



Les scientifiques étrangers

ANTONY MAUVAIS

La France doit apprendre à les accueillir.

Comme tous les pays industrialisés, la France a un besoin vital des chercheurs étrangers, qui viennent travailler quelque temps dans nos laboratoires : même si le niveau scientifique de notre pays tient d'abord au budget qu'il y consacre ainsi qu'aux compétences indéniables de nos chercheurs, les échanges de chercheurs sont une clé de la réussite scientifique et technique, parce que les conférences, les publications et les échanges par le réseau *Internet* ne suffisent pas à transmettre les connaissances nouvelles. Une communauté scientifique et technique de haut niveau se développe par des contacts personnels, au cours desquels se confrontent les idées ou se montrent des «gestes», des tours de main, comme chez les Compagnons du Tour de France. La présence de chercheurs étrangers de haut niveau dans les équipes de recherche d'un pays est un bon indice de rayonnement scientifique. De surcroît, l'exemple de pays voisins démontre que ces échanges scientifiques sont un bon investissement, parce qu'ils débouchent souvent sur des développements économiques.

En conséquence, les ministères des affaires étrangères et de la recherche, ainsi que le CNRS, l'INSERM ou les universités, consacrent des sommes importantes à l'invitation des chercheurs étrangers de niveau postdoctoral. Les quelques milliers de chercheurs qui visitent ainsi les laboratoires français, chaque année, viennent principalement des pays industrialisés, pour des durées de quelques mois à quelques années, généralement pour un an. Ils sont souvent jeunes, et ils ne constituent pas une «menace pour l'emploi», car ils retournent le plus souvent dans leur pays (pour tant ce serait parfois notre intérêt de nous les attacher définitivement!).

Ces invités sont-ils bien reçus ? Resistent-ils suffisamment en contact avec les milieux scientifiques français ? La consultation d'un grand nombre de nos anciens invités a donné des résultats préoccupants : si nos hôtes ont gardé de leur

collaboration avec nos équipes un excellent souvenir, et s'ils ont maintenu avec leurs collègues français des relations personnelles et professionnelles fécondes, notre bureaucratie est fréquemment fustigée : «J'ai très difficilement obtenu des visas pour ma femme, mes deux enfants et moi-même. Le Consulat m'a fait remplir le même formulaire en six exemplaires, pour chacun de nous quatre, et il a refusé que je produise des photocopies. Comme il fallait, en outre, que les formulaires soient en français, j'ai dû payer un traducteur. Après cet exercice de calligraphie imposée, nous n'avons reçu que des visas temporaires, et nous avons dû reprendre les formalités à notre arrivée en France.» «J'ai dû aller faire la queue à quatre heures du matin, dans la pluie, afin d'obtenir une carte de séjour. On me l'a mal faite, de sorte que j'ai dû y retourner trois fois. C'était insultant et stupide.» «Mes mésaventures avec l'administration ont été enregistrées et envoyées à l'Ambassade de France. Il y a quelques semaines, un collègue m'a demandé si je recommandais une année sabbatique en France : j'ai dit oui, avec réserves. Ces dernières tenaient à l'inefficacité et à l'opacité de l'administration française, qui gêne beaucoup les visiteurs.»

Comment tolérer que les difficultés matérielles anéantissent les trésors d'énergie déployés par ailleurs... parfois par les administrations, pour faire venir les chercheurs dont la France a besoin. Alerté, le gouvernement a fait suivre les lois Pasqua sur l'immigration d'une Circulaire Pasqua-Veil, adressée à tous les préfets et qui leur demandait de désigner un correspondant qui réglerait les difficultés éventuelles.

Comment obtenir que soient suivies les recommandations de cette circulaire ? Comment informer avec précision ces scientifiques étrangers, et leurs collègues français qui les invitent, sur les formalités qu'ils ont à accomplir ? La Fondation Kastler, créée par l'Académie des sciences et quelques partenaires, s'est attelée à cette tâche.

En réalité, la situation doit s'améliorer de deux façons. Tout d'abord, pour que les chercheurs – nos invités et leurs hôtes français – règlent sereinement les formalités administratives, nous avons réalisé un *Guide des formalités administratives* : les formalités sont mieux maîtrisées grâce à une collaboration efficace et suivie avec tous les services administratifs concernés.

