Zeitschrift: Annuaire suisse de science politique = Schweizerisches Jahrbuch für Politische Wissenschaft

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung für Politische Wissenschaft

Band: 13 (1973)

Artikel: Continuité et indétermination dans les conflits internationaux : une analyse mathématique et statistique

Autor: Luterbacher, Urs

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-171843

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

CONTINUITÉ ET INDÉTERMINATION DANS LES CONFLITS INTERNATIONAUX

Une analyse mathématique et statistique[1]

par Urs Luterbacher

Dr. ès. sc. pol., Associé de recherche,
Institut Universitaire de Hautes Etudes Internationales, Genève

I. Le problème particulier de l'analyse de relations internationales

Dans l'ensemble des phénomènes sociaux, les relations internationales présentent souvent une difficulté particulière d'analyse. En effet, les historiens nous ont habitué à voir dans leur déroulement historique des lignes de force qui se développent avec une certaine continuité, mais aussi des points de rupture qui rendent ardue toute interprétation cohérente. Ce point de vue se trouve confirmé dans une large mesure par la recherche quantitative récente sur les phénomènes internationaux. En effet, celle-ci a souvent été obligée de travailler sur divers plans: acteur, centre de décision ou système international sans pouvoir relier de manière satisfaisante ces différents niveaux lorsqu'ils émergent tous dans un processus.[2] D'autre part, la relation entre les périodes de crise et de conflit et les périodes „normales" de la vie internationale demeure encore un des problèmes centraux sinon le plus important de toute la recherche.[3] Dans un certain sens, la situation serait grandement facilitée si nous avions, dans l'univers des relations internationales une continuité ou un déterminisme très marqué ou au contraire, paradoxalement, une succession d'événements largement dus au hasard. Dans ces deux cas on dispose de certaines méthodes formelles bien développées qui permettent une description adéquate de la réalité et donnent des possibilités de prévoir ce qui va se passer sous certaines conditions. Cependant, dans l'ensemble des univers d'observation scientifique ces situations bien tranchées sont très rares. On se trouve le plus souvent en présence de systèmes complexes dans lesquels on doit faire face à un mélange de déterminisme et d'indéterminisme. Il faut alors essayer de trouver des descriptions formelles qui combinent ces deux caractéristiques de manière satisfaisante. Mon propos est ici de montrer comment l'on peut construire une telle approche dans un cas particulier où la présence conjointe de continuité et de rupture est particulièrement frappannte, celui des guerres du point de vue de l'ensemble du système. Cette entreprise suppose cependant tout d'abord une clarification de certains

1 Cette étude à été financée par le *Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique* (Crédit SG 92). Je tiens à lui exprimer ma gratitude.

2 D'où les longues discussions en relations internationales sur le niveau et l'unité d'analyse. Voir en particulier dans J. David, Singer (Ed.), *Quantitative International Politics*, New York 1968.

3 Ainsi en témoignent les travaux de Richardson, Singer, North et de bien d'autres.

concepts. Il s'agit en effet de se demander ce qui signifie une analyse du point de vue du système international tout entier par opposition au point de vue des acteurs et quel sens on peut donner dans une description formelle à des termes comme détermination, rupture ou hasard.

II. Déterminisme et hasard pour le système et pour les acteurs internationaux.

La notion de système international implique en général toute une hiérarchie d'éléments qui lui sont subordonnés. Les acteurs sont les entités qui lui sont reliées les plus directement et dont les agissements se font le plus immédiatement sentir à son niveau. Ceux-ci, qu'ils soient Etats, organisations internationales ou autres, sont donc eux-même des systèmes complexes qui couvrent tout un ordre de groupes sociaux jusqu'à l'individu. Ils peuvent donc aussi présenter à bien des égards un mélange de déterminisme et d'indéterminisme. Que l'on agrège ainsi au niveau des acteurs ou au niveau du système, on retrouve toujours là des entités macroscopiques qui impliquent souvent un très grand nombre d'individus ou de groupes sociaux. Leurs actions et leurs manifestations s'étendent de ce fait très souvent sur des périodes qui dépassent la durée de la vie d'un individu et s'exercent à une échelle beaucoup plus grande. Il n'en demeure pas moins que certaines influences microscopiques qui sont dues à l'effort d'un ou plusieurs individus qui occupent une position clef dans un centre de décision par exemple, sont loin d'être négligeables dans l'évolution des relations internationales. En effet, tel ou tel virage politique important peut avoir été favorisé par la personnalité d'un individu ou par la pression d'un groupe relativement restreint. On se trouve donc ici pris entre deux formes de déterminismes qui appartiennent à des ordres de grandeur très différents et qui peuvent agir conjointement. Cette interaction du microscopique et du macroscopique se présente très nettement comme une dimension importante de la continuité et de la rupture qui caractérisent les phènomènes internationaux. En effet, les actions à long terme des grands agrégats étatiques ou systémiques traduisent souvent les éléments de continuité. Les comportements individuels qui ont un cadre temporel et une portée beaucoup plus réduits semblent fréquemment extrêmement indéterminés et sujets à des fluctuations et des sauts assez brusques. Cette constatation est importante dans la mesure où les concepts de détermination et de hasard amènent souvent à des considérations qui ont un rapport très étroit avec des questions d'ordre de grandeur. Si l'on effectue une analyse du point de vue du système international, de l'acteur international ou même de l'individu, on peut toujours traiter ceux-ci comme des entités relativement bien distinctes et examiner le résultat de leurs interactions avec d'autres éléments de même nature, sans introduire explicitement la notion du groupe dont ils font partie. Une telle analyse, pour peu que l'on arrive vraiment à isoler le phénomène que l'on considère de toutes les influences qui n'appartiennent pas à l'ordre de grandeur

dont il fait partie et que l'on puisse saisir toutes les variables importantes, se fera sous une forme déterministe. C'est-à-dire que l'observation à un moment précis du temps ou du moins à quelques instants choisis de toutes les valeurs des variables essentielles, suffira à la prévision de son évolution. Cette perspective change totalement au moment où l'on considère l'entité soit comme partie d'un ensemble, soit comme un ensemble lui-même qui ne peut être isolé des influences d'ordre supérieur ou inférieur. On est alors obligé d'introduire certains concepts qui se réfèrent à l'ensemble comme la somme, la moyenne ou la variance. La description du phénomène en question tend alors à abandonner tout ou partie de la conception déterministe. Si une prévision a lieu, elle se fera également par rapport aux grandeurs qui font appel à la notion d'ensemble, la moyenne, la variance, etc. Ce changement d'optique peut se faire pour plusieurs raisons qui sont toutes en rapport avec la difficulté qu'il y a d'isoler et d'observer à fond un phénomène précis, surtout s'il se présente de manière complexe. Ainsi, il est souvent difficile ou même impossible d'observer toutes les variables essentielles. De plus, les interactions de l'entité que l'on examine avec des éléments qui font partie d'un autre ordre de grandeur, ne peuvent la plupart du temps être éliminées ou négligées.

