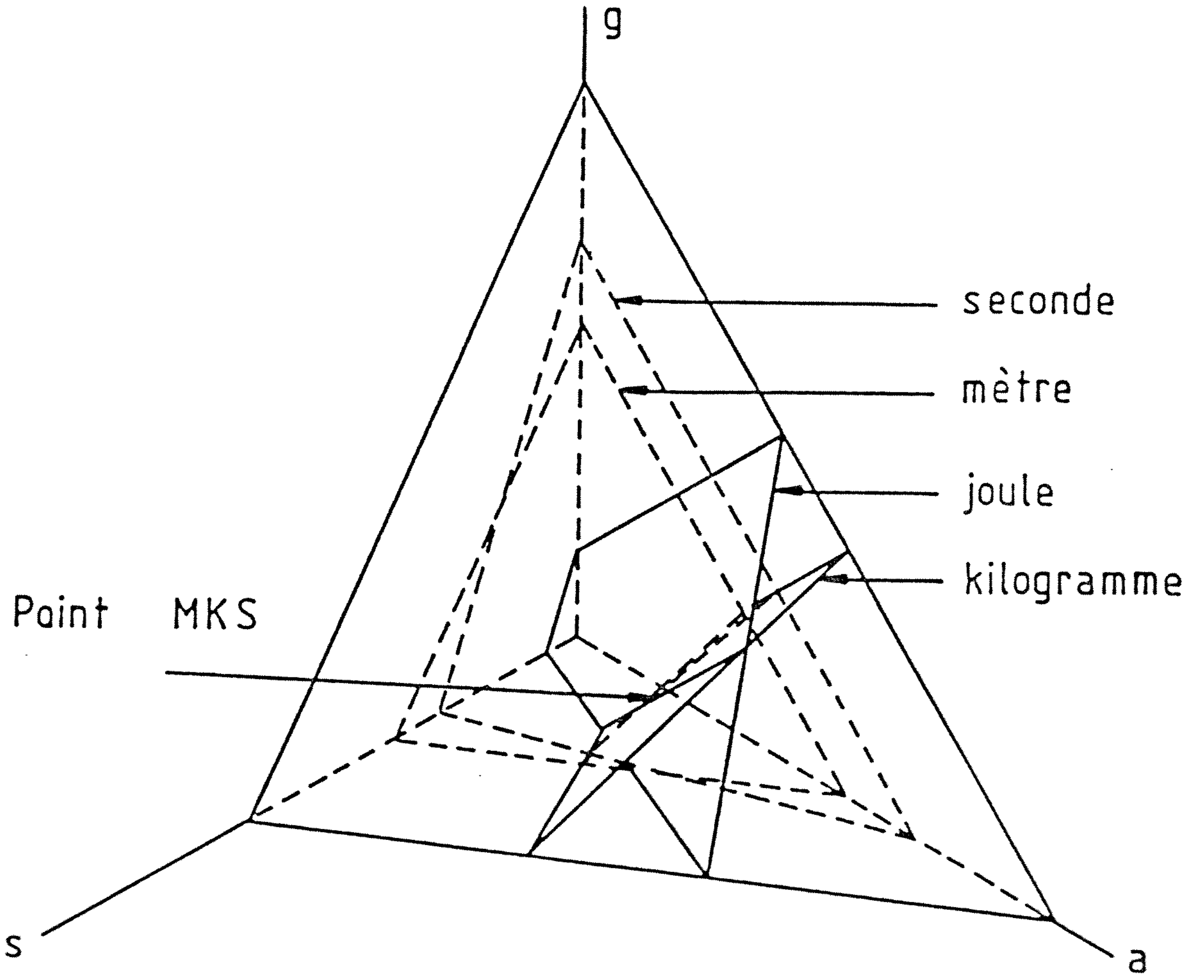
SOCIETE NEUCHATELOISE DES MAITRES DE MATHEMATIQUE, DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE



BULLETIN no 3, mars 1989

C'est avec émotion que nous avons composé ce numéro du Bulletin. En effet, notre collègue Pierre Huguenin, professeur de physique à l'Université de Neuchâtel est décédé en octobre dernier, au moment même où la première partie de son article sur l'Univers dimensionnel de la physique paraissait. Lors de discussions, Pierre Huguenin nous avait mentionné deux de ses préoccupations qui rejoignaient des problèmes didactiques. L'une concernait le problème de l' énergie, l'autre le problème des unités en physique. C'est ce deuxième thème qu'il a pu développer et nous transmettre avant de nous quitter prématurément. Nous n'oublierons pas l'intérêt qu'il portait à l'enseignement dans sa globalité malgré sa haute spécialisation en physique théorique.

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

Comité de la SNMMPC: 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: Louis Gagnebin, Pierre Huguenin, Michel Roquier.

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

Couverture: figure extraite de l'article de Pierre Huguenin.

Délai pour transmettre vos contributions au prochain numéro: 15 mai 1989

éditorial

Histoire de niveau

Le niveau baisse. Ces trois mots perfides résument notre angoisse d'enseignants, d'auteurs de manuels ou de scientifiques. Jamais on n'aura dépensé autant d'énergie et d'argent pour imaginer des méthodes d'enseignement adaptées au développement des disciplines enseignées et qui tiennent compte, également, des connaissances acquises en psychologie cognitive (mémoire, paliers d'apprentissage), psychologie sociale (interaction maître-élève, travail en groupe,...). En vain, semble-t-il !