Toutefois ce premier travail est insuffisant : nous cherchons aujourd'hui à établir, dans les principales métropoles scientifiques, des bureaux d'accueils afin de résoudre les problèmes rencontrés par les invités ou par les chercheurs français qui veulent inviter des collègues. Une *Carte de Chercheur Invité* faciliterait l'installation de nos invités et permettrait aussi que soit établi le recensement de ceux-ci, condition indispensable à l'établissement de relations de suivi efficaces avec eux, après leur retour dans leur pays.

En effet, ces scientifiques qui ont fait chez nous des séjours utiles pour leur carrière ultérieure sont souvent, quand nous avons maintenu le contact avec eux, de bons ambassadeurs de notre pays : c'est avec eux en priorité, après qu'ils auront regagné leur pays pour y occuper des fonctions clés, que nous aurons à collaborer à nouveau, dans le domaine scientifique évidemment, mais aussi sur les plans technique, commercial, économique ou politique.

D'autres pays industrialisés ont souvent pris de l'avance dans l'établissement de telles relations ; sous peine d'être laissée pour compte, la France doit réagir. Un scientifique que nous aurons bien accueilli et avec lequel nous aurons établi après son retour des relations suivies et amicales aura à cœur de promouvoir la culture et l'économie de notre pays.

Antony MAUVAIS est secrétaire général adjoint de la Fondation nationale Alfred Kastler de l'Académie des Sciences.



Irène Joliot-Curie

PIERRE RADVANYI

Réservée, mais passionnée par ses recherches, elle découvre la radioactivité artificielle avec Frédéric Joliot. Elle sera secrétaire d'État sans avoir le droit de vote.

Les dynasties de scientifiques sont rares, celles de prix Nobel sont l'exception. Ce fut pourtant le cas d'Irène Joliot-Curie, fille aînée de Pierre et de Marie Curie, née le 12 septembre 1897, au domicile familial, rue de la Glacière, dans le XIII^e arrondissement de Paris. « Aussitôt rétablie, écrira sa mère, je repris le travail de laboratoire avec l'intention de préparer une thèse de doctorat » ; travail de thèse qui conduira Marie et Pierre Curie à la découverte du polonium et du radium, en 1898.

Pierre Curie meurt accidentellement en 1906. Irène n'a pas encore neuf ans. Elle subira l'influence de son grand-père, le médecin Eugène Curie, qui vient vivre chez Pierre et Marie Curie à partir de 1898. À partir de ses 10 ans, et pendant deux années, elle suivra les cours dispensés dans le cadre d'une « coopérative éducative » fondée par sa mère et par quelques amis : Marie Curie enseigne la physique, Paul Langevin les mathématiques et Jean Perrin la chimie.

En août 1914, au début des hostilités, elle écrit, de Bretagne où elle est en vacances, à sa mère rentrée à Paris : « Si tu te décides à rester à Paris et à me permettre de te rejoindre, tâche de savoir ce que je pourrais faire. Je sais par les journaux qu'il y a les cours des Femmes de France pour former rapidement des aides infirmières, mais je ne sais pas si on y accepterait une jeune fille de mon âge... ». Elle a tout juste 17 ans. Aussi, tout en préparant une licence de physique et de mathématiques à la Sorbonne, elle seconde Marie Curie comme infirmière radiologiste, pour l'installation et la mise au point d'unités radiographiques mobiles dans la zone du front et pour l'instruction de manipulatrices.

Elle racontera dans un article publié en 1954 dans la revue *Europe* : « Dès les premiers jours de la guerre, ma mère s'aperçut que les appa-

reils à rayons X, déjà assez employés par les médecins civils, étaient à peu près inconnus dans le service de santé militaire. Avec la même énergie avec laquelle elle avait décidé de traiter des tonnes de minerai sans aucun moyen matériel à sa disposition, elle décida [...] d'équiper des voitures et de se procurer des appareils transportables pour radiographier les blessés. [...] Ma mère m'apprit à me servir des appareils, [...] et m'emmena comme manipulatrice dans plusieurs de ses expéditions, entre novembre 1914 et mars 1915. Ensuite, les besoins en personnel augmentant, [...] ma mère, qui ne doutait pas plus de moi qu'elle ne doutait d'elle-même, n'hésita pas à me laisser seule, âgée de 18 ans, avec la responsabilité du service de radiographie, dans un hôpital anglo-belge, à quelques kilomètres du front,

près d'Ypres, avec en plus la tâche peu aisée d'enseigner les méthodes de localisation des projectiles à un médecin militaire belge, ennemi des notions les plus élémentaires de géométrie ». En effet, les radiologues prenaient des clichés de face et de profil des blessés, et quelques transformations géométriques leur permettaient de localiser précisément les éclats d'obus avant l'intervention du chirurgien.

