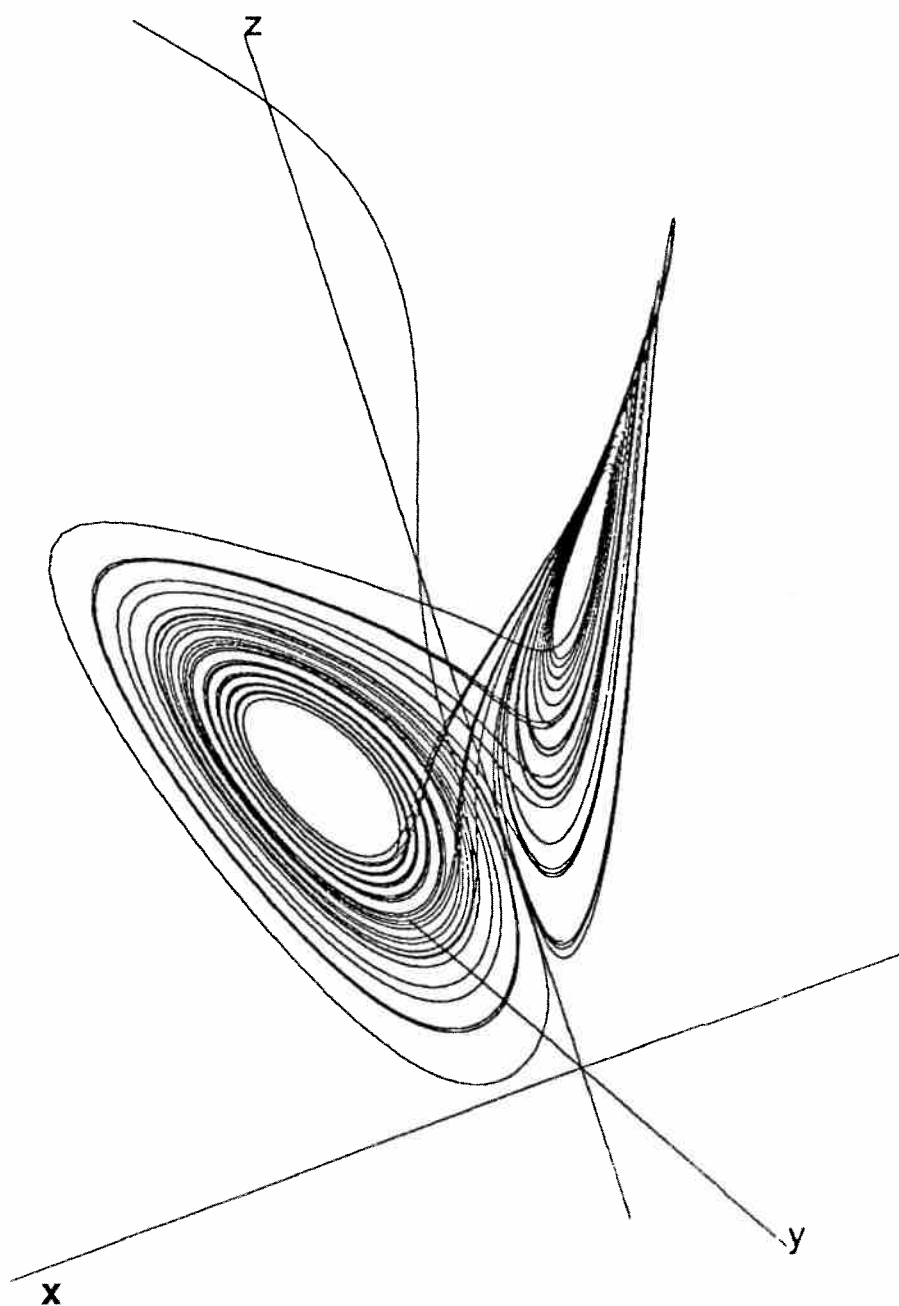


# Société des Enseignants Neuchâtelois de Sciences



bulletin n° 16, oct. 1993

Une conférence, un livre, une réaction d'élève sont susceptibles d'intéresser d'autres collègues. Pourquoi de pas faire figurer cette information dans le bulletin ?

**Edition:** Société des enseignants neuchâtelois de sciences (SENS).

**Comité de la SENS:** Christian Bazzoni (vice-président, délégué coll. informatique), Christian Berger, Pierre-André Bolle (caissier), Michel Favez (délégué coll. physique), Michel Favre (président, délégué coll. mathématique), François Goetz, Françoise Jeandroz, Jean-Pierre Launaz (secrétaire), Willy Reichenbach (délégué coll. biologie), Denis Sermet.

**Equipe de rédaction du Bulletin:** Jacques-André Calame, Michel Favre, François Jaquet, Françoise Jeandroz, Jacques Méry, Luc-Olivier Pochon.

**A collaboré à ce numéro:** Marcel-Yves Bachmann, Jean-Jacques Pilloud, Philippe Voumard.

**Couverture:** Attracteur étrange de Lorenz extrait de l'article de Jean-Jacques Pilloud.

**Délai pour transmettre vos contributions au prochain numéro:** 15 janvier 1994

# physique

## LE CHAOS, un aperçu (deuxième partie)

Jean-Jacques Pilloud

Gymnase cantonal de Neuchâtel

### Résumé de la première partie

On a commencé par examiner le comportement du pendule simple, sans frottement, dans le *plan de phase*, c-à-d sur un diagramme position/vitesse, ce qui donne une ellipse. Puis, ajoutant du frottement, on constate que l'ellipse devient une spirale convergent vers l'origine, point qui est ainsi un *attracteur*. Ensuite on s'est mis à secouer de façon périodique le point de suspension du pendule amorti. Dans l'espace de phase, la trajectoire est alors très irrégulière selon certaines valeurs de paramètres (frottement, fréquence et amplitude de la sollicitation extérieure...). Le comportement du pendule est qualifié de chaotique. Mais chaos n'est pas synonyme de désordre total, il y a des critères bien définis. Ainsi un système physique, pour être chaotique, et pour avoir un attracteur dit *étrange* (dimension fractionnaire - *fractale*) doit être dissipatif, doit pouvoir être décrit dans un espace de phase à trois dimensions au moins, et son équation différentielle (ED) doit comporter une non-linéarité. Ces conditions sont nécessaires, bien que non suffisantes. Devant la complexité du sujet, on utilise une astuce qui consiste à couper la trajectoire dans l'espace de phase par un plan judicieusement choisi; on obtient ainsi une suite de points appelée section de Poincaré. Si la dissipation est suffisante, il se peut que ces points se répartissent selon pratiquement une ligne. L'étude peut alors se ramener à l'examen de cette succession de points, ce qui consiste, non plus à la résolution d'ED compliquées, mais d'itérations à une dimension. Comme pour faire comprendre, l'exemple n'est pas le meilleur moyen mais le seul, en voici deux.

### Premier exemple: l'attracteur de Lorenz

C'est peut-être le plus célèbre et l'un des plus faciles à examiner. De plus, historiquement, Lorenz est semble-t-il le premier à avoir mis en évidence le comportement chaotique du système décrit par ses équations. Son idée était d'obtenir un modèle très simplifié des phénomènes atmosphériques (Lorenz est météorologue!). La dynamique des fluides lui permit d'établir le système d'ED non linéaires (le flot) :

$$\begin{aligned}
 dx/dt &= 10(y - x) \\
 dy/dt &= 28x - y - xz \\
 dz/dt &= -(8/3)z + xy
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

On se permettra de ne pas discuter ici la signification physique des variables. Même option pour les coefficients numériques qui sont des valeurs particulières de paramètres intervenant en dynamique des fluides et choisies pour obtenir un comportement chaotique (à la grande surprise de Lorenz lui-même d'ailleurs, bien qu'il fut l'auteur du choix).

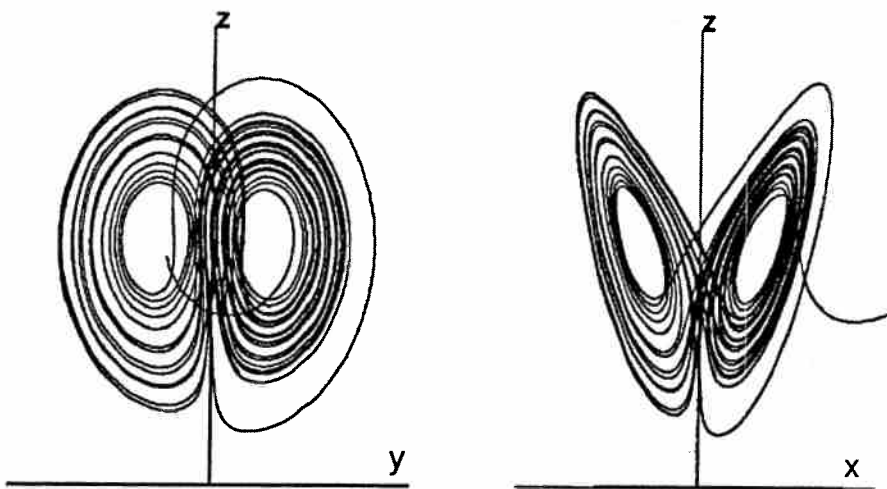


Fig. 7

Ci-dessus, deux *projections* de ce fameux attracteur. Voir aussi la page de couverture.

