

JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ STATISTIQUE DE PARIS

SERGE CALABRE

Évolution des cours quotidiens des métaux : analyse spectrale

Journal de la société statistique de Paris, tome 118, n° 4 (1977), p. 292-310

http://www.numdam.org/item?id=JSFS_1977__118_4_292_0

© Société de statistique de Paris, 1977, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Journal de la société statistique de Paris » (<http://publications-sfds.math.cnrs.fr/index.php/J-SFdS>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

II

ARTICLES

ÉVOLUTION DES COURS QUOTIDIENS DES MÉTAUX : ANALYSE SPECTRALE (1)

Serge CALABRE

Assistant en sciences économiques à l'université de Montpellier I

Moyen d'investigation des régularités, mais aussi des fluctuations irrégulières des chroniques, l'analyse spectrale permet de mettre en évidence le rôle fondamental que jouent les processus cumulatifs des anticipations dans l'évolution irrégulière et saccadée des cours quotidiens des métaux.

L'étude montre ainsi que l'instabilité à très court terme des cours sur les bourses de métaux résulte du fonctionnement même du marché boursier plutôt que d'un simple processus d'ajustement de l'offre à la demande sur le marché international du métal. En outre, la caractérisation des fluctuations à très court terme et à court terme des cours indique que si l'évolution générale de ceux-ci ressort plutôt d'un processus purement aléatoire, il apparaît que certains mouvements à court terme sont plus probables que d'autres à certains moments.

As a means for investigating regularities, but also irregular fluctuations of temporal series, spectral analysis allows to display the prominent part of cumulative processes of expectations in the irregular and unsteady evolution of daily quotations of metals.

Thus, the paper shows that the very short term and short term instability of quotations on metal exchanges comes from the functioning of exchange market rather than from a simple adjustment process between supply and demand on the metal international market. Besides, the characterization of the very short term and short term fluctuations of quotations points out that, if the general evolution of these prices belongs rather to a random walk process, it appears that, at certain times, some short term movements are more likely to happen than others.

Die Spektralanalyses ist ein Mittel die Regelmässigkeiten, aber auch die unregelmässigen Schwankungen auf dem Metallmarkt zu studieren.

Sie gestattet auch die grundlegende Rolle hervorzuheben, die die Kumulationsprozesse in der unregelmässigen, ja abrupten Entwicklung der Tageskurse der Metalle spielen. Die

1. L'auteur remercie le professeur J. P. Vignau, qui assure la direction de la recherche dans laquelle se situe cette étude, et M. P. Legoux, ingénieur général des Mines, vice président du Conseil international de l'étain, pour leur aide et leurs conseils précieux; il remercie aussi M.Y. Loubatières, assistant en informatique, qui a élaboré les programmes informatiques utilisés dans cette étude et participé au traitement.

L'étude a été réalisée au Laboratoire d'économétrie de la Faculté de droit et des sciences économiques de Montpellier, et les calculs effectués au Laboratoire d'informatique de l'établissement.

vorliegende Arbeit beweist, dass die Schwankungen in sehr kurzen Abständen der Kurse an der Metallbörse eher ein Resultat des Funktionierens der Metallbörse ist, als ein einfaches Anpassen an das Gesetz des Angebots und der Nachfrage auf dem internationalen Metallmarkt. Ausserdem zeigt der Charakter der Schwankungen der Kurse in sehr kurzen oder weniger kurzen Zeiträumen, dass die allgemeine Tendenz dieser Kurse ein « Produkt » des Zufalls ist. Es erscheint also, dass gewisse Entwicklungen in kurzen Zeitabständen eher wahrscheinlich sind als andere zu bestimmten Momenten.

Les cours sur les bourses des métaux présentent une évolution très saccadée et irrégulière qu'il est impossible d'imputer à un simple processus d'ajustement de l'offre et de la demande de métal sur le marché international.

Dans quelle mesure cette instabilité résulte-t-elle du fonctionnement même du marché boursier? Une réponse est apportée par l'étude des cours et par la détermination de certaines caractéristiques générales de leur évolution, grâce à la prise en compte des types de comportements et des mécanismes de prix propres à un marché boursier.

*
* *

L'analyse spectrale conduit à décomposer une chronique stationnaire (qui ne présente de tendance ni en moyenne, ni en variance) en une somme de composantes sinusoïdales de caractéristiques (fréquences, amplitudes) différentes ⁽¹⁾. Le spectre indique la contribution relative à la variance totale de la chronique de chaque composante.

Cette décomposition dans le domaine des fréquences permet de mettre en évidence les régularités de l'évolution de la variable, notamment les mouvements cycliques. Mais elle permet aussi d'étudier les fluctuations irrégulières de la chronique et d'en déterminer certaines caractéristiques : évolution plus ou moins heurtée, présence de points de retournement aigus, présence de séquences plus ou moins longues et fréquentes de fluctuations quasi périodiques, durées moyennes de fluctuations typiques... En outre, l'analyse cospectrale permet de comparer les composantes de même fréquence de deux chroniques en termes de degré de relation linéaire (fonction de cohérence), de déphasage (fonction de phase) ou de phénomène d'amplification d'une composante sur l'autre (fonction de gain).

L'interprétation des résultats par la décomposition spectrale des cours quotidiens au comptant, à terme, et des différences entre cours à terme et cours au comptant (première section) permet de mettre en évidence plusieurs caractéristiques essentielles de l'évolution de ces variables (seconde section).

1. DÉCOMPOSITION SPECTRALE DES FLUCTUATIONS DES COURS QUOTIDIENS DES MÉTAUX

Un exposé de certains problèmes généraux d'interprétation des estimations des spectres est nécessaire avant de présenter les résultats fournis par l'examen des spectres estimés pour les cours au comptant et à terme, ainsi que pour les différences des cours à terme moins

1. Le principe et les instruments mathématiques de l'analyse spectrale ont été présentés par l'auteur dans un document précédent (S. Calabre[4]). Des exposés plus systématiques se trouvent dans R. Blomme et L. Philips [3], G. S. Fishman [11], G. M. Jenkins et D. G. Watts [15], E. Malinvaud [18], C. W. Granger [13].



cours au comptant, des métaux échangés sur le London Metal Exchange, et pour les cours du cuivre au Commodity Exchange of New York.

1.1. *L'interprétation des estimations des spectres et des cospectres*

Les fonctions spectrales et cospectrales ont été estimées à l'aide de la méthode de Tukey Hanning ⁽¹⁾. Pour répondre à la condition de stationnarité, la tendance des chroniques a été éliminée par le calcul des différences premières. En conséquence, il est nécessaire d'apporter quelques précisions sur les unités utilisées pour définir les périodes des composantes spectrales ⁽²⁾.

En effet, chaque cours observé est déterminé un jour donné, mais en fait, le cours coté le jour $(t-1)$ est applicable jusqu'à l'ouverture des cotations au jour t ; la variation de cours a donc lieu entre l'ouverture et la fermeture de la séance boursière : on peut affecter à chaque jour ouvrable une variation de cours (sauf pour l'une des bornes de la chronique, par exemple la première observation pour laquelle on ne connaît pas la valeur du cours avant l'ouverture). Comme les chroniques initiales de cours portent sur des semaines de cinq jours, les chroniques de variations de cours utilisées dans l'analyse spectrale portent également sur des semaines de cinq jours ⁽³⁾. En outre, les fluctuations mises en évidence par l'analyse spectrale concernent aussi bien les cours que les variations de cours; nous pourrions donc mesurer les durées, notamment les périodes de fluctuations, en termes de cotations successives.

Parmi les problèmes généraux que pose l'interprétation des spectres, deux phénomènes sont plus particulièrement importants :

- la répercussion d'un mouvement périodique heurté sur la décomposition en sinusoides;
- la répercussion d'une perturbation isolée sur la décomposition en sinusoides.