L'histoire nous apporte une première consolation. Ainsi, Socrate (470-399 av J.-C.) notait: "les jeunes d'aujourd'hui aiment le luxe, ils sont mal élevés, méprisent l'autorité, n'ont aucun respect pour leur aînés et bavardent au lieu de travailler". On peut aussi lire sur des tablettes d'argile babyloniennes vieilles de 3000 ans: "La jeunesse d'aujourd'hui est pourrie jusqu'au tréfonds, mauvaise, irréligieuse et paresseuse. Elle ne sera jamais comme la jeunesse du passé et sera incapable de préserver notre civilisation" (1).

Le problème est donc pour le moins cyclique !

Certaines études ont pris cet objet pour thème. Ainsi D. Glasman (2) montre que la locution "le niveau baisse" est utilisée par des milieux fort divers qui se servent de l'expression pour atteindre des objectifs divers, voire contradictoires. Par l'absurde, l'expression semble perdre du sens. Par ailleurs C. Baudelot et R. Establet relèvent également la difficulté à juger du niveau des élèves. Dans leur ouvrage ils soutiennent la thèse opposée: "Le niveau monte" (3).

De fait, il apparaît qu'il ne faut pas tout mélanger. Globalement, les enfants d'aujourd'hui "savent" plus de choses que leurs parents. Ce qui paraît par contre manquer, c'est le sens qui relie toutes ces informations parcellaires. Plus l'information est riche, et plus la tâche d'enseigner est délicate. Un nouveau savoir est "bloqué" par les conceptions antérieures que l'élève a sur le sujet. Ainsi les nouvelles connaissances flottent dans le système de pensée préalablement installé sans s'intégrer en une structure cohérente.

Que faire alors pour enseigner efficacement ? Une idée maîtresse qui ressortirait des études citées: apprendre à l'élève à se charger de l'élaboration de son propre savoir. Beau programme qui reste à opérationaliser !

Une attitude de doute envers tout nouveau savoir peut constituer une piste. Qui dit mieux ?

L'équipe de rédaction

(1) Ces citations sont extraites de Giordan, A., de Vecchi, G. Les origines du savoir. Ed. Delachaux et Niestlé. D'autres passages de cet ouvrage ont également été utilisé comme source d'inspiration.

(2) Réflexion sur les usages sociaux de la fausse évidence, le niveau baisse CRDP de Grenoble, 1984.

(3) Edition du Seuil, 1989.

information

Rencontres ESRN - Ecoles professionnelles (suite)

Le premier numéro du bulletin donnait une information générale sur ces rencontres. Le bulletion no 2 résumait une partie des conclusions concernant la physique. On donnera ici un aperçu des travaux des deux groupes qui se sont occupés des mathématiques.

Ce qui frappe dans les rapports signés de Francine Rebetez et Bernard Walder, c'est que la liste des notions qu'il suffirait de maîtriser pour entreprendre une formation professionnelle n'est pas très longue et compte principalement: la maîtrise des pourcentages, la maîtrise de la relation de Pythagore et des fractions simples, la possibilité d'appliquer des formules et d'utiliser du calcul littéral, la maîtrise des situations de proportionalité, la capacité d' organiser une démarche pour résoudre un problème. Le rapport de l'association Suisse pour l'orientation scolaire et professionnelle (ASOSP) ne paraît pas non plus beaucoup plus ambitieux. Un hiatus existe donc entre ces demandes, raisonnables, et les lacunes qui semblent devoir être comblées à l'entrée du monde professionnel.

L'école obligatoire a pour principale tâche une formation générale. Ce qui ne semble pas signifier que les enseignants de l'ESRN se refusent de "driller" les élèves dans des domaines particuliers. Toutefois il semble que des premières mesures pourraient déjà être prises au niveau des notations et de toutes les connivences qui existent dans les rapports des maîtres aux élèves. L'étude des diverses notations pour une même notion pourraît être un exercice profitable en fin de scolarité obligatoire. L'établissement d'un "dictionnaire" en serait le pendant au début de la scolarité professionnelle.

Un domaine classique d'ambiguités est le domaine de fractions: l'école obligatoire a banni certainement à juste titre des notations du type:
4 1/3 (4 entiers et un tiers)
200 + 5% (200 et les 5% de 200)

Pourtant la première est en usage dans les banques et l'autre peut se taper telle quelle sur certaines calculatrices.

Il est également nécessaire de juger des élèves par rapport à leur programme global. Ainsi un élève sortant de 8e année n'a jamais suivi de cours de physique et a donc eu un nombre d'occasions limité de pratiquer du calcul littéral en situation.

La principale proposition qui devrait permettre une meilleure continuité entre la scolarité obligatoire et la scolarité professionnelle serait de favoriser le contact entre les deux types d'institution.

lop

* * *

Des exemplaires du rapport complet peuvent être obtenus auprès de la direction de l'ESRN, Collège du Mail (038/ 25 92 62).

La brochure de l'ASOP "de l'école aux cours professionnels" est disponible dans les offices régionaux d'orientation.

physique

L'UNIVERS DIMENSIONNEL DE LA PHYSIQUE

ESSAI DE PHYSIQUE CONTEMPLATIVE (2e partie)

Pierre HUGUENIN

Les trois premiers points de l'article ont paru dans le bulletin précédent. Il s'agit de:

1. Introduction
2. Le cas de la mécanique et de ses limites de validité
3. Le tétraèdre des théories physiques

C'est également dans ce numéro 2 que l'on trouvera les trois appendices:

Appendice A: Structure géométrique de la représentation
Appendice B: Relations entre unités MKS et de Planck
Appendice C: Répertoire des lois et constantes physiques citées

4. Le système MKS dans l'univers

Les unités internationales mètre, kilogramme, et seconde ainsi que leurs dérivés immédiats comme le joule, le Newton etc. se sont imposés comme unités pratiques à l'échelle de l'homme.