Ci-dessous, les coordonnées  $y(t)$  et  $z(t)$ , mettant aussi en évidence l'imprévisibilité du passage d'une "oreille" à l'autre.

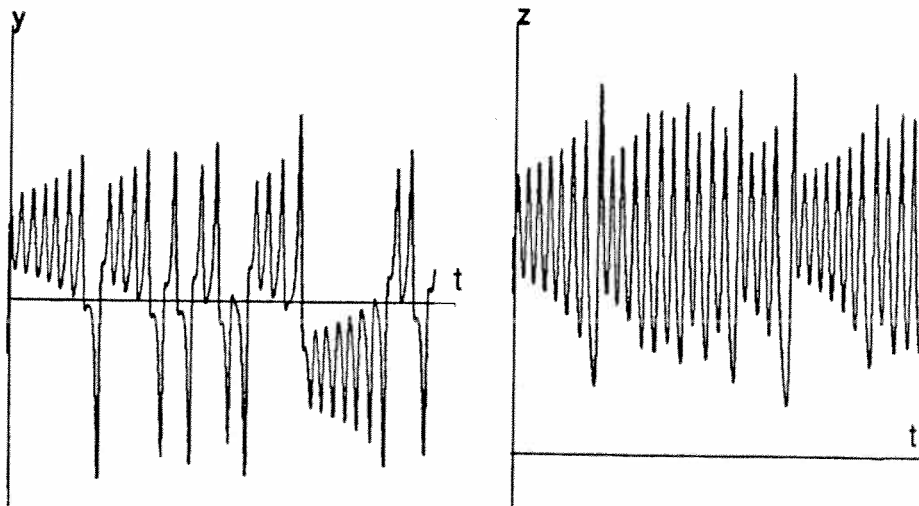
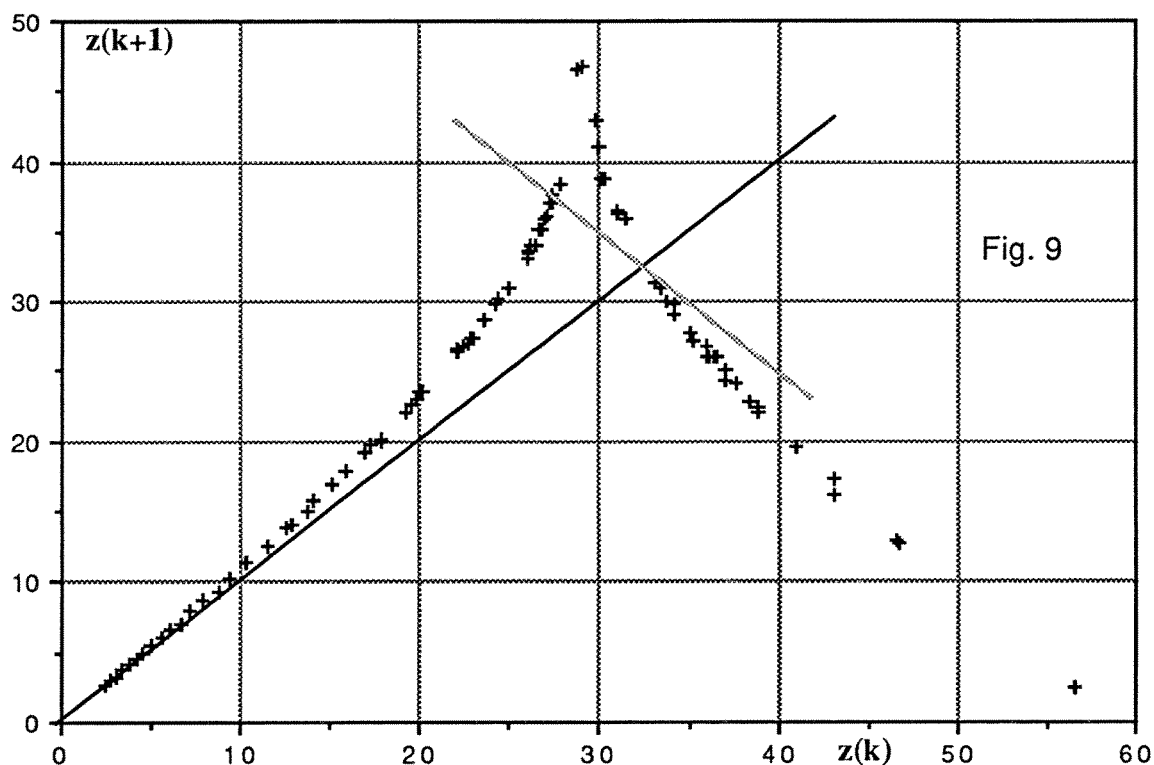


Fig. 8

N'en restons pas là et relevons par exemple les maxima de la coordonnée  $z$  et soient  $z_k$  les points de cette suite. Reportons ensuite graphiquement ce qu'on appelle une *carte* ou *application de premier retour*, c'est-à-dire  $z_{k+1}$  en fonction de  $z_k$ . Et c'est ici qu'on s'extasie!

(Le graphe ci-dessous a été obtenu au moyen d'une figure semblable à la fig. 8 mais comportant passablement plus de points).



Bien qu'on ne constate pas de régularité en regardant la suite des  $z_k$ , on est tout ébahi de voir surgir une telle corrélation dans cette représentation. Il est à noter que la courbe que forme les points possède un maximum. On a tracé la bissectrice et un segment de pente  $-1$ , ce qui servira un peu plus loin.

### Deuxième exemple: l'attracteur de Rössler

A notre connaissance, il n'est pas la modélisation d'un système physique existant, il a été fabriqué de toute pièces par son auteur parce qu'il est simple mais pourtant chaotique selon certaines valeurs des paramètres, qui ne sont ici que les coefficients des variables. On note qu'il n'y a de non-linéarité que dans la troisième équation. Le flot (les ED du premier ordre) est:

$$\begin{aligned} dx/dt &= -y - z \\ dy/dt &= x + 0,2y \\ dz/dt &= 0,2 + (x - 5,7)z \end{aligned} \quad (12)$$

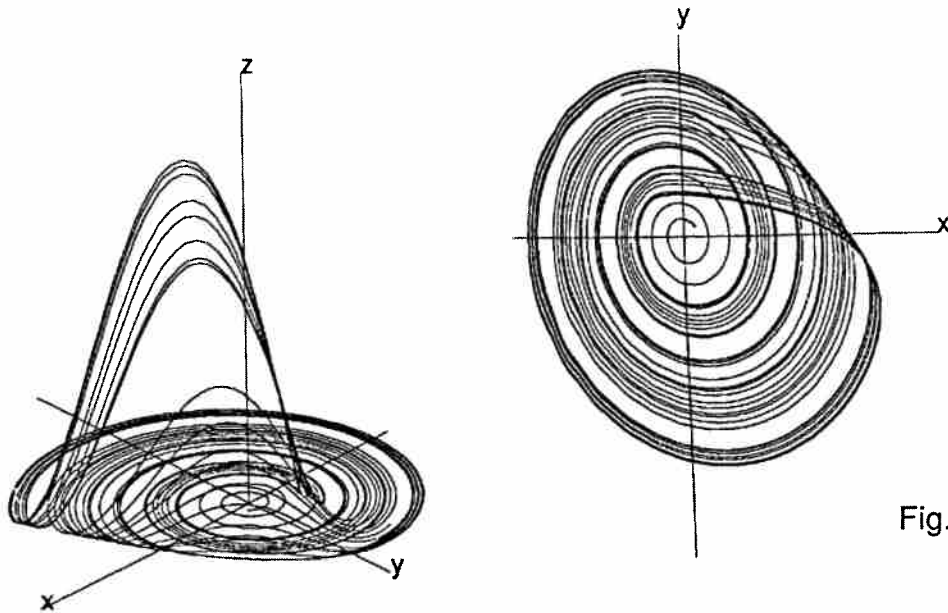


Fig. 10

Ci-dessus la vue dans ses trois dimensions de l'attracteur de Rössler et sa projection sur le plan horizontal. On y voit bien la spirale qui sort du plan pour éviter le croisement, y retourne pour y spiraler à nouveau.