Pratiquement, ces deux phénomènes se combinent pour engendrer une évolution des cours accidentée, très irrégulière, et ponctuée par des retournements en forme de pics. Comme l'estimation du spectre d'une chronique observée sur un intervalle de temps donné repose sur l'hypothèse que la chronique se répète identique à elle-même indéfiniment dans le temps, toute fluctuation peut être effectivement décomposée en une combinaison plus ou moins complexe de sinusoides. Les deux phénomènes que nous venons de mentionner se répercutent à différents niveaux sur le spectre, par l'intermédiaire d'un phénomène de compensation qui peut-être illustré de la façon suivante.

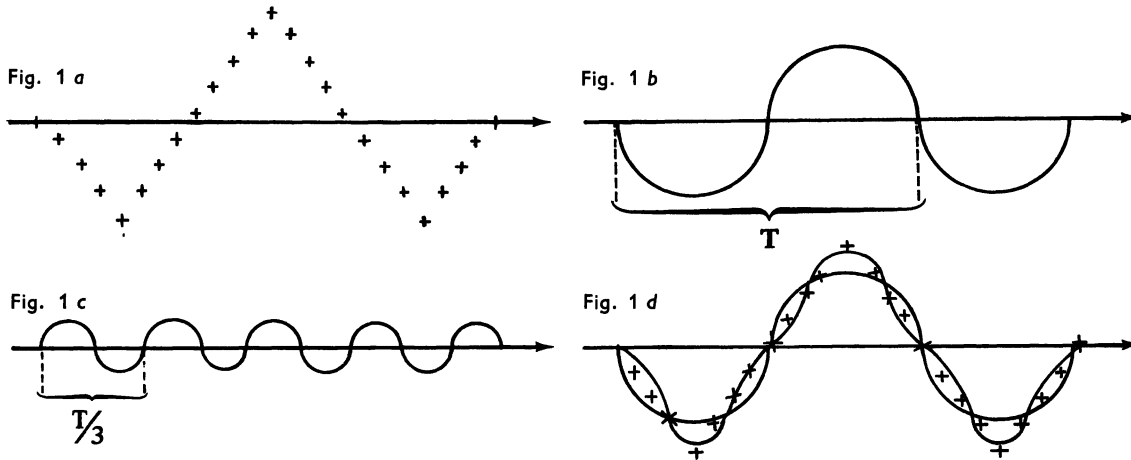
Une perturbation aiguë ou, plus généralement, un mouvement périodique en dents de scie peuvent être obtenus en sommant un certain nombre de sinusoides de fréquences et d'amplitudes différentes, de telle sorte que des sinusoides de fréquences de plus en plus élevée compensent progressivement les écarts existant préalablement entre la somme de sinusoides de fréquences plus basses et le mouvement que l'on cherche à reproduire. Par exemple, pour obtenir à partir de la sinusoides T de la figure 1— b , une forme plus proche de la perturbation de la figure 1— a , on peut ajouter la sinusoides $T/3$ de la figure 1— c on obtient ainsi un mouvement résultant plus aigu représenté sur la figure 1— d .

1. Cf. C. W. J. GRANGER [13], C. W. J. GRANGER et W. C. Labys [16], ainsi que S. CALABRE [4]

2. Nous raisonnerons en termes de période (inverse de la fréquence) afin d'obtenir ensuite une interprétation plus immédiate des fluctuations des chroniques de prix.

3. Les données de cours quotidiens analysées dans cette étude, et dont la liste est donnée dans le tableau I, portent sur des semaines de cinq jours, samedis et dimanches exclus, mais jours fériés reconstitués par interpolation linéaire.

D'une façon générale, une évolution heurtée de haute fréquence (correspondant par exemple à une périodicité de 3 à 5 observations) se traduit par l'apparition de composantes significatives de très haute fréquence (périodicité de 2 à 3 observations), qui sont des harmoniques de la périodicité réelle; une perturbation aiguë importante se traduit, en plus, par des composantes significatives de fréquences plus basses (¹).



Ces phénomènes ont deux types de conséquences :

- d'une part, ils compliquent sérieusement l'interprétation des spectres : il est *a priori* difficile de savoir si la contribution relative, à la variance de la chronique, d'une composante est importante parce qu'elle correspond à une fluctuation périodique effective, à une évolution accidentée, ou à une perturbation importante;
- d'autre part, ils sont à l'origine d'informations supplémentaires sur la chronique, en permettant d'étudier les caractéristiques de ses fluctuations irrégulières.

* * *

Les spectres ont été estimés pour les dix-sept chroniques de prix citées dans le tableau I; celui-ci indique les périodes (exprimées en nombre de cotations) des composantes ou groupes de composantes dont la contribution relative à la variance de la chronique est relativement importante; les périodes sont regroupées en sept zones qui seront explicitées dans le prochain paragraphe. Les périodes soulignées indiquent des composantes particulièrement marquées; au contraire, les périodes entre parenthèses correspondent à des composantes presque significatives, compte tenu du seuil de signification retenu pour l'intervalle de confiance de l'estimation (²).

Ainsi, le spectre du cours au comptant du cuivre au London Metal Exchange, pour les années 1968-1969-1970, révèle des composantes sinusoïdales significatives de période 5,7 et 100 cotations, des composantes très marquées de période 5,7 cotations et 2,6 à 2,9 cotations, et des composantes presque significatives de périodes 8 et 12 cotations.

1. Ces phénomènes ont été vérifiés, en particulier, par des études de simulation.
 2. Les spectres ont été estimés avec un intervalle de confiance de 95 %.

TABLEAU I

Analyse spectrale des cours quotidiens au comptant et à terme des métaux.

Périodes des composantes significatives des spectres.

(en nombre de cotations)

		20	5,7	5	4,5	3,5	2,7	2,3	2
Cours du cuivre au comptant L. M. E., 1968 69 70	100 ●	(12) ●	(8) ●	5,7 ●		3,8 ●	<u>2,9</u> ●	<u>2,6</u> ●	
Cours du cuivre à terme L. M. E. 1968 69 70	100 67 ●—●			5,5 ●	4,4 4 ●—●		<u>2,9</u> ●		
Cours du plomb au comptant L. M. E. 1968 69 70		(12) ●	(7,1) ●	(5,4) ●					
Cours du plomb à terme L. M. E. 1968 69 70		12 ●		5,4 ●	4,5 ●		3,1 ●		
Cours du zinc au comptant L. M. E. 1968 69 70		12 11 9 ●—●—●		5 ●	4 ●				
Cours du zinc à terme L. M. E. 1968 69 70					4 ●				
Cours du cuivre au comptant L. M. E. 1973 74	29 20 ●—●	(14 12) ●—●	8 7,7 ●—●		4,8 ●		3,3 3 ●—●	(2,6) 2,2 2,1 ●—●—●	
Cours du cuivre à terme L. M. E., 1973 74	<u>29 25</u> ●—●	14 ●	8 ●		4,8 ●	(3,8) ●	(3,3) 3 ●—●	(2,5) 2,2 2,1 ●—●—●	
Cours de l'étain au comptant L. M. E. 1973 74		12,5 9 ●—●			4,8 ●	3,6 ●		2,5 ●	
Cours de l'étain à terme L. M. E., 1973 74					4,8 4,4 ●—●	3,8 ●	3,1 ●	2,7 2,5 2,2 ●—●—●	
Cours du plomb au comptant L. M. E., 1973 74	(29) ●	(12) ●		5,5 ●	4,8 ●	4,2 ●	(3,3) (3) ●—●		2,1 ●
Cours du plomb à terme L. M. E. 1973 74	(29) ●	(14 12) ●—●		5,7 5,5 ●—●	4,9 4,8 ●—●	4,2 ●	3,2 ●	2,4 ●	
Cours du zinc au comptant L. M. E. 1973 74			7,7 5,7 ●—●	5,7 ●	4,8 ●	3,9 ●	3,3 2,9 ●—●	2,6 ●	
Cours du zinc à terme L. M. E., 1973 74				(5,5) ●	4,8 ●		3,3 3 ●—●	2,6 ●	
Cours du cuivre 1 ^{re} position Comex, 1973 74				5,5 5,3 ●—●		3,8 ●	2,9 ●	2,5 2,3 ●—●	
Cours du cuivre 2 ^o position Comex, 1973 74			8 ●			4,1 3,8 ●—●	3,3 2,9 ●—●	2,6 2,3 2,0 ●—●—●	
Cours du cuivre 3 ^o position Comex, 1973 74						4,1 3,8 ●—●	2,9 ●	2,6 2,3 2,0 ●—●—●	

Les périodes soulignées correspondent à des composantes très marquées, les périodes entre parenthèses, à des composantes presque significatives.
L. M. E. : London Metal Exchange, COMEX : New York Commodity Exchange.

