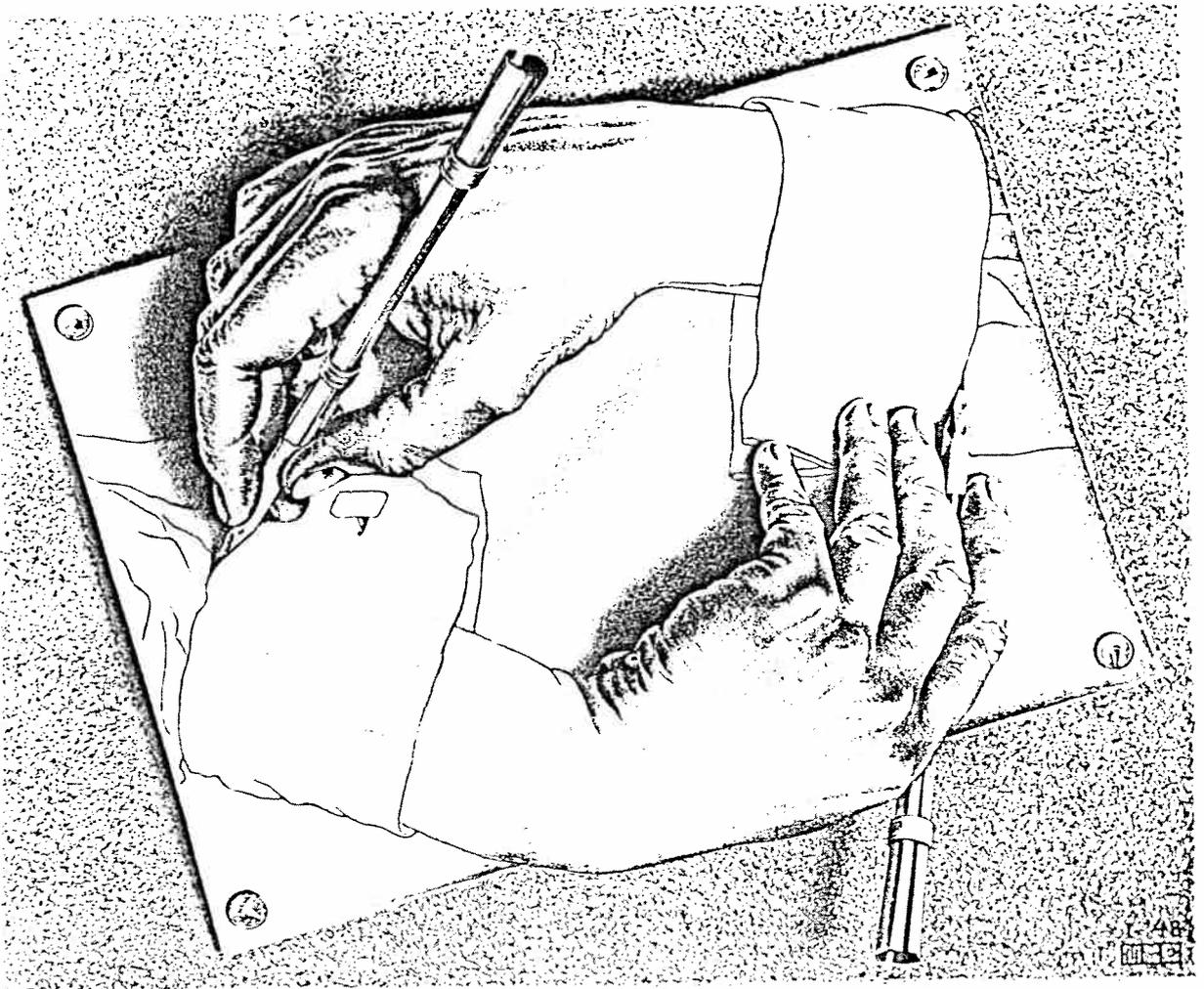


société neuchâteloise des  
maîtres de mathématique,  
de physique et de chimie



bulletin no 4, sept. 1989

# Cet espace pour votre publicité

**Edition:** Société neuchâteloise des maîtres de mathématique, de physique et de chimie.

**Comité de la SNMPC:** Gérard Gast (président), Christian Berger (vice-président), Andrée Boesch (secrétaire), Pierre-André Bolle (caissier), Christian Bazzoni, Françoise Jeandroz, Jean-Pierre Launaz, Michel Favre (délégué coll. mathématique), Eric Vaucher (délégué coll. physique-chimie).

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

**Ont, en outre, collaboré à ce numéro:** André Calame, Gérard Gast, Willy Reichenbach, Eric Schwarz et Louis Gagnebin au Smaky.

**Contact:** Michel Favre, rte de la Jonchère 13a, 2208 Les Hauts-Geneveys

**Couverture:** figure extraite de Le Monde de M.C. Escher. Paris, 1972. Editions du Chêne.

**Délai pour transmettre vos contributions au prochain numéro:** 20 octobre 1989

# éditorial

## La journée franc-comtoise

C'est donc le 7 juin dernier que 55 collègues franc-comtois sont arrivés à la Place du port à Neuchâtel à l'heure exacte convenue - entre horlogers et fils, éventuellement adoptifs, d'horlogers, on se comprend ... Le groupe était conduit par M. F. Jardat, président de la section académique de Besançon de l'Union des Physiciens. Nous avons constaté avec plaisir que deux membres de l'exécutif national de l'Union des Physiciens s'étaient joints au groupe: M. A. Touren, ancien président national et vieille connaissance des échanges franco-suisses et M. J.-Cl. Herpin, directeur et rédacteur en chef de l'excellent "Bulletin de l'Union des Physiciens" (dont je donne l'adresse à tout hasard: 44, Bld Saint-Michel, 75270 Paris Cedex 06).

Sans verser dans une autosatisfaction, ni primaire, ni secondaire, nous pouvons dire que cette journée aura été une très grande réussite: nos hôtes sont partis enchantés et les collègues neuchâtelois qui ont participé ne le regrettent vraiment pas !

Pour qu'une telle manifestation réussisse, il ne faut pas seulement que diverses personnes tirent à la même corde; encore faut-il tirer dans la même direction et surtout dans le même sens ! Alors, avoir pu constater que tant de personnes tirent à ce point dans le même sens, aura été pour moi une immense source de satisfaction. Je tiens à remercier encore une fois toutes ces personnes, en particulier:

**M. J.-Ph. Vuilleumier**, chef du Service de l'enseignement secondaire, qui a accordé à notre idée un soutien spontanément actif, riche en idées et propositions. Nous lui devons le vin d'honneur offert par l'Etat qui a conféré à cette journée une note officielle d'autant plus neuchâteloise que l'apéritif a été servi lors d'une tournée sur le lac. Je me plais à souligner par ailleurs que le DIP nous a accordé un soutien financier.

**M. J.-J. Cléménçon**, directeur du Gymnase cantonal de Neuchâtel, qui nous a permis d'utiliser l'aula et qui nous a, en plus, offert un verre de l'amitié ... "pour bien terminer la journée". Le moment venu, il nous a même fait le plaisir de participer à la discussion finale. Grâce à sa compétence et sa verve habituelles, nous avons ainsi pu terminer cette journée en beauté !

**Les responsables de Cabloptic SA, d'Electrona SA et de Métaux Précieux SA** qui ont tous fait un effort particulier pour nous recevoir dans les meilleures conditions possibles. Nous avons même entendu des regrets de nous voir partir si vite !

**Les membres du Comité**, sans le soutien actif desquels, cette journée n'aurait pas pu être mise sur pied.

Tirer le plus possible à la même corde et dans le même sens, regarder un peu au-delà des frontières qui n'est qu'une façon parmi d'autres de tester ses propres limites et l'au-delà de celles-ci, voilà deux aspects de cette journée exemplaire que je me permets de livrer, sinon à votre méditation, du moins à votre réflexion !