Le point MKS, intersection de tous les plans correspondants à ces unités et à leur produits à des puissances quelconques se situe bien au milieu du tétraèdre. En unités logarithmiques, l'homme est bien au centre de l'univers dimensionnel.

Quant au choix mètre, seconde, kilogramme il apparait assez mal choisi relativement à nos critères de comparaison avec les constantes des lois fondamentales de la physique. En particulier, mètre et seconde sont certes transverses mais très loin de l'orthogonalité sur cette vue. Cela explique l'allure compliquée des diagrammes du § 2.

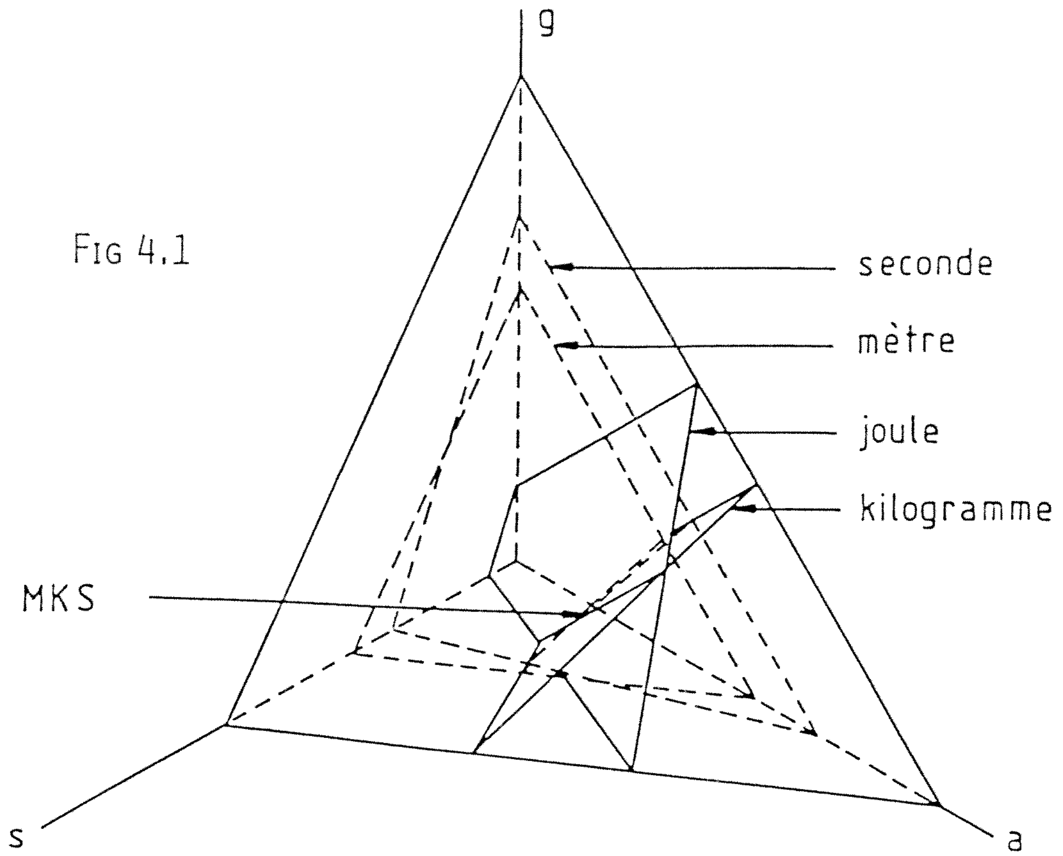


FIG 4.1

5. Les plans des masses

Sur la fig. 5.1, sont reportés deux plans parallèles qui correspondent à la masse m_e de l'électron et l'unité de 1 kg. Ces deux masses ont des propriétés physiques qualitativement différentes parce que l'électron a une masse plus faible que la masse de Planck et que le kg est une masse plus élevée que la masse de Planck.

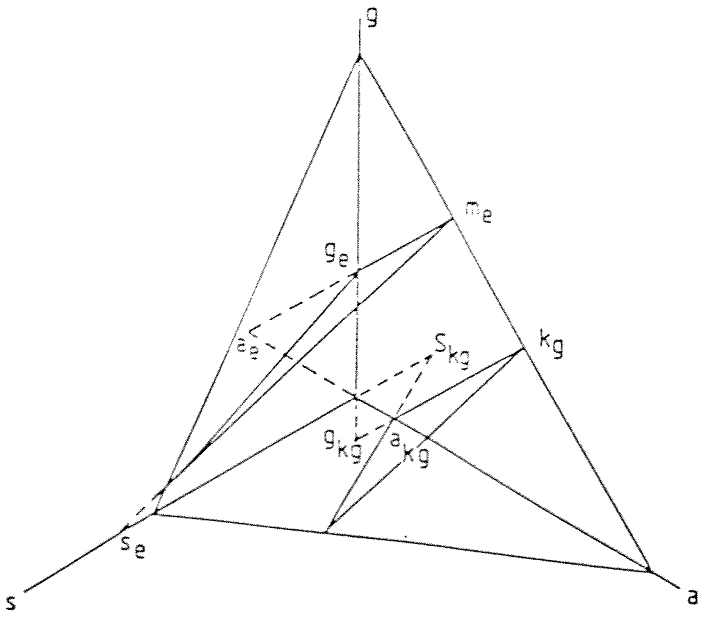


Fig. 5.1

Pour expliciter cette différence qualitative considérons les intersections des axes s, a et g avec ces plans. Ces points sont notés dans une notation évidente sur la figure. On dira qu'une telle intersection est physique si elle est située sur une arête du tétraèdre et non physique si elle se situe sur un prolongement. On lit sur la figure

	s	a	g
masse électron m_e	non physique	non physique	physique
masse unité 1 kg	non physique	physique	non physique
		Schwarzschild	Compton

L'intersection avec l'axe a nous met dans un domaine gravitationnel relativiste. On vérifie qu'un tel point génère un système d'unités dont la longueur est le rayon de Schwarzschild de la solution des équations d'Einstein. S'il est possible de concentrer ce kg de matière à l'intérieur d'un tel rayon, on aura un trou noir.