Le tableau II montre les composantes significatives des spectres des différences cours à terme moins courts au comptant; afin d'alléger l'exposé, nous désignerons des différentes par l'expression « base », traduction du terme anglo saxon correspondant parfois utilisé, « basis ».

Les résultats des fonctions cospectrales estimées pour les différents couples cours au comptant-cours à terme sont présentés, pour les zones de fréquence significatives des divers spectres, dans les tableaux III à IX bis. Pour chaque fréquence d'estimation des fonctions

cospectrales de deux chroniques, la cohérence indique le degré de relation linéaire entre les amplitudes des composantes de même fréquence des deux chroniques; la phase, le retard temporel de la composante de même fréquence de la seconde chronique sur celle de la première; le gain, le rapport de l'amplitude de la composante de même fréquence de la seconde chronique sur l'amplitude de celle de la première.

TABLEAU II

*Analyse spectrale des valeurs quotidiennes de la base
(différence entre cours à terme et cours au comptant) pour les métaux
Périodes des composantes significatives des spectres*

(en nombre de cotations)

	20	5,7	5	4,5	3,5	2,7	2,3	2
Cuivre (Terme) (Comptant), L. M. E., 1968 1969 1970		<u>12,5</u> 8,3 5,7			4,2 <u>3,8</u>	2,8		
Plomb (Terme) (Comptant), L. M. E., 1968 1969 1970		18 11 10,5 (7,4) (5,3)				3,3		
Zinc (Terme) (Comptant), L. M. E., 1968 1969 1970	(33)		(7,7)		(3,8)		(2,7) <u>2,5</u>	
Cuivre (Terme) (Comptant), L. M. E., 1973 1974		<u>11,8</u> 7 6,7		<u>4,8</u>	3,5 3,3 3,1			<u>2,1</u>
Étain (Terme) (Comptant), L. M. E., 1973 1974	<u>67</u> <u>50</u>	<u>10,5</u> <u>9,5</u> 7		<u>4,8</u>	<u>3,6</u>	2,7	<u>2,3</u>	
Plomb (Terme) (Comptant), L. M. E., 1973 1974.		<u>9</u> <u>8</u>		<u>4,8</u>	<u>3,3</u> <u>3</u>		<u>2,3</u>	
Zinc (Terme) (Comptant), L. M. E., 1973 1974.	25	15,4 10,5 <u>7,7</u> <u>7,4</u>		4,4 3,9	<u>3,3</u>		<u>2</u>	
Cuivre, 2° 1 ^{re} position, Comex, 1973 1974			<u>8</u>		<u>4,3</u> <u>4,1</u>		<u>2,6</u>	<u>2</u>
Cuivre, 3° 1 ^{re} position, Comex, 1973 1974		8,7 7	<u>5,3</u>		3,3 <u>3</u>			
Cuivre, 3° 2 ^e position, Comex, 1973-1974.		10,5 7	<u>5,3</u>	<u>4,8</u>	<u>3</u>		2,4	

Les périodes soulignées correspondent à des composantes très marquées, les périodes entre parenthèses, à des composantes presque significatives
L. M. E. London Metal Exchange; COMEX. New York Commodity Exchange.

1.2. Les composantes spectrales de l'évolution des cours quotidiens

L'examen des spectres conduit à distinguer six zones de fréquence dans chacune desquelles les composantes correspondent à un phénomène particulier lié aux fluctuations à court terme des cours des métaux. Les zones de fréquence sont caractérisées par les périodes correspondantes exprimées en cotations.

a) Les composantes spectrales de période de deux cotations environ

Indiquées dans le tableau III, ces composantes ont des périodicités comprises entre 2,0 et 2,7 cotations. Elles n'apparaissent que sur les spectres des chroniques relatives aux

années 1973-1974. L'importance de leur contribution relative à la variance de la chronique s'explique par deux phénomènes :

- la manifestation d'harmoniques de composantes prononcées de périodicité 4 à 5 cotations, que nous mettrons en évidence plus loin; nous verrons en particulier que des composantes importantes de période 4,8 n'apparaissent que pour les chroniques de 1973 1974, au London Metal Exchange;
- la répercussion de la présence de fluctuations à très court terme en dents de scie, plus marquées sur les chroniques de 1973 1974 que pour celles de 1968-1969-1970. Les mécanismes de compensation décrits précédemment reproduisent ces fluctuations, dans la décomposition spectrale, par l'adjonction de composantes sinusoïdales de très courte périodicité.

TABLEAU III

Composantes spectrales des cours — Périodes d'environ 2 cotations

Chronique	Importance de la composante	Cohérence	Gain	Périodicité
Cuivre, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,96*	0,75	2,0
Cuivre, cours à terme, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,84	0,75	2,6
Étain, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Significative	0,88*	0,75*	2,5
Étain, cours à terme, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,94*	1*	2,2
Plomb, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Significative	0,96*	1	2,0
Plomb, cours à terme, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,84	0,75	2,4
Zinc, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,80*	0,80	2,0
Zinc, cours à terme, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,86*	0,75*	2,5
Cuivre, cours 1 ^{re} position, COMEX, 1973 1974	Prononcée	0,80*	0,90*	2,3
Cuivre, cours 2 ^e position, COMEX, 1973 1974	Prononcée			
Cuivre, cours 1 ^{re} position, COMEX, 1973 1974	Prononcée	0,70*	1*	2,0
Cuivre, cours 3 ^e position, COMEX, 1973 1974	Prononcée	0,76*	0,85*	2,3

Au niveau des composantes significatives de période de 2 cotations environ, les cohérences entre cours au comptant et cours à terme sont généralement très élevées (comprises entre 0,84 et 0,94) sauf pour le cuivre au COMEX (de 0,50 à 0,80). Les gains inférieurs à 1 sauf pour le plomb, l'étain et le cuivre au COMEX, indiquent que ces composantes sont moins marquées pour les chroniques de prix à terme que pour celles de prix au comptant. En outre, les fonctions de cohérence et de gain présentent des pics au niveau de ces composantes, ce qui indique une corrélation linéaire plus étroite entre les évolutions des cours au comptant et à terme et un phénomène de résonance plus important que pour les composantes voisines.

Les spectres des différences cours à terme moins cours au comptant présentent également des composantes significatives de périodes comprises entre 2 et 2,7 cotations pour 1973-1974. L'explication du phénomène est la même que pour les cours : manifestation éventuelle d'harmonique et répercussion de fluctuations très courtes en dents de scie. Les cohé

N. B. — Les fonctions de cohérence et de gain ont été estimées en prenant, dans l'analyse spectrale, le cours au comptant (ou de position la plus proche, pour le COMEX), comme première variable et le cours à terme (ou de position la plus éloignée, pour le COMEX), comme seconde variable. Les valeurs affectées de l'astérisque correspondent à des maxima locaux des fonctions, les valeurs soulignées correspondent à des minima locaux. Les phases, généralement non significativement différentes de 0, n'ont donc pas été reportées. Ces remarques concernent l'ensemble des tableaux III à VIII bis.

L. M. E. : London Metal Exchange.

COMEX : Commodity Exchange of New-York.

rences moyennement élevées (entre 0,48 et 0,74) et les gains inférieures à 1 montrent que le prix au comptant fluctue plus fortement que le prix à terme, engendrant ainsi une évolution à court terme saccadée de la base (tableau III bis).