Inutile de dire que des journées pareilles, on en redemande ! Pour les idées, n'hésitez pas à nous contacter !

Votre président:  
Gérard Gast

La Commission nationale suisse pour l'UNESCO a édité une brochure:

Les déchets urbains, problème global  
Enquête d'un citoyen sur sa poubelle

Elle peut être obtenue au Secrétariat général de la Commission nationale suisse pour l'UNESCO, Eigerstr. 71, 3003 Berne. Un cour complet sur le problème de recyclage des déchets peut être obtenu auprès du Groupe de travail "écologie", Les Joyeuses 3, 2022 Bevaix.



Disparue, notre poubelle,  
une fois que le camion des ordures est passé?  
Oubliées, nos eaux sales, lorsque la chasse d'eau est tirée?  
Evidemment pas!

Sournoisement, nos déchets reviennent s'accumuler  
dans notre vie quotidienne: ils polluent l'air que nous respirons,  
ils souillent l'eau que nous buvons, ils contaminent les aliments  
que nous mangeons...

Tout cela parce que nous avons cru pouvoir vivre sans respecter  
les règles de la nature. Et parce que nous avons créé un système  
qui débouche sur une impasse: l'ordure.

La nature, elle, ignore ce terme. Car ses déchets, tôt ou tard,  
servent à nouveau de matières premières.

Elle évite ainsi l'accumulation  
en pratiquant une économie cyclique,  
dont il est urgent que nous  
nous inspirions si nous voulons survivre.

# systemique

Pourquoi y a-t-il quelque chose ?

Eric Schwarz

## Hard et soft

C'est par cette question intéressante mais pas nouvelle que j'aimerais vous inviter à une brève promenade dans les méandres de ce qu'on appelle la systémique.

Qu'est-ce que la systémique ? Il est facile de dire ce qu'elle n'est pas : ni une nouvelle discipline, ni une nouvelle science, ni une nouvelle théorie philosophique, ni une nouvelle religion. Ou, est-ce tout cela à la fois ? Pour être moins sibyllin disons que c'est une nouvelle façon de décoder le monde, une autre grille de lecture, un autre état d'esprit.

S'il est bien connu que nos perceptions des phénomènes naturels dépendent autant de la structure de nos organes des sens que des processus physiques externes (pression sonore, ondes lumineuses, substances chimiques), il faut réaliser que dans notre cerveau, à l'autre bout de la chaîne, les objets conceptuels correspondant aux informations du monde extérieur dépendent autant du référentiel culturel dans lequel nous sommes plongés que de la structure neuro-physiologique des processus biologiques. L'homme n'est pas une caméra passive au fond de laquelle la réalité viendrait se marquer d'une façon univoque.

## Le bouillon de la culture

Ces deux derniers millénaires, l'homme européen a, en simplifiant, vécu successivement dans deux cultures, Kuhn dirait à l'ombre de deux paradigmes.

Jusqu'à la Renaissance, sa Weltanschauung était dominée d'une part par la raison grecque et d'autre part par la doctrine chrétienne élaborée par les pères de l'Eglise. Dieu manifesterait ses intentions à travers les lois de la physique d'Aristote.

Après Galilée, Descartes et Newton, le dogme fut remplacé par le recours à l'expérimentation quantitative, la dialectique de Platon et la logique d'Aristote furent complétées par le calcul infinitésimal, et le Grand Horloger fixa les conditions initiales de l'équation du mouvement de Newton. Le paradigme mécaniste imprégna alors toute la culture occidentale. L'homme, la nature et le monde furent perçus soit comme des horloges (Descartes, La Mettrie) soit comme des machines thermodynamiques (19e siècle).

#### Et la vie

Considérer l'homme comme une machine à vapeur était insupportable à certains, qui préféraient soustraire la matière vivante aux lois de la physique et l'expliquer par une force vitale responsable de la finalité apparente des processus vitaux; finalité au demeurant inexplicable par le 2e principe de la thermodynamique, qui prescrit que tout système fermé tend vers l'état d'entropie maximum, donc de désordre maximum.

Dans les années 1930, les biologistes étaient divisés en deux camps : les physicalistes pensaient que les processus vivants respectaient les lois de la physique, encouragés qu'ils étaient par le fait que les plantes et les animaux respectent le principe de la conservation de l'énergie. Les vitalistes qui estimaient que la vie obéissait à des lois particulières, étaient eux-mêmes partagés en deux clans : les purs et durs, partisans d'une force vitale non explicable par la méthode scientifique et les émergentistes qui pensaient que lorsqu'un système atteint un degré de complexité suffisant, il y a émergence de propriétés nouvelles liées à des propriétés collectives dues à des processus synergiques n'apparaissant que lorsque les parties d'un système sont en interaction. Ludwig von Bertalanffy faisait partie des émergentistes et fit remarquer par ailleurs que les êtres vivants ne sont pas des systèmes isolés, donc qu'on ne peut leur appliquer le 2e principe de thermodynamique sans précautions. Il proposa même une théorie générale des systèmes \* destinée à expliquer les propriétés les plus générales des systèmes ouverts complexes et auto-organisés.

---

\* Théorie générale des systèmes

Ludwig von Bertalanffy

dunod

### Du côté de la physique

Pendant ce temps, la thermodynamique faisait également des progrès. En fait, il s'agit plutôt de thermostatique ou la science de la chaleur héritée du 19e siècle ne permet de prévoir que l'état d'équilibre d'un système (caractérisé par le maximum de l'entropie) et non par le cheminement de son évolution à partir d'un état initial. C'est Onsager, dans les années 1930 qui, le premier, établit des relations concernant l'évolution des processus irréversibles.

Il faudra toutefois attendre encore une vingtaine d'années pour disposer d'un principe général permettant de prédire l'évolution irréversible des systèmes non isolés, c'est le fameux principe de production minimum d'entropie établi par Prigogine et ses collègues de l'Ecole de Bruxelles. Ce principe prévoit qu'il s'établit un régime stationnaire dans les échanges entre un système non-isolé et son environnement, caractérisé précisément par une production minimum de l'entropie interne \*. Toutefois ce principe a un champ d'application limité puisqu'il n'est valable que pour les systèmes près de l'équilibre, c'est-à-dire où la relation entre les forces généralisées (pression hydrodynamique, affinité chimique, par exemple) et les flux est linéaire.

### L'auto-organisation

Pour les systèmes loin de l'équilibre, c'est-à-dire non-linéaires, il n'existe apparemment pas de principe général et chaque système doit être calculé suivant ses caractéristiques propres.

Une autre différence importante entre les systèmes isolés ou près de l'équilibre et les systèmes loin de l'équilibre se manifeste dans l'espace de phase. Les trajectoires correspondant à l'évolution des systèmes isolés sont toutes attirées vers un point particulier, l'attracteur, correspondant donc à l'entropie maximum. Les systèmes non-isolés près de l'équilibre ont également un attracteur ponctuel, correspondant ici à la production minimum d'entropie. Par contre les systèmes non-linéaires ont soit un attracteur ayant la forme d'une courbe fermée, soit ayant une structure fractale.