En revanche, le point de Schwarzschild de l'électron est loin au-dehors du tétraèdre et si on tentait de comprimer un électron dans un volume si petit, il s'évaporerait par effet tunnel quantique.

L'intersection avec l'axe g nous met dans un domaine relativiste et quantique, dominé par la longueur ou la fréquence de Compton. Ces grandeurs sont physiquement significatives pour l'électron mais ne le sont pas pour l'unité de masse. Des effets gravifiques domineraient d'éventuels effets quantiques relativistes.

Les points s_{m_e} et s_{kg} représentent les caractéristiques de l'atome de Bohr gravitationnel qu'on formerait avec 2 masses ponctuelles électriquement neutres de masses correspondantes. Pour 2 électrons, ce rayon de Bohr dépasse le rayon de l'univers et pour des masses de l'ordre du kg l'atome gravitionnel devient plus petit que la longueur de Planck !

Sur la figure 5.2 sont reportés les plans de quelques masses caractéristiques. Il s'agit de plans parallèles allant de la masse m_γ du photon (limite cosmique) à la masse totale de l'univers qui coïncide avec le sommet a_{max} du tétraèdre.

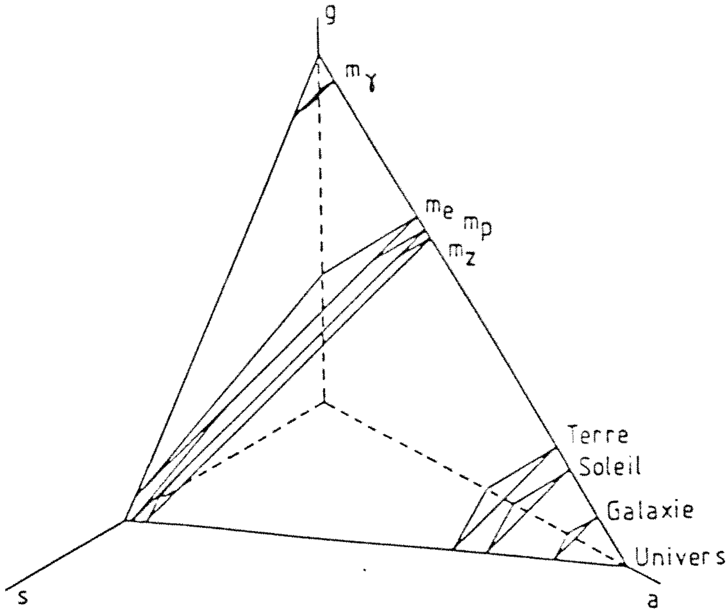


Fig. 5.2

Sur ce dessin apparaît une coïncidence intéressante. Les masses des particules qui constituent la matière sont telles que leurs plans représentatifs coupent l'axe s en des points voisins de l'infiniment CALME ou limite statique.

Ainsi, l'échelle des masses des particules constituantes de la matière de l'univers semble telle que les "atomes gravitationnels" qu'elle pourrait former auraient un rayon de Bohr voisin du rayon de l'univers. En formule, cette coïncidence dit que les 4 grandeurs m_p, R, $\hbar$, G sont reliées par une relation simple :

$$\frac{m_p^3 RG}{\hbar^2} \cong 6 \cdot 10^3$$

Sous cette forme, la vitesse de la lumière n'intervient pas dans cette relation non relativiste extrême.

La valeur $6 \cdot 10^3$ doit être considérée comme voisine de l'unité si l'on pense que la masse typique apparaît au cube, que le rayon de l'univers est entaché d'erreur et qu'une théorie qui dépasserait l'analyse dimensionnelle faite ici devrait fixer des facteurs géométriques contenant des puissances 2π ou même 4π. En particulier, si nous voulions appliquer cette formule à la masse des quarks constituants du proton, de masse de l'ordre 10^{-2} mp, le nombre sans dimensions passerait à 10^{-3} environ.

De telles relations entre l'infiniment petit et l'infiniment grand ont passionné physiciens et astronomes sans déboucher sur une interprétation universellement reconnue.

La relation ci-dessus, isssue de notre observation géométrique d'intersection de différents plans s'obtient aussi à partir des remarques de Dicke qui considère, à la suite de Dirac la coïcidence de 3 grands nombres

$$\frac{\hbar c}{m_p^2\ G} \simeq 2 \cdot 10^{38} \qquad (1)$$

$$T\ \frac{m_p\ c^2}{\hbar} \simeq 10^{42} \qquad (2)$$

$$\frac{M}{m_p} \cong 10^{80} \qquad (3)$$

(1) est une mesure de la relative faiblesse de l'interaction gravitationnelle vis-à-vis des autres ($\hbar c$ a la dimension d'une charge électrique au carré).

(2) est le nombre d'oscillations Compton d'un proton sur une durée égale à l'âge de l'univers.

(3) est pratiquement le nombre de particules massiques dans l'univers accessible.

La parenté numérique de ces grands nombres fait l'objet de passionnantes spéculations. Les plus crédibles mettent en évidence la nécessité de ces coïncidences pour assurer l'existence d'êtres pensants dans l'univers. [Voir R.H. Dike, Nature 192 (4) 440 (1961)]. En effectuant le produit de (1) avec (2) on obtient notre relation géométrique à condition d'identifier R à cT.