TABLEAU III bis

Composantes spectrales de la base — Périodes d'environ 2 cotations

Chronique	Importance de la composante	Cohérence	Gain	Périodicité
Cuivre, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,84	0,75	2,1
Plomb, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,76	0,80	2,3
Étain, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,48	0,50	2,3
Zinc, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,80*	0,60	2,0
Cuivre, COMEX (2 ^e 1 ^{re} position) 1973 1974	Prononcée	0,70	0,85	2,6
Cuivre, COMEX (3 ^e 2 ^e position) 1973 1974	Significative			
Zinc, L. M. E., 1968 1969 1970	Prononcée	0,58	0,50	2,5

b) *Les composantes spectrales de période de trois cotations environ*

Ces composantes, indiquées dans le tableau IV, ont des périodicités comprises entre 2,8 et 3,5 cotations. Elles sont plus marquées sur les spectres des chroniques de 1973-1974 que sur ceux de 1968-1969-1970. Leur importance dans la variance de la chronique s'explique par l'évolution à très court terme heurtée et en dents de scie des cours, phénomène qui a été en moyenne plus prononcé en 1973 1974; il s'agit encore des mécanismes de compensation qui interviennent dans la décomposition spectrale de pics aigus et rapprochés d'une chronique.

TABLEAU IV

Composantes spectrales des cours — Périodes d'environ 3 cotations

Chronique	Importance de la composante	Cohérence	Gain	Périodicité	
Cuivre, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,94*	0,75	3,0	
Cuivre, cours à terme, L. M. E., 1973 1974	Prononcée		0,86	0,85*	3,1
Étain, cours à terme, L. M. E., 1973 1974	Significative		0,82	0,85	3,0
Plomb, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Presque significative	0,90*	0,80	3,2	
Plomb, cours à terme, L. M. E., 1973 1974	Prononcée		0,88	0,60	3,0
Zinc, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Prononcée		0,80*	0,95*	2,9
Zinc, cours à terme, L. M. E., 1973 1974	Prononcée				
Cuivre, cours 1 ^{re} position, COMEX, 1973 1974	Prononcée				
Cuivre, cours 2 ^e position, COMEX, 1973 1974	Prononcée	0,94*	0,75*	2,9	
Cuivre, cours 3 ^e position, COMEX, 1973 1974	Prononcée				
Cuivre, cours au comptant, L. M. E., 1968 1969-1970	Prononcée		0,70	0,60	3,1
Cuivre, cours à terme, L. M. E., 1968 1969 1970	Significative				
Plomb, cours à terme, 1968 1969-1970					

Les fonctions de cohérence entre cours au comptant et cours à terme prennent des valeurs très élevées, alors que les gains varient entre 0,60 et 0,85, soulignant que l'évolution en dents de scie est moins nette pour les cours à terme que pour les cours au comptant. Les fonctions cospectrales présentent le plus souvent des pics à ce niveau, indiquant une plus grande concordance des évolutions des chroniques sous l'angle de cette périodicité.

Ces composantes apparaissent également sur les spectres des bases, de façon plus marquée en 1973-1974 qu'en 1968-1969-1970 (tableau IV bis). Les cohérences correspondantes sont moyennement élevées, et les gains assez faibles : l'évolution en dents de scie de la base résulte des écarts brusques du cours au comptant par rapport au cours à terme, en raison du caractère plus marqué des fluctuations sur le premier que sur le second.

TABLEAU IV bis
Composantes spectrales de la base — Périodes d'environ 3 cotations

Chronique	Importance de la composante	Cohérence	Gain	Périodicité
Cuivre, L. M. E., 1973 1974	Significative	0,84	0,70	3,3
Plomb, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,90	0,85*	3,2
Zinc, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,86	0,60	3,3
Cuivre, COMEX (3 ^e 1 ^{re} position), 1973 1974	Significative	0,64	0,55	3
Cuivre, COMEX (3 ^e 2 ^e position), 1973 1974	Significative			
Cuivre, L. M. E., 1968 1969 1970	Significative	0,82	0,60	2,8
Plomb, L. M. E., 1968 1969 1970	Significative	0,64	0,50	3,3

c) Les composantes spectrales de période de quatre cotations environ.

De périodicité comprise entre 3,6 et 4,5 cotations, ces composantes sont indiquées dans le tableau V. Présentes sur quatorze des dix-sept spectres, elles concernent indifféremment les années 1968 1969 1970 ou les années 1973 1974; plus précisément, pour les trois métaux dont les cours sont étudiés sur les deux périodes, elles sont plus marquées en 1968 1970 pour le cuivre et le zinc et en 1973-1974 pour le plomb. L'importance de la contribution de ces composantes à la variance des chroniques semble liée à des fluctuations effectives des cours, dont nous allons préciser l'origine. Ce résultat est corroboré par une étude de R. Diethrich, J.B. Gunther et P. Legoux ⁽¹⁾ sur les suites de variations de cours de métaux dans un même sens, et qui conclut que le mouvement le plus fréquent est une succession de

TABLEAU V
Composantes spectrales des cours — Périodes d'environ 4 cotations

Chronique	Importance de la composante	Cohérence	Gain	Périodicité
Cuivre, cours à terme, L. M. E., 1973 1974	Presque significative	0,90*	0,80	3,8
Étain, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,94*	0,85*	3,8
Étain, cours à terme, L. M. E., 1973 1974	Prononcée			
Plomb, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Significative	0,94*	1	3,6
Plomb, cours à terme, L. M. E., 1973 1974	Significative	0,94	0,90	4,2
Zinc, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Significative	0,86*	0,80	3,9
Zinc, cours à terme, L. M. E., 1968 1969 1970	Prononcée	0,88*	0,75	3,8
Cuivre, cours au comptant, L. M. E., 1968 1969 1970	Significative	0,90*	0,75*	4,4
Zinc, cours au comptant, L. M. E., 1968 1969 1970	Prononcée	0,86*	0,65	4
Zinc, cours à terme, L. M. E., 1968 1969 1970	Significative			
Plomb, cours à terme, L. M. E., 1968 1969 1970	Significative	0,80*	0,60	4,5
Cuivre, cours 1 ^{re} position, COMEX, 1973 1974	Prononcée	0,92*	0,85	3,8
Cuivre, cours 2 ^e position, COMEX, 1973 1974	Prononcée			
Cuivre, cours 3 ^e position, COMEX, 1973 1974	Prononcée			

1. R. DIETRICH, J.B. GUNTHER, P. LEGOUX [9] pp. 31 35, ont analysé pour les années 1968 69 70, les cours au comptant et à terme du cuivre, de l'étain, du plomb, du zinc au London Metal Exchange, et le cours de l'étain à Penang; les histogrammes des nombres de variations de cours dans le même sens, qu'ils ont obtenus, ont une forme bimodale, les deux modes correspondant respectivement à deux variations successives à la hausse et à deux variations successives à la baisse, comme l'illustre le schéma simplifié ci dessous :



deux variations dans le même sens (à la hausse ou à la baisse); autrement dit, si hier le cours baissait, et si aujourd'hui il enregistre une hausse, le plus probable pour demain est qu'il monte encore, et pour le surlendemain, qu'il baisse; ce phénomène, qui se manifeste aussi en sens inverse, tend à se traduire par des fluctuations d'environ quatre cotations.

L'examen des chroniques met cependant en évidence deux caractéristiques de ces fluctuations. Tout d'abord, il ne s'agit pas d'un cycle permanent, mais de séquences plus ou moins longues d'ondulations courtes qui apparaissent à certains moments sur les chroniques. Comme l'indique l'étude déjà citée, un changement de sens de variation du cours un jour donné, tend à se maintenir le lendemain, et à se retourner le troisième jour : c'est le schéma d'évolution le plus probable mais non un phénomène régulier.