On peut illustrer cette conception en se référent à un modèle physique bien connu souvent employé en relation avec la notion de probabilité, celui du dé que l'on jette sur une surface plane. Il est toujours possible en principe, lorsqu'on lance un dé sur une table de prévoir de manière précise sa position exacte d'atterrissage. Le dé est en effet un objet physique comme un autre qui obéit aux lois de la gravitation établies par Newton. Ainsi, à partir de sa position et de sa vitesse initiale au moment du jet, toutes choses qui sont en principe mesurables, et de certaines caractéristiques de la surface sur laquelle il est lancé, on devrait pouvoir exactement calculer sa trajectoire et l'aboutissement de son impact. En pratique, il est cependant difficile de réunir toute l'information nécessaire, surtout le résultat du choc avec la surface plane est difficile à envisager parce qu'il est très sensible à certaines variations des conditions initiales, vitesse et position. Il est donc plus avantageux de recourir à d'autres descriptions du système du dé qui nécessitent beaucoup moins d'informations. Ainsi on peut simplement lancer le dé un grand nombre de fois et on pourra constater que chaque surface tendra à apparaître en moyenne environ avec la fréquence 1/6. On peut donc encore dire quelque chose sur un ensemble de coups plutôt que sur le comportement d'un objet précis. Le niveau d'analyse a donc implicitement changé puisque l'on est passé d'une partie à un ensemble. Cette transposition a surtout été faite pour des raisons de convenance, le niveau d'analyse inférieur présentant trop de problèmes. La notion de probabilité ou de hasard n'est donc ici qu'une manière commode de formaliser certains aspects d'un phénomène trop complexe. C'est pourquoi son application dans les sciences sociales et les relations internationales est très répandue. Elle exige cependant une délimitation précise des rapports entre unités et niveaux d'analyse. Ces idées serviront de guide à la présentation qui va suivre.

III. Rupture et continuité des guerres internationales.

L'examen de certaines données concernant les guerres dans le système international au cours des 150 dernières années conduit, comme je l'ai mentionné, à la mise en évidence de continuités et de ruptures. Les données et les résultats de cette analyse sont rapportés dans le dernier ouvrage de Singer et Small, *The Wages of War: A Statistical Handbook,*[4] très exactement dans le chapitre sur les periodicités.[5] Deux éléments essentiels apparaissent dans grandeurs statistiques en relation avec toutes les guerres qui se sont déroulées de 1815 à 1965. L'un des deux résultats importants présentés dans le chapitre indique que l'ensemble des guerres considéré comme un phénomène continu, comme une mesure de l'état conflictuel du système international à chaque instant du temps, présente un caractère périodique marqué. D'autre part, l'analyse montre que si l'on considère chaque guerre comme un évènement isolé au moment de son éclatement, la succession temporelle de tous les commencements d'hostilité ne présente aucune régularité particulière et peut même être expliquée de manière satisfaisante en recourant à ce que l'in appelle les lois du hasard.

Avant de s'interroger de manière plus complète sur la signification de cette combinaison de hasard et de déterminisme dans le phénomène de la guerre au cours des 150 dernières années, il s'agit de rentrer de manière un peu plus approfondie dans le détail des investigations qui ont amené ces conclusions. Un examen empirique au niveau du système international suppose que l'on rende opérationnels toute une série de concepts élémentaires à commencer par celui de l'univers d'observation. Je me bornerai ici à reproduire les critères qui ont présidé à la réunion des données dans l'ouvrage de Singer et Small (1972). Ces deux auteurs définissent tout d'abord trois champs d'observation: (1) le système international global, (2) le système interétatique, (3) le système central.

Le système international global comprend en principe tous les acteurs internationaux. En pratique, pour l'analyse des données qui sont l'expression directe du phénomène de la guerre, les acteurs qui entrent en considération se limitent aux entités qui peuvent effectivement intervenir au niveau immédiat des hostilités, c'est-à-dire les Etats et certains groupes politiques qui sans être des Etats n'en sont pas moins des belligérants.

Le système interétatique se limite au comportement des Etats à l'exclusion de tout autre acteur. La définition de ce qu'est un Etat présente certaines difficultés que Singer et Small ont essayé de résoudre de la manière suivante: Tout d'abord, pour être membre du système interétatique une entité doit avoir plus de 500 000 habitants. De plus, au 19e siècle et ceci jusqu'en 1919, sont considérés comme Etats toutes les entités politiques reconnues par la France et l'Angleterre. Après 1919, Singer et Small ont choisi d'envisager comme Etats tous les

4 J. David Singer/Melvin Small, *The Wages of War: A Statistical Handbook,* New York 1972.

5 J'ai moi-même effectué la plupart des analyses de ce chapitre.

membres des organisations internationales de la SDN et de l'ONU ainsi que tous les acteurs reconnus par au moins trois grandes puissances. L'ensemble des grandes puissances a été défini par Singer et Small sur la base d'un consensus d'historiens diplomatiques comme se composant avant 1919 de l'Autriche-Hongrie, de l'Allemagne, de l'Italie, de la France, de l'Angleterre, des Etats-Unis, de la Russie et du Japon. Entre 1919 et 1945, il s'agit des mêmes moins l'Autriche-Hongrie, la Russie devenant l'URSS. Enfin après 1945, l'Italie, l'Allemagne et le Japon ne font plus partie du groupe. De plus, la Chine vient s'y ajouter en 1950. Evidemment cet ensemble de définitions ne suffit pas toujours à éliminer les cas douteux ou même manifestement non conformes à ce que devrait être un Etat. Singer et Small ont donc pris un ensemble de décisions arbitraires qui ont abouti à rayer certaines entités qui répondent à ces critères, de la liste des Etats, comme l'Inde avant 1939, la Biélorussie et l'Ukraine après 1945, la Slovaquie et le Mandchoukouo dans les années 1930.

Le système central constitue lui aussi un sous-ensemble du système international global mais défini cette fois-ci de manière géographique. Singer et Small considèrent en effet, que jusqu'en 1919 le système international est constitué d'un centre situé avant tout en Europe et d'une périphérie qui comprend tous les acteurs non-européens comme, par exemple, les pays latino-américains. L'hypothèse fondamentale est ici que la pauvreté des communications empêche ceux-ci de jouer un rôle essentiel dans les affaires mondiales avant 1919 au moment où la SDN est créée. Certains pays accèdent cependant au statut de membre du système central avant cette date du fait de leur position de grande puissance qui leur permet de faire sentir leur impact sur les relations internationales. Il en va ainsi pour les Etats-Unis et le Japon qui font partie du système central à partir de 1899 et 1895, dates de leur intervention respective dans les affaires mondiales.