---

\* Voir à ce sujet :

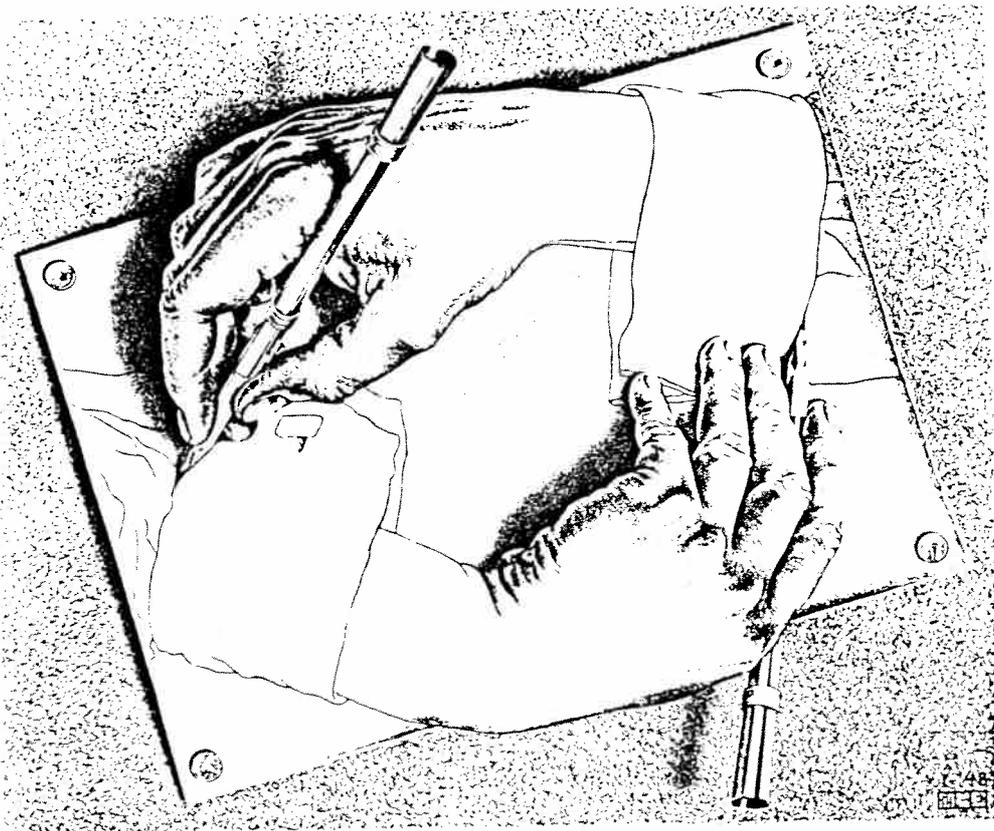
I Prigogine, I. Stengers

La Nouvelle Alliance

Gallimard, Paris 1986

Dans le premier cas, le système est le siège d'une structuration spontanée, d'une auto-organisation soit spatiale (comme par exemple les cellules de convection de Bénard), soit temporelle (comme les oscillations chimiques de Belousov-Jabotinsky), soit même d'ondes spatia-temporelles progressives ou stationnaires (correspondant peut-être aux premières strusturations prébiotiques). Les attracteurs de forme fractale correspondent à des mouvements chaotiques.

Sous des apparences de technicité anecdotique, ces développements correspondent en fait à une étape cruciale de l'histoire de la physique voire des sciences.



### La réconciliation

Il faut se souvenir que toutes les lois de la physique sauf une, sont symétriques par rapport au renversement du temps : une solution pour le temps  $t$  l'est aussi pour le  $-t$ . Le temps n'a pas de sens. Qu'on passe une vidéo d'une partie de billard à l'endroit ou à l'envers : pas de différence; enfin presque. Une seule loi de la physique prévoit une irréversibilité : le 2e principe de la thermodynamique selon lequel l'ordre d'un système isolé ne peut pas croître.

En résumé la seule loi de la physique qui prévoit une évolution irréversible le fait dans le sens du probable, du désordre, de la désorganisation, de la mort thermique. Alors que nous sommes entourés quotidiennement de systèmes évoluant dans le sens de l'organisation, de la complexification.

L'avènement de la dynamique des systèmes non-linéaires, de la théorie de l'ordre pour les fluctuations de Prigogine, de la synergétique de Haken et d'autres modèles non-linéaires, ouvre pour la première fois la possibilité de développer des théories quantitatives rendant compte de l'auto-organisation, de la complexification observées si universellement dans notre environnement physico-chimique, biologique, écologique, socio-économique et psychologique.

En d'autres termes, une théorie des systèmes naturels, voire une théorie du système général devient envisageable.

Dans un prochain article nous présenterons (non pas une théorie générale) une proposition de classification des systèmes naturels permettant un début de réponse à la question posée dans le titre.

à suivre

# compte rendu

## L'élaboration du champagne

En novembre de l'année dernière, lors de l'assemblée générale de la Société, Monsieur Michel Valade a fait un intéressant exposé sur l'élaboration du champagne. Le texte de la conférence, trop long pour être reproduit ici, peut être emprunté auprès du président Gérard Gast.

## Enseignement assisté par ordinateur

En mai de cette année, la Société invitait Monsieur Xavier Comtesse à faire part de ses réflexions sur l'usage de l'ordinateur dans les écoles. Un extrait de *La lettre Télématique* (No 3, juin 1989, éditée par le Cocept Moderne, Genève) donne un aperçu de l'exposé de X. Comtesse.

Grâce au mariage de l'informatique et de l'enseignement, l'institution créée par Charlemagne est en passe de se voir bouleversée. En effet, l'enseignement assisté par ordinateur (EAO) met l'accent sur l'élément essentiel de l'apprentissage : l'élève. Celui-ci est aux commandes de sa propre formation en choisissant le moment, le lieu et le rythme de ses études. La stratégie de l'EAO ? Son aspect ludique, qui est l'essence même de ce type d'enseignement. De plus, l'utilisation de la télématique offre aux "élèves" tous les avantages de la communication par vidéotex.

Le principe fondamental de l'enseignement assisté par ordinateur repose sur le triplé "notion, question, réponse". L'ordinateur communique une connaissance à l'élève et le questionne. L'étudiant pourra poursuivre son cheminement dans l'apprentissage que s'il répond correctement ou non, sa progression lui sera notifiée ou validée selon son travail. Ce procédé permet une autoformation et un suivi régulier de l'état des connaissances de l'élève.

### L'élève aux commandes

Avec l'EAO, le transfert de connaissances ne se fait plus du professeur à l'élève, mais de la machine à l'élève. Il n'y a donc pas de stratégie pédagogique sous-jacente puisque l'apprenti crée ses propres conditions d'études. La découverte du savoir devient la seule pédagogie acceptable. La "patience" de l'ordinateur permet à l'élève de décider du rythme de ses études, puisque la machine lui enseignera la même leçon tant qu'il ne l'a pas comprise. De plus, il peut étudier à toute heure et depuis n'importe où, pourvu qu'il dispose d'un terminal informatique.

### Le droit à l'erreur

Si l'école joue le jeu de l'EAO, sa bifurcation ne passera pas inaperçue. Le

sacro-saint professeur se retrouvera "au mieux" derrière l'élève. Son rôle sera d'aider l'élève dans sa recherche du savoir en le guidant. Il deviendra un "animateur-conseiller". Selon Xavier Comtesse, mathématicien et spécialiste en EAO, il y a un retournement complet dans l'évaluation de l'apprenti. *"L'étudiant a enfin droit à l'erreur, car les coups de l'apprentissage ne sont plus marqués par les fautes, le temps consacré ou le professeur, mais par la mesure de l'avancement dans l'apprentissage. La supposition de départ est que si l'on réussit une fois un exercice, on le réussit plusieurs fois. C'est donc une pédagogie beaucoup plus positive car on ne s'intéresse plus de savoir comment l'élève est arrivé à acquérir une connaissance. De plus, on lui donne la possibilité de se prendre en charge."*

### La mort du tableau noir

L'aspect ludique de l'enseignement est devenu la règle maîtresse de l'EAO, une pédagogie qui pousse à "l'apprentissage à volonté"

L'école risque-t-elle donc de se voir déstructurée par l'ordinateur? Comtesse est convaincu que la classe "traditionnelle" va

disparaître d'ici 10 ans. *"La fonction première d'une classe d'école est de réunir une masse de gens, en même temps et sur le même lieu pour diminuer les coûts d'enseignement. Si les élèves ont à disposition des ordinateurs équipés d'EAO, le temps, l'espace et l'évaluation ne comptent plus car l'ordinateur devient "précepteur" et enseigne toutes les branches. La classe va donc disparaître quand il n'y aura plus de raison de séparer les disciplines."* Selon lui, l'école ne sera plus le rouage essentiel de la transmission culturelle: *"nous entrons dans une société de "Do it yourself" culturel."*

### TEAO

Le télé-enseignement assisté par ordinateur (TEAO) allie les avantages de l'EAO et de la télématique. Sa principale qualité : le lieu où se trouve la banque de données d'informations pédagogiques n'a plus d'importance. On peut donc avoir accès à la connaissance depuis chez soi, son travail ou une salle publique de travail (bibliothèque mettant à disposition des ordinateurs).