Ci-dessous, les coordonnées  $y(t)$  et  $z(t)$  illustrant encore le caractère imprévisible du comportement.

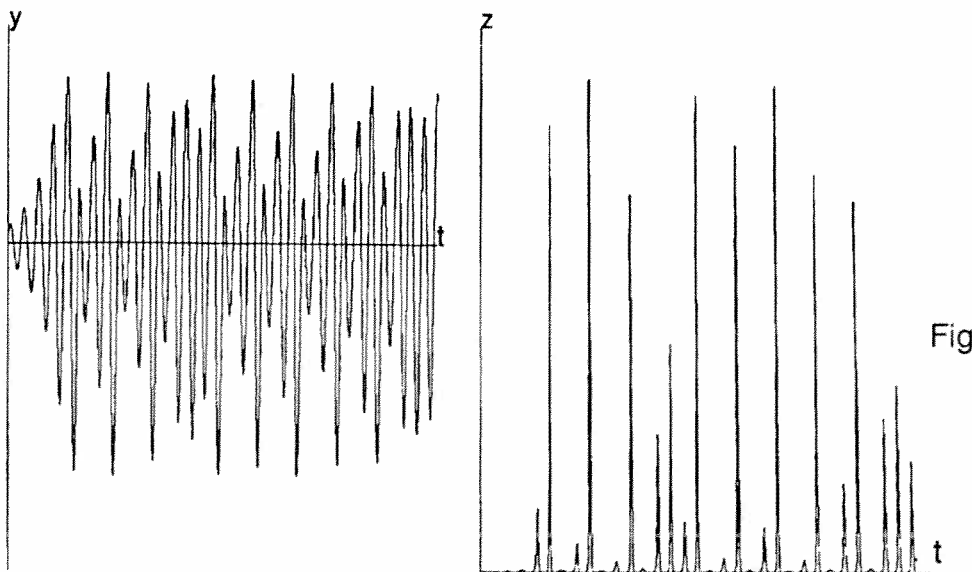
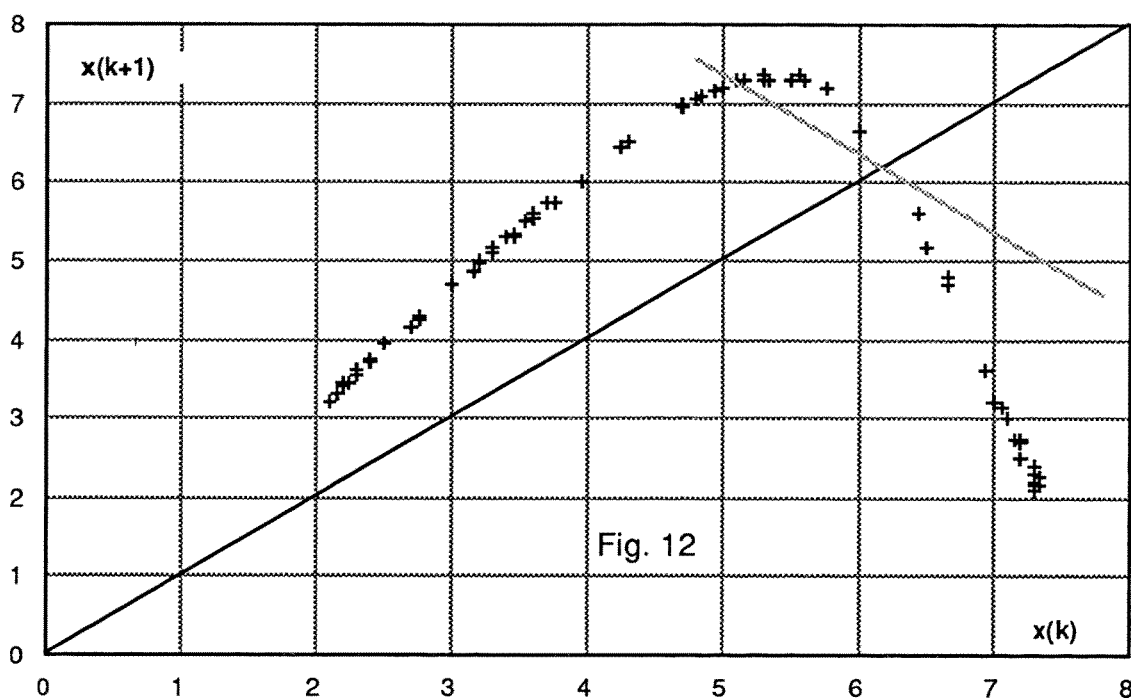


Fig. 11

Comme pour l'attracteur de Lorenz, on relève les valeurs maximales d'une coordonnée, ici  $x$ , et on effectue une application de premier retour, ce qui donne la distribution de points étonnamment alignés de la figure 12:



Ces deux exemples ont au moins deux points communs visibles sur les applications de premier retour (fig. 9 et 12) :

a) L'existence d'un *maximum*, ce qui implique que l'application est non-inversible (non bijective): si à une valeur de l'abscisse correspond une valeur de l'ordonnée, l'inverse n'est pas vrai, il y a deux valeurs d'abscisse pour une valeur d'ordonnée. On devine là la source d'une indétermination.

b) On a tracé la bissectrice et un segment de pente  $-1$  à l'intersection de la bissectrice et de la courbe. On constate qu'au voisinage de ce point, la dérivée de la courbe qui joindrait les points est, en valeur absolue, supérieure à 1.

Ces deux particularités sont en quelque sorte *les signatures du chaos*, qu'on va revoir par une démarche toute différente en apparence.

On établit ainsi la relation, promise en début d'article, entre la dynamique chaotique et l'imprévisibilité, qu'on qualifierait alors de chaotique, qui apparaît en itérant des applications quadratiques simples comme on va le voir sous peu.

Mais auparavant, faisons un brève parenthèse *expérimentale*. Jusqu'ici, tout ce qui a été obtenu ne sont que des exploitations d'intégrations numériques d'équations différentielles de modèles théoriques. Comment s'y prendre si on est en présence d'un vrai système physique pour dégager ce qui pourrait ressembler à une application de premier retour et ainsi établir l'existence d'un régime chaotique?

Il y aurait au moins deux méthodes assez faciles à mettre en oeuvre.

- S'il s'agit d'un système excité périodiquement, tel un pendule entretenu, on peut prélever la position  $x$  à intervalles de temps égaux. On obtient une succession de valeurs  $x(t + k\tau)$ ,  $k$  entier et  $\tau$  étant la période de l'excitation. Cela revient à faire un enregistrement stroboscopique du phénomène, "trigé" par l'excitation. On reporte alors  $x(k+1)$  en fonction de  $x(k)$  pour avoir une application de premier retour. On reporterait  $x(k+2)$  en fonction de  $x(k)$  qu'on obtiendrait l'application de deuxième retour! Cela peut servir car il est possible de montrer qu'il y a une correspondance les variables de phase  $(x,y,z)$  et les variables retardées  $(x_k, x_{k+1}, x_{k+2})$ .

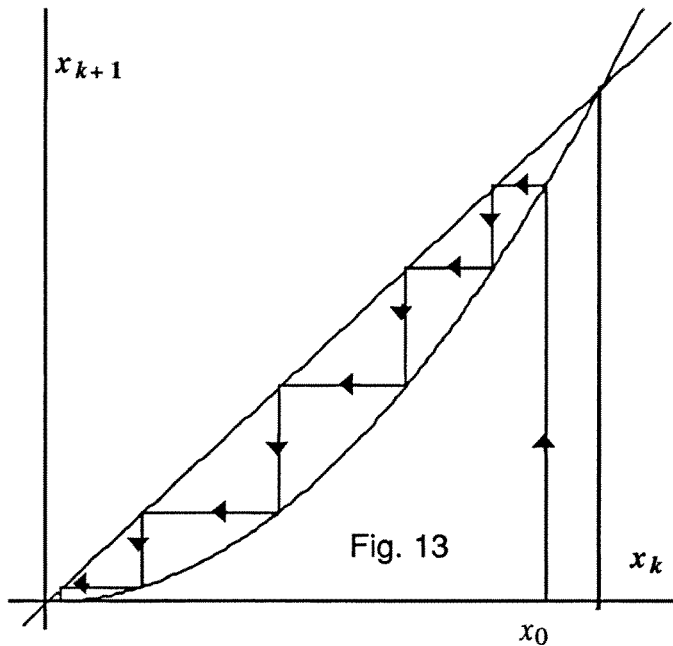
- Une autre façon est de prélever position et vitesse simultanément, celle-ci s'obtient aisément en ajoutant en parallèle un simple circuit RC bien calculé pour obtenir la dérivée analogique de la position. On reportera alors  $dx/dt$  en fonction de  $x$ . Il est aussi possible de montrer une correspondance, de nature topologique, entre les variables  $(x,y,z)$  et  $(x, dx/dt, d^2x/dt^2)$ .

