chercheurs passionnés par la découverte et l'interprétation des cycles économiques ! Mais, quels sont-ils ces fameux cycles ? Ont-ils une réalité économique ? La trilogie des «astres» Kitchin-Juglar-Kondratieff, formalisée par Schumpeter (1939), est-elle toujours pertinente ? N'est-elle pas l'aboutissement d'une illusion trompeuse, le fruit de manipulations statistiques trop peu, ou de plus en plus sophistiquées, la résultante d'une recherche aveugle de spectres dans le but de dévoiler des mouvements à périodicités fantômes ? Et pourtant, de l'avis de tous et depuis toujours, l'enjeu est considérable (cf. notamment Imbert, 1959, Weinstock, 1964, Freeman, 1996, Maddison, 2007). N'est-il pas le rêve, avoué ou non, de tout économiste de trouver les lois du développement cyclique de l'économie pour enfin en maîtriser (voire en prévoir) son évolution ? C'est pour tenter d'apporter notre pierre à cet édifice, que nous avons engagé en 2006, dans le but ultime d'éclairer, à notre manière, la dynamique économique passée, présente, voire future, une recherche renouvelée sur l'application de l'analyse spectrale au domaine cliométrique et plus précisément à l'étude comparée des séries du PIB et des prix sur le très long terme (Diebolt et Doliger, 2006ab, 2007). Notre ambition dans cet article est d'étendre ces travaux fondateurs afin de déterminer la périodicité des séries de brevets de la France, de l'Allemagne, de la Grande-Bretagne, des Etats-Unis et du Japon.

Après avoir rappelé la méthode (1), nous examinerons successivement les différentes séries retenues, le traitement de ces séries et les résultats de l'analyse spectrale (2). Il sera alors possible, en conclusion, de montrer les perspectives de ce type d'approche et de synthétiser, en prolongement de nos précédentes publications, un résultat majeur pour la compréhension de la dynamique économique de la fin du 17ème siècle à nos jours.

1. LA NATURE DES CHRONIQUES

L'analyse spectrale permet de découper une catégorie particulière de chroniques en un ensemble d'oscillations de périodes différentes (décomposition d'une série temporelle quelconque en une somme de fonctions périodiques), puis de mettre en évidence les liens existants entre les composantes de même périodicité des diverses séries considérées. Ces deux étapes présentent chacune un intérêt cliométrique évident :

- la première, en mettant en évidence toutes les composantes périodiques d'une série et en isolant, si elle existe, la composante périodique la plus importante (et ses harmoniques), permet de révéler le comportement cyclique d'une série temporelle et de donner les caractéristiques – périodicité et amplitude – de ce mouvement cyclique ;

- la seconde étape permet, quant à elle, de comparer les mouvements périodiques de deux séries et d'établir une corrélation entre eux. Cette seconde étape apparaît alors particulièrement bien adaptée à l'objet de cet article. Avant d'identifier les principaux estimateurs utilisés, nous analysons brièvement la nature mathématique des séries auxquelles s'applique la méthode.

La méthode spectrale s'applique essentiellement aux séries stationnaires déterminables (Priestley, 1981). Pour en comprendre la raison, il convient d'exposer ce que nous entendons par processus générateur, stationnaire et déterminable.

1.1. PROCESSUS GÉNÉRATEUR

Soit une série temporelle donnée : x_t ($t = 1, 2, \dots, n$) supposée être la réalisation d'un processus particulier :

$$(X_t, t = -\infty, \dots, -1, 0, +1, \dots, +\infty)$$

Le processus générateur indique la manière dont la série temporelle est formée à chaque instant. Mais, de par sa nature stochastique, il ne peut déterminer la valeur réelle de la série à tout moment.

Ainsi $X_t + aX_{t-1} = \varepsilon_t$ est un processus générateur, ε_t étant un terme aléatoire. Ce processus est défini par ses premier et second moments. Ceux-ci sont en général fonction du temps :

$$\begin{aligned} m_t &= E[X_t] \\ \sigma_t^2 &= E[(X_t - m_t)^2] \\ \mu(t, s) &= E[(X_t - m_t)(X_s - m_s)] \end{aligned}$$

Où : $\mu(t, s)$ est la covariance de X_t et X_s .