LES DÉBUTS À L'INSTITUT DU RADIUM

Elle sera une compagne et une aide pour sa mère, avant de devenir son assistante à l'Institut du radium. La paix revenue, Irène Curie commence à travailler à l'Institut du radium, qui vient d'être achevé et qui est dirigé par Marie Curie (aujourd'hui, il fait partie intégrante de l'Institut Curie). Toute sa carrière scientifique s'y déroulera, jusqu'aux dernières semaines de sa vie.

Physicienne et chimiste, elle s'intéresse à la fois aux propriétés physiques et chimiques des éléments radioactifs, ou radioéléments, et à leurs applications. Elle signera toutes ses publications scientifiques Irène Curie, même après son mariage. Sa thèse de doctorat, soutenue en 1925, porte sur les caractéristiques des particules alpha émises par le polonium, sur les oscillations de leur parcours dans les gaz et sur les variations de leur pouvoir ionisant le long de leurs trajectoires. Le polonium émet des particules alpha et, pour les détecter, Irène utilise notamment une chambre à brouillard de Wilson : lorsque des particules traversent ce dispositif, elles font apparaître des gouttelettes le long de leurs trajectoires. On déduit de ces trajectoires diverses caractéristiques physiques du ralentissement de ces particules dans le gaz qui remplit la chambre. Les reconstitutions géométriques dans



Irène et sa mère Marie Curie, à l'Institut du radium, en 1921.

Association Curie et Joliot-Curie

l'espace des trajectoires matérialisées dans la chambre de Wilson devaient lui rappeler l'analyse des radiographies qui permettaient de localiser les éclats d'obus chez les blessés, pendant la guerre.

En 1923, Frédéric Joliot sort major de l'École de physique et chimie industrielles ; son directeur, Paul Langevin, le présente à Marie Curie, qui l'engage immédiatement comme préparateur particulier. En 1926, Irène épouse Frédéric ; ils collaborent étroitement de 1928 à 1935. Elle est timide, d'une grande simplicité, d'un abord distant en apparence ; lui est séduisant, inventif et brillant. Ils ont le même goût pour les activités sportives et pour la nature, ils partagent la même passion pour la recherche scientifique, les mêmes opinions sur la justice et le progrès social. Ils auront deux enfants, Héléne, née en 1927, et Pierre, né en 1932.

Frédéric et Irène Joliot-Curie mettent au point des procédés de préparation de sources de polonium très intenses, émettrices de particules alpha, concentrées sur de petites surfaces. Pour ce faire, ils utilisent le radium D patiemment accumulé par Marie Curie et par eux-mêmes. Le radium D, assez stable puisque sa période est égale à 22 ans, se transforme en se désintégrant en polonium (dont la période est égale à 138 jours). Irène et Frédéric préparent des solutions de polonium qu'ils déposent sur une feuille. Le solvant s'évapore et laisse sur le support du polonium concentré émetteur de particules alpha. Ils disposent ainsi de sources intenses de ces particules, qu'ils vont utiliser dans leurs expériences.

LA DÉCOUVERTE MANQUÉE DU NEUTRON

À la fin de 1931, Irène étudie avec Frédéric le rayonnement extrêmement pénétrant observé l'année précédente, à Berlin, par W. Bothe et H. Becker, lors de l'irradiation du béryllium ou du bore par des particules alpha. Grâce à leurs sources intenses de particules alpha, les deux chercheurs de l'Institut du radium découvrent, en janvier 1932, que ce rayonnement pénétrant a la propriété d'éjecter des protons très rapides quand il traverse une substance hydrogénée telle que la paraffine ou la cellophane ; ils pensent qu'il s'agit de rayons gamma d'énergie très élevée. Ils sont perplexes et s'interrogent sur l'origine d'une telle énergie. Ils ne pensent pas que ces rayonnements sont un nouveau type de particules. Leur expérience est reproduite un mois plus tard par James Chadwick, à Cambridge ; c'est lui qui découvre le neutron, particule sans charge, dont la masse est voisine de celle du proton. Ce sont ces «billes», et non un rayon-



Association Curie et Joliot-Curie

Pour préparer des sources intenses de particules alpha, Irène et Frédéric Joliot aspirent une solution de polonium au moyen d'une pipette et la déposent sur un support ; le liquide s'évapore et laisse un amas de polonium qui émet des particules alpha.

nement gamma de haute énergie, qui éjectaient les protons. Bien qu'ils y aient contribué, les Joliot ont manqué la découverte du neutron, et nous verrons que la même situation se reproduira pour Irène, lors de la découverte de la fission.