Par ailleurs, la périodicité de quatre cotations n'est pas stricte et l'on peut rattacher au même phénomène la contribution relative élevée des composantes de périodes voisines de 5 cotations que nous analyserons plus loin. En effet, l'importance des composantes de 4 ou 5 cotations environ révèle la présence d'un cycle tendanciellement hebdomadaire de l'évolution des cours. Celui-ci peut se manifester au niveau d'une périodicité de 4 (ou de 6) cotations pour deux raisons :

- le cycle hebdomadaire n'est vrai qu'en moyenne; les fluctuations sont parfois un peu plus courtes, parfois un peu plus longues;
- les fluctuations de périodicité effective de 5 cotations sont dissymétriques (2 baisses et 3 hausses, ou le contraire) ⁽¹⁾, et se répercutent sur les spectres en composantes de périodicités 4 ou 6 cotations.

L'origine de ce cycle quasi hebdomadaire est double : d'une part, certains opérateurs effectuent leurs opérations le vendredi afin d'éviter les retournements de conjoncture ou les « mauvaises surprises » (remaniements monétaires par exemple) qui pourraient avoir lieu le « week end »; d'autre part, certaines statistiques et certaines informations sont publiées régulièrement chaque semaine (c'est ainsi que le niveau des stocks du London Metal Exchange est publié le lundi, quoique les informations correspondantes soient généralement connues avant). Il est vrai que l'impact de ces deux éléments peut jouer à la hausse ou à la baisse, encourageant un mouvement déjà amorcé ou provoquant un retournement, selon l'état de la conjoncture; mais si celui-ci reste constant ou presque, cet impact tend à se traduire par des effets semblables chaque semaine et à engendrer une fluctuation périodique.

Les cohérences entre cours au comptant et à terme, sont élevées (de 0,80 à 0,94) et présentent des pics au niveau de ces composantes de période de 4 cotations; les gains, compris entre 0,60 et 0,80 correspondent plus rarement à des pics. Les fluctuations d'environ 4 ou 5 cotations apparaissent donc simultanément sur les cours au comptant et sur les cours à terme, mais de façon moins marquée sur le second.

Ces composantes sont également significatives sur plusieurs spectres estimés pour les bases en 1968 1969 1970 ou 1973 1974 (tableau V bis). Pour les périodes des composantes les plus marquées, les fonctions de gains présentant des minima locaux, montrant que les mouvements de la base résultent essentiellement des variations des cours au comptant.

d) *Les composantes spectrales de période de cinq cotations environ*

Elles peuvent être regroupées en deux zones : les composantes de période de 4,8 cotations, qui n'apparaissent que pour 1973 1974, et les composantes de périodes comprises

1. Il ne s'agit que du nombre des hausses ou de baisses successives; on ne peut préciser à quels jours de la semaine se situent les points de retournement à la hausse ou à la baisse.

TABLEAU V bis

Composantes spectrales des bases — Périodes d'environ 4 cotations

Chronique	Importance de la composante	Cohérence	Gain	Périodicité
Étain, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,94	0,70	3,6
Zinc, L. M. E., 1973 1974	Significative	0,80	0,70	4,4
Cuivre, COMEX (2 ^e 1 ^{re} position), 1973 1974	Prononcée	0,64	0,80	4,3
Cuivre, COMEX (3 ^e 2 ^e position), 1973 1974	Prononcée			
Cuivre, L. M. E., 1968 1969 1970	Prononcée	0,90*	0,75	3,8
Zinc, L. M. E., 1968 1969 1970	Significative	0,60	0,45	3,8

entre 5 et 5,7 cotations, que l'on trouve pour quelques métaux en 1968 1969-1970 ou en 1973 1974, comme le montre le tableau VI. Nous avons expliqué l'importance de ces composantes de 5 cotations environ lors de l'analyse des composantes de 4 cotations qui semblent résulter du même phénomène : la manifestation d'une fluctuation tendanciellement hebdomadaire des cours. Nous avons aussi vu pourquoi la répercussion de cette fluctuation dans la décomposition spectrale est partiellement biaisée, en particulier au niveau des composantes de 5 cotations et demie environ.

TABLEAU VI

Composantes spectrales des cours — Périodes d'environ 5 cotations

Chronique	Importance de la composante	Cohérence	Gain	Périodicité
Cuivre, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	} 0,94*	0,70	4,8
Cuivre, cours à terme, L. M. E., 1973 1974	Prononcée			
Étain, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	} 0,92*	0,75	4,8
Étain, cours à terme, L. M. E., 1973 1974	Prononcée			
Plomb, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,94	0,85	4,8
Plomb, cours à terme, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,96*	1	5,5
Zinc, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,96*	0,75	4,8
Zinc, cours à terme, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,92*	0,80	5,5
Cuivre, cours au comptant, L. M. E., 1968 1969, 1970	Significative	} 0,90*	0,70	5,7
Cuivre, cours à terme, L. M. E., 1968 1969 1970	Significative			
Plomb, cours au comptant, L. M. E., 1968 1969-1970	Presque significative	} 0,80*	0,65*	5,4
Plomb, cours à terme, L. M. E., 1968 1969 1970	Significative			
Zinc, cours au comptant, L. M. E., 1968 1969 1970	Significative			
Cuivre, cours 1 ^{re} position, COMEX, 1973 1974	Significative	0,86*	0,75*	5
	Significative	0,70*	0,65	5,5

Ces conclusions sont confirmées par la présence de composantes de 4,8 cotations pour les chroniques de 1973 1974. En effet, l'impact des fins de semaines sur les transactions boursières de métal a dû être plus prononcé en raison de l'évolution perturbée de la conjoncture de ces deux années; le désir de se sentir tranquille et d'échapper aux répercussions d'événements perturbateurs éventuels pendant les deux jours d'arrêt hebdomadaire des transactions boursières, a pu conduire un nombre encore plus grand d'opérateurs à solder leurs opérations en fin de semaine en se couvrant de sorte que leurs engagements de ventes à terme soient égaux à leurs engagements d'achats à terme.

Les cohérences entre cours au comptant et à terme sont élevées (0,80 à 0,94) et les gains compris entre 0,65 et 0,80 (pour le cuivre au COMEX, les gains sont égaux ou supérieurs à 1). Ces valeurs correspondent le plus souvent à des pics des fonctions cospectrales. Comme dans le cas des composantes précédemment analysées, les fluctuations de période de 5 cota-

tions environ se manifestent simultanément sur les cours au comptant et à terme, quoique de façon moins nette sur le cours à terme.

Sur les spectres des bases, les composantes de 4,8 cotations sont nettement marquées en 1973 1974, alors que celles de période légèrement supérieure à 5 cotations n'apparaissent pratiquement que pour le cuivre à Londres (1968-1969 1970) et à New York (1973-1974) (tableau VI bis). Les cohérences correspondantes sont élevées et les gains varient entre 0,60 et 0,95. La fluctuation de 5 cotations est donc moins prononcée pour la base que pour les cours eux mêmes. Autrement dit, le mouvement du cours à terme est assez proche, en amplitude, du mouvement du cours au comptant; les phénomènes à l'origine des fluctuations quasi hebdomadaires influent presque autant sur l'évolution des opérations à terme que celle des opérations au comptant.

TABLEAU VI bis

Composantes spectrales des bases — Périodes d'environ 5 cotations

Chronique	Importance de la composante	Cohérence	Gain	Périodicité
Cuivre, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,94*	0,70	4,8
Étain, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,92*	0,75	4,8
Plomb, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,92		4,8
Cuivre, COMEX (3 ^e 1 ^{re} position), 1973 1974	Prononcée	0,88*	0,95	5,3
Cuivre, COMEX (3 ^e 2 ^e position), 1973 1974	Prononcée			
Cuivre, L. M. E., 1968 1969 1970	Significative	0,90*	0,70	5,7
Plomb, L. M. E., 1968 1969 1970	Presque significative	0,80*	0,60	5,3

e) Les composantes spectrales de période comprise entre six et vingt cotations

On peut les regrouper en deux zones correspondant à des périodicités d'environ 8 cotations et d'environ 12 cotations. Le tableau VII montre qu'elles sont significatives pour la plupart des chroniques de 1968 1969 1970 et de 1973 1974. L'importance de la contribution relative de ces composantes, à la variance de la chronique, s'explique par la présence de fluctuations effectives de périodes à peu près correspondantes. Mais il s'agit encore, non d'un phénomène cyclique et permanent, mais de séquences plus ou moins longues de fluctuations successives qui apparaissent épisodiquement, et ne semblent pas être liées à une cause régulière. A raison de 5 cotations par semaine, ces fluctuations ont une durée d'environ une semaine et demie (8 cotations) ou deux semaines et demie (12 cotations).