1.2. PROCESSUS STATIONNAIRE

Une classe très importante de séries est la classe des séries engendrées par des processus dont les premiers moments ne sont pas fonction du temps, soit :

$$\begin{aligned} E[X_t] &= m \\ E[(X_t - m)^2] &= \sigma^2 \\ E[(X_t - m)(X_s - m)] &= \mu(t - s) = \mu_\tau \end{aligned}$$

où $\tau = t - s$ pour tout t, s

De telles séries sont dites stationnaires au second ordre. Elles présentent des propriétés très avantageuses dont l'une, particulièrement utile, est qu'il est possible d'estimer les différents moments par des moyennes dans le temps au lieu de moyennes d'ensemble. Autrement dit :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n x_t \quad s^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2$$

$$c_t = \frac{1}{n - \tau} \sum_{t=1}^{n-\tau} (x_t - \bar{x})(x_{t+\tau} - \bar{x})$$

fournissent des estimateurs efficaces et sans biais respectivement de m, σ^2, μ_τ .

1.3. PROCESSUS DETERMINABLE

Un théorème important, dû à Cramer, assure que des séries stationnaires de cette nature sont décomposables en une somme d'oscillations sinusoïdales indépendantes dont les caractéristiques, amplitudes et décalages relatifs, sont aléatoires.

En général, il y aura un très grand nombre sinon une infinité de telles oscillations dont chacune aura une importance extrêmement faible, et le processus est alors dit indéterminable, par opposition au processus déterminable constitué d'un nombre fini d'oscillations sinusoïdales dont chacune aura une amplitude finie non nulle.

1.4. ESTIMATION DES SPECTRES

Les amplitudes des différentes oscillations (issues de la décomposition des séries stationnaires) sont des variables aléatoires pouvant être définies par l'étendue des valeurs qu'elles sont susceptibles de prendre. A chaque oscillation de période donnée correspond une variance, et cette correspondance définit ce que l'on appelle le spectre du processus envisagé. Les décalages entre les différentes sinusoïdes sont quelconques.

Plus précisément, le spectre d'un processus stochastique $[X_t]$ est la fonction $f(\omega)$ définissant, à une constante multiplicative près, l'espérance mathématique du carré de l'amplitude avec laquelle intervient la fréquence ω dans la décomposition de Fourier des réalisations du processus. Le spectre caractérise donc l'importance des différentes périodicités dans le processus considéré.

Les calculs se présentent ainsi. Pour des processus stationnaires, un estimateur sans biais du spectre peut être calculé à partir d'une seule réalisation du processus, c'est-à-dire d'une série temporelle particulière X_t avec ($t = 1, 2, \dots, T$). Cet estimateur est le périodogramme, lequel peut être défini comme :

$$I(\omega) = \frac{1}{2\pi} \sum_{\theta=-T+1}^{T-1} v_\theta \cos \omega\theta$$

v_θ étant à peu près l'autocovariance empirique et plus précisément :

$$\nu_\theta = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^{T-\theta} (x_t - \bar{x})(x_{t+\theta} - \bar{x})$$

(\bar{x} est la moyenne empirique de la série).

Bien que sans biais, le périodogramme n'est pas un bon estimateur du spectre parce qu'il n'est pas convergent. C'est pourquoi on est amené à remplacer la fonction erratique $I(\omega)$ par une fonction plus régulière représentant la tendance moyenne des variations de $I(\omega)$ avec ω . Cette opération s'appelle le lissage du périodogramme. La fonction lissée est alors :

$$f'(\omega) = \frac{1}{2\pi} \sum_{\theta=-m}^m \left(1 + \cos \frac{\theta\pi}{m} \right) \nu_\theta \cos \omega\theta$$

Cette formule utilisée est la fonction d'estimation (ou fenêtre) de Tuckey–Hanning. Il existe d'autres formules d'estimations, en particulier celle de Parzen, qui provoque de moindres fuites dans les bandes de fréquence non adjacentes, mais qui entraîne une plus forte corrélation entre les valeurs estimées successives du spectre. Enfin, pour améliorer l'estimation du spectre, on filtre habituellement au préalable la série X_t en lui faisant subir une transformation de telle manière qu'il soit possible de considérer *a priori* que le spectre de la série filtrée est plus représentatif.

Dans beaucoup de ces pratiques, ce filtrage aura ainsi pour effet d'éliminer la tendance de la série de sorte que l'hypothèse de stationnarité du processus générateur apparaisse moins grossièrement inexacte (en particulier pour des séries économiques). Dans cet article, le filtre que nous avons retenu est celui proposé par Hodrick et Prescott (1997) et ce pour plusieurs raisons. La première est qu'il s'agit d'un filtre aisé à mettre en œuvre. La seconde réside dans le fait qu'une littérature abondante montre qu'il possède des propriétés statistiques satisfaisantes. Enfin, la troisième repose sur son utilisation courante dans la littérature et dans les analyses empiriques d'organisations nationales ou internationales (Bouthevillain, 2002).