En 1933, peu après la découverte de l'électron positif, ou positon, par l'Américain C. Anderson, Frédéric et Irène Joliot-Curie observent dans leur chambre à brouillard, en même temps que des équipes anglaise et allemande, que les rayons gamma de grande énergie se matérialisent dans un écran de plomb en créant des paires d'électrons positifs et négatifs.

C'est à cette époque qu'ils découvrent la radioactivité artificielle : ils bombardent une feuille d'aluminium avec les particules alpha d'une de leurs sources intenses de polonium et constatent un excès de positons. Ils pensent d'abord que ces électrons positifs sont produits dans une réaction nucléaire et cherchent à déterminer, à l'aide d'un compteur Geiger-Müller, l'énergie minimum des particules alpha à partir de laquelle ils apparaissent.

En janvier 1934, ils découvrent que l'émission des positons décroît lentement, avec une période d'environ trois minutes, dès que la feuille d'aluminium n'est plus soumise au bombardement des particules alpha. En bombardant les atomes d'aluminium, ils ont créé de nouveaux noyaux radioactifs d'une espèce encore inconnue, des noyaux de phosphore 30, isotope radioactif du phosphore 31. Cette nouvelle sorte de désintégration radioactive conduit au silicium 30 stable par

émission de positons. Deux semaines plus tard, ils démontrent chimiquement que c'est bien du phosphore radioactif qui a été formé dans l'aluminium. Ils ont découvert la radioactivité artificielle.

LA RADIOACTIVITÉ ARTIFICIELLE

Le jeune couple de savants montre ainsi que la radioactivité est un phénomène beaucoup plus général que ne l'avaient imaginé Pierre et Marie Curie 35 ans auparavant.

Frédéric Joliot racontera plus tard : «Marie Curie a été témoin de nos recherches, et je n'oublierai jamais l'expression de joie intense qui s'est emparée d'elle lorsque Irène et moi lui avons montré, dans un petit tube de verre, le premier radioélément artificiel. Je la vois encore, prenant entre ses doigts, déjà brûlés par le radium, ce petit tube de radioélément, d'activité encore bien faible. Pour vérifier ce que nous lui annoncions, elle l'approcha d'un compteur Geiger-Müller et elle put entendre les nombreux tops du numérateur de rayons. Ce fut sans doute la dernière grande satisfaction de sa vie. Quelques mois plus tard, Marie Curie décédait d'une leucémie.»

La découverte de la radioactivité artificielle n'a pas eu seulement une très grande importance pour la science de la radioactivité et la physique nucléaire. Elle a conduit également à des développements et à des applications considérables en astrophysique, en chimie et dans l'in-

dustrie ; la radiothérapie a commencé à utiliser de nouvelles sources de rayonnement, tel le radiocobalt. On obtint des indicateurs radioactifs de tous les éléments chimiques, ce qui favorisa l'essor de la biologie, de la pharmacologie et des méthodes de diagnostic médical. Frédéric et Irène Joliot-Curie reçurent le prix Nobel de chimie de 1935 pour leur découverte de la radioactivité artificielle.

Après leur découverte, les deux chercheurs se voient confier diverses fonctions et responsabilités. Frédéric devient professeur au Collège de France et prend la direction de deux laboratoires. En 1936, Irène entre avec deux autres femmes dans le gouvernement de Front populaire de Léon Blum (alors que les femmes n'ont pas encore le droit de vote !). Elle devient, de juin à septembre, le premier sous-secrétaire d'État à la Recherche scientifique ; à l'automne, elle démissionne, passant, comme il était convenu, le flambeau à Jean Perrin, pour reprendre ses activités de recherche et d'enseignement. En 1937, elle devient maître de conférences, puis professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Paris.