Une série analogue de définitions a trait à l'analyse des grandeurs représentant les guerres elles-même. Ainsi, le point de départ de la collection des données est constitué par le système interétatique. Singer et Small considèrent comme une guerre interétatique une succession d'hostilités dans laquelle au moins deux acteurs étatiques, au sens des définitions du paragraphe précédent, sont engagés. Il faut en plus que chaque partie au conflit engage au moins 1000 combattants ou qu'il y ait au moins 100 tués de chaque côté. Enfin le nombre total des morts au combat pour toute la série des hostilités doit être de 1000 au moins. De plus, Singer et Small ont inclu dans leur étude certaines guerres qui impliquent des acteurs qui ne font pas partie du système interétatique comme les guerres impériales qui opposent un acteur étatique à un acteur indépendant ou semi-indépendant qui n'est pas un Etat ou les guerres coloniales qui opposent une entité dépendante ou semi-dépendante à des membres du système. Ces guerres extra-systémiques doivent pour pouvoir être reconnues comme telles, avoir en moyenne au moins mille tués au combat par année d'hostilités. En partant de cette base, Singer et Small ont procédé à la collection de trois données fondamentales concernant les guerres:

(1) Le nombre d'acteurs qui participent à un conflit armé.
(2) Le nombre de tués au combat.
(3) La localisation de la guerre dans l'espace et dans le temps, ce qui implique notamment sa durée.

A partir de ces données Singer et Small ont défini trois mesures de la guerre:
(1) Sa grandeur en Etats-mois, c'est-à-dire le nombre de participants à la guerre multiplié par le nombre de mois pendant lesquel chacun d'eux a combattu.
(2) Sa gravité en nombre de tués au combat.
(3) Des mesures d'intensité exprimées par différents rapports comme le nombre de tués en relation avec la population totale des combattants ou la grandeur de leurs armées.

La mesure de la grandeur en Etats-mois de guerres est évidemment disponible pour chaque année de 1815 à 1965 et peut être agrégée par addition sur l'ensemble du système international. Les statistiques précises sur tous ceux qui ont été tués dans une guerre font à ce point défaut au 19e siècle qu'il a été impossible d'en arriver à une évaluation du nombre total de tués au combat par an pour tout le système international. Ce chiffre n'a pu être rassemblé que pour l'ensemble de chaque guerre sans qu'il soit possible de le décomposer temporellement. La seule mesure continue de l'état belliqueux du système international par unité de temps dont on dispose dans l'ouvrage de Singer et Small, est donc la grandeur en Etats-mois additionnée à partir de toutes les guerres qui se déroulent au sein du système chaque année. Cet indicateur de bellicosité comporte évidemment de nombreux défauts. Il tend notamment à exagérer la portée des guerres où les participants sont nombreux au détriment des guerres sanglantes. Malgré tout, je crois qu'il est important de le retenir pour l'analyse nécessairement encore sommaire du phénomène de la guerre, car il nous en donne quand même une certaine idée, ceci en attendant d'avoir des variables un peu plus représentatives.

Comme je l'ai mentionné plus haut, l'analyse du phénomène de la guerre à travers le temps est double: on peut soit définir comme Singer et Small l'ont fait, des indices de bellicosité, soit ne voir dans les guerres que des événements qui surviennent tout d'un coup, un peu comme des accidents. Si l'on s'en tient à la perspective des indices de bellicosité, on pourra se demander quels sont les rapports entre la courbe qu'ils décrivent et le temps: Est-ce-que l'on a dans cette courbe une tendance à la hausse ou à la baisse ou au contraire des fluctuations périodiques ou même un mélange des deux? Dans le deuxième cas, on examinera avant tout s'il y a une certaine régularité dans les temps d'attente qui séparent deux commencements de guerre ou dans la fréquence de ces débuts d'hostilités par unité de temps. Je vais examiner ces deux optiques dans le détail.

1. L'étude de l'indice de bellicosité

Comme je l'ai indiqué, les relations entre un indice de bellicosité et le temps peuvent s'exprimer soit sous la forme de tendances (trends), soit sous la forme de fluctuations ou d'un mélange des deux. Si l'on examine la série des indicateurs d'Etats-mois au point de vue d'une tendance linéaire ou exponentielle, on s'aperçoit assez rapidement qu'elle est extrêmement faible. En effet, les résultats d'analyses de régression ne donnent qu'un léger mouvement vers le haut à mesure que l'on avance dans le temps.[6]

L'essentiel du phénomène représenté par la courbe des Etats-mois est constitué par une série de fluctuations qui tendent à devenir plus intenses dans leur mouvement oscillant avec le temps.[7] Le problème est maintenant de savoir si ces fluctuations sont la manifestation d'une périodicité réelle ou si elles sont simplement l'expression d'un phénomène aléatoire qui n'entretient aucune relation bien définie avec le temps. Certains développements récents de la méthodologie statistique donnent heureusement les moyens d'analyser ce problème un peu plus clairement. On peut en effet donner une réponse assez précise à la question de la périodicité en recourrant aux moyens qui nous sont fournis par l'analyse spectrale et l'analyse d'autocorrélation ou d'autocovariance. Pour qu'un phénomène effectivement périodique puisse être mis en evidence avec certitude, il faut d'abord que la série temporelle que l'on examine réponde à certaines conditions. En particulier, il faut qu'elle soit pure de tout mélange excessif de fluctuations et de tendances. Ces dernières si elles sont présentes doivent être éliminées par soustraction notamment. Cette exigence de pureté des fluctuations du phénomène examiné se nomme en langage formel la condition de stationarité. Elle demande que la nature des fluctuations ne soit pas altérée par une translation de l'ordre de T sur l'axe des temps. Il est clair que ceci implique l'élimination des tendances. Pour en arriver là, les indices d'Etats-mois ont chaque fois été divisés par le nombre total de membres du système interétatique afin d'éviter que la croissance du nombre d'acteurs dans les 150 dernières années n'influence le phénomène. Enfin ce qui restait de tendance linéaire à la hausse a été éliminé par soustraction des valeurs données par une équation de régression. Sur les indices ainsi transformés, trois analyses spectrales et analyses d'autocovariance ont été effectuées. Elles concernent respectivement: (1) l'ensemble du système interétatique de 1815 à 1965 en tenant compte des guerres intra et extra-systémiques, (2) l'ensemble du système interétatique de 1815 à 1965 en ne tenant compte que des guerres intrasystémiques, (3) le système central de 1815 à 1919. Ces analyses révèlent toutes une assez forte périodicité du phénomène de bellicosité, la période étant comprise entre vingt et quarante ans. Pour comprendre ces résultats, il s'agit d'examiner les méthodes d'analyse d'un peu plus près.