Soit alors une série $[X_t]$ qui possède une tendance (composante tendancielle g_t) et qui fluctue autour de cette tendance (composante cyclique c_t), c'est-à-dire :

$$X_t = g_t + c_t$$

L'idée va alors être de minimiser la somme des carrés des déviations de $[X_t]$ par rapport à sa tendance g_t , tout en gardant une tendance lisse, c'est-à-dire où g_t ne varie pas trop entre deux période successives :

$$\min_{g_t} \sum_{t=1}^T \left[(X_t - g_t)^2 + \lambda ((g_{t+1} - g_t)(g_t - g_{t-1}))^2 \right]$$

λ (le multiplicateur associé à l'importance de la contrainte) est défini comme le poids que l'on attribue au fait d'avoir une tendance « lisse ». Le choix de λ dépend de la fréquence d'observation des données, et en général on a $\lambda = 100$ pour des données annuelles, 400 pour des données semestrielles et 1600 pour des données trimestrielles. Les séries sur lesquelles on effectue le filtrage sont le plus souvent le Log des séries en niveau.

1.5. ESTIMATION DES COSPECTRES

Les cospectres étudient les relations existantes entre les composantes spectrales prises deux à deux de deux séries temporelles données. Par généralisation du cas à une seule variable, (X_t, Y_t) sont stationnaires si leurs premier et deuxième moments sont tous indépendants du temps. Dans ce cas, un des résultats de la théorie des processus stationnaires est que la composante centrée en ω_j est indépendante non seulement des autres composantes de la variable, mais aussi des composantes de toute autre variable qui ne soit pas centrée en ω_j .

Pour décrire complètement le système de relation entre deux processus stationnaires, il suffit donc de connaître dans quelle mesure la composante de fréquence ω du processus $[X_t]$ est corrélée à la composante de fréquence ω du processus $[Y_t]$ et de connaître leur déphasage.

Cette corrélation entre deux composantes de fréquence de deux processus est donnée par :

$$C^2(\omega) = \frac{c^2(\omega) + q^2(\omega)}{f_x(\omega)f_y(\omega)}$$

Avec $0 \leq C^2(\omega) \leq 1$, et où $c(\omega)$ est appelée cospectre, et $q(\omega)$ quadrature. $C^2(\omega)$ est le carré de la cohérence en ω (égale au carré du coefficient de corrélation).

Quant à la mesure de la différence de phase entre les composantes de fréquence de deux processus, elle est donnée par :

$$\Phi^{(\omega)} = \arctan\left(\frac{q(\omega)}{c(\omega)}\right)$$

On peut donc dire que le cospectre d'amplitude de deux processus $[X_t]$ et $[Y_t]$ définit l'espérance du produit des amplitudes avec lesquelles intervient dans $[X_t]$ et $[Y_t]$ chaque fréquence ω , et que le cospectre de phase définit l'espérance de la

différence des phases avec lesquelles chaque fréquence intervient dans les deux processus.

Brièvement décrite dans ses fondements théoriques, l'analyse spectrale constitue un prolongement logique de nos travaux sur les points atypiques et ceux en termes de mémoire longue¹.

2. BASE DE DONNEES ET RESULTATS CLIOMETRIQUES

2.1. LES DONNEES

Les statistiques exploitées dans le cadre de cet article sont extraites de la base de données *CAROLUS* (créée sous l'égide de l'Association Française de Cliométrie, <http://www.cliometrie.org>). Cette dernière contient des informations relatives à l'économie de l'éducation, du travail et du savoir en Europe et dans le monde. Les données, d'origines diverses, collectées principalement par Claude Diebolt, ont été vérifiées, parfois modifiées ou estimées, et validées pour être stockées dans la base. La base est organisée selon un modèle relationnel adapté aux besoins particuliers des données statistiques utilisées en cliométrie (Diebolt et Pellier, 2006). Les séries de brevets (cf. figures 1 et 2) retenues ici sont tout à fait originales. Elles ont été construites à partir des différentes archives nationales et des données internationales disponibles sur la période contemporaine (Diebolt et Pellier, 2010).