La Bourse de Genève offre un service de TEAO pour initier le public et les professionnels au marché des options "Soffex". Accessible par vidéotex, ce jeu des options ("option's game") se rapproche le plus possible de la réalité car les événements propres à ce marché sont simulés (prime, marge, échéance, etc...). A chaque moment du jeu, il est possible d'avoir des explications. Les avantages de la TEAO sont donc tous présents : l'interactivité, l'autoformation, l'aspect ludique et la communication à distance.

# mathématique

## Un problème de bachot et son environnement

André Calame

### Le problème

Au Gymnase cantonal de Neuchâtel, lors d'une session de baccalauréat, les candidats scientifiques avaient à résoudre le problème suivant:

- a) Résoudre l'équation suivante dans  $\mathbb{C}$  :

$$z^2 - 6iz - 18 = 0$$

On désigne par  $z_1$  la solution dont la partie réelle et la partie imaginaire sont positives; soit  $z_3$  l'autre solution.

Vérifier que  $z_3 = iz_1$ .

- b) On pose  $z_2 = z_1 + z_3$ . Construire dans le plan de Gauss le carré dont les sommets sont  $0, z_1, z_2, z_3$ .

- c) On envisage l'application suivante:

$$\begin{aligned} f : \mathbb{C} &\longrightarrow \mathbb{C} \\ z &\longmapsto w = a\bar{z} \end{aligned}$$

qui transforme  $z_1$  en  $w_1 = 1 - 7i$ .

Calculer  $a$ , puis les images  $w_0, w_2, w_3$  de  $0, z_2, z_3$ .

Les points  $w_0, w_1, w_2, w_3$  sont aussi les sommets d'un carré.

Pourquoi ?

- d) On appelle  $R$  le centre du carré  $0, z_1, z_2, z_3$ ;

$T$  le centre du carré  $w_0, w_1, w_2, w_3$ ;

$U$  le milieu du segment d'extrémités  $z_1$  et  $w_1$ ;

$S$  le milieu du segment d'extrémités  $z_3$  et  $w_3$ .

Prouver que  $RSTU$  est encore un carré.

Sous la figure 1, nous donnons des éléments de la solution:

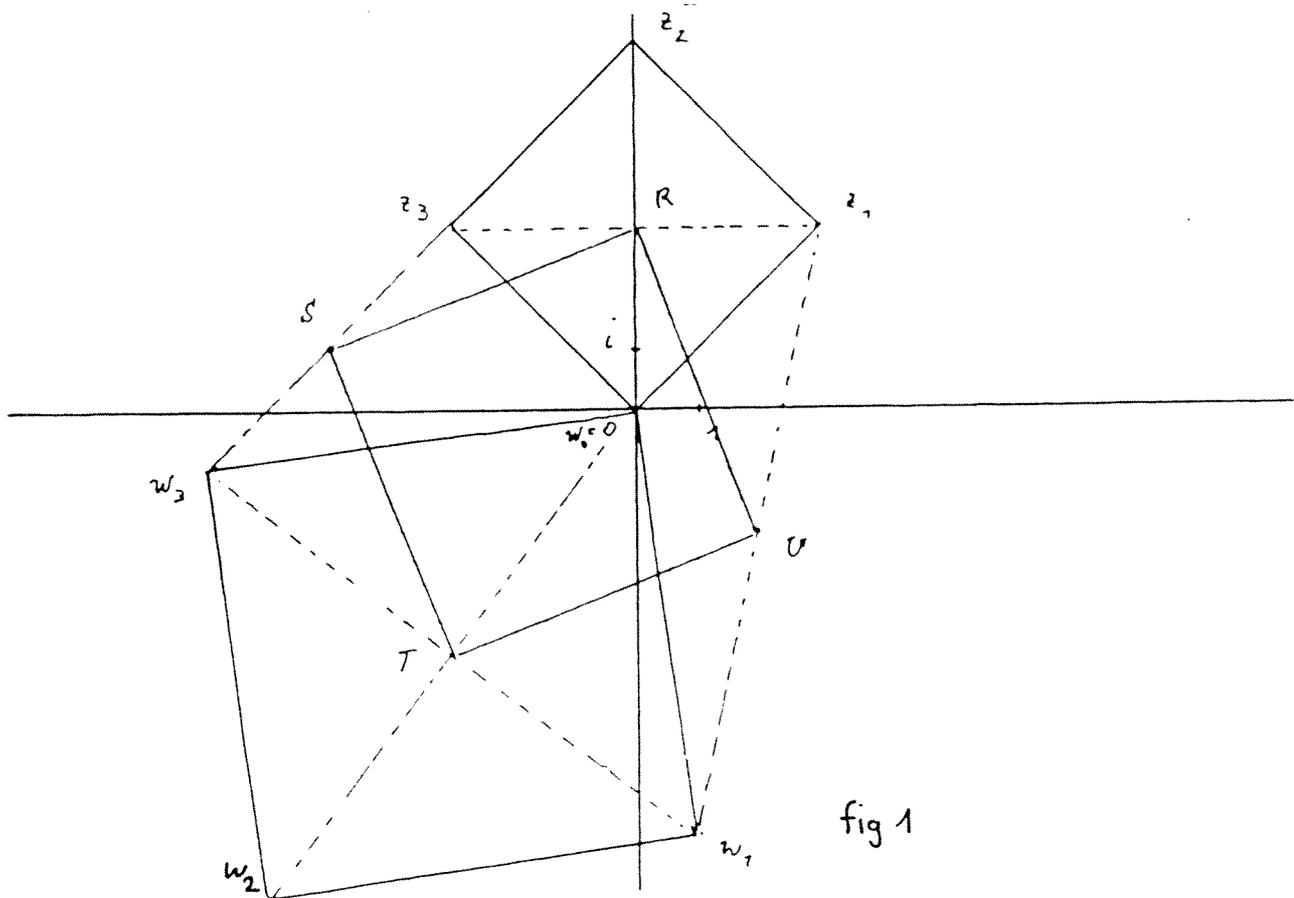


fig 1

$$a) z = \pm 3 + 3i \quad z_1 = 3 + 3i \quad z_3 = -3 + 3i = i(3 + 3i) = iz_1$$

$$b) z_2 = 6i$$

$$c) 3 + 3i \longmapsto 1 - 7i = a(3 - 3i) \text{ avec } a = 4/3 - i$$

$$w_0 = 0 \quad w_1 = 1 - 7i \quad w_2 = -6 - 8i \quad w_3 = -7 - i$$

$$d) R (3i) \quad S (-5 + i) \quad T (-3 - 4i) \quad U (2 - 2i)$$

A la lecture du problème, on devine aisément les intentions des auteurs: vérifier que les candidats maîtrisent le calcul des nombres complexes et leur représentation dans le plan de Gauss. Du point de vue de la géométrie, dans leur réponse au point c), bien des élèves ont utilisé le fait que l'application

$$f: z \longmapsto w = az$$

est une similitude (avec changement d'orientation) pour justifier que l'image du carré  $0, z_1, z_2, z_3$  est aussi un carré (voir la figure).