6 Pour plus de précisions, je renvoie ici à l'ouvrage de Singer/Small (1972).

7 Je renvoie également à Singer/Small (1972). L'ouvrage contient une présentation graphique des données.

Comme je l'ai mentionné plus haut, l'analyse spectrale vise à établir si un phénomène est périodique ou non et si oui, quelle est sa période principale. Pour en arriver là, le calcul de la fonction d'autocorrélation ou d'autocovariance du phénomène en question doit tout d'abord être fait. Cette fonction donne déjà une indication assez claire sur la périodicité d'un phénomène. En effet, elle représente la corrélation de la courbe de l'indicateur observé avec elle-même. Il est clair que dans le cas d'une tendance, les corrélations de la courbe avec elle-même seront toujours de signe identique puisqu'elle ne change alors pas de direction. Dans le cas de fluctuations, la fonction d'autocovariance va évidemment changer de signe puisqu'une courbe oscillante continue à changer de sens. Le spectre est une fonction qui se définit comme étant la transformée de Fourier de la fonction d'autocovariance, c'est-à-dire qu'elle représente l'équivalent de la fonction d'autocovariance (fonction du temps) dans le domaine des fréquences, c'est-à-dire des cycles par unité de temps ou l'inverse de la période. Si une fréquence et, par conséquent une période, se révèle comme étant particulièrement forte dans un phénomène, celà se traduira par une pointe très prononcée du spectre à cet endroit.[8]

Dans le cas qui m'occupe on peut voir les fonctions d'autocovariance qui ont été calculées à partir des trois ensembles de données dans les graphiques (1), (2) et (3). On y voit nettement le renversement de tendance manifesté par des valeurs négatives. Ce renversement marque la périodicité. On peut aussi voir dans les graphiques (4), (5) et (6), que les spectres respectifs culminent autour de fréquences allant de 0.025 à 0.05 ce qui donne par conséquent des périodes de l'ordre de vingt à quarante ans (inverse des fréquences). Les résultats donnés par l'analyse spectrale ont été mis à l'épreuve contre une hypothèse nulle de fluctuations aléatoires dans un test dû à Kolmogorov et Smirnov (voir Jenkins et Watts, pp. 234–239). L'hypothèse d'une périodicité authentique a largement été confirmée. L'hypothèse nulle a une probabilité de réalisation très inférieure à 0.05.

2. Analyse des guerres en tant qu'événements:

Il faut examiner maintenant la distribution des temps d'attente entre commencements de guerres et voir si ceux-ci expriment une régularité quelconque. Une manière relativement simple de considérer ce problème consiste tout simplement à regarder si un modèle basé sur le hasard ne constitue pas une description adéquate de la série des intervalles temporels entre deux événements. Si les résultats de cette investigation sont négatifs on pourra procéder à une analyse plus complexe visant à établir la nature de la régularité décelée. Or, dans le cas présent, la distribution des temps d'attente entre débuts d'hostilités est

8 Je renvoie pour plus de détails à Gwilym Jenkins/Donald Watt, *Spectral Analysis and its Applications,* San Francisco 1968, chapitre 6.

assez proche d'une distribution exponentielle négative $\lambda e^{-\lambda x}$. Ceci implique que la fréquence des guerres par unité de temps suit la distribution de Poisson des événements rares comme la fréquence des accidents, des coups de téléphone, du passage de voitures à un endroit déterminé. En d'autres termes, le hasard se présente ici comme le facteur de description le plus valable, puisque la distribution exponentielle négative et la distribution de Poisson supposent l'indépendance totale des événements qu'elles englobent.[9]

Les résultats de l'analyse de la distribution des temps d'attente entre débuts de guerre sont consignés dans la table 1. Une inspection purement visuelle montre déjà la proximité entre les données observées et la série calculée selon la répartition exponentielle négative. Cette impression est confirmée par les conclusions amenées par l'utilisation d'un test χ^2 qui indique que la différence entre valeurs observées et calculées n'est pas significativement plus grande que celle qui serait due au hasard (la probabilité d'une différence qui ne serait pas due au hasard est inférieure à 0.05). Les unités de temps qui ont été utilisées ici pour calculer les intervalles sont des périodes de six mois et non d'une année, ceci parce que souvent plusieurs guerres commencent pendant une même année.

IV. Une formalisation possible de la continuité et de la rupture dans le phénomène de la guerre.

Les deux formes d'analyse présentées dans la partie précédente montrent assez bien que suivant la perspective que l'on prend, les guerres internationales présentent des caractéristiques de continuité ou de rupture, des éléments déterministes ou aléatoires. Les conclusions différentes auxquelles aboutissent ces deux espèces d'investigation ont cependant une signification intuitive évidente. Elles traduisent le fait que si quelques indicateurs de conflit manifestent une certaine cohérence, en représentant de longs processus d'accroissement, de diminution ou de fluctuation de tensions, le moment précis où l'accumulation de composantes hostiles rompt la continuité du phénomène en lui imprimant de soudaines accélérations ou décélérations, est difficilement prévisible. En effet, on se trouve ici très exactement au confluent de la manifestation d'actions macroscopiques et microscopiques. Les développements conflictuels à long terme qui s'appuient sur une lente évolution des perceptions, représentent les facteurs macroscopiques qui constituent la résultante d'une quantité très grande d'actions individuelles. Les événements soudains, les tournants et les points de rupture apparaissent au contraire comme l'effet de forces microscopiques, comme certaines décisions gouvernementales, certaine personnalités, qui arrivent néanmoins à marquer parfois de manière décisive, le cours des choses au niveau le plus élevé. Evidemment ces deux éléments obéissent à des règles de comporte-

9 Tout ceci ne fait que confirmer une analyse de Lewis F. Richardson, *Statistics of Deadly Quarrels*. Chicago 1960, chapitre 4.

ment qui n'ont guère de commune mesure. La question se pose ainsi: comment présenter en une même formulation ces deux forces si différentes?

C'est ici que la notion de hasard est extrêmement utile. En effet, ce qui est le plus significatif lorsqu'on analyse au niveau du système tout entier, ce sont avant tout les mouvements qui lui sont propres et qui impriment principalement son développement, c'est-à-dire les processus longs et continus dont j'ai parlé. Cependant là-dessus viennent se greffer les facteurs microscopiques qu'il est impossible le plus souvent d'examiner dans le détail et qui sont le fruit d'interactions trop diverses. On pourrait ainsi les considérer comme des perturbations aléatoires qui s'exercent sur un phénomène central et en modifient parfois profondément l'aspect initial. Ainsi on pourrait imaginer un certain processus temporel bien déterminé qui représente les caractéristiques macroscopiques auxquelles viennent s'ajouter les termes aléatoires. Je ferai ici l'hypothèse que le développement central peut être exprimé de manière déterministe comme la trajectoire définie par une équation différentielle. On ajoute cependant à cette équation un ou plusieurs termes aléatoires comme par exemple la dérivée $dP_n(t)$ où P_n est un processus purement aléatoire. Dans le cas des guerres qui m'occupe ici, on pourrait faire les hypothèses suivantes: (1) l'évolution du phénomène central (déterministe) est proportionnelle au niveau de bellicosité actuel, elle est cependant influencée négativement par la somme des niveaux d'hostilités passés dont l'importance décroît exponentiellement lorsqu'on remonte dans le temps. (2) Le terme qui vient perturber ce développement macroscopique est, conformément à l'analyse des distributions de temps d'attente, la dérivée d'un processus de Poisson. On peut exprimer cet ensemble d'hypothèses en langage mathématique de la manière suivante:

$$\frac{dx}{dt} = ax - b\int_{-\infty}^{t} e^{-\alpha(t-\tau)}x(\tau)\,d\tau + dP_n(t)$$

$$dP_n(t) = kP_n(t) + kP_{n-1}(t) \qquad (1)$$

$$P_0(t) = e^{-kt} \qquad t \geqslant 0$$

$$P_n(0) = 1 \qquad n = 0$$

$$P_n(0) = 0 \qquad n > 0$$

où $x(t)$ représente l'indice de bellicosité, a et b des coefficients de proportionalité, α le taux d'atténuation de l'influence des valeur passées de $x(t)$.