¹ Pour le lecteur intéressé, cf. notamment Darné et Diebolt (2004), Diebolt et Guiraud (2000ab, 2005), Diebolt, Guiraud et Monteils (2003).

L'ANALYSE SPECTRALE DE L'EVOLUTION DE LONGUE PERIODE DES BREVETS EN FRANCE, EN ALLEMAGNE, EN GRANDE-BRETAGNE, AUX ETATS-UNIS ET AU JAPON (17EME - 20EME SIECLES)

FIGURE 1. GRAPHIQUES DES BREVETS DELIVRES

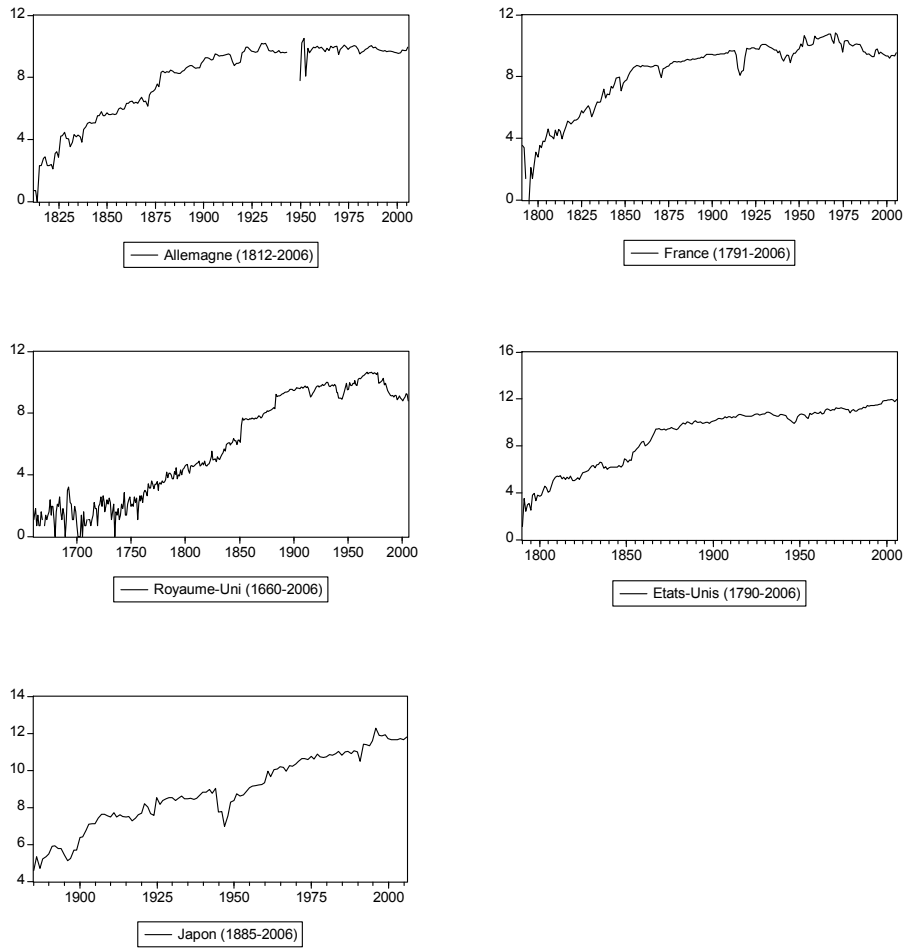
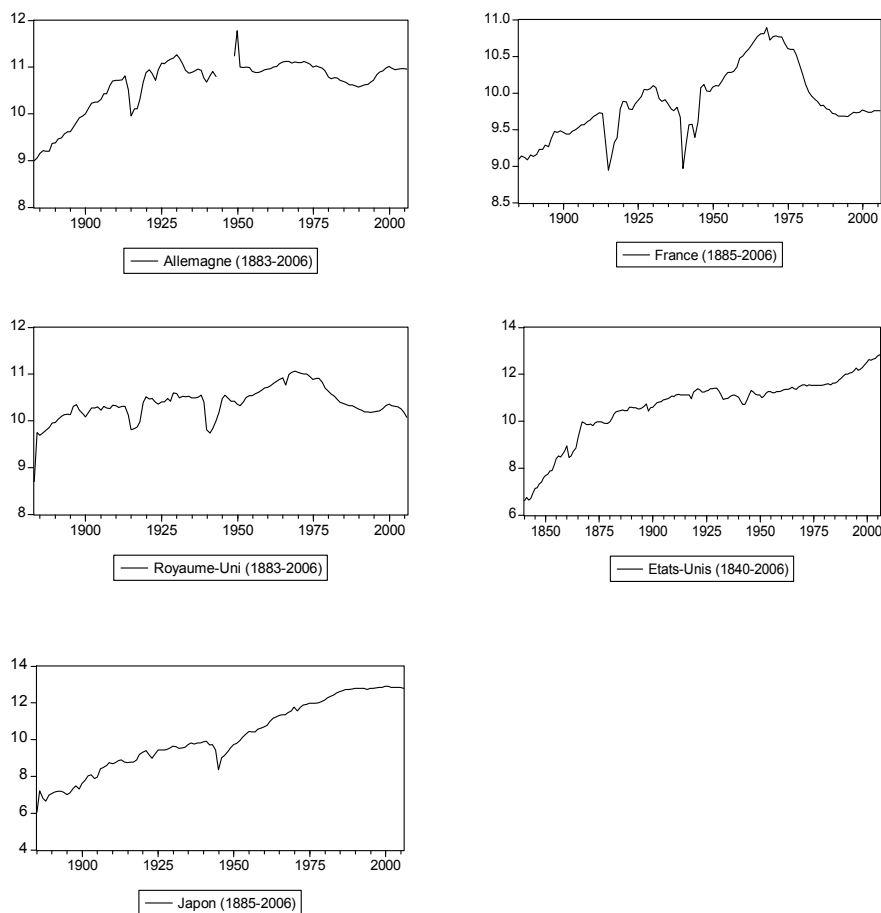