Du côté des grandes masses, on voit sur la figure 5.2 que le plan masse de l'univers frôle le point a_{max}. En d'autres termes le rayon de Schwarzschild de l'univers entier coïncide pratiquement avec le rayon de l'univers. Sommes-nous à l'intérieur d'un trou noir ?

Encore une coïncidence vertigineuse pour l'esprit ?

6. La charge électrique et l'électron

Jusqu'ici, nous n'avons pas parlé des unités électriques. Il s'agit d'une question où les conventions jouent un rôle si important que d'excellents esprits vous diront que ce n'est qu'une question de convention.

Pour conserver notre représentation des grandeurs physiques par des plans d'un espace à 3 dimensions, il convient d'utiliser un artifice analogue aux définitions utilisées dans le système CGS de Gauss.

Dans le système MKSA il apparaît deux constantes physiques "universelles" ε_0 et μ_0 liées à la vitesse de la lumière

(6.1) $$\varepsilon_0 \cdot \mu_0 \doteq \frac{1}{\underline{c}^2} = \frac{1}{9 \cdot 10^{16}} \underline{m}^{-2} \underline{s}^2$$

On choisit μ_0 numériquement avec ses dimensions

(6.2) $$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \underline{kg} \; \underline{m} \; \underline{s}^2 \; \underline{A}^2$$

Cela définit le courant en ampères. On introduit la tension électrique en volts V de manière à avoir une puissance en watts

(6.3) $$1 \text{ VA} = 1 \; \underline{kg} \; \underline{m}^2 \; \underline{s}^{-3}$$

On peut réécrire (6.2) sous forme plus électrique

(6.4) $$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{A m}}$$

Avec (6.1)

(6.5) $$\varepsilon_0 \doteq \frac{10^{-9}}{36\pi} \frac{\text{A s}}{\text{V} \cdot \text{m}}$$

Les grandeurs fondamentales qui apparaissent dans les équations de Maxwell ont les dimensions :

(6.6)
$$[\vec{E}] = \text{Vm}^{-1} \qquad [\vec{D}] = \frac{\text{A s}}{\text{m}^2} \qquad [\vec{B}] = \frac{\text{V s}}{\text{m}^2}$$
$$[\vec{H}] = \frac{\text{A}}{\text{m}} \qquad [\varrho] = \frac{\text{A s}}{\text{m}^3} \qquad [\vec{j}] = \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

Si on considère les changements d'unités

$$\check{\vec{E}} = \sqrt{4\pi\ \varepsilon_0}\ \vec{E} \qquad \check{\vec{D}} = \sqrt{\frac{4\pi}{\varepsilon_0}} \qquad \check{\varrho} = \frac{\varrho}{\sqrt{4\pi\ \varepsilon_0}}$$

(6.7)

$$\check{\vec{B}} = \sqrt{\frac{4\pi}{\mu_0}}\ \vec{B} \qquad \check{\vec{H}} = \sqrt{4\pi\ \mu_0}\ \vec{H} \qquad \check{\vec{\jmath}} = \frac{1}{\sqrt{4\pi\ \varepsilon_0}}\ \vec{\jmath}$$

On vérifie sans peine que

$$[\check{\vec{E}}] = [\check{\vec{B}}] = [\check{\vec{D}}] = [\check{\vec{H}}] = \frac{\text{Joule}}{\text{m}^3} = \underline{\text{kg}}^{\frac{1}{2}}\ \underline{\text{m}}^{-\frac{1}{2}}\ \underline{\text{s}}^{-1}$$

(6.8)

$$[\check{\varrho}] = \underline{\text{kg}}^{\frac{1}{2}}\ \underline{\text{m}}^{-\frac{3}{2}}\ \underline{\text{s}}^{-1} \qquad [\check{\vec{\jmath}}] = \underline{\text{kg}}^{\frac{1}{2}}\ \text{m}^{-\frac{1}{2}}\ \text{s}^{-2}$$

Les unités spécifiquement électriques ont disparu des grandeurs et aussi des équations de Maxwell qui s'écrivent pour les nouveaux champs

(6.9)

$$\text{div}\ \check{\vec{B}} = 0 \qquad \text{div}\ \check{\vec{D}} = 4\pi\ \check{\varrho}$$

$$\text{rot}\ \check{\vec{E}} + \frac{1}{c}\frac{\partial \check{\vec{B}}}{\partial t} = 0 \qquad \text{rot}\ \check{\vec{H}} - - \frac{\partial \check{\vec{D}}}{\partial t} = \frac{4\pi}{c}\ \vec{\jmath}$$

Ces relations sont identiques aux équations de Maxwell écrites dans le système CGS de Gauss. Les facteurs 4π simplifient les lois de forces mais compliquent les équations. La vitesse de la lumière apparaît de façon naturelle dans le jeu entre l'électrostatique et le magnétisme, correction relativiste du 1e ordre de l'électrostatique.

C'est donc une formulation cohérente ne faisant apparaître aucune nouvelle constante fondamentale.

Au contraire, la charge électrique a la dimension

$$[\check{Q}] = (\text{kg m}^3\ \text{s}^{-3})^{\frac{1}{2}} = [\text{Joule} \cdot \text{m}]^{\frac{1}{2}} = [\hbar \cdot c]^{\frac{1}{2}} \ ,$$

et il existe donc déjà une unité naturelle de charge électrique !

Si nous appelons e la charge de l'électron, on a

(6.10)

$$\alpha = \frac{\check{e}^2}{\hbar c} \simeq \frac{1}{137} = \text{Nombre pur}$$

C'est la célèbre constante de la structure fine de Sommerfeld.