Un système de ce genre peut éventuellement être résolu par l'utilisation d'outils mathématiques comme les transformées de Laplace.[10] Cependant ce qui est plus intéressant dans ce cas est de savoir si une telle formulation est

10 Je renvoie pour plus de détail à l'ouvrage de Richard Bellman/Kenneth Cooke, *Differential-Difference Equations*, New York 1963.

susceptible de représenter adéquatement l'évolution du phénomène de la guerre. Pour en arriver là, il faut se souvenir des conséquences importantes qu'entraîne l'introduction de la notion de hasard. J'avais mentionné en particulier que l'on passait de considérations sur un cas à une perspective sur un ensemble. En effet, le système ci-dessus ne définit pas une (étant données certaines conditions initiales) mais toute une série de trajectoires, qui ont toutes une certaine probabilité de réalisation. J'avais également insisté sur l'importance que prenaient certaines grandeurs telles que la moyenne. Il faut ici également rappeler et élucider les résultats de l'analyse spectrale. Ceux-ci signifient qu'en moyenne une certaine périodicité de l'ordre de vingt à quarante ans tend à dominer dans l'évolution de l'indicateur de bellicosité, autrement dit, si l'on néglige les perturbations aléatoires qui se greffent sur le développement central. Dans l'hypothèse de l'analyse spectrale ces perturbations sont de nature gaussienne (la distribution de leurs accroissements au cours du temps est normale). Dans le cas de l'hypothèse gaussienne, qui est très proche de l'hypothèse de Poisson, la partie non aléatoire ou non stochastique de l'équation différentielle définissant le processus constitue la réalisation moyenne de celui-ci, tout au moins dans un cas simple et linéaire comme celui que j'ai présenté ici. S'il est donc possible de retrouver après estimation des paramètres de l'équation, à partir des termes déterministes, une périodicité analogue à celle qui a été dégagée par l'analyse spectrale, la description proposée trouvera là un début de confirmation. Je vais donc remplacer l'hypothèse de Poisson par une hypothèse gaussienne et échanger le terme dP(t) par un terme dB(t) qui représente la dérivée d'un processus gaussien. Le système présenté s'écrit alors:

$$\frac{dx}{dt} = ax - b \int_{-\infty}^{t} e^{-\alpha(t-\tau)} x(\tau)\, d\tau + \xi(t)$$

ou bien:

$$\dot{x} = y + dB(t)$$

$$\dot{y} = -(\alpha - a)y - (b - \alpha a)x + dB(t)$$

$\xi(t)$ est une fonction aléatoire dont on tire le terme dB(t).

Le deuxième système est analogue au premier: l'intégrale a été éliminée par dérivation. La solution générale qui donne la relation directe entre l'ensemble de la formulation proposée et le temps peut être représentée de la manière suivante.

$$x(t) = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} + e^{\lambda_1 t} \int_0^t e^{(\lambda_2 - \lambda_1)s} \int e^{-\lambda_2 s}\, dB(t)(ds)^2$$

où C_1 et C_2 sont des constantes arbitraires.

Les exposants λ sont déterminés à partir de l'équation caractéristique selon la relation:

$$\lambda_1, \lambda_2 = \frac{-\alpha + a \pm \sqrt{(\alpha + a)^2 - 4b}}{2}$$

Si ces exposants sont complexes, on a ura une périodicité. Pour en arriver à des résultats explicites, il s'agit maintenant d'estimer la valeur numérique des paramètres a, b. et α. J'ai repris l'hypothèse selon laquelle l'atténuation de l'influence des intensités conflictuelles passées est très forte après une génération, c'est-à-dire à peu près vingt ans. J'ai donc supposé que α vaut 1 après vingt ans, c'est-à-dire que la valeur de α est proche de 0.05. J'ai estimé les paramètres a et b en me basant sur la fonction d'autocovariance du système central pour lequel la périodicité de vingt est la plus marquée. Le système ci-dessus constitue en quelque sorte la résultante de deux forces. L'une pousse à l'augmentation de la bellicosité, l'autre à sa diminution. La pente en 0 de la fonction d'autocovariance est plus ou moins parallèle aux directions moyennes opposées de la fluctuation réelle, c'est-à-dire des augmentations et diminutions du phénomène observé. Je pense qu'il est possible de tirer les estimations de a et b de l'estimation de ces pentes suivant qu'elles correspondent à la diminution ou à l'augmentation. Le résultat de ces opérations donne comme valeurs de a et b (pentes moyennes en 0): a= 0.065, b= 0.08. Si l'on introduit ces chiffres dans l'équation, on obtient une périodicité de l'ordre de 22,7 ans, ce qui correspond assez bien à celle entre vingt et quarante ans donnée par l'analyse spectrale.[11] Il faut cependant remarquer que la solution de la partie déterministe du système est alors instable, car elle va produire des oscillations de plus en plus fortes. Ce résultat correspond assez bien à l'évolution de la courbe de l'indicateur de bellicosité, mais ne répond pas aux hypothèses de l'analyse spectrale sur la stationarité. Il faut donc considérer les conclusions auxquelles on aboutit à partir des équations, comme représentant plutôt le phénomène avant la transformation qui le rend adéquat pour l'analyse spectrale. On ne peut ainsi mettre en relation avec celle-ci que la similitude de la périodicité.

Ces considérations montrent que la formulation que j'ai proposée est loin d'être définitive et qu'il faut surtout considérer pour le moment, son intérêt heuristique. Cependant je crois qu'elle constitue néanmoins une étape qui est susceptible d'ajouter à la compréhension des relations entre continuité et rupture dans l'univers des relations internationales.