FIGURE 2. GRAPHIQUES DES BREVETS DEPOSES



2.2. RESULTATS CLIMETRIQUES

Nous menons notre analyse cliométrique avec, d'une part l'étude des caractéristiques cycliques nationales des cinq pays retenus et, d'autre part la recherche de l'existence de facteurs communs dans ces cycles.

L'analyse des spectres

Dans un premier temps, nous analysons les caractéristiques des cycles nationaux indépendamment les uns des autres. En effet, il convient d'analyser si tous les pays manifestent la même propension aux fluctuations cycliques et la même régularité dans ces fluctuations. L'impulsion et la propagation des fluctuations à l'échelle internationale ne pouvant être pleinement comprise qu'avec la prise en compte de l'hétérogénéité nationale, il faut alors pouvoir déterminer si une typologie de pays, en fonction de leurs propriétés cycliques, peut être mise en évidence. A travers la mise en application de la méthodologie de la densité spectrale définie

L'ANALYSE SPECTRALE DE L'EVOLUTION DE LONGUE PERIODE DES BREVETS EN FRANCE, EN ALLEMAGNE, EN GRANDE-BRETAGNE, AUX ETATS-UNIS ET AU JAPON (17EME – 20EME SIECLES)

précédemment, nous trouvons ainsi, dans chacun des cinq pays analysés, un seul type de cycle. Les fonctions de densité spectrale (Figures 3 et 4) montrent en effet que le mouvement cyclique est décomposable en une composante cyclique, d'amplitude relativement modérée. C'est ce cycle, de type Juglar, d'une périodicité de 10 ans environ, qui gouverne fondamentalement les conjonctures des séries de brevets délivrés et déposés.

Puisque cette étude préliminaire des caractéristiques des cycles nationaux montre une concordance dans le type de cycle caractérisant les différents pays, nous poursuivons l'analyse par une étude des relations d'impulsions et de propagations des fluctuations à l'échelle internationale à travers l'analyse cospectrale.