Par contre, la démonstration du point d) était souvent incomplète. On ne sait pas toujours très clairement comment prouver qu'un quadrilatère est un carré. Certains ne traitent que de l'égalité des côtés, d'autres seulement leur perpendicularité.

*Reformulation*

A partir du problème d'algèbre proposé ci-dessus, il est naturel de se demander comment on peut démontrer, dans le cadre de la géométrie pure, que  $RSTU$  est un carré. Il s'agit là d'un théorème connu sous le nom de théorème de Finsler-Hadwiger:

**Théorème 1:** Soient deux carrés  $OABC$  et  $OA'B'C'$  d'orientations différentes ayant un sommet commun  $O$ . Les centres  $R$  et  $T$  de ces carrés, ainsi que les milieux  $U$  et  $S$  de  $AA'$  et  $CC'$  sont les sommets d'un carré (fig 2).

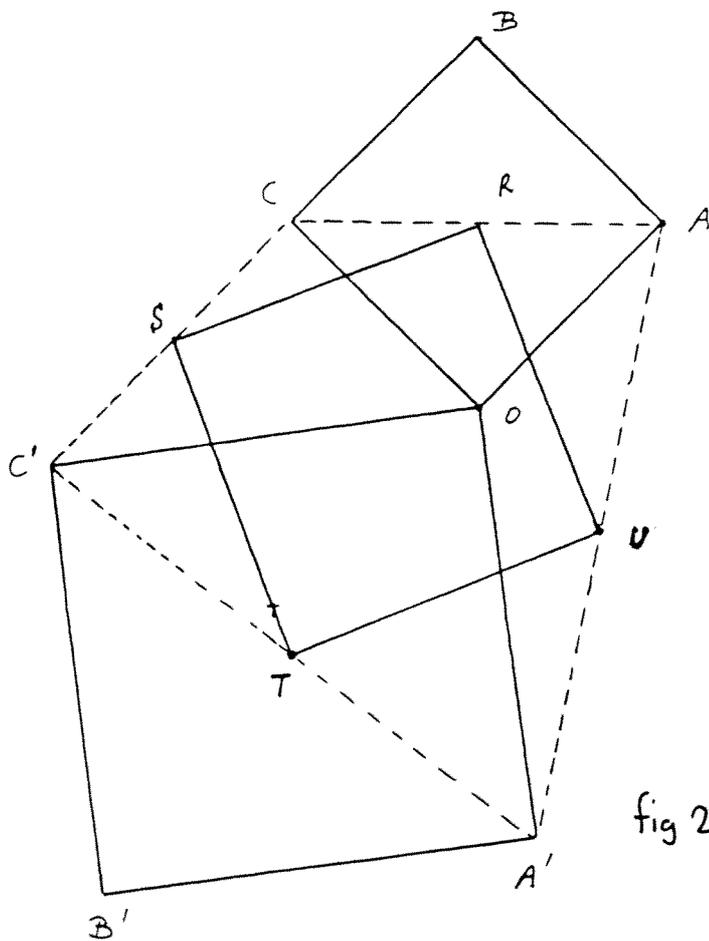


fig 2

Pour rendre le problème plus symétrique, on remarquera d'abord que les centres  $R$  et  $T$  sont eux aussi des milieux de segments:  $R$  est le milieu de  $AC$  et  $T$  le milieu de  $A'C'$ .  $R$ ,  $S$ ,  $T$  et  $U$  sont les milieux des côtés du quadrilatère  $ACC'A'$ . Voilà qui rappelle un théorème classique:

**Théorème 2:** Les milieux des côtés d'un quadrilatère quelconque sont les sommets d'un parallélogramme (fig 3).

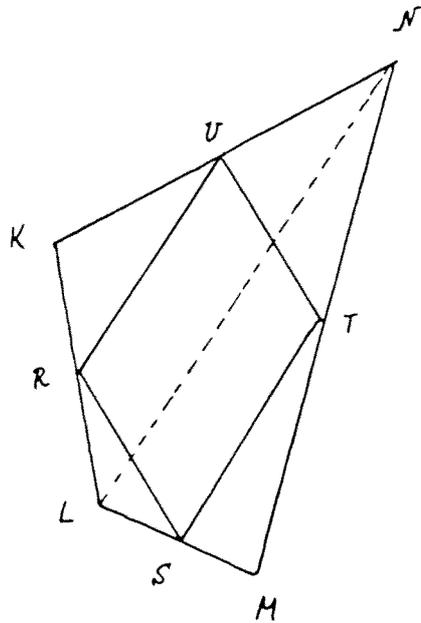


fig 3

Démonstration du théorème 2: Par l'homothétie de centre K et de facteur  $\frac{1}{2}$ , on a:

$$\vec{RU} = \frac{1}{2} \vec{LN} \quad (1)$$

De même, par l'homothétie de centre M et de facteur  $\frac{1}{2}$ , on a:

$$\vec{ST} = \frac{1}{2} \vec{LN} \quad (2)$$

De (1) et (2), on déduit:  $\vec{RU} = \vec{ST}$ . Cette égalité vectorielle caractérise un parallélogramme. C.Q.F.D.

Quand on démontre ce théorème dans une classe de gymnase, il n'est pas rare que s'engage un dialogue du genre suivant:

Un élève: Obtient-on toujours un parallélogramme ?

Le maître: Oui! C'est ce qu'on vient de prouver !

L'élève: Non, ce n'est pas ce que je voulais dire. Est-ce qu'à la place d'un parallélogramme, on ne pourrait pas avoir un rectangle?

Occasion rêvée pour rappeler que rectangles, losanges et carrés sont des parallélogrammes particuliers. Suivons donc cette piste.

- Si l'on part d'un rectangle, on obtient un losange (fig 4).
- Si l'on part d'un losange, on obtient un rectangle.
- Par conséquent, si l'on part d'un carré, on obtient un carré.

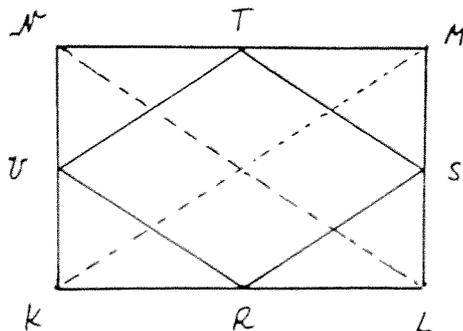


fig 4

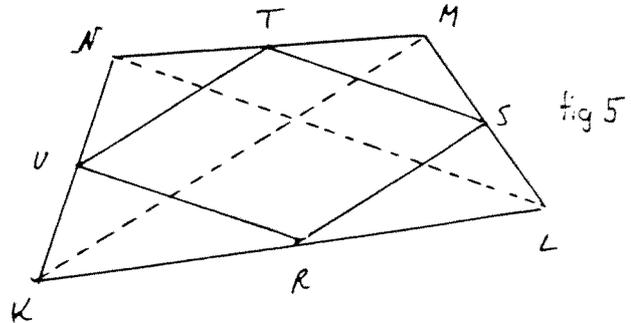
Précisons encore l'énoncé a): il suffit qu'un quadrilatère soit un rectangle pour que les milieux des côtés soient les sommets d'un losange. Mais, rebondissement, cette condition suffisante est-elle nécessaire ? Ou peut-on obtenir un losange à partir d'un quadrilatère autre qu'un rectangle ?