Sur la figure 6.1, la charge et la masse de l'électron sont représentées. En pointillé, le produit $\hbar c$, mesure universelle d'interaction entre particules.

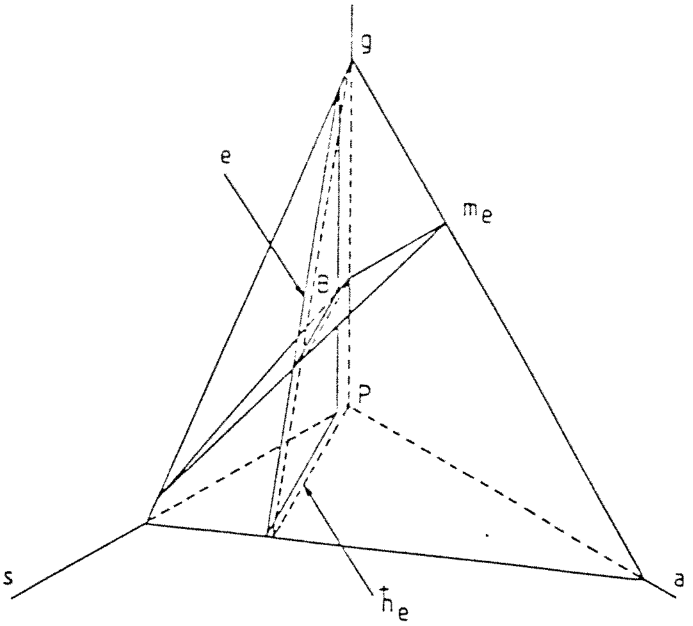


Fig. 6.1

L'intersection des plans $\check{e}$, m_e, a = 0 définit un point, que nous appelerons B pour rappeler Niels Bohr. Il définit des unités utiles en physique atomique : rayon de Bohr, énergie de liaison de l'hydrogène, l'unité de vitesse $\frac{1}{137}$ montre que les corrections relativistes ne sont pas trop importantes pour les atomes.

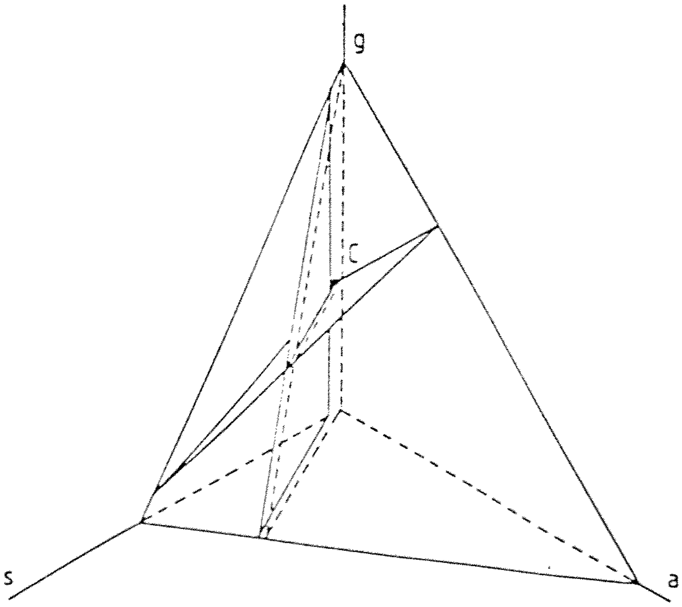


Fig. 6.2

Le point classique de l'électron

L'intersection des plans $\check{e}$, m_e, s = 0 définit un point C (mis pour classique) au-dehors de tétraèdre. Il est reporté sur la figure 6.2. Avec s = 0, c'est un système d'unités relativistes dans le domaine dit des "variables cachées" au § 3. L'unité de longueur est alors le rayon classique de l'électron

$$\frac{\check{e}}{m_e\ c^2} = a$$

On peut étendre les unités électromagnétiques que nous avons définies aux grandeurs typiques de la théorie des circuits électriques : résistance, self et capacité. On remarque alors rapidement que les valeurs des paramètres ne sont pas limitées au tétraèdre universel.

Par exemple, la résistance électrique a la dimension de l'inversse d'une vitesse. Cette vitesse n'est pas physique donc pas limitée par la vitesse de la lumière. Pour avoir une vitesse physique, il faut considérer le nombre de porteurs de charges qui peut varier par des facteurs de l'ordre de 10^{20}.

7. Les nombres purs

Ce sont des grandeurs physiques dites sans dimensions, c'est-à-dire dont les exposants des unités $\underline{m}^{\alpha}$ $\underline{kg}^{\beta}$ $\underline{s}^{\delta}$ sont nuls : $\alpha = 0$, $\beta = 0$, $\delta = 0$.

On obtient, par exemple, un nombre pur par division de deux grandeurs de même nature (mêmes exposants α, β, δ). Dans notre représentation, il s'agit de 2 plans parallèles.

Pour représenter ces objets il faut adjoindre un axe réel à l'espace de nos plans. En effet, l'espace à l'infini de notre représentation projective est une droite réelle.

Notre tétraèdre des grandeurs physiques est donc incomplet. Il faut y adjoindre un axe disjoint pour y reporter les nombres purs, ou plutôt leurs logarithmes.

On peut convenir de prendre l'inverse des nombres purs < 1. Dans ce cas, la représentation n'utilisera que le ½ axe R_+.