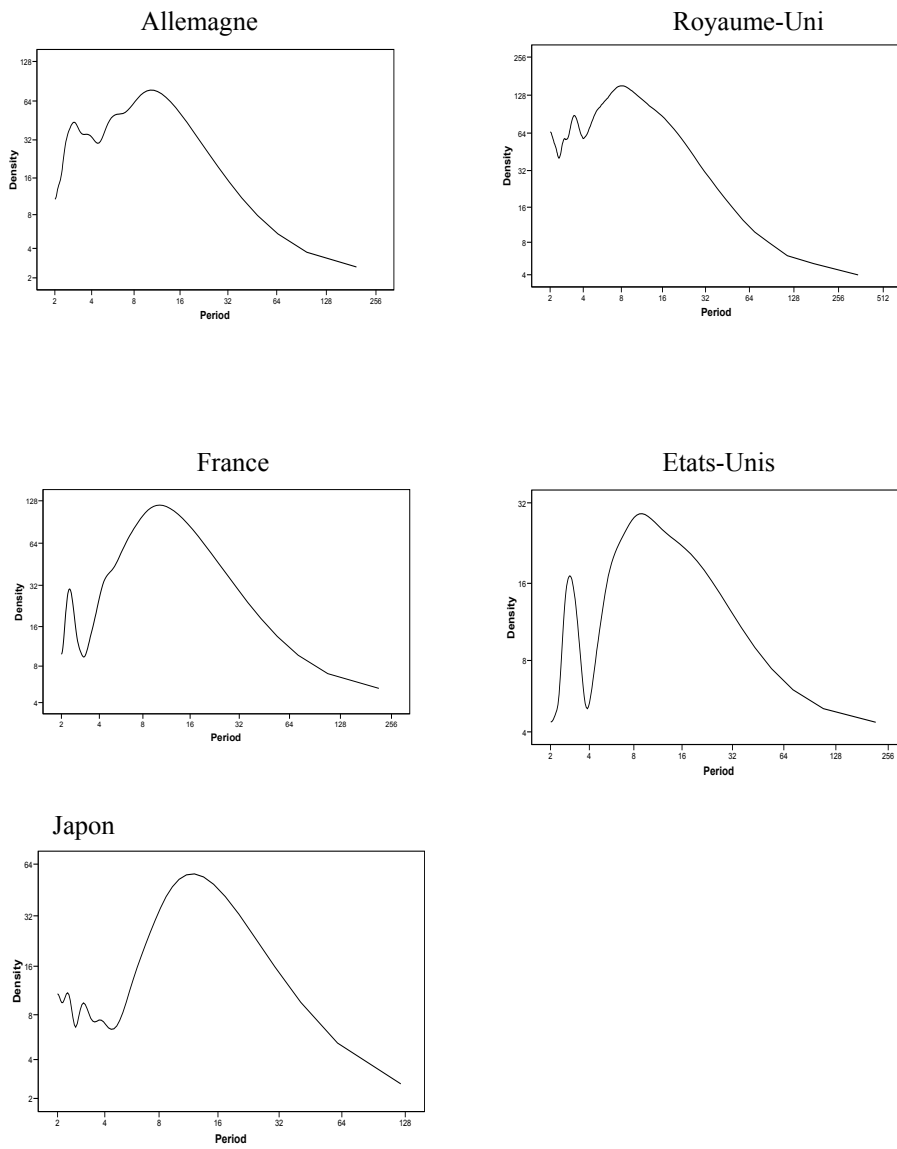
L'analyse des cospectres

La recherche de relations internationales entre les principaux cycles de la conjoncture économique constitue l'autre élément fondamental de cette analyse. Nous insérons donc l'approche cyclique dans une problématique d'ensemble de l'économie internationale à travers l'approche multivariée de l'analyse spectrale (c'est-à-dire l'analyse cospectrale) qui va permettre d'étudier la ressemblance et la synchronisation des différents cycles nationaux. Pour cela nous analysons, dans un premier temps, la *cohérence*² entre les différents cycles. Puis, dans un second temps, nous étudions les *phases*³ des processus cycliques pour lesquels la cohérence est significative.

² La cohérence permet de mesurer le degré de corrélation linéaire entre les composantes de même fréquence de deux processus. Plus celle-ci est proche de 1 pour une fréquence donnée, plus les deux processus évoluent de façon semblable pour cette fréquence ou périodicité.