## Le chaos, mais c'est très simple...

Une section de Poincaré peut donc se présenter comme une suite de points  $x_k$  confinés pratiquement sur une ligne. L'évolution du phénomène chaotique se traduit par le passage d'un point au suivant par une relation du type:

$$x_{k+1} = f(x_k)$$

ce qui revient à faire une itération.



Connaissant  $f$ , cette itération peut naturellement se faire par calcul direct mais aussi graphiquement et de manière très simple:

Choissant un point  $x_0$  sur l'abscisse, on trouve par une verticale le point  $x_1$  sur la courbe. L'ordonnée de  $x_1$  est convertie en abscisse par l'intermédiaire de la bissectrice pour l'itération suivante, et ainsi de suite. Dans l'exemple ci-contre, on a choisi la fonction  $y = x^2$ , qui se traduit par

$$x_{k+1} = x_k^2$$

Comme attendu, il y a convergence vers zéro si le point initial est  $x_0 < 1$ .

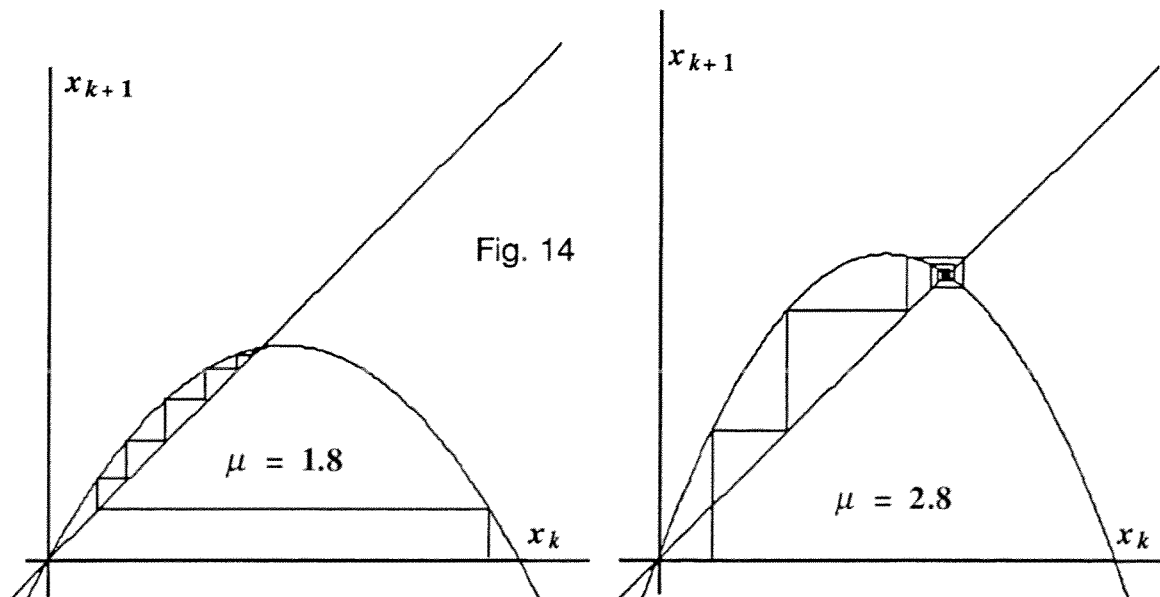
Considérons maintenant la fonction quadratique :  $y = \mu x(1-x)$  (13)

C'est une parabole tournée vers le bas pour  $\mu > 0$ .

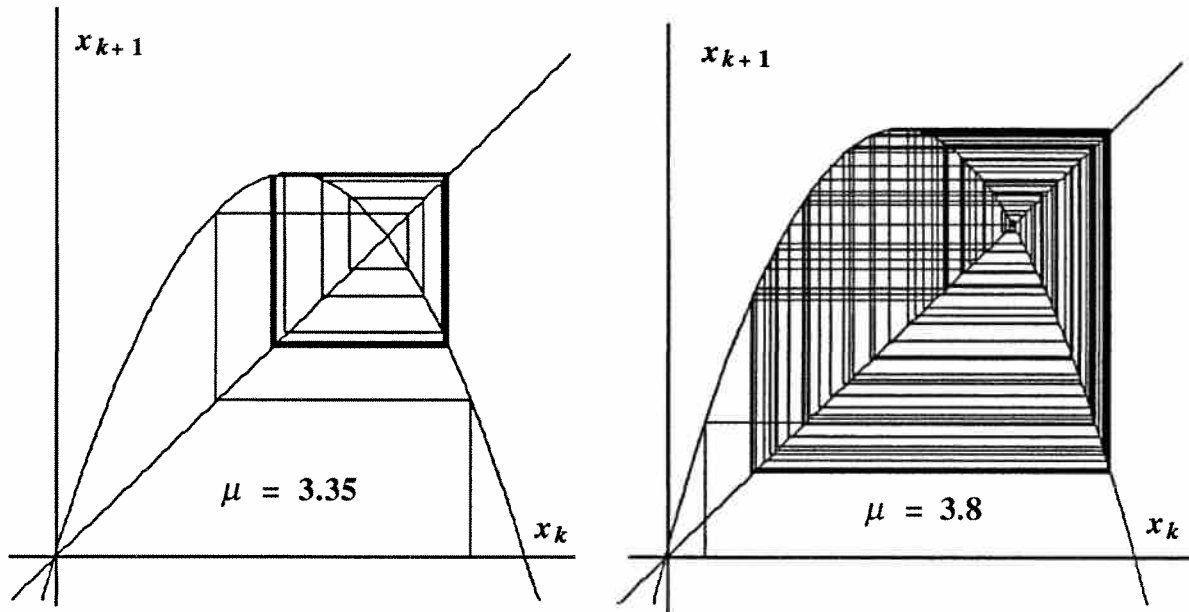
On la transcrit en l'équation itérative:

$$x_{k+1} = \mu x_k(1-x_k)$$
 (14)

Itérons-là pour quatre valeurs de  $\mu$ . On verrait facilement que pour  $\mu < 1$ , le point d'accumulation est l'origine, ce qui n'est pas bien intéressant. Examinons plutôt ce qui se passe pour  $1 < \mu < 4$  en prenant un point initial n'importe où dans l'intervalle  $[0,1]$ . On obtient les diagrammes de la figure 14:







Pour  $\mu$  compris entre 1 et 3, l'accumulation a lieu à l'intersection avec la bissectrice, valeur qu'on trouve en posant  $y = x$  dans (13), ce qui donne  $x_1^* = (\mu - 1)/\mu$ .

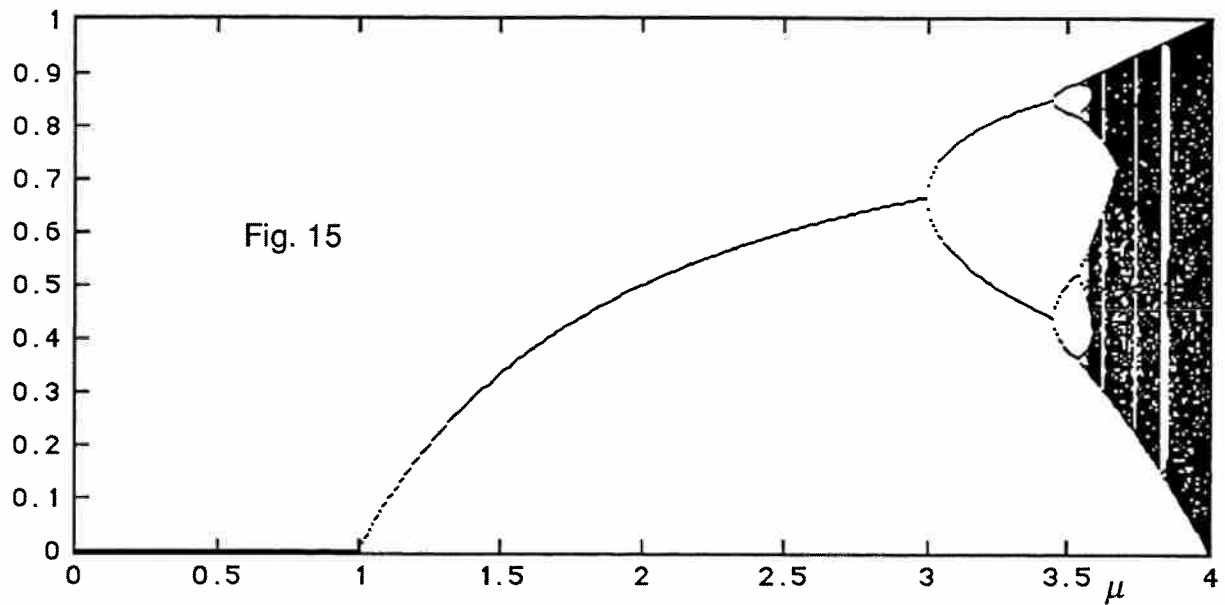
Dès  $\mu = 3$ , les choses bizarres commencent:

- pour  $\mu$  compris entre 3 et 3,4495... il n'y a plus *un* point d'accumulation mais *deux*, de part et d'autre du premier (et non symétriquement). C'est la figure correspondant à  $\mu = 3,35$ . On assiste à un *doublément de période*: deux itérations à faire pour retrouver le même point.
- pour  $\mu$  compris entre 3,4495... et 3,5445... il y a un nouveau doublément de période, qui fait apparaître quatre point fixes.
- ... et ainsi de suite jusqu'à  $\mu = 3,56994568...$ , valeur pour laquelle il y aurait eu une infinité de dédoublements. C'est ici qu'on entre dans le chaos! Juste avant, la suite des périodes se faisait comme  $2^n$ .

Si on n'interrompt pas l'ordinateur qui calcule les itérations et les montre sur le diagramme, la figure devient complètement noire, tous les points seront atteints, mais pas du tout dans l'ordre! (et dire que c'est une simple parabole!)

Ce chaos se poursuit jusqu'à  $\mu = 4$  au moins, mais pourtant avec des *fenêtres de périodicité*. En effet, pour par exemple  $\mu = 3,57751$ , il surgit une période d'ordre 20. On trouve aussi une large fenêtre de période 3 pour  $\mu$  compris entre 3,829 et 3,841 environ; on la perçoit sur la figure 15. Etc, etc.

Une vision synthétique de ce fourbi est donnée par ce qu'on nomme un *diagramme de bifurcation*. Il contient en ordonnée les valeurs des points d'accumulation et les valeurs du paramètre  $\mu$  en abscisse. Pour la fonction (14), c'est la figure 15. on y voit qu'il n'y a qu'un point stable tant que  $\mu < 3$ , valeur à laquelle apparaît une première bifurcation, suivie très rapidement par d'autres, jusqu'au chaos, pour lequel il n'y a plus de point stable. On distingue dans ce domaine chaotique quelques zones de non-chaoticité.



Il n'est pas dans nos intentions (et nos compétences) d'entrer dans de vastes explications. On se propose pourtant d'examiner le rôle joué par la valeur de la *dérivée* de la fonction au voisinage d'un point d'accumulation.

Soit la fonction  $x_{k+1} = f(x_k)$  et soit  $x^*$  le point d'intersection avec la bissectrice  $x_{k+1} = x_k$ .

Soit aussi  $\varepsilon$  un petit écart et  $x^\circ$  le point correspondant. En développant au premier ordre (Taylor), on peut écrire:

$$x^\circ = f(x^* + \varepsilon) = f(x^*) + \varepsilon f' |_{x^*} = x^* + \varepsilon f' |_{x^*}$$

ce qui montre que l'écart à  $x^\circ$  diminue si  $f'$  est, en valeur absolue, inférieure à 1; le point  $x^*$  est alors qualifié de stable lors des itérations: tous les points s'en approcheront.

Si on regarde les fig. 9 et 12, on constate qu'il ne doit alors pas y avoir stabilité, la dérivée de la courbe au point d'intersection avec la bissectrice étant  $< -1$ , ce qui peut confirmer la situation chaotique des deux exemples d'attracteurs choisis.

Il n'est pas très difficile d'observer, un peu empiriquement, comment se produisent ces pertes de stabilité et ces doubléments de période à mesure qu'augmente le paramètre. Faisons-le sur la fonction quadratique (13):  $y = \mu x(1 - x)$ . Nommons-la  $f_1$ .

Une première itération revient à écrire:  $z = \mu y(1 - y)$ , qu'on nomme alors  $f_2$ , c'est évidemment un fonction du 4<sup>ème</sup> degré. Le degré augmente comme  $2^{n+1}$ , où n est le nombre d'itérations. La deuxième itération donnera ainsi une fonction  $f_3$  qui sera du 16<sup>ème</sup> degré, et ainsi de suite.

Au moyen d'un programme capable de tracer aisément de telles fonctions (voir réf. en fin d'article), on examine  $f_1$ ,  $f_2$  et  $f_3$ . C'est la figure 16. Plaçons-nous dans une région où il y a quadruplement de période, c'est à dire pour  $\mu = 3,52$ .

Que faut-il regarder sur cette figure?

- les fonctions  $f_1$ ,  $f_2$  et  $f_3$ ,
- la bissectrice  $y = x$ ,
- la droite  $y = 1 - x$  qui donne la direction des dérivées de pente  $-1$ ,
- les dérivées qui sont indiquées par des segments à double flèche.

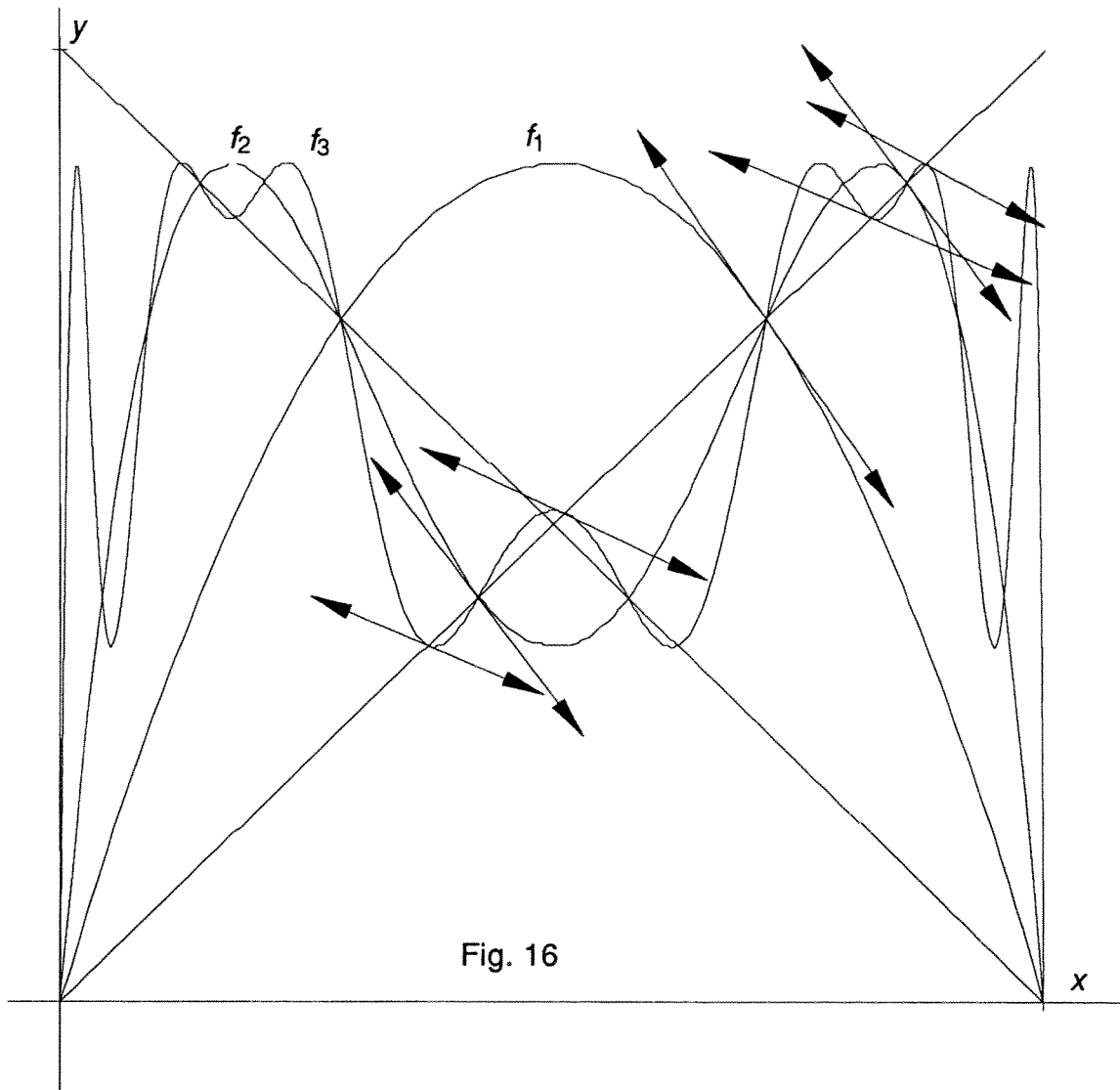


Fig. 16

On constate ainsi que  $|f_1'| > 1$  à l'intersection avec  $y = x$ , ce qui indique bien que ce point n'est désormais plus stable.