Il convient de revenir aux diagonales du quadrilatère initial qui ont joué un rôle essentiel dans la démonstration du théorème 2:

l'égalité des côtés du losange RSTU implique que  $RS = ST$ ;  
donc que  $2 RS = 2 ST$  et  $KM = LN$ ;  
ceci implique l'égalité des diagonales du quadrilatère KLMN

Ainsi:

Pour qu'on obtienne un losange, il faut et il suffit que le quadrilatère de départ ait des diagonales de même longueur (fig 5).



On voit aisément la suite:

Pour qu'on obtienne un rectangle, il faut et il suffit que le quadrilatère de départ ait des diagonales perpendiculaires.

Nous pouvons revenir maintenant à la démonstration du théorème de Finsler-Hadwiger (théorème 1). Pour prouver que RSTU est un carré (fig 2), il suffit de montrer que le quadrilatère ACC'A' a des diagonales égales et perpendiculaires (le lecteur dessinera lui-même les diagonales AC' et CA').

Démonstration du théorème 1:

Envisageons la rotation  $r$  de  $+90^\circ$  de centre  $O$ :

$$\begin{array}{l} r: A \longrightarrow C \\ C' \longrightarrow A' \end{array}$$

D'une part  $r$  est une isométrie; elle conserve les longueurs; d'où:

$$AC' = CA'$$

D'autre part, dans la rotation de  $90^\circ$ , toute droite fait un angle droit avec son image; d'où:

$$AC' \perp CA'$$

C.Q.F.D.

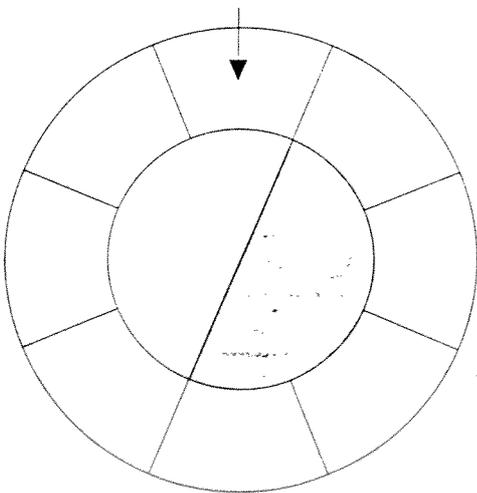
### Conclusion

Tout ce qui précède ne révèle encore rien de l'origine du problème de bachot cité au début de cet article. Disons pour être bref que l'idée de départ se situe dans une publication du mathématicien Friedrich Bachmann sur les polygones. Ce travail a été étudié au Séminaire de mathématiques élémentaires de l'Université.

### Les bijoux de la couronne

Remplissez les huit cases de la couronne ci-dessous à l'aide de huit entiers naturels distincts de façon que :

- Chaque nombre soit inférieur à la somme de ses deux voisins.
- La somme de deux nombres voisins ne soit pas un nombre premier.
- La différence des carrés de deux nombres diamétralement opposés soit égale à 1989.
- Le plus grand nombre se trouve dans la case fléchée
- Le plus petit nombre se trouve dans le demi-plan hachuré.



Ciel !

Les villes d'Azur, Les Bleuets et Cyan sont situées dans une région parfaitement plate, et leurs distances mutuelles sont :

Azur - Les Bleuets 200 km

Azur - Cyan 200 km

Cyan - Les Bleuets 100 km

Le conseil général décide de construire un réseau routier permettant de relier ces trois villes entre elles. Quelle est, en km, la longueur minimale d'un tel réseau routier ?

### La spirale des nombres

Les 1989 premiers entiers sont enroulés en spirale conformément au diagramme ci-dessous.

Quel nombre se trouve exactement placé au milieu du segment joignant 1789 à 1989 ?

72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
71	42	43	44	45	46	47	48	49	82
70	41	20	21	22	23	24	25	50	83
69	40	19	6	7	8	9	26	51	84
68	39	18	5	0	1	10	27	52	85
67	38	17	4	3	2	11	28	53	86
66	37	16	15	14	13	12	29	54	87
65	36	35	34	33	32	31	30	55	88
64	63	62	61	60	59	58	57	56	89

# Iu pour vous

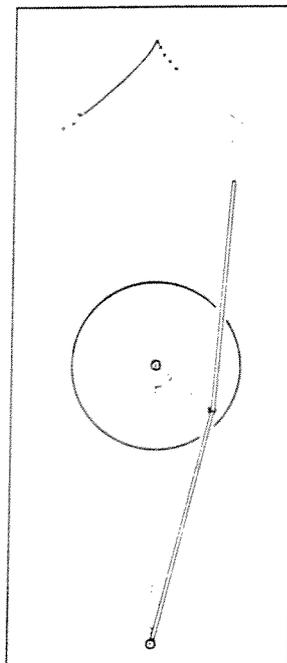
Sandoz, R. *Le miracle de la musique*. Cousset, 1987. Ed. DelVal.

Dans la première partie de son ouvrage, notre collègue nous présente tout d'abord les différentes faces du phénomène musical, la physique, la physiologie et la psychologie. La physique apporte les lois de l'acoustique. La physiologie explique comment les vibrations sont perçues et transmises au cerveau. La psychologie s'attache à distinguer les sons de la musique. Cette présentation est digne d'intérêt par la grande quantité de résultats variés qui sont exposés. Mais plus encore, c'est la démarche du scientifique à la recherche d'un modèle formel qui est intéressante. René Sandoz montre que ce n'est pas dans une mystique des rapports des nombres entiers que réside l'explication des harmonies naturelles. Le schéma logarithmique, souvent présenté comme une approximation des gammes "naturelles", serait beaucoup plus adapté à décrire les phénomènes de perception musicale. Mais il ne s'agirait encore que d'une loi approximative qui admet de nombreuses exceptions.

Même si cette description est passionnante, ce n'est pas à ce niveau que se passe véritablement le "miracle". C'est parce que la musique porte des messages universels qui nous parlent de l'homme qu'elle constitue un phénomène unique et éternel.

Ekeland, I. *Le Calcul l'Imprévu: Les figures du temps de Képler à Thom*. Paris, 1984. Editions du Seuil. Coll. Points.

Dans ce livre déjà "ancien", l'auteur met à la portée d'un large public pour le moins deux idées. La première est la théorie des catastrophes de Thom qui revient, très sommairement, à une classification des variétés (surfaces) constituées par des paramètres particuliers de systèmes physiques. La machine de Zeeman constitue un exemple simple d'un tel système.



Elle est constituée d'une roue à laquelle sont attachées deux élastiques. L'autre extrémité de l'un des élastiques est fixée au socle du dispositif. La deuxième extrémité du second élastique reste mobile. On promène cette extrémité de l'élastique mobile sur le plan du montage et l'on relève tous les points "catastrophiques" où le système change brusquement d'équilibre. La théorie des catastrophes étudie, de façon qualitative, ces courbes catastrophiques. Ekeland a, par rapport à cette théorie, une position nettement plus "constructiviste" que Thom. Il y voit un outil qui permet de décrire l'influence de paramètre sur des systèmes dynamiques. Il ne s'agit pas d'un alphabet qui permet de décrire le monde à la manière des cinq solides platoniciens.

L'autre idée est celle du "déterminisme-aléatoire". Un système déterminé est un système où l'on peut, à partir de la situation présente et des lois d'évolution (par exemple la loi de Newton), calculer tous les états passés et futurs du système. Toutefois, si l'on s'intéresse aux "détails" la plupart des systèmes semblent se comporter de façon aléatoire (mouvement Brownien, trajectoires réelles des planètes). Le problème est de concevoir un modèle qui permette de prendre en compte ces deux aspects de la réalité. Pour cela, Ekeland propose de considérer l'aléatoire comme la projection, dans une dimension inférieure, du déterminé. Un exemple éclaire cette proposition bizarre. Il est fourni par le "décalage" de Bernouilli. Il s'agit de la fonction du carré unité dans lui-même

$$f: ]0, 1[ \times ]0, 1[ \longrightarrow ]0, 1[ \times ]0, 1[ \\ (a; b) \longmapsto (a'; b')$$

donnée par:

- a' s'obtient en "supprimant" le chiffre des dixièmes de a
- b' s'obtient de b en y insérant le chiffre des dixièmes de a

Exemples: (0,333...; 0,500...)  $\longmapsto$  (0,33...; 0,3500...)  
 (0,728...; 0,567...)  $\longmapsto$  (0,28...; 0,7567...)