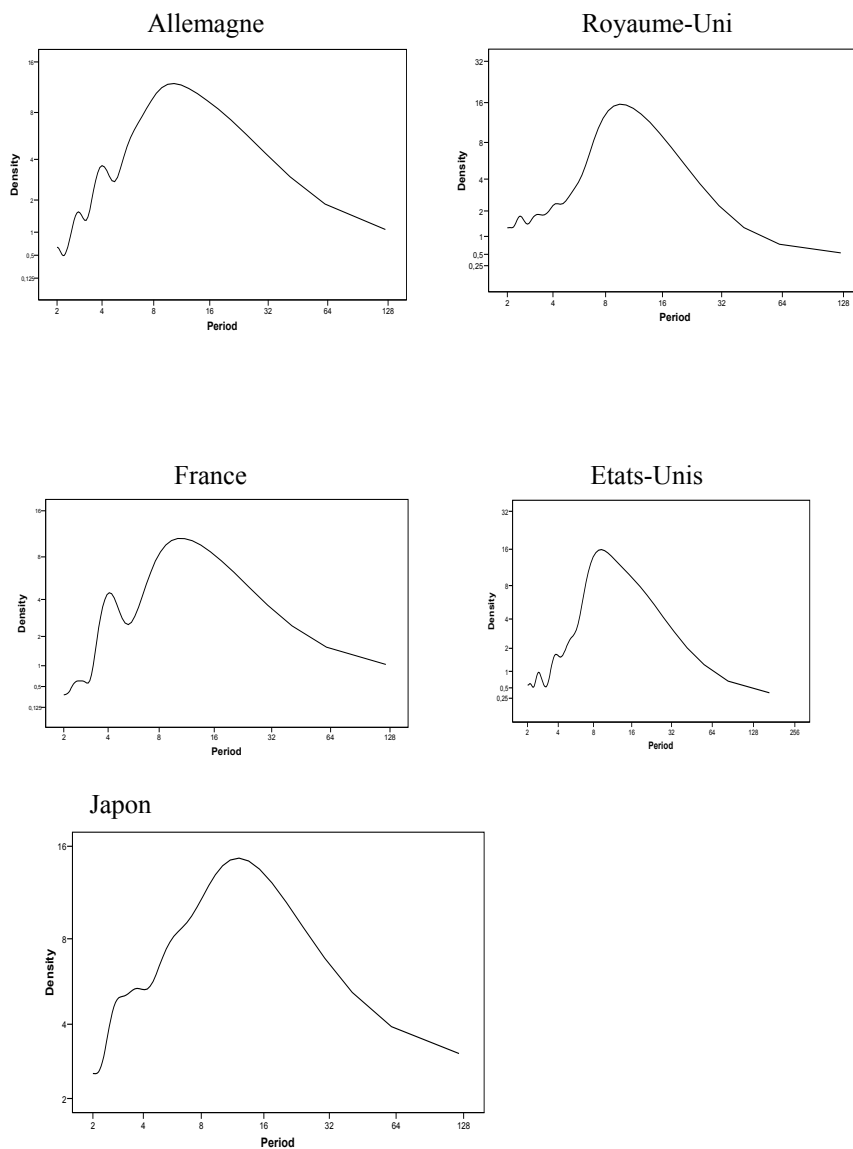
³ La phase permet de mesurer le décalage temporel d'un processus par rapport à un autre. Une phase positive montre que la première série est en avance sur la seconde et inversement si la phase est négative. L'interprétation de la phase est alors fortement liée à la cohérence puisque l'analyse d'un décalage entre deux processus n'a de sens que si les processus sont liés, c'est-à-dire si leur cohérence est élevée.

FIGURE 3. DENSITES SPECTRALES DES BREVETS DELIVRES



L'ANALYSE SPECTRALE DE L'EVOLUTION DE LONGUE PERIODE DES BREVETS EN FRANCE, EN ALLEMAGNE, EN GRANDE-BRETAGNE, AUX ETATS-UNIS ET AU JAPON (17EME - 20EME SIECLES)

FIGURE 4. DENSITES SPECTRALES DES BREVETS DEPOSES



Les résultats de ces deux recherches peuvent, dès à présent, être représentés sous une forme schématique (cf. figures 5 et 6) afin de faciliter la lecture et l'interprétation des résultats de la manière suivante :

FIGURE 5. RELATION ENTRE LES CYCLES DES BREVETS DELIVRES

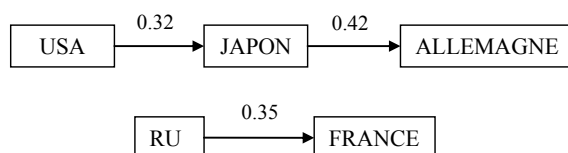
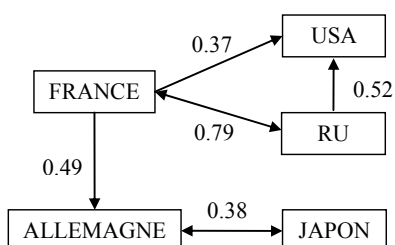


FIGURE 6. RELATION ENTRE LES CYCLES DES BREVETS DEPOSES



Les cohérences sont représentées par des traits qui reflètent leur niveau d'importance, tandis que les phases sont représentées par une indication du sens de la relation de cohérence, l'origine de la flèche indiquant le processus qui est en avance vis-à-vis du processus qui est à son extrémité (une double flèche indiquant qu'il n'y a pas de décalage entre les processus, c'est-à-dire qu'ils sont synchrones).