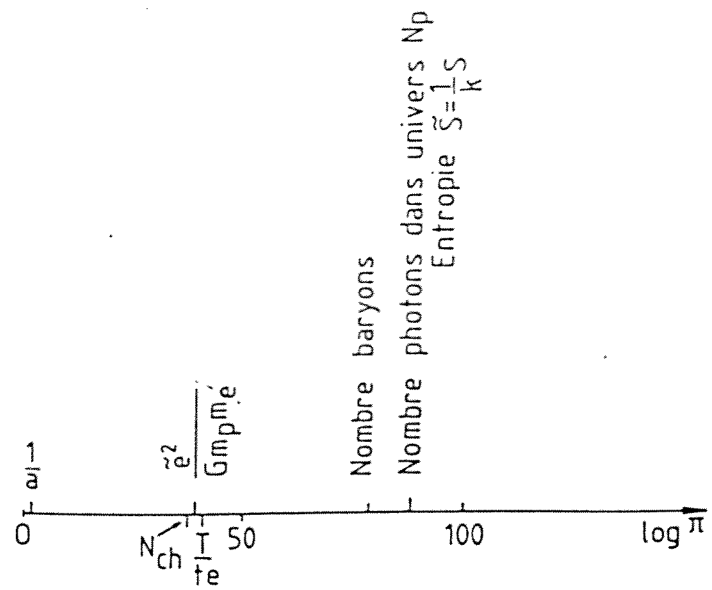
Les nombres purs sont les enfants chéris de l'analyse dimensionnelle. On peut les ajouter, multiplier et diviser sans aucune restriction. On recommande souvent de ne considérer que des fonctions de nombres purs, ce que nous avons fait dans ce travail à l'exception des manipulations avec les logarithmes qui forment une classe spéciale en vertu de leurs propriétés.

Les nombres purs suivants s'imposent à l'esprit et il est assez remarquable que leurs logarithmes se groupent autour de zéro, quarante et quatre-vignt.

Ainsi, physiquement 10^{120} est un grand nombre pur. Il est intéressant de remarquer que les mathématiciens n'hésitent pas à aller bien au-delà ! Par exemple, la numérotation des symboles, expressions et théorèmes au moyen de nombres premiers et la multiplication de tels nombres dans la démonstration des théorèmes de Goedel fait apparaître des nombres beaucoup plus élevés encore.

Devant ces nombres de pensée pure, le physicien que je suis ressent comme un vertige. Qu'est-ce-qu'un nombre qui ne peut plus être compté à la manière d'un boulier même en faisant usage de chaque atome de l'univers ?

DESIGNATION	SYMBOLE	NOMBRE	LOG
Nombre de photons dans l'univers $N = 0.244 \left(\frac{kT}{\hbar c}\right)^3 \cdot V$	$N_{Photons}$	$1.4 \cdot 10^{88}$	88,14
Nombre de baryons dans l'univers $N_B = \frac{M}{m_p}$	$N_{Baryons}$	$8 \cdot 10^{78}$	78,90
Constante de structure fine $\alpha = \frac{\check{e}^2}{\hbar c}$	$\frac{1}{\alpha}$	137	2.137
Quotient de l'énergie de Coulomb par énergie de gravitation des atomes $\frac{\check{e}^2}{G\ m_p\ m_e}$		$2.27 \cdot 10^{+39}$	39,35
Age de l'univers en unité "naturelle" t_e $t_e = \frac{\check{e}^2}{m_e c^3}$	$\frac{T}{t_e}$	$5,4 \cdot 10^{40}$	40,73
Combinaison sans dimension qui fixe le nombre de barions des étoiles à la limite de Chandrasekar $\frac{\hbar c}{G\ m_p^2}$	$N_{Chandr.}$	$1,69 \cdot 10^{38}$	38,22
Entropie de l'univers due au rayonnement $\frac{1}{k} S_{Univers} = \check{S}_{Photons}$	$\check{S}_{Photons}$	$4,7 \cdot 10^{88}$	88,67



Nombres purs

Fig. 7.1

8. Considérations concernant le nombre minimum d'unités indépendantes

Actuellement, l'ensemble des grandeurs physiques se laisse décrire avec trois unités fondamentales indépendantes. Il est inutile d'en rajouter et le système de Planck a beau faire apparaître des nombres sans dimensions, il faut constamment savoir ce que l'on écrit et éviter d'ajouter une masse à un moment cinétique par exemple. La variété des grandeurs physiques est à quatre dimensions actuellement et elle semble vouloir le rester.

Est-ce une propriété analogue à notre espace ambiant dont chacun admet qu'il est à 3 dimensions, mais personne ne réussit à en donner la raison ?

Est-il imaginable qu'une découverte inattendue nous oblige à introduire de nouvelles unités indépendantes ?

Nous avons vu dans le cas de l'électromagnétisme que la charge électrique peut se contenter des 3 unités traditionnelles. Pour la thermodynamique il a été nécessaire de formaliser les questions de la température et de la quantité de chaleur. Finalement à l'aide de la mécanique statistique, température et chaleur ont trouvé leur interprétation en termes d'énergie. Il n'est pas indispensable d'ajouter le °K à la liste des unités.

Il est instructif de méditer sur le passage de la physique d'Archimède à celle de Newton du point de vue des dimensions. Ce point de vue est antihistorique puisque l'analyse dimensionnelle n'a été inventée que bien plus tard, ce qui n'en diminue pas l'intérêt !

La mécanique statique d'Archimède a besoin d'une unité de longueur et d'une unité de force (le poids). Ainsi il pouvait énoncer les lois des leviers et de l'hydrostatique. Avec ces éléments on peut déjà parler de travail, donc d'énergie, et aussi de moment de force.

Avec Galilée, la notion de temps entre dans la mécanique, mais il faut le génie de Newton pour passer de la statique à la dynamique. Pour cela il avait besoin d'une autre grandeur encore, la masse.