On constate encore que  $f_2$  ne donne pas de points stables puisque  $|f_2'| > 1$ ; il y a eu bifurcation par dédoublement de période, mais à  $\mu = 3,52$ , ces deux points sont devenus instables.

Par contre, pour cette valeur du paramètre, chacun de ces deux points a donné lieu à une nouvelle bifurcation, faisant naître quatre points, qui sont tous stables, comme le montre  $|f_3'| < 1$ .

Terminons en montrant qu'une instabilité, si elle existe, évolue exponentiellement au cours des itérations successives. Cela devrait illustrer la divergence exponentielle au cours du temps des trajectoires dans l'espace de phases et mettre en évidence cette fameuse SCI, sensibilité aux conditions initiales, si caractéristique des phénomènes chaotiques.

Pour cela, prenons la fonction quadratique (14) (non linéaire) dans le cas particulier où  $\mu = 4$ . On a donc :

$$x_{k+1} = 4x_k(1 - x_k) \quad (15)$$

Comme  $x_k$  appartient à l'intervalle  $[0,1]$ , il est loisible de poser:  $x_k = \sin^2(\pi\theta_k)$ ,  $\theta_k$  est défini alors modulo 1.

Ainsi (15) devient:

$$\begin{aligned}\sin^2(\pi\theta_{k+1}) &= 4 \sin^2(\pi\theta_k)[1 - \sin^2(\pi\theta_k)] \\ &= 4 \sin^2(\pi\theta_k) \cos^2(\pi\theta_k) \\ &= \sin^2(2\pi\theta_k)\end{aligned}$$

ce qui implique:  $\theta_{k+1} = 2\theta_k$ , il y a doublement à chaque itération.

On a donc:  $\theta_1 = 2\theta_0$ ,  $\theta_2 = 2\theta_1 = 2^2\theta_0$ . Par conséquent:  $\theta_k = 2^k\theta_0$ .

Soit une situation initiale  $\theta_0' = \theta_0 + \varepsilon$ ,  $\varepsilon$  étant un petit écart à une première position initiale.

Après  $k$  itérations, la position est devenue  $\theta_k' = \theta_k + \delta = 2^k(\theta_0 + \varepsilon) = 2^k\theta_0 + 2^k\varepsilon$ .

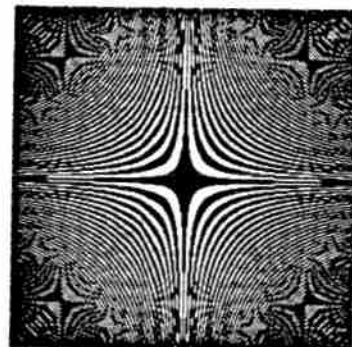
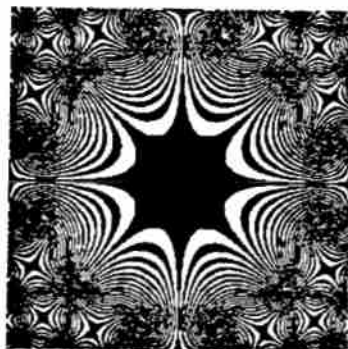
Par conséquent:  $\delta = 2^k\varepsilon = \varepsilon e^{k \ln 2}$ , ce qui montre que l'écart *croît* exponentiellement puisque  $\ln 2 > 0$ .

## Références

Pas d'ajout à la bibliographie donnée à la fin de la première partie de cet article. On ne veut citer que les applications *MacIntosh* utilisées dans cette deuxième partie.

- Les figures 7, 8, 10, 11, 12, 13 et 14 ont été obtenues au moyen des programmes présents dans la disquette de l'ouvrage *MacMath* déjà cité en première partie.
- Les figures 9 et 12 ont été obtenues au moyen de *Cricket Graph*.
- La figure 15 a été obtenue au moyen du logiciel livré avec l'ouvrage de Tuffilaro et al.
- La figure 16 a été obtenue au moyen du logiciel *WinMath* qui permet de tracer des fonctions d'une variable (cartésiennes, paramétrée, polaires) avec grande aisance et souplesse. Ce logiciel très commode et bon marché n'a qu'un inconvénient: il est incopiable et mon Mac me demande à chaque fois la disquette d'origine.

Ces images représentent les paliers pairs et impairs de surfaces. Elles sont brouillées par l'effet de la numérisation (voir page 17).



# informatique

## Les code-barres EAN-13<sup>1</sup>

Philippe Voumard, Court

Parmi les multiples systèmes de codage des articles au moyen du code-barres, le plus répandu est celui qui porte la désignation **EAN-13** signifiant **European Article Numbering**. Il est constitué de **13 chiffres**. C'est aussi celui qui tend à se généraliser actuellement dans les grandes surfaces et parmi les principaux fournisseurs de notre pays. Pour le commun des mortels, il est bien pratique que le code-barres soit "traduit" en clair par des chiffres situés sous les barres. Remarquez qu'à ce stade, on n'est guère plus avancé sur sa signification effective ! Avez-vous déjà essayé de comprendre le principe de codage ? Vous y aurez certainement laissé quelques cheveux gris et vous aurez abandonné après quelques essais infructueux !

### ORGANISATION DU CODE

Le code se compose en réalité de **13 chiffres**, dont 12 seulement sont codés par des barres.



**Les chiffres 13 et 12 désignent le pays** dans lequel l'article est produit, fabriqué ou conditionné. Ils sont attribués sur le plan mondial; exemples

76	<b>Suisse</b>
00 à 09	<b>Etats-Unis</b>
30 à 37	<b>France</b>
40 à 43	<b>Allemagne fédérale</b>
50	<b>Grande-Bretagne</b>
80 à 83	<b>Italie</b>

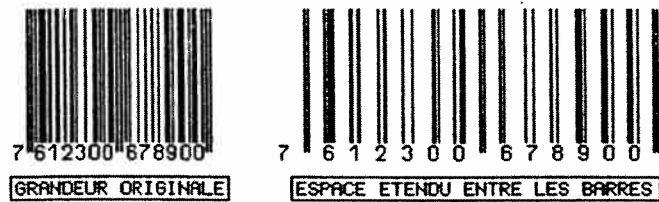
**Les chiffres 11 à 7 désignent le producteur de l'article** et sont attribués sur le plan suisse par l'Association suisse de codage des articles.

**Les chiffres 6 à 2 désignent le numéro de l'article** et sont choisis par le fabricant lui-même.

<sup>1</sup>) Ce dossier a été élaboré à l'occasion de cours de formation en informatique pour le corps enseignant de la partie francophone du canton de Berne. D'autres dossiers existent: Système binaire, Systèmes de numération, Historique, ... Adresse utile: Mario Ferrario, Ecole normale de Bienne.

## PRINCIPE DU CODAGE

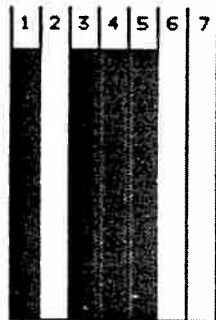
Les chiffres sont ensuite codés par des barres. Examinons d'un peu plus près l'un de ces codes.



Nous remarquons d'abord trois groupes de deux traits un peu plus longs que les autres, marquant le milieu et les **bords de la configuration**. Ces barres délimitent **deux groupes de codes** que nous désignerons **partie droite** et **partie gauche**. **Six chiffres** sont notés sous chacune de ces parties; en observant plus attentivement la figure ci-dessus, nous remarquons que chaque chiffre est disposé sous deux barres noires d'épaisseur variable.

## CODAGE D'UN CHIFFRE

Le code d'un chiffre est constitué de sept traits, soit noirs, soit blancs.



La figure ci-dessus donne, dans certaines conditions, le codage du chiffre 4. Plus globalement, la répartition des barres noires et blanches est organisée de telle sorte que **chaque chiffre soit représenté par deux barres noires et deux barres blanches de largeur variable**.