TABLEAU VII

Composantes spectrales des cours — Périodes de 6 à 20 cotations

Chronique	Importance de la composante	Cohérence	Gain	Périodicité
Cuivre, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,78	0,55	8
Cuivre, cours à terme, L. M. E., 1973 1974	Significative	0,74	0,50	12
Étain, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Significative	0,78	0,60	12
Plomb, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Significative	0,96*	0,85*	14
Plomb, cours à terme, L. M. E., 1973, 1974	Significative			
Zinc, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,78	0,60	9
Cuivre, cours 2 ^e position, COMEX, 1973 1974	Significative	0,90*	0,70	11
Cuivre, cours au comptant, L. M. E., 1968 1969 1970	Presque significative	0,78	0,70	8
		0,74	0,50	12
Plomb, cours au comptant, L. M. E., 1968 1969 1970	Presque significative	0,80*	0,60	7
Plomb, cours à terme, L. M. E., 1968 1969 1970	Significative	0,80*	0,70*	12
Zinc, cours au comptant, L. M. E., 1968 1969 1970	Prononcée	0,78*	0,60	9
		0,90	0,70	11

TABLEAU VII bis
Composantes spectrales des bases — Périodes de 6 à 20 cotations

Chronique	Importance de la composante	Cohérence	Gain	Périodicité
Cuivre, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,54	0,35	6,7
	Prononcée	0,68	0,60	11
Étain, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,74	0,65	7
	Prononcée	0,66	0,50	10
Plomb, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,70	0,95	9
	Prononcée	0,78	0,65	10
Zinc, L. M. E., 1973 1974	Significative	0,88	0,70	14
	Prononcée	0,78	0,70	8
Cuivre COMEX (2° 1 ^{re} position), 1973 1974	Prononcée	0,32	0,62	7
	Prononcée	0,78	0,55	8,3
Cuivre COMEX (3° 1 ^{re} position), 1973 1974	Prononcée	0,72	0,50	12,5
	Significative	0,76	0,60	11
Cuivre COMEX (3° 2 ^e position), 1973 1974	Significative	0,62	0,50	20
	Significative	0,60	0,65	7,7
Cuivre, L. M. E., 1968 1969 1970	Presque significative	0,60	0,65	7,7

Les cohérences entre cours au comptant et à terme sont élevées (entre 0,70 à 0,96) et les gains varient entre 0,50 et 0,70. Si les évolutions des cours au comptant et à terme sont semblables, les fluctuations que nous venons de mettre en évidence sont généralement nettement moins marquées pour la seconde que pour la première : il s'agirait donc de mouvements de prix liés à l'évolution des transactions au comptant de métal, plutôt qu'aux opérations à terme.

Présentés sur tous les spectres des bases, ces composantes sont cependant plus prononcées pour 1973 1974 que pour 1968 1969 1970 (tableau VII).

Les cohérences correspondantes ne sont pas très élevées et les gains faibles, indiquant que les fluctuations des bases résultent surtout d'une variation des cours au comptant, les cours à terme étant beaucoup plus stables.

f) *Les composantes spectrales de période supérieure à vingt cotations*

Leurs périodes, indiquées dans le tableau VIII, ne peuvent être déterminées que très approximativement en raison des dimensions des estimations des fonctions spectrales (1). L'importance de la contribution relative de ces composantes à la variance des trois chroniques

TABLEAU VIII
Composantes spectrales des cours — Périodes de plus de 20 cotations

Chronique	Importance de la composante	Cohérence	Gain	Périodicité
Cuivre, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Significative	0,84	0,70	30
	Significative			
Cuivre, cours à terme, L. M. E., 1973 1974	Presque significative	0,94	0,95	30
	Presque significative			
Plomb, cours au comptant, L. M. E., 1973 1974	Significative	0,92	0,70	100
	Significative			
Plomb, cours à terme, L. M. E., 1973 1974	Significative	0,92	0,70	100
	Significative			
Cuivre, cours au comptant, L. M. E., 1968 1969 1970	Significative	0,92	0,70	100
	Significative			
Cuivre, cours à terme, L. M. E., 1968 1969 1970	Significative	0,92	0,70	100
	Significative			

1. Les spectres portent sur 788 données (1968 1969 1970) ou 521 données (1973 1974) et sont estimés pour 100 points de fréquence, les cospectres sont estimés pour 50 points de fréquence, ainsi, pour les 4 premiers points à gauche, sur les estimations des fonctions spectrales et cospectrales, les périodes des composantes sont les suivantes (en cotations) :

	1 ^{er} point	2 ^e point	3 ^e point	4 ^e point
Spectre	200	100	67	50
Cospectre	100	50	33	25

concernées, provient de fluctuations assez amples correspondant à des séquences plus ou moins longues et fréquentes de vagues de durée variable (13 à 20 semaines pour le cuivre en 1968 1969 1970, 4 à 6 semaines pour le cuivre en 1973-1974, 6 semaines pour le plomb en 1973 1974). En raison de leur irrégularité ces fluctuations ne peuvent plus être rattachées à un phénomène particulier, mais semblent plutôt résulter de la conjonction d'événements multiples liés à l'évolution du marché, et de l'impact de faits exogènes (dévaluations, grèves, accidents miniers, problèmes politiques...).

Les cohérences entre cours au comptant et à terme sont élevées (0,84 à 0,90) au niveau de ces fluctuations, et les gains indiquent un mouvement plus faible pour le prix à terme que pour le prix au comptant dans le cas du cuivre, et des mouvements de même amplitude pour les deux prix dans le cas du plomb.

Sur les spectres des bases ces composantes ne sont significatives que pour le zinc et l'étain en 1973 1974; les gains inférieurs à 1 montrent que ces mouvements des bases sont surtout dus aux fluctuations plus marquées pour les cours au comptant que pour les cours à terme (tableau VIII bis).

TABLEAU VIII bis

Composantes spectrales des bases — Périodes de plus de 20 cotations

Chronique	Importance de la composante	Cohérence	Gain	Périodicité
Étain, L. M. E., 1973 1974	Prononcée	0,70	0,60	50
Zinc, L. M. E., 1973 1974	Significative	0,88	0,75	25
Zinc, L. M. E., 1968 1969 1970	Presque significative	0,64	0,70	30

2. LES CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉVOLUTION DES COURS QUOTIDIENS

L'analyse spectrale met en relief trois aspects essentiels des chroniques des cours quotidiens sur les bourses de métaux (essentiellement, par référence au London Metal Exchange) :

- l'allure en dents de scie de l'évolution des cours, due au rôle fondamental que jouent les anticipations dans les mécanismes de prix boursiers;
- l'existence d'une fluctuation périodique approximativement hebdomadaire qui, sans être permanente, apparaît parfois assez nettement en séquences plus ou moins longues;
- la présence de fluctuations irrégulières de durée supérieure à la semaine, vraisemblablement déclenchées par des causes extérieures au marché boursier.

En outre, l'analyse spectrale des différences des cours à terme moins les cours au comptant permet de comparer l'évolution des deux cours.

2.1. *Évolution en dents de scie et rôle fondamental des anticipations dans les mécanismes des prix*

Une bourse de métaux est le siège de deux catégories principales d'opérations :

- des opérations au comptant qui conduisent à une livraison immédiate de métal et qui correspondent à un transfert du stock d'un opérateur boursier vers le stock d'un autre opérateur (d'un raffineur à un négociant, ou d'un négociant à un transformateur, par exemple);

- des opérations à terme qui peuvent se dénouer soit par la livraison du métal à l'échéance, soit par une opération de sens contraire qui annule la première opération à terme, soit par un report de l'opération.