Supposons que l'on constitue une suite de tels couples de nombres, chacun étant obtenu à partir du précédent à l'aide de f. Par exemple:

(0,2767456...; 0,5) ; (0,767456...; 0,25) ; (0,67456...; 0,725) ;  
 (0,7456...; 0,6725)...

Cette suite est parfaitement déterminée. Cachons maintenant la première composante de chaque couple:

0,5 ; 0,25 ; 0,725 ; 0,6725 ...

Dans ce cas la loi n'est pas visible et la suite de nombres paraît évoluer de façon aléatoire.

Il semble qu'il y ait du pain sur la planche des enseignants si l'on veut qu'un jour ces idées fassent partie du bagage culturel de chacun.

lop

# évaluation

## L'analyse de l'erreur en mathématique chez l'élève

(Journées de réflexion des 21, 22 avril 1989 à Fontaines)

Après une présentation de travaux sur la maîtrise des quatre opérations en 7ème année du cycle d'orientation de Genève, Mme G. Lorenz du CRPP de Genève et M. Alain Emery, enseignant au Cycle d'orientation, ont introduit les participants sur le chemin difficile mais passionnant de l'analyse des procédures utilisées par les élèves de 12 à 15 ans dans des problèmes aux énoncés simples en apparence.

A titre d'exemple, voici deux des problèmes, qui ont été testés préalablement dans des classes de notre canton et qui ont conduit à de brûlants constats :

Exemple 1 :

calcule les  $\frac{7}{5}$  de 200 (1ère version)

calcule les  $\frac{3}{5}$  de 200 (2ème version)

prends les  $\frac{7}{5}$  de 200 (3ème version)

prends les  $\frac{3}{5}$  de 200 (4ème version)

Deux variables apparaissent ici : la différence entre calculer et prendre (= enlever, ôter, avec l'idée que le résultat sera donc plus petit que 200), et la différence entre deux nombres rationnels, l'un plus petit que 1, l'autre plus grand.

Si la grande majorité des élèves de 12 ans peuvent calculer les  $\frac{3}{5}$  de 200 assez aisément, la proportion de ces mêmes élèves réussissant à prendre les  $\frac{7}{5}$  de 200, ou même calculer les  $\frac{7}{5}$  de 200, est très nettement inférieure, et il faut parfois attendre la 4<sup>ème</sup> année secondaire pour assurer la pleine réussite.

Exemple 2 :

Combien coûtent 4,5 mètres de tissu à Fr. 16.- le mètre ?

Combien coûtent 45 cm de tissu à fr. 16.- le mètre ?

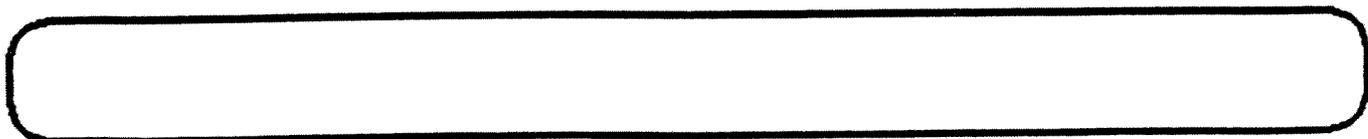
Combien coûtent 0,45 mètre de tissu à fr. 16.- le mètre ?

Ici, on s'en doute, la première version "passe" bien, mais chacune des deux autres nettement moins, et pour des raisons différentes : transformation d'unité négligée ou fautive dans le premier cas, nombre décimal et multiplication pas évidente dans le second. Il n'est pas rare de voir des essais de réponses "bricolées" où la notion de linéarité est présente : on passe de 1m à 4m, puis il fait ajouter un demi mètre, et on additionne les prix correspondants. Or cette manière de faire se complique singulièrement lorsqu'on remplace 4,5 par 0,45 qui est inférieur à 1. Là aussi les taux de réussite chutent.

S'il fallait résumer le sentiment des animateurs MM. C. Berger, J.- C. Allisson, F. Jaquet et J.- A. Calame, peut-être pourrait-on dire des deux jours de travail qu'ils furent tout à la fois détendus, très instructifs quant à la prudence et au soin à apporter à toute rédaction de problème destiné à l'évaluation, chaque participant semblait très conscient de l'importance et la nécessité de telles réflexions, à plusieurs.

A suivre donc, car le sujet n'est pas épuisé.

J.- A. Calame



# biologie

## Renouveau de l'enseignement de la biologie

W. Reichenbach

### Historique

La réforme de 1964 avait permis de mettre en place un enseignement des sciences naturelles basé sur l'étude du concret, donc beaucoup plus pratique, les "notes méthodologiques" de Willy Lanz constituant la référence didactique pour les praticiens. L'extrait qui suit est très révélateur du nouvel esprit voulu par le délégué du DIP pour la biologie : "... ainsi l'enseignement des sciences naturelles est basé sur l'observation, les manipulations et les expériences. Il cesse d'être uniquement la transmission d'un savoir et matière à mémorisation seulement. Le but consiste moins à accumuler des connaissances qu'à éveiller la curiosité des enfants et à leur apprendre à observer et à raisonner". Le document entier mérite toute notre attention tant il exprime avec clarté et concision les objectifs visés. Aujourd'hui encore il est remis aux stagiaires en biologie, sa valeur pédagogique demeurant intacte.

Après une dizaine d'années d'expérimentation, un recyclage est organisé, composé de 20 demi-journées de conférences, débats, visites... etc et de 3 jours de travaux pratiques suivis au Bois-du-Clos. Il permettra aux biologistes de se retrouver, d'échanger leurs idées et de s'enrichir de nouvelles expériences.

En 1978, CIRCE II présente son rapport après quatre années de travail intense où l'accent avait été mis davantage sur la définition claire des objectifs à atteindre et sur la manière de le faire plutôt que sur les seuls contenus (objectifs de savoir-faire, objectifs de savoir et objectifs de savoir-être ou d'attitudes).

Malheureusement pour les membres de CIRCE II, la fin de leurs travaux coïncide avec la publication du premier ouvrage d'André GIORDAN "une pédagogie pour les sciences expérimentales" en 1978. Agrégé de biologie, et Docteur ès sciences de l'éducation, l'auteur va poursuivre ses recherches en psychopédagogie et d'autres publications suivront. Aussi, dès 1984, le colloque cantonal de biologie invitait André Giordan à venir présenter l'état de ses recherches et ses idées sur l'enseignement des sciences naturelles. Ses ouvrages sont alors l'objet de lectures attentives des membres du colloque et ébranlent souvent leur confiance tant ils révèlent les défauts et les lacunes de notre façon d'enseigner. La dérive par rapport aux idées de W. Lanz est importante.

Aussi, le moment est venu pour un groupe de maîtres de préparer l'introduction de CIRCE II au niveau 6 et élaborer un projet de restructuration pour les niveaux 7 et 9 (la biologie n'est pas enseignée au niveau 8), sur la base des recherches les plus récentes en psychopédagogie. André Giordan revient au printemps 1987 sensibiliser cette fois l'ensemble des enseignants en biologie de notre canton. Et ce printemps 1989, deux groupes se retrouvent à la Rouvraie d'abord, puis un autre au Louverain pour mettre en pratique la nouvelle méthode de recherche-découverte qui sera présentée dans un prochain numéro.