## CODAGE D'UN ARTICLE

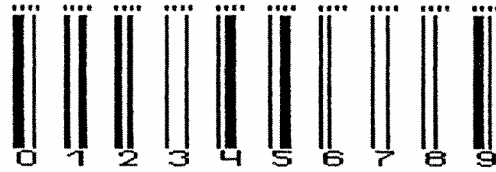
Si vous avez déjà essayé de comprendre la relation qui existe entre les barres et les chiffres, vous avez certainement eu des mécomptes et des désillusions. En vous reportant à l'exemple donné plus haut, vous remarquerez que, dans la partie droite, les deux zéros sont codés de la même façon. Par contre, dans la partie gauche, deux codages différents représentent le zéro et de plus, ni l'un, ni l'autre n'est identique à celui de la partie droite. Il en va de même pour le codage du 6 à droite ou à gauche. De quoi s'arracher les cheveux, non ?

Et qu'en est-il du 13ème chiffre qui ne semble pas codé du tout ? D'une façon ou d'une autre, il doit aussi l'être sinon comment l'ordinateur différencierait-il un article provenant de Grande-Bretagne d'un article italien codé 80 ? ...

**CLE DU CODAGE**

En réalité, chaque chiffre peut être représenté par trois codes différents. Pour faciliter la compréhension de la suite, nous les appellerons A, B et C.

Code C							
CHIFFRE \ POSITION	1	2	3	4	5	6	7
	0	■	■	■	■	■	■
1	■	■	■	■	■	■	■
2	■	■	■	■	■	■	■
3	■	■	■	■	■	■	■
4	■	■	■	■	■	■	■
5	■	■	■	■	■	■	■
6	■	■	■	■	■	■	■
7	■	■	■	■	■	■	■
8	■	■	■	■	■	■	■
9	■	■	■	■	■	■	■



**Le code C** est utilisé dans la **partie droite**. Chaque chiffre est représenté de telle sorte qu'il commence à gauche par une barre noire et se termine à droite par une barre blanche. Cette disposition des barres permet une juxtaposition des codes sans insérer d'espace entre eux. Vous remarquerez aussi que **le nombre des barres noires est toujours pair**.

Code A							
CHIFFRE \ POSITION	1	2	3	4	5	6	7
	0	■	■	■	■	■	■
1	■	■	■	■	■	■	■
2	■	■	■	■	■	■	■
3	■	■	■	■	■	■	■
4	■	■	■	■	■	■	■
5	■	■	■	■	■	■	■
6	■	■	■	■	■	■	■
7	■	■	■	■	■	■	■
8	■	■	■	■	■	■	■
9	■	■	■	■	■	■	■



Code B							
CHIFFRE \ POSITION	1	2	3	4	5	6	7
	0	■	■	■	■	■	■
1	■	■	■	■	■	■	■
2	■	■	■	■	■	■	■
3	■	■	■	■	■	■	■
4	■	■	■	■	■	■	■
5	■	■	■	■	■	■	■
6	■	■	■	■	■	■	■
7	■	■	■	■	■	■	■
8	■	■	■	■	■	■	■
9	■	■	■	■	■	■	■



Les codes **A** et **B** sont utilisés dans la **partie gauche**. Ils commencent à gauche par une barre blanche et se terminent à droite par une barre noire. Dans le code **A**, le **nombre de barres noires est impair** alors qu'il est **pair dans le code B**.

Dans la partie gauche, les chiffres sont représentés **soit par leur code A, soit par leur code B**, dans un ordre qui va **coder le 13ème chiffre** selon le tableau ci-dessous.

Codage du 13 <sup>e</sup> chiffre						
CODE BARRE N°	12	11	10	9	8	7
13 <sup>e</sup> CHIFFRE						
0	A	A	A	A	A	A
1	A	A	B	A	B	B
2	A	A	B	B	A	B
3	A	A	B	B	B	A
4	A	B	A	A	B	B
5	A	B	B	A	A	B
6	A	B	B	B	A	A
7	A	B	A	B	A	B
8	A	B	A	B	B	A
9	A	B	B	A	B	A

Remarquez que le 12ème chiffre est toujours noté selon son code A.

Comme pour tous les articles conditionnés en Suisse, le **13ème chiffre est un "7"**, ce dernier impose la succession **"ABABAB"**.

Dans le cas de notre pays, les codes utilisés sont donc **invariablement**


13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
7	A	B	A	B	A	B	C	C	C	C	C	C

Mais pourquoi utiliser trois codages différents ? La réponse est somme toute simple. Lorsque le code est lu par le scanner, l'opérateur n'est pas tenu à disposer l'article dans une position précise. Suivant les codes qu'il rencontre, l'ordinateur est capable de **reconnaître le sens dans lequel la lecture est faite**. Il repère le côté gauche de la configuration à la présence des codes A qui ont un nombre impair d'unités noires, alors que pour B et C, ce nombre est pair.




## Exercices

1. Lis les deux codes-barres ci-dessous et complète.



7 610800 010975


Pays : \_\_\_\_\_  
 No du fournisseur : \_\_\_\_\_  
 No de l'article : \_\_\_\_\_  
 Code de contrôle : \_\_\_\_\_



7 614500 002728


Pays : \_\_\_\_\_  
 No du fournisseur : \_\_\_\_\_  
 No de l'article : \_\_\_\_\_  
 Code de contrôle : \_\_\_\_\_

2. Ces deux articles sont-ils correctement codés ?  
 Si non, indique la, ou les erreurs relevées.  
 Pour faciliter ton travail, les codes ont été légèrement espacés.



7 610100 034466


Codé correctement ? : \_\_\_\_\_  
 Erreurs relevées : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



7 610810 000751

Codé correctement ? : \_\_\_\_\_  
 Erreurs relevées : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

3. En t'aidant des tableaux A, B et C, code correctement l'article ci-dessous en noircissant les bonnes barres.

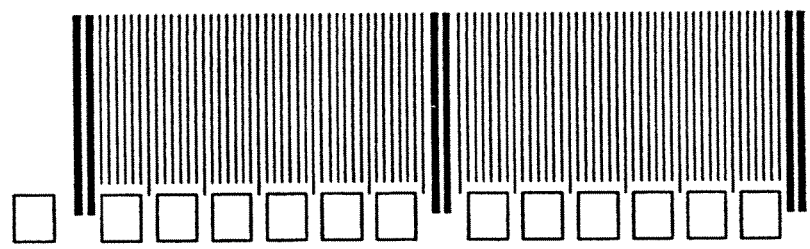


7 610810 029660

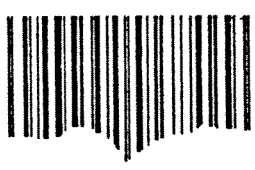
4. Connaissant le tableau de codification C, trouve une méthode simple qui te permette de reconstituer les tableaux A et B.

5. En noircissant les bonnes barres, code un article dont les caractéristiques sont les suivantes:

**Pays producteur** : **Grande-Bretagne**  
**No du producteur** : **82'850**  
**No d'article** : **36'072**  
**Code de contrôle** : **7**



6. Lors du transport, les codes-barres de ces deux produits étrangers, ont malheureusement été abimés. Reconstitue les codifications "en clair".



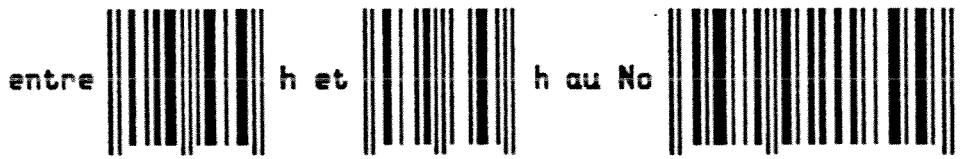
Pays : \_\_\_\_\_  
 No du fournisseur : \_\_\_\_\_  
 No de l'article : \_\_\_\_\_  
 Code de contrôle : \_\_\_\_\_  
 Codage du 13e chiffre : \_\_\_\_\_



Pays : \_\_\_\_\_  
 No du fournisseur : \_\_\_\_\_  
 No de l'article : \_\_\_\_\_  
 Code de contrôle : \_\_\_\_\_  
 Codage du 13e chiffre : \_\_\_\_\_

7. Deux camarades s'envoient des messages codés selon le principe EAN. Reconstitue leur dernier message, sachant que, par rapport aux deux barres centrales, ils utilisent le code C à droite et le code A à gauche.