11 La période est donnée par la partie imaginaire de l'exposant.

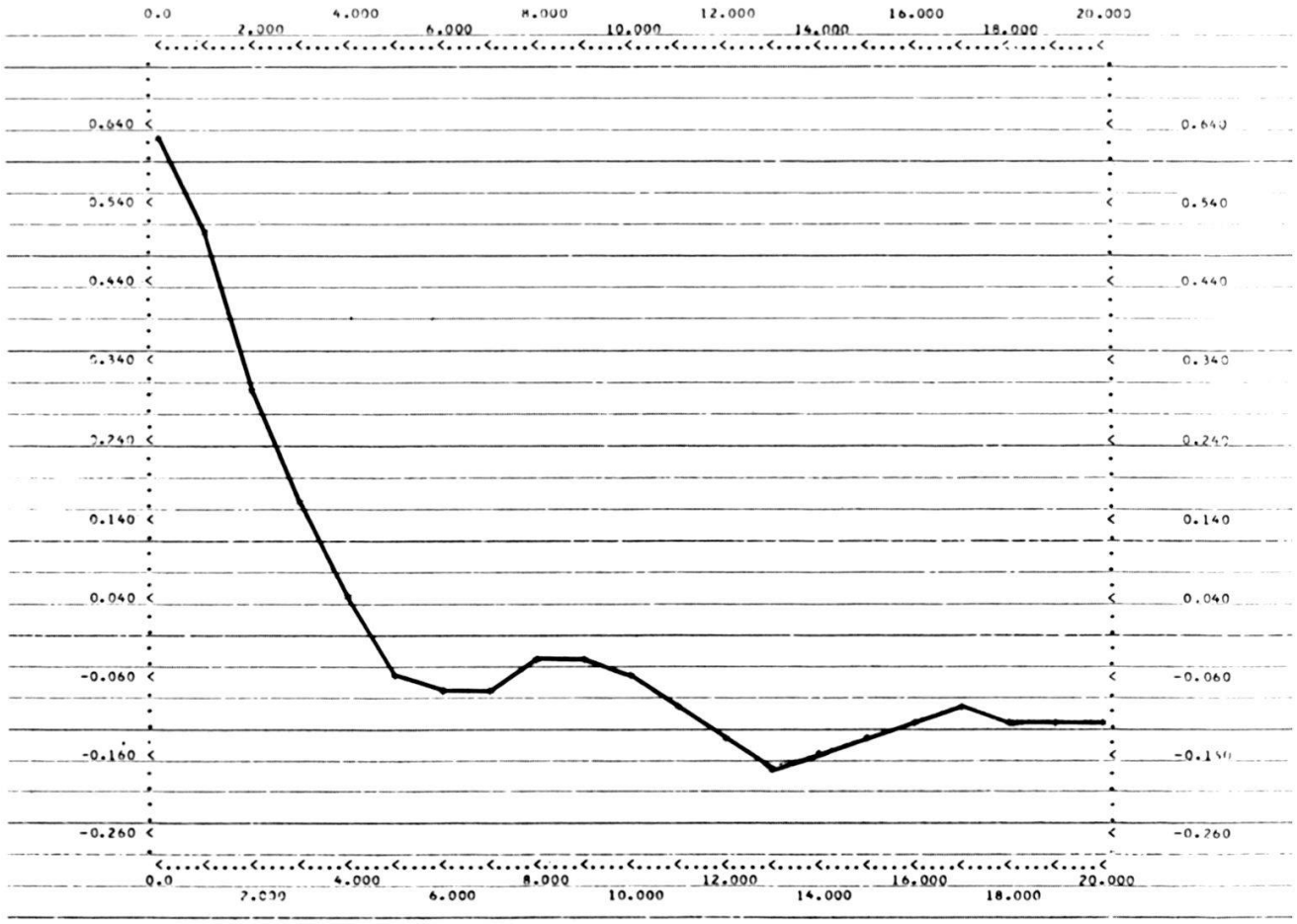
Table 1: *Valeurs observées et calculées de la distribution des temps d'attente entre débuts de guerre*

Temps d'attente	*Val. observées*	*Val. calculées*
1	21	22.48
2	25	16.93
3	12	12.74
4	9	9.65
5	8	7.19
6	4	5.46
7	4	4.10
8	2	3.09
9	3	2.37
10	0	1.73
11	0	1.27
12	1	1.00
13	1	0.73
14	0	0.55
15	0	0.46
16	0	0.36
17	0	0.27
18	1	0.18

$\chi^2 = 13.547$, or d'après les tables $\chi^2_{17} = 27.6$ pour une probabilité de 0.05.

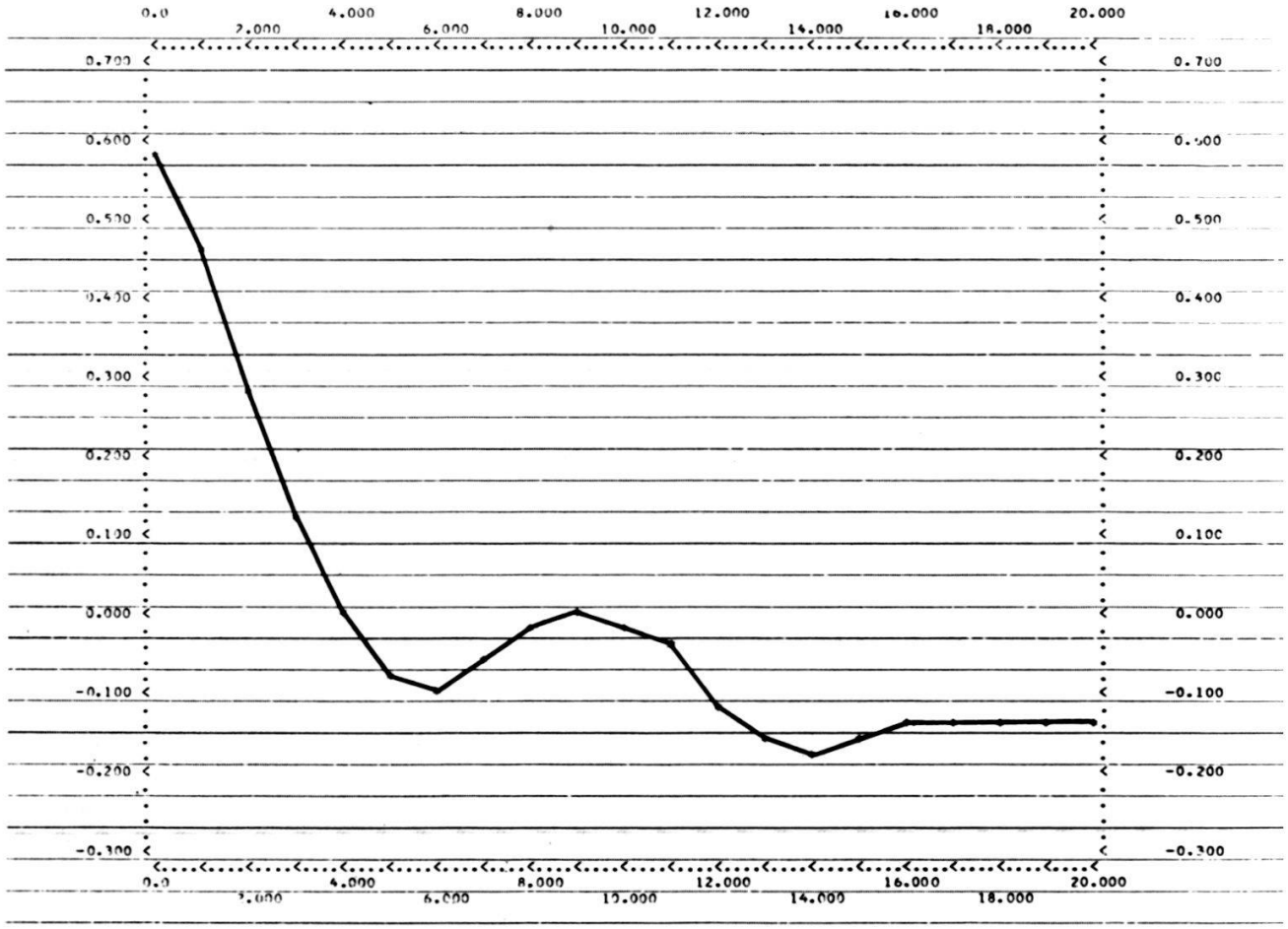
Graphique 1: *Fonction d'autocovariance de la série* $\frac{\textit{Etats-mois}}{\textit{Membres du Système}}$