Il ressort alors de façon générale, abstraction faite du couple franco-britannique qu'il conviendra d'approfondir, que les impulsions et les forces qui gouvernent les cycles sont indépendants et donc qu'il n'existe pas de véritable interconnexion entre les cyclicités nationales.

CONCLUSION

Cette analyse des fluctuations nationales des séries de brevet et des interconnexions cycliques entre pays de même degré de développement permet d'enrichir notre compréhension des mécanismes cycliques des variables économiques. Elle fournit un résultat majeur pour la compréhension de la dynamique économique de la fin du 17^{ème} siècle à nos jours, à savoir l'existence d'un cycle unique de type Juglar qui questionne, voire infirme (au moins partiellement) nos travaux antérieurs sur les cycles longs de type Kondratieff ou intermédiaires de type Kuznets. En somme, comme dans le mythe de Sisyphe, le rocher est de nouveau au bas de la colline !

BIBLIOGRAPHIE

- Bouthevillain, C.**, 2002. Filtre Hodrick Prescott et choix de la valeur du paramètre λ , *Banque de France. Notes d'études et de recherches : PIB potentiel et écart de PIB, quelques évaluations pour la France*, 89, pp. 1-21.
- Darné, O. & C. Diebolt**, 2004. "Unit Roots and Infrequent Large Shocks: New International Evidence on Output", *Journal of Monetary Economics*, 51, pp. 1449-1465.
- Diebolt, C.**, 2005. "Long Cycles Revisited. An Essay in Econometric History", *Economies et Sociétés, Série AF*, 32, pp. 23-47.
- Diebolt, C. & C. Doliger**, 2006a. "Economic Cycles under Test: A Spectral Analysis", in : Devezas T. (Ed.): *Kondratieff Waves, Warfare and World Security*, IOS Press, Amsterdam, pp. 39-47.
- Diebolt, C. & C. Doliger**, 2006b. "Une analyse spectrale renouvelée de la croissance comparée des séries du PIB dans les pays de l'OCDE : 1870-2000", *Economie Appliquée*, 59, pp. 33-58.
- Diebolt, C. & C. Doliger**, 2007. "Retour sur la périodicité d'une nébuleuse : le cycle économique", *Economie Appliquée*, 60, pp. 199-204.
- Diebolt, C. & V. Guiraud**, 2000a. « Mémoire longue et intégration fractionnaire. Une application à la série du PIB de la France aux XIXème et XXème siècles », *Economies et Sociétés, Série AF*, 27, pp. 235-262.
- Diebolt, C. & V. Guiraud**, 2000b. "Long Memory Time Series and Fractional Integration. A Cliometric Contribution to French and German Economic and Social History", *Historical Social Research*, 25, pp. 4-22.
- Diebolt, C. & V. Guiraud**, 2005. "A Note on Long Memory Time Series", *Quality & Quantity*, 39, pp. 827-836.
- Diebolt, C., V. Guiraud & M. Monteils**, 2003. *Education, Knowledge and Economic Growth. France and Germany in the Nineteenth and Twentieth Centuries*, P. Lang, Frankfurt am Main.
- Diebolt, C. and K. Pellier**, 2006. "L'intérêt des systèmes de gestion de bases de données relationnels en cliométrie", *Economies et Sociétés, Série AF*, 35, pp. 1121-1136.
- Diebolt, C. & K. Pellier**, 2010. Measuring the "Ideas": Evidence from a New International Patent Database", *Mimeo*.
- Freeman, C. édit.**, 1996. *Long Wave Theory*, E. Elgar, Cheltenham.
- Imbert, G., 1959. *Des mouvements de longue durée Kondratieff*, La pensée universitaire, Aix-en-Provence.
- Maddison, A.**, 2007. "Fluctuations in the Momentum of Growth within the Capitalist Epoch", *Cliometrica*, 1, pp. 145-175.
- Schumpeter, J.**, 1939. *Business Cycles. A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, 2 vols, McGraw-Hill Book Co., London.
- Weinstock, U.**, 1964. *Das Problem der Kondratieff-Zyklen. Ein Beitrag zur Entwicklung einer Theorie der "langen Wellen" und ihrer Bedeutung*, Duncker & Humblot, Berlin.
- Priestley, M.**, 1981. *Spectral Analysis and Time Series*, 2 vols, Academic Press, New York.