Dans les deux cas, le métal constitue un actif (directement sous forme de stock, ou indirectement sous forme de papier garantissant la livraison future) dont la valeur est susceptible de varier largement avec les cours. Aussi, les opérateurs prennent-ils leurs décisions en fonction des cours actuels et de leur évolution future prévue. En fait, les anticipations de cours sur lesquelles ils se fondent relèvent d'un univers très incertain, presque aléatoire; ils tendent donc à se référer à toutes les informations pouvant indiquer une variation prochaine des cours (arrivages de cargaisons, décisions d'augmenter les capacités de raffinage, risques de grèves, troubles monétaires, accidents miniers, rumeurs diverses...); en outre, sur un marché boursier, les informations déclenchent le plus souvent des mouvements d'ensemble, chaque opérateur prend sa décision non seulement en fonction de l'information elle-même, mais surtout en fonction de sa prévision de l'influence de cette information sur les décisions des autres opérateurs.

La diffusion de ces informations et les phénomènes d'imitation tendent donc à orienter les comportements des opérateurs dans un même sens. Cependant, ces comportements ne sont pas neutres vis-à-vis de l'évolution des cotations, mais provoquent des variations de cours qui vont généralement dans le sens des prévisions : l'anticipation d'une hausse de prix incite les opérateurs à acheter, l'anticipation d'une baisse à retarder les achats ou à vendre. De plus, ce phénomène favorise le développement de comportements spéculatifs soit de la part des opérateurs habituels, soit de la part d'intervenants qui ne sont pas des professionnels des métaux; la spéculation est facilitée par la possibilité de liquider à tout moment une position sur le marché à terme sans prendre livraison du métal. Ainsi les phénomènes d'anticipation qui se trouvent à la base de ces divers comportements débouchent sur des processus cumulatifs de hausse de prix en cas de perspective de pression accrue de la demande sur l'offre de métal sur la bourse, ou de baisse des prix en cas de perspective de pression moins forte.

En outre, les retournements d'anticipations sont presque toujours brutaux et correspondent à des renversements simultanés des comportements des opérateurs. Ainsi lors d'un processus de hausse, ceux-ci tendent à accumuler les stocks de métal ou les engagements d'achats à terme afin d'échapper à l'augmentation continue des prix; mais la perspective soudaine d'un affaiblissement de la situation de pénurie implique des pertes prochaines sur la valeur des actifs (métal ou papier), et d'autant plus que les mouvements de baisse sont généralement rapides; alors, chaque opérateur cherche à se défaire immédiatement, dans la mesure du possible, des actifs qu'il détient : c'est le déclenchement effectif d'un processus de baisse cumulative du cours. Les mécanismes sont comparables lors du passage d'un mouvement de baisse à un mouvement de hausse. La sensibilité du marché boursier aux informations, et le fait que les opérateurs réagissent au second degré, chacun cherchant à tenir compte de la réaction des autres, se traduisent par des retournements parfois très rapprochés; cette tendance des variations des prix à changer constamment de sens, appelée réaction technique, est un phénomène couramment observé sur les marchés boursiers.

2.2. *Manifestation épisodique d'une fluctuation périodique approximativement hebdomadaire*

Les retournements de cours peuvent être provoqués, en particulier, par des informations ou des décisions plus ou moins régulières. C'est ainsi que, dans le cadre de la semaine, le rythme des opérations peut être influencé par deux types de phénomènes récurrents.

Il s'agit, d'une part, de l'impact de la fin de semaine en raison de l'arrêt des cotations pendant deux jours, pendant lesquels peuvent apparaître des informations nouvelles impliquant des modifications de la conjoncture internationale et de la physionomie du marché boursier du métal au début de la semaine suivante : remaniements monétaires, événements ou décisions susceptibles de modifier les conditions d'approvisionnement en métal (grèves, accidents miniers ou dans les raffineries, problèmes politiques internationaux, décisions de déblocage des stocks stratégiques). Ces faits peuvent, selon les circonstances, se traduire par des retournements de l'évolution des cours. Aussi, afin d'avoir l'esprit tranquille et de minimiser les conséquences de tels événements, les opérateurs s'efforcent très souvent de couvrir leurs positions nettes longues ou courtes, durant la fin de la semaine, par des opérations à terme, de sorte que leurs engagements d'achats soient égaux à leurs engagements de vente. Le vendredi peut donc être le siège d'un gonflement de certaines catégories d'opérations boursières, notamment d'approvisionnement et de couverture.

Il s'agit, d'autre part, de la publication hebdomadaire de certaines statistiques ou de certaines informations qui peuvent influencer en partie les décisions des opérateurs. Par exemple, les niveaux des stocks du London Metal Exchange sont publiés le lundi; les revues spécialisées ont souvent une parution hebdomadaire. En conséquence, certains jours de la semaine peuvent être plus ou moins propices à un volume plus important de certaines opérations.

Mais le rythme hebdomadaire éventuel des décisions d'interventions sur le marché boursier d'un métal peut revêtir des aspects très divers. En effet, des interventions concernent des catégories d'opérations différentes selon les circonstances : achats ou ventes au comptant ou à terme, reports de position... Par conséquent, la répercussion de l'évolution des cours est très variable (prolongement, amplification ou atténuation d'une hausse ou d'une baisse de cours, retournement à la hausse ou à la baisse), et le jour de la semaine qui l'enregistre dépend de l'état courant de la conjoncture (l'élément déterminant des interventions peut être l'évolution du niveau de certains stocks, de la demande, du taux de change...).

Néanmoins, lorsqu'un état de conjoncture se maintient un certain temps sur le marché boursier, le même schéma hebdomadaire d'interventions peut se reproduire de semaine en semaine, et engendrer une fluctuation périodique effective des cours. Cependant, deux fluctuations périodiques hebdomadaires associées à deux états de conjonctures différents, ont des aspects différents.

Ces fluctuations approximativement hebdomadaires ont été révélées par la contribution relative importante des composantes de période 5 cotations, ainsi que par celle des composantes de période 4 et 6 cotations, en raison de la dissymétrie et de l'irrégularité de ces fluctuations. Par ailleurs, l'impact du rythme hebdomadaire des opérations sur les cours semble être d'autant plus important que l'évolution de la conjoncture sur le marché boursier est perturbée; sur les spectres calculés pour 1973-1974, les composantes de période 5 cotations sont nettement plus marquées que pour ceux de 1968-1969-1970.

2.3. Présences de séquences de fluctuations à court terme d'origine variable

Les cours des métaux présentent fréquemment des séquences de fluctuations à court terme de durée supérieure à la semaine et d'ampleur variable. Ces fluctuations nettement moins marquées pour le terme que pour le comptant, semblent traduire surtout des modifications de la pression de la demande sur l'offre de métal physique sur le marché boursier : variations de la demande de stocks induites par des variations de la demande de consom-

mation, changements sensibles des conditions de l'approvisionnement du marché boursier en métal (répercussion d'un déblocage de stocks stratégiques, de mouvements de grève de dockers...). Par suite des mécanismes de diffusion, des comportements d'imitation, et du jeu des anticipations sur le marché boursier, ces événements conduisent à des enchaînements de processus cumulatifs de hausse et de baisse, ponctués par des points de retournement aigus. D'une façon générale, les durées moyennes de ces fluctuations peuvent être rattachées à trois périodicités approximatives : une semaine et demi, deux semaines et demi, entre quatre et six semaines.

2.4. *L'évolution comparée des cours au comptant et à terme*

L'observation des chroniques montre l'étroite similitude des évolutions du cours au comptant et du cours à terme d'un métal; notamment, les points de retournements et les sens de variation concordent très généralement. Cette similitude se retrouve en partie au niveau des spectres qui présentent des formes très voisines pour le comptant et pour le terme, quoique les amplitudes des composants significatives soient souvent différentes.