À QUELQUES PAS DE LA FISSION

À la suite de la découverte de Frédéric et Irène Joliot-Curie, Enrico Fermi et son équipe, à Rome, découvrent un grand nombre de radioéléments artificiels en bombardant tous les éléments chimiques connus avec des neutrons (lesquels, étant neutres, pénètrent facilement dans les noyaux, même lourds). Ce faisant, ils observent dans l'uranium, le plus lourd des éléments, plusieurs activités nouvelles qu'ils attribuent à des éléments qui n'existent pas dans la nature et qu'ils nomment transuraniens. À Berlin, Lise Meitner, Otto Hahn et Fritz Strassmann reprennent cette étude et identifient neuf nouveaux transuraniens.

En 1937, Irène Joliot-Curie et le physicien yougoslave Paul Savitch bombardent de l'uranium avec des neutrons et identifient un nouveau radioélément (le $R_{3,5h}$) en suivant son rayonnement à travers un écran de cuivre épais ; sa période est égale à 3,5 heures, et ses



Irène Joliot-Curie, dans son laboratoire de chimie, en 1946.

propriétés ressemblent à celles des terres rares. Ils se demandent s'il ne s'agit pas d'un isotope de l'actinium, mais tel ne paraît pas être le cas ; serait-ce un transuranien de plus ? Ils écrivent, en juillet 1938 : « Dans l'ensemble, les propriétés de $R_{3,5h}$ sont celles du lanthane, dont il semble jusqu'ici qu'on ne puisse le séparer que par fractionnement. » Sans le savoir, ils sont très près de la vérité.

En lisant leur publication, Strassmann et Hahn se demandent si $R_{3,5h}$ n'est pas mélangé avec un isotope du radium. Les deux chimistes allemands reprennent leurs séparations chimiques pour rechercher du radium dans l'uranium irradié par les neutrons. Ils croient mettre en évidence plusieurs isotopes du radium ; mais, en vérifiant rigoureusement leurs résultats, ils découvrent, en décembre 1938, qu'il s'agit d'un élément beaucoup plus léger, le baryum, se désintégrant en lanthane. Ils montrent ainsi qu'un neutron peut casser un noyau d'uranium en deux noyaux plus petits. C'est la découverte de la fission. Ainsi, Irène Joliot-Curie avait bien observé du lanthane, mais des traces d'yttrium, de même période que le lanthane, perturbaient les résultats.

À partir des années 1930 et jusqu'à la fin de sa vie, Irène est victime d'attaques de tuberculose qui l'obligent à plusieurs séjours en sanatorium. Après la mort de Marie Curie, elle devient membre permanent du conseil de la Fondation Curie (aujourd'hui l'Institut Curie). De 1946

à 1951, elle est l'un des commissaires à l'Énergie atomique, auprès du haut-commissaire Frédéric Joliot, et est chargée plus particulièrement de suivre les questions de prospection géologique et de matières premières.

En 1946 également, à la suite d'André Debièvre, elle devient professeur titulaire de la chaire de physique générale et radioactivité de la Faculté des sciences de Paris et directrice du laboratoire Curie de l'Institut du radium. Dès 1942, elle avait plaidé pour une extension de l'université vers la vallée de Chevreuse. Au début des années 1950, elle découvre, à Orsay, un site approprié à la réalisation d'un complexe de laboratoires qui sera à l'origine de l'Université Paris-Sud. Elle obtient les crédits nécessaires à la construction et à l'équi-

pement d'un laboratoire de physique nucléaire, où sera transféré l'essentiel des activités du laboratoire Curie et du laboratoire de Frédéric Joliot du Collège de France.

Irène Joliot-Curie meurt à Paris, le 17 mars 1956, d'une leucémie subaiguë consécutive à ses travaux et à l'exposition aux rayons X subie pendant la guerre de 1914-1918. Des obsèques nationales sont décrétées.

Profondément imprégnée d'un idéal laïque et républicain, elle est souvent intervenue pour les droits des femmes, pour le progrès social, contre le fascisme, puis contre la course aux armements nucléaires. A maintes reprises au cours de sa vie, elle a souligné l'importance de la recherche fondamentale et de l'enseignement des sciences pour tous.