**Téléphone-moi ce soir**



## Anneaux étranges

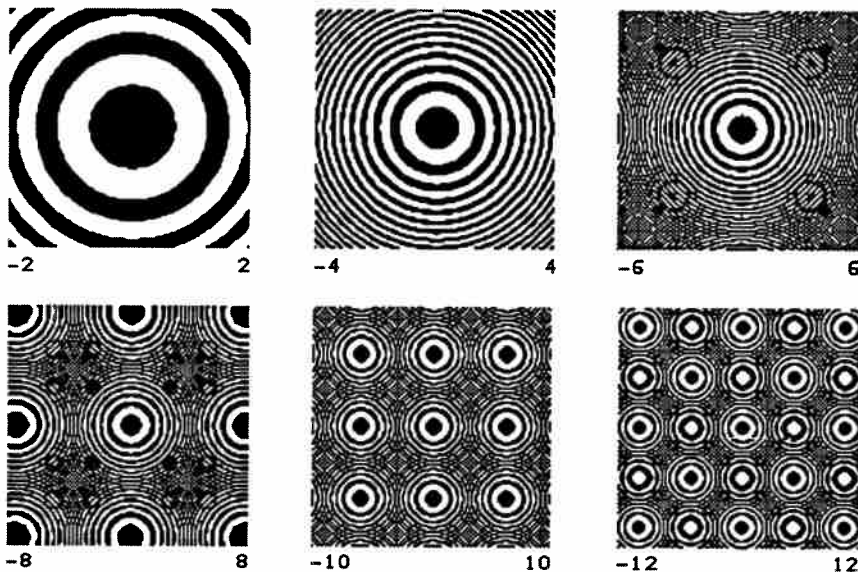
### Le paraboloidé

On fabrique un paraboloidé en empilant des disques de cartons de même épaisseur. Dans la pile, la couleur et le rayon des disques changent à chaque étage. La couleur est alternativement noir ou blanc et le rayon augmente progressivement. Le disque du sommet est le plus petit; il est noir. Les suivants sont de plus en plus grands; leurs rayons sont successivement  $\sqrt{0.5}$ ,  $\sqrt{1.5}$ ,  $\sqrt{2.5}$ , ...

Ce modèle de paraboloidé est photographié depuis dessus. L'image qui en résulte est formée d'un disque central et d'anneaux concentriques qui ont tous la même aire.

### La surprise

Lorsque cette photo est digitalisée, l'image obtenue fait apparaître différents anneaux inattendus. Suivant la résolution on obtient les figures suivantes :



### Le problème

Expliquer l'apparition des anneaux étranges qui s'ajoutent aux anneaux concentriques, bien distincts vers le centre puis évanescents, que l'on était en droit d'attendre.

### Le programme

La création de ces figures repose sur un programme informatique publié dans la revue allemande LOG'IN numéro 4/92.

```

Let A0=50,B0=170, C0=50,D0=170 -- zone écran
Let A=-4,B=4, C=-4,D=4 -- domaine réel à choisir
For X0=A0 To B0
  Let X=A+(X0-A0)/(B0-A0)*(B-A)
  For Y0=C0 To D0
    Let Y=C+(Y0-C0)/(D0-C0)*(D-C)
    Let Z=X*X+Y*Y -- niveau réel
    Let ZE=Int(Z+.5) -- palier entier
    If ZE=2*Int(ZE/2) Then Point(X0,Y0) -- noir si pair
  Next Y0
Next X0

```

M.-Y. Bachmann, octobre 1993

# Iu pour vous

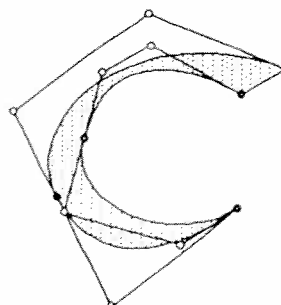
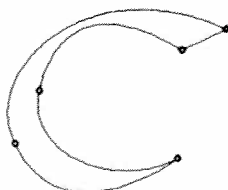
Bachmann, M.-Y., Cattin, H., Epiney, P., Haeberli, F., Jenny, G. (1992) **Méthodes numériques**. Genève: Editions du Tricorne, Monographie de la Commission romande de mathématique.

Dans cet ouvrage, tous les chapitres classiques de l'analyse mathématique sont abordés selon un point de vue numérique: zéros des fonctions, calcul avec des polynômes, résolution de systèmes d'équations lineaires, interpolation, formule de Taylor, intégration numérique, résolution d'équations différentielles. Pour chaque domaine, l'idée de base est donnée, la méthode est détaillée et un algorithme est fourni. De nombreux exercices permettent d'appliquer la méthode ou de découvrir des variantes et des applications intéressantes.

L'intérêt de l'ouvrage ne se limite pas à fournir sous une forme homogène et condensée un ensemble relativement vaste de méthodes et d'algorithmes, il introduit également à une certaine culture de la mathématique numérique, ceci de plusieurs manières:

- le premier chapitre est consacré à l'étude des propriétés de l'arithmétique des calculateurs automatiques. Il montre les astuces déployées pour améliorer la performance des ordinateurs en calcul. Il montre aussi quelques paradoxes du calcul automatique et les erreurs les plus courantes.
- Les exemples étudiés permettent également de découvrir les principes de base de plusieurs dispositifs informatiques: courbes de Bézier pour coder des lettres, principe du calcul des images fournies par le "scanner", systèmes dynamiques.
- Grâce à cet ouvrage vous pourrez également vous lancer à la conquête des décimales de pi.

Cet ouvrage concerne des élèves de niveau supérieur: école secondaire supérieure, faculté de sciences, école d'ingénieurs. Il est à considérer comme un ouvrage de référence plutôt que comme un cours suivi. Chaque partie se suffit à elle-même et peut être utilisée comme chapitre choisi d'un cours de mathématique ou d'informatique (LOP).



# agenda

**Colloques du mardi**, Institut de mathématique et d'informatique, Auditoire nord, 2e étage, les mardis dès 16 h 15.

30 novembre: Un aperçu de la théorie de fiabilité des centrales nucléaires (Jean-Louis Bon, Sceaux)

14 décembre: Combinatoire des sous-facteurs (Vaughan Jones, Berkeley & Genève)

21 décembre: Pierre de Fermat, magistrat et mathématicien (Jean Doyen, Bruxelles)

**Renseignements** : Alain Valette, Institut de mathématique et d'informatique, Chantemerle 20, cp 2, 2007 Neuchâtel.

\* \* \*

## Introduction à la pensée et à l'action systémique

Cours d'introduction à la pensée et à la pratique systémique. Salle D63, Université, Av. du 1e Mars 26, Début: jeudi 28 octobre 12h15.

Les colloques ont lieu le mercredi tous les quinze jours à 17h15, salle D63

17 novembre: Information et Energie: Les relations sont-elles aussi réelles que les objets? La physique est nécessaire. Est-elle suffisante? (Eric Schwarz, Neuchâtel)

1 décembre: L'organisation de l'écosystème: une affaire de relations et d'interactions (Willy Matthey, Neuchâtel)

15 décembre: Y a-t-il des conflits systémiques entre l'économie et le social? (Beat Burgenmeier, Genève)

26 janvier 94: Les réseaux internes et externes de l'entreprise viable (Silvio Munari, Lausanne)

9 février: La monnaie et son double. Les relations mutuelles entre la sphère monétaire et la sphère économique. Le système monétaire devient-il autonome? (Beat Kappeler, Berne)

16 février: La territorialité humaine: Le réseau des relations entre l'être humain et son environnement bio-social. Entre la géographie sacrée et l'écologie globale (Giovanni Simona, Genève)

23 février: Relations et morphogénèse. Du rôle des relations dans les théories récentes de l'émergence des formes (Théories des catastrophes, des structures dissipatives, des fractales, du chaos) (Alain Boutot, Grenoble)

Des séminaires ont lieu certains mercredis à 17h15, salle D63. Prochaines séances : 18 novembre, 16 décembre, 20 janvier, 17 février.

**Renseignements** : Eric Schwarz, CIES, Université de Neuchâtel, 26, av. du 1er Mars, Tél. 038 25 38 51.

\* \* \*

## S O M M A I R E , No 16

Le chaos: un aperçu (2e partie)	Jean-Jacques Pilloud	p. 01
Les code-barres EAN-13	Philippe Voumard	p. 11
Anneaux étranges	Marcel-Yves Bachmann	p. 17
Lu pour vous		p. 18
Agenda		p. iii

Pour vous abonner au bulletin (10 Frs pour une année) ou pour demander votre adhésion à la Société des enseignants neuchâtelois de sciences adressez-vous à son président:

Michel Favre, rte de la Jonchère 13a, 2208 Les Hauts Geneveys (038/ 53 38 81)