Système intérétatique – Guerres Intra- et Extra-Systémiques (1815–1965)



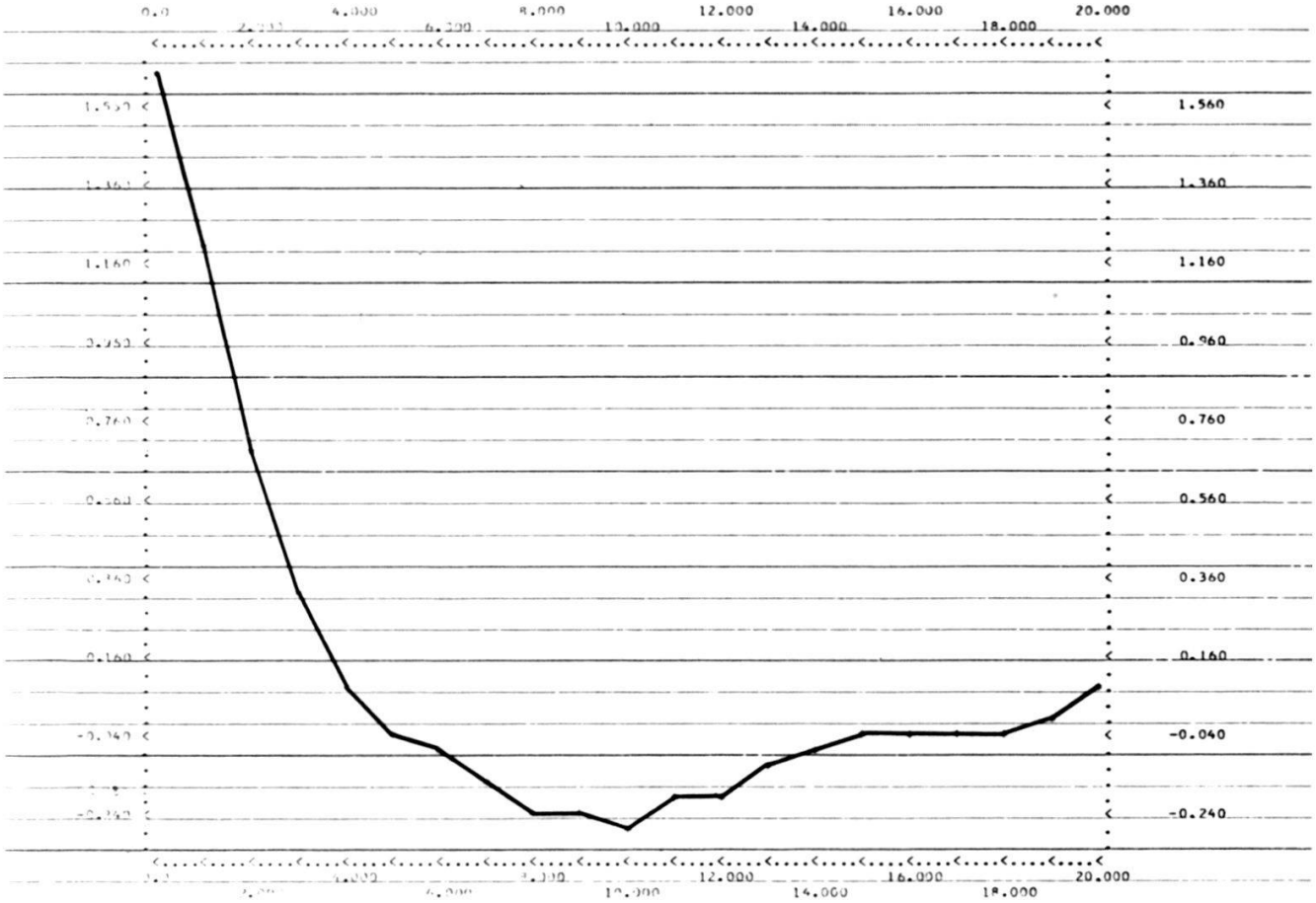
Graphique 2: *Fonction d'autocovariance de la série* $\frac{\textit{Etats-mois}}{\textit{Membres du Système}}$

Système intérétatique – Guerres Intra-Systémiques (1815–1965)



Graphique 3: *Fonction d'autocovariance de la Série* $\frac{\textit{Etats-mois}}{\textit{Membres du Système}}$