En effet, l'impact sur les cours des trois caractéristiques précédemment analysées dans cette section dépend d'un phénomène connu ⁽¹⁾ : les fluctuations du cours à terme sont moins amples que celles du cours au comptant. La netteté de ce phénomène est largement confirmée par l'analyse cospectrale des couples cours au comptant-cours à terme, et par l'estimation des spectres des bases, c'est-à-dire des différences cours au comptant moins cours à terme. En effet, les fonctions cospectrales de gain ont indiqué que le rapport des amplitudes des fluctuations du cours à terme sur les amplitudes de celles du cours au comptant était, en moyenne, de $3/4$ pour les fluctuations d'au plus une semaine, et d'environ $2/3$ pour celles de plus d'une semaine.

L'analyse spectrale de la base a révélé des fluctuations nombreuses et prononcées, qui peuvent être rattachées aux mêmes phénomènes que l'évolution des cours eux-mêmes. Ainsi que l'ont souligné les calculs des gains, les mouvements de la base résultent surtout des écarts qui se creusent ou se combrent partiellement, entre le cours au comptant et le cours à terme, lorsque, dans leur évolution synchrone, le premier varie cependant de façon nettement plus prononcée. On constate, en particulier, que les fluctuations de la base supérieures à la semaine sont marquées. Le caractère plus volatile du prix au comptant s'explique par l'étroitesse du marché boursier du métal au comptant, alors que le montant des transactions du métal à terme est beaucoup plus important ⁽²⁾.

CONCLUSION

L'évolution à très court terme des cours boursiers des métaux pose pratiquement deux problèmes principaux : d'une part, celui de l'explication et de la caractérisation des fluctuations et d'autre part, celui de la tentative de réduction de l'incertitude concernant l'évolution prochaine des cours. Les deux problèmes sont dans une certaine mesure interreliés car ils supposent tous deux la mise en évidence de certains phénomènes de régularité.

1. Voir en particulier R. DIETRICH, J. B. GUNTHER, P. LEGOUX [9], p. 25.

2. Le pourcentage des échanges de métal au comptant est le plus souvent voisin ou inférieur à 5 % du volume des échanges de métal à terme.

En fait, l'analyse spectrale a mis en évidence plusieurs facteurs, caractéristiques de l'évolution des cours quotidiens :

- les processus cumulatifs des anticipations qui se traduisent par des points de retournement aigus et un mouvement en dents de scie très heurté et irrégulier des chroniques de cours;
- la présence d'un rythme hebdomadaire plus ou moins net des décisions des opérateurs (par suite de l'impact des fins de semaine et de la publication hebdomadaire de certaines informations) et qui tend à engendrer à certains moments, des séquences de fluctuations quasi-hebdomadaires des cours;
- la répercussion sous forme de fluctuations plus ou moins régulières et amples et de période supérieure à la semaine, de modifications dans les conditions d'approvisionnement en métal boursier.

Cependant, ces caractéristiques qui correspondent à une régularité de réaction du marché à des événements donnés, dans des circonstances données, ne signifient pas une régularité effective des cours puisque les circonstances (c'est-à-dire l'ensemble des facteurs constituant la conjoncture du marché) varient très fréquemment et que les événements considérés sont par nature presque aléatoires. En effet l'analyse spectrale nous a montré que certaines formes d'évolution étaient plus probables à certains moments ⁽¹⁾, mais il semble difficile d'aller au-delà, dans le sens d'une prévision. En fait, si l'on ne considère que l'évolution du cours lui-même, l'analyse spectrale indique qu'elle correspond presque à un processus purement aléatoire, c'est-à-dire tel qu'il n'est pas possible de prévoir la variation future du cours, à partir de ses variations présentes et passées (abstraction faite de toute autre information que les variations du cours). Si l'on prend en compte d'autres informations relatives à la conjoncture du marché, il est alors possible de se référer aux caractéristiques de l'évolution des cours pour préciser un sens de variation plus probable pour le ou les prochains jours; mais il ne s'agira, en tout état de cause, que d'une hypothèse entièrement dépendante d'événements extérieurs et aléatoires susceptibles de modifier les mouvements d'anticipation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] ARROW K. J., NERLOVE M. — « A Note on Expectations and Stability ». *Econometrica*, 26, avril 1958, pp. 297-305.
- [2] BAUMOL W. J. — « Speculation Profitability and Stability », *Review of Economics and Statistics*, 39, août 1957, pp. 263-271.
- [3] BLOMME R., PHILIPS L. — « Analyse chronologique ». *Vander*, Louvain, 1973.
- [4] CALABRE S. — « Analyse spectrale des fluctuations des prix des métaux », Laboratoire d'économétrie, Faculté de droit, Montpellier, février 1976.
- [5] CALABRE S. — « Les mouvements à court et à moyen terme des prix des métaux : Analyse spectrale ». *Journal de la Société Statistique de Paris*, 2^e trimestre 1977.
- [6] COOTNER P. H. Ed. — « The Random Character of Stock Market Prices », M. I. T. Press. Cambridge (Massachusetts), 1964.
- [7] COOTNER P. H. — « Speculation and Hedging ». *Food Research Institute*, 7, supplément 1967, pp. 65-106.

1. Ces résultats sont d'ailleurs à rapprocher des techniques de « chartisme » utilisées par certains opérateurs sur les bourses de produits pour essayer de préciser l'évolution des cours pour les jours à venir.

- [8] COX C. C. — « Futures Trading and Market Information ». *Journal of Political Economy*, 1976, 84, n° 6, pp. 1215-1237.
- [9] DIETHICH R., GUNTHER J. B., LEGOUX P. — « Stabilité des cours au comptant et au terme des métaux non ferreux ». *Annales des Mines*, Paris, novembre 1972, pp. 23-36.
- [10] FISHMAN G. S. — « Price Behaviour Under Alternative Forms of Price Expectations ». *Quarterly Journal of Economics*, volume LXXVII, mai 1964, pp. 281-98.
- [11] FISHMAN G. S. — « Spectral Methods in Econometrics », Harvard U. P., 1969.
- [13] GADHILE P. — « Conditions de formation des prix des métaux non ferreux ». *Annales des Mines*, Paris, octobre 1973, pp. 31-36.
- [13] GRANGER C. W. J. — « Analyse spectrale des séries temporelles en économie ». Trad. fr, Dunod Paris, 1969.
- [14] HOUTHAKKER H. S. — « Systematic and Random Elements in Short Term Price Movements » *American Economic Review*, n° 51, 1961, pp. 164-72.
- [15] JENKINS G. M., WATTS D. G. — « Spectral Analysis and its Applications ». Holdendays, San Francisco, 1968.
- [16] LABYS W. C., GRANGER C. W. J. — « Speculation, Hedging and Commodity Price Forecasts ». D. C. Heath and C°, Lexington, Massachussets, 1970.
- [17] LEGOUX P. — « Backwardation et contango ». *Annales des Mines*, février 1970, pp. 29-38.
- [18] MALINVAUD E. — « Méthodes statistiques de l'économétrie », Dunod, Paris, 1969.
- [19] ROBERTS H. V — « Stock Market « Patterns » and Financial Analysis : Methodological Suggestions ». *Journal of Finance*, vol 14, n° 1, mars 1959, pp. 1-10. Repris dans COOTNER [6], pp 7-16
- [20] TELSER L. G. — « Futures Trading and the Storage of Cotton and Wheat ». *Journal of Political Economy*, 1958, 66, pp. 233-255.
- [21] WEYMAR F. H. : « The Supply of Storage Revisited ». *American Economic Review*. Décembre 1966, pp. 1226-1234.
- [22] WORKING H. — « New Concepts concerning Future Markets and Prices ». *American Economic Review*, 52, juin 1962, pp. 431-457.
- [23] *Annales des Mines*, octobre 1973. — « Formation et évolution des prix des principaux métaux et minerais », pp. 37-87.