IL nous semble utile de présenter les principaux ouvrages écrits par Giordan lui-même ou publiés sous sa direction scientifique, et qui ont profondément influencé les animateurs des recyclages dans leurs travaux de recherche. Il s'agit simplement d'extraits du dos de la couverture de ces livres, qui en expliquent succinctement le contenu.

### **1978: Une pédagogie pour les sciences expérimentales**

L'auteur plaide pour de nouvelles façons d'initier aux sciences expérimentales. Il s'agit d'apprendre non plus à avoir foi en la parole enseignée mais plutôt aux tests de la réalité. La science ne peut se dire, ce qui importe avant tout, c'est de développer une attitude expérimentale. Ce livre rapporte des expériences pleines d'idées neuves et stimulantes.

La preuve est faite que les enfants sont aptes à la démarche expérimentale et que, dans cette perspective, la formation scientifique peut devenir une aventure passionnante.

### **1987: Les origines du savoir ou des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques**

Depuis 10 ans se développe un ensemble de travaux sur les "conceptions" des apprenants pour lesquels A. Giordan a joué un rôle déterminant. Ces recherches ont montré que les méthodes habituelles de transmission du savoir... ne donnent pas les résultats attendus, en matière de diffusion du savoir scientifique.... Les recherches entreprises démontrent que la structure de pensée d'un apprenant n'est nullement un système d'enregistrement linéaire et passif, engrangeant et conservant une suite d'algorithmes et d'informations. Elle n'est pas non plus un système de mémorisation cacapable de constituer un concept par addition de nouveaux éléments à cet ensemble. Il apparaît que les apprenants ont, avant toute présentation, un certain nombre "d'idées" sur un phénomène ou sur un objet d'étude et que c'est à travers ces conceptions que l'apprenant interprète les informations diffusées. La connaissance de ces conceptions permet ainsi de mieux adapter la transmission du savoir : si l'enseignant ou le vulgarisateur n'en tient pas compte, les "idées" en place résistent et le savoir diffusé est déformé, ou mieux se "plaque" ou reste isolé à côté du savoir familial.

### **1988 : L'enseignement scientifique : comment faire pour que ça marche ?**

Cet ouvrage est un guide pratique. Il est destiné essentiellement aux instituteurs, aux professeurs et aux animateurs d'activités scientifiques désireux de trouver des recettes, des idées et des outils pédagogiques, mais voulant aussi posséder une réflexion sur l'enseignement, la culture scientifique ainsi que sur leur propre pratique.

Ce livre propose aussi de tester certaines situations, de faire un ensemble d'essais qui aideront à définir des objectifs, à préparer des sujets d'études et à mener une démarche d'appropriation du savoir partant de ce que sont réellement les enfants ou les adolescents.

Les formateurs y trouveront en outre une somme d'exemples analysés, directement intégrables dans leurs actions de formation.

Enfin, pour les maîtres qui voudraient apporter une dimension historique à leur enseignement, il faut signaler les deux tomes consacrés à l'Histoire de la Biologie, parus en 1987.

# agenda

Séminaire de mathématiques élémentaires, Salle Argand, Institut de géologie, 2e étage, les mardis de 16h15 à 17h45.

Thème général:       1) Polygones, polyèdres  
                          2) Polynomes

31 oct, 14, 28 nov, 12 déc 1989, 9, 23 jan, 6, 20 fév 1990

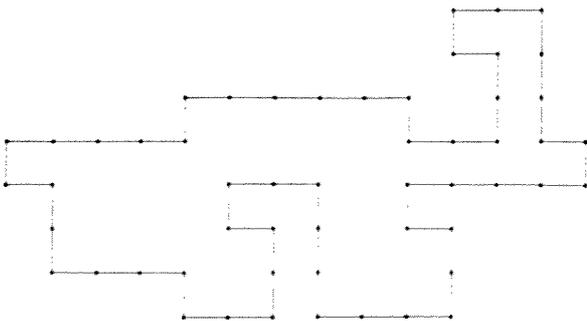
Renseignements: André Calame, Ch. de Fresens, 2026 Sauges

Dès la rentrée universitaire, reprise des cours d'initiation à la systémique. Les mardis de 17.30 à 19.00. Université, bâtiment principal, salle D65.

Renseignements: Eric Schwarz, Université, Av. du 1e Mars 26 (038/25 38 51)

## Découpage

Découpez ce polygone en seulement trois morceaux, de façon à pouvoir reconstituer un carré. On se contentera de tracer distinctement sur la figure les lignes de découpe.



## Trois fois rien

$$\begin{array}{r} \text{RIEN} \\ \times \quad 3 \\ \hline = \text{CLOUS} \end{array}$$

Reconstituez cette multiplication, sachant que :

- Un chiffre est toujours représenté par la même lettre
  - Une lettre ne peut représenter qu'un chiffre
  - Il n'y a pas d'autre chiffre 3 que celui déjà écrit
  - Le chiffre 0 est représenté par la lettre O
- Et, bien sûr, la multiplication est exacte !

## Championnat des jeux mathématiques et logiques

Le Championnat de France des jeux mathématiques et logiques connaît un succès grandissant. Il s'étend maintenant à plusieurs pays, ainsi qu'en témoignent les finales de sa 3<sup>e</sup> édition où des participants venus d'Ecosse, du Maroc, d'Espagne, de Suisse, de Hollande se sont mesurés aux sélectionnés français.

Devant l'ampleur que prend cette compétition et le succès des demi-finales organisées, pour la Suisse, à Yverdon en avril dernier, l'équipe de rédaction de ce Bulletin est prête à organiser un

### championnat neuchâtelois des jeux mathématiques et logiques

qui pourra permettre aux gagnants de notre canton d'accéder aux demi-finales suisses et d'espérer participer à la grande finale de Paris, en 1990.

Alors qu'on se le dise ! Le bulletin d'inscription se trouve au bas de cette page. Si l'intérêt est suffisant on démarre, cette année encore ! Des informations paraîtront dans le prochain numéro.

En attendant vous trouvez disséminés dans ce numéro quelques-uns des problèmes sur lesquels se sont essayés (sans calculatrice !) les finalistes de cette année, les 7 et 8 juillet à la Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris. Les résoudre, c'est bien. Mais que penser de ceux qui les inventent !

### Les nombres mauvais

Un nombre entier positif est déclaré bon s'il est somme d'entiers positifs, distincts ou non, tels que la somme de leurs inverses soit égale à 1, et mauvais dans le cas contraire.

Par exemple, 17 est bon car:

$$1/3 + 1/4 + 1/4 + 1/6 = 1 \quad \text{et} \quad 3 + 4 + 4 + 6 = 17$$

Mais 5 est mauvais.

Combien y-a-t-il de nombres mauvais ? Citez les deux plus grands.

-----  
Bulletin d'inscription à retourner à Michel Favre.

Je m'intéresse à ce Championnat neuchâtelois des jeux mathématiques et logiques.

Je compte

- y participer moi-même
- proposer à mes élèves d'y participer
- collaborer à son organisation

Nom:.....

Adresse:.....

S O M M A I R E , No 4

Editorial	page 1
Pourquoi y a-t-il quelque chose ? Eric Schwarz	page 3
Compte rendu	page 8
Un problème de bachot et son environnement André Calame	page 9
Lu pour vous	page 15
Evaluation	page 17
Renouvellement de l'enseignement de la biologie Willy Reichenbach	page 19
Agenda	page 22

Pour vous abonner au bulletin (10 Frs pour une année) adressez-vous à:

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

Pour demander votre adhésion à la Société neuchâteloise des maîtres de mathématique, de physique et de chimie prenez contact avec le président:

Gérard Gast, 5, rue Emile Argand, 2000 Neuchâtel (038/ 25 04 07)