Système central

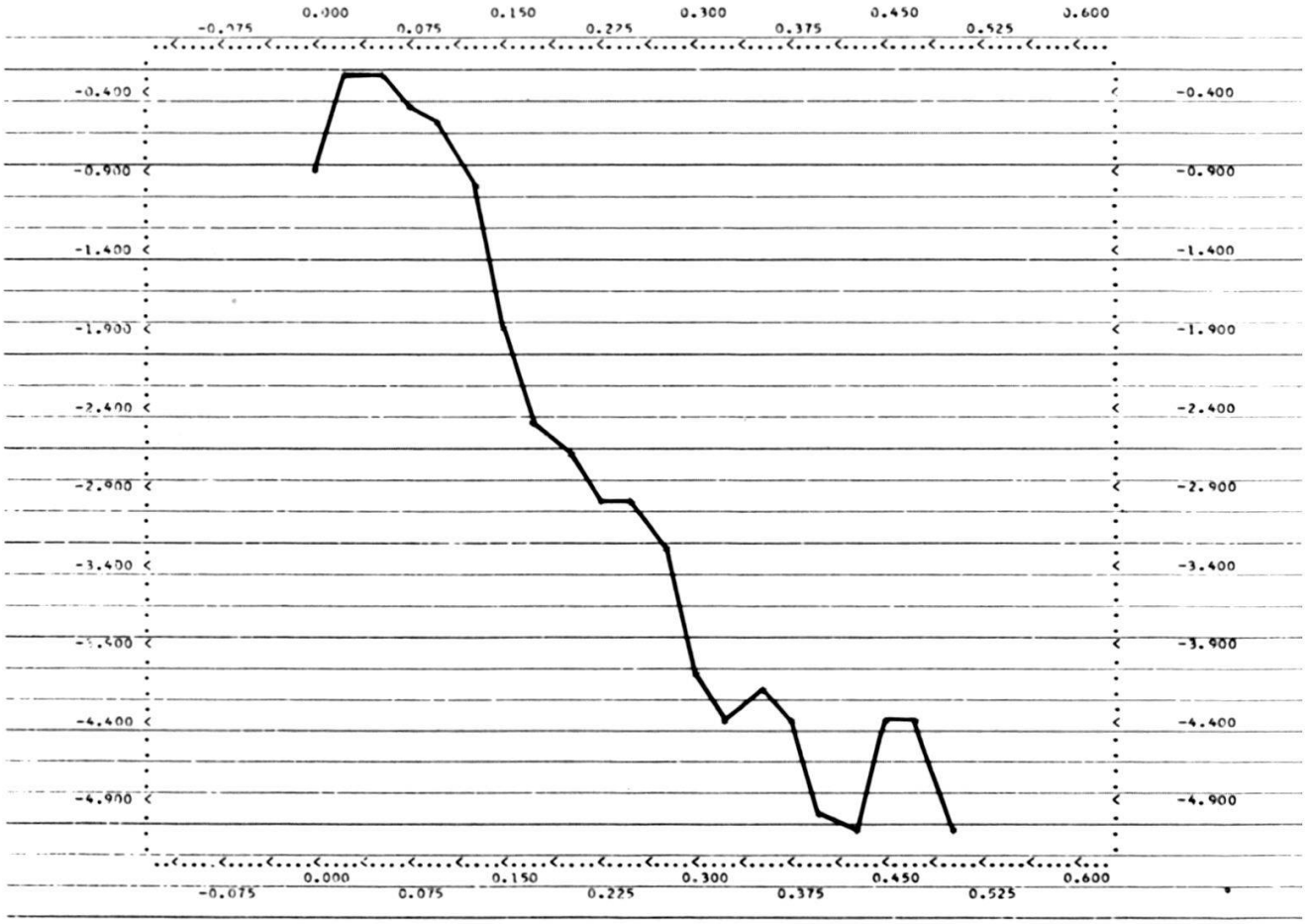


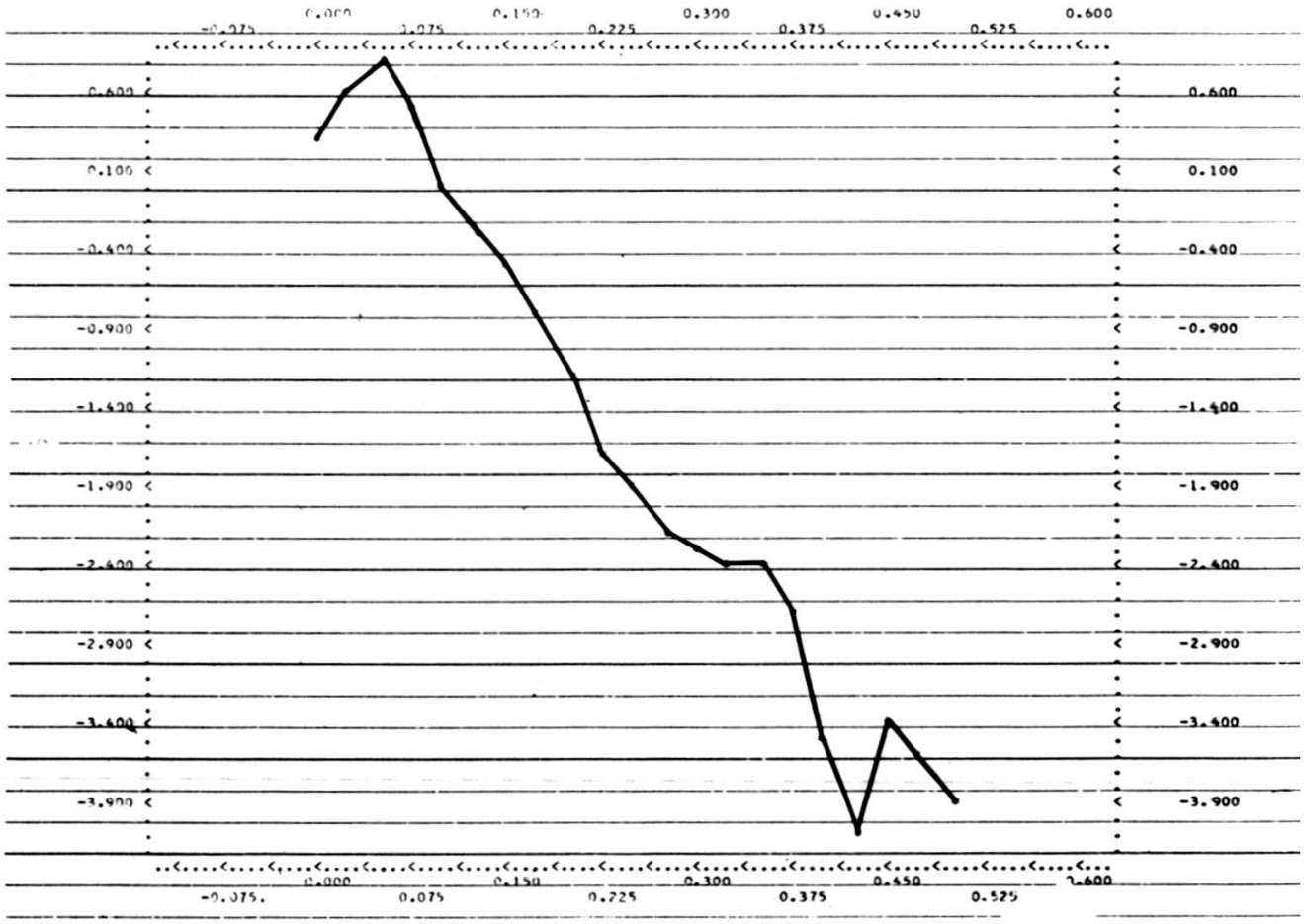
Graphique 4: *Spec..e de la série* $\frac{\textit{Etats-mois}}{\textit{Membres du Système}}$ *(Echelle logarithmique)*

Système intérétatique – Guerres Intra- et Extra-Systèmiques (1815–1965)

Graphique 5: Spectre de la série $\frac{\textit{Etats-mois}}{\textit{Membres du Système}}$ *(Echelle logarithmique)*

Système intérétatique – Guerre Intra-Systèmiques (1815–1965)



Graphique 6: Spectre de la série $\frac{\textit{Etats-mois}}{\textit{Membres du Système}}$ *(Echelle logarithmique)*

Système central