À l'initiative de l'Association Curie et Joliot-Curie, un hommage a été rendu à Irène Joliot-Curie à l'occasion du centième anniversaire de sa naissance. Cette cérémonie s'est déroulée à l'Institut Curie, à Paris, le mardi 25 novembre, sous le haut patronage et avec la participation de Claude Allègre, ministre de l'Éducation nationale, de la recherche et de la technologie. Georges Charpak a évoqué l'œuvre scientifique d'Irène Joliot-Curie.

Pierre RADVANYI, directeur de recherche émérite au CNRS, au Laboratoire national Saturne, à Saclay, est le secrétaire général de l'Association Curie et Joliot-Curie



Les fractales et la Bourse

BENOIT MANDELBROT

Comment modéliser les fluctuations de la Bourse par une transformation géométrique très simple.

Regardons les diagrammes ci-contre. Certains sont des chroniques de changements successifs d'un prix coté en Bourse, d'autres sont des simulations réalisées à partir de modèles : l'objet des simulations est de saisir au moins une parcelle de la réalité des cours de bourse afin de l'analyser.

Une telle analyse intéresse l'économiste, qui cherche à comprendre la nature des marchés, l'assureur, qui cherche à diminuer les risques, et le spéculateur, qui cherche à mettre les risques à son service. Pour atteindre ces buts, une condition reste incontournable : il faut décrire la réalité. Or on ne connaît que ce que l'on sait imiter, ce qui explique les grands investissements de la société dans la recherche de modèles performants.

Les mots précédents ne suscitent aucune controverse, mais l'appel aux images n'est pas typique des sciences dites «dures», ni de celles qui aspirent à le devenir. L'idéal classique est de tout réduire à l'analyse mathématique et à la mesure d'un petit nombre de paramètres caractéristiques. Pour les buts de cette chronique, tout au contraire, l'œil est un instrument indispensable qui mérite qu'on lui redonne son importance, tout au moins dans les premiers stades des théories. Cette foi dans les vertus de l'apparence a prouvé sa richesse et son efficacité : l'étude des fractales a été prolongée et appliquée dans tous les domaines scientifiques. Dans le cas des bourses, la même vision suggère que, pour juger de la valeur d'un modèle, il est bon d'examiner attentivement les courbes qu'il produit.

Les images représentant (ou imitant) les prix eux-mêmes ne disent pas grand-chose, et nul ne doute que les images puissent tromper. Mais on peut de même être trompé par les mots et même par les formules statistiques lorsqu'on les applique là où elles ne sont pas appropriées.

Le hasard n'est pas unique et se présente sous trois formes distinctes au moins. Le hasard usuel, celui des tirages

à pile ou face, est «bénin», tandis que tout suggère que la Bourse est soumise à une forme «sauvage» de hasard. La différence notable entre ces types de hasard est que nombre des outils statistiques actuels ne sont applicables qu'au hasard bénin. Donc, sans laisser le dernier mot à l'œil (ne serait-ce justement que parce qu'il ne s'exprime pas verbalement), le visuel est indispensable. Or, parmi les courbes ci-contre, l'œil distingue immédiatement des structures plus ou moins simples et d'autres qui sont incontestablement compliquées. Nous allons les examiner dans un premier temps, puis révéler leur source.

La structure la plus simple est représentée sur le diagramme 1a où les variations se maintiennent dans une bande «normale» très étroite, un serpent, et tout petit bout de cette chronique est presque pareil à tout autre petit bout. Tout cela correspondrait à une «volatilité», c'est-à-dire à une amplitude des fluctuations constante dans le temps.

Quant aux diagrammes les plus compliqués, certains représentent des données réelles, d'autres des simulations obtenues avec mon nouveau modèle, dit multifractal, que nous décrirons plus loin. Dans les unes et les autres, on identifie deux caractéristiques des cours des bourses : il est des jours noirs où un prix dégringole de façon instantanée ou presque, correspondant à un changement «hors toute norme», et une alternance (très irrégulière) de périodes de faible volatilité et d'autres qualifiées par les boursiers de «turbulentes».

Considérons maintenant les diagrammes simples. Dans 1b, il y a bien des pics, plus intenses même que dans les diagrammes les plus compliqués. Mais ces pics sont isolés, et il reste un «serpent» de volatilité plus ou moins constante comme dans le diagramme 1a. Quant au diagramme 1c, il ne présente pas de pics, mais le fond monte et descend de façon apparemment cyclique.

En conclusion provisoire, le diagramme le plus simple et les diagrammes