Ainsi, à la longueur et à la force, Newton a ajouté le temps et la masse. Il lui fallait au départ 4 unités et il pouvait énoncer que

$$\text{Force} \propto \text{Masse} \cdot \text{Accélération}$$

Pour faire de cette proportionnalité une égalité, il suffit d'une constante universelle λ_{Newton} de dimensions Force (Temps)^2 / Masse · Longueur. Il est habituel de choisir l'unité de force de telle manière que λ_{Newton} vaille numériquement 1. Nous avons alors le système à 3 unités.

Il est remarquable que la physique du 20^e siècle s'est trouvée confrontée à la relativité qui impose une inégalité $v < c$ et à la théorie des quantas qui en impose une autre $\Delta_p \Delta_q > \hbar$. Ainsi $\hbar$ et c ont un statut tout à fait différent de λ_{Newton} qui impose une égalité et fait passer d'un système à 4 unités à un système à 3 unités.

3 unités de base : convention, commodité, loi physique, la discussion n'est pas close. Imaginer une nouvelle théorie portant sur des objets nouveaux nécessitant une nouvelle unité physique est un exercice fascinant pour l'esprit.

J'ai tenté l'exercice et je suis arrivé à la conclusion que sur le plan de l'analyse dimensionnelle aucune découverte de l'importance de celle de Newton n'a été faite en dépit des apparences. Les succès ont plutôt été de réduire des lois portant sur d'autres domaines (température, quantité de chaleur, etc.) aux 3 unités fondamentales.

J'aurais tendance à affirmer que les 3 unités sont reliées à l'existence de 3 constantes c, $\hbar$, G qui dominent la relativité, la mécanique quantique et la gravitation, constantes qui correspondent à des lois fixant des inégalités.

9. Remarques finales

Le lecteur attentif n'aura pas manqué d'être surpris par la discrétion des références à la thermodynamique. Je ne suis pas parvenu à l'intégrer au tétraèdre des lois physiques qui concerne plus particulièrement les lois microscopiques réversibles.

Dans l'interprétation statistique des phénomènes thermiques les nombres purs (nombre de particules ou de degrés de libertés) jouent un rôle déterminant. Ce n'est pas un hasard si la seule mention de l'entropie se trouve au § 7 où l'on parle de nombres purs.

La description complète de l'univers dimensionnel de la physique nécessite donc un récipient tétraèdrique gradué sur les arêtes et une règle divisée !

Remerciements

Ma gratitude va à mes collègues qui ont supporté mes longues divagations sur l'algèbre dimensionnelle avec tolérance et intérêt. Un merci tout spécial à M. Ch. Nussbaum qui a créé spécialement un programme d'ordinateur pour dessiner des plans sécants dans n'importe quelle perspective.

Pour en savoir plus:

Analyse dimensionnelle

- Encyclopaedia Universalis, Paris 1984, Vol. 6, p. 221

Mécanique classique

- R.H. Abraham and C.D. Shaw, Dynamics (5 vols) R.H. Abrahm éd., University of California, Santa Cruz, 1983
- V. Arnold, Méthodes mathématiques de la mécanique classique, Editions de Moscou, 1976
- P. Huguenin et J. Beiner, Cours de mécanique, Université de Neuchâtel, 1978

Mécanique quantique

- A.B. Migdal, Qualitative Methods in Quantum Theory, W.A. Benjamin ed. IMC 1977

Relativité

- L. Landau et E. Lifchitz, Théorie des champs, Editions MIR, Moscou 1970

Cosmologie

- G. Contopoulos and D. Kotsakis, Cosmology, the Structure and Evolution of the Universe, Springer Verlag, 1987

atelier math

Les fractions égyptiennes

Michel Roquier

Au début de l'année scolaire 1988-89, lors d'une séance d'information sur le nouveau cours de mathématique 9e, un des participants s'étonne de la difficulté de la question suivante tirée de l'activité "fractions égyptiennes" (thème NB):

Trouve une décomposition en fractions unitaires distinctes de: $\frac{2}{17}$ $\frac{2}{19}$ $\frac{2}{21}$

Les animateurs présents n'ont pas de réponse dans l'immédiat. Un participant donne l'idée suivante: $\frac{2}{21} = \frac{1}{x} + \frac{1}{21n}$ d'où $x = \frac{21n}{2n-1}$

La question est ouverte et le groupe en reste là. Le lendemain, je donne le problème à faire en devoirs à des élèves de 4S dont les deux tiers reviennent avec des solutions correctes. Voici trois exemples de travaux effectués:

$$\frac{2^{(c)}}{17^{(P)}} = \frac{1}{9^{(E)}} + \frac{1}{153^{(F)}} = \frac{17^{(a)}}{153} + \frac{1^{(b)}}{153} = \frac{18}{153} = \frac{2}{17}$$

Pour trouver $\frac{1}{9}$ et $\frac{1}{153}$ je me dis que : voyant que le dénominateur est 17 (P) j'en déduis que le premier numérateur sera 17 (a). J'y rajoute 1 (b) et cela me donne 18. Je divise 18 par 2 (c) et je trouve 9 (qui devient le premier dénominateur (E)), ensuite je multiplie par 17 ce qui me donne 153 (qui est le second dénominateur (F)).

<u>Un autre exemple:</u> $\frac{2}{19} = ?$

Je fais $\frac{19+1}{2} = 10$
ensuite $10 \cdot 19 = 190$ } donc $\frac{1}{10} + \frac{1}{190}$

$$\frac{2}{19} = \frac{1}{10} + \frac{1}{190} = \frac{19}{190} + \frac{1}{190} = \frac{20}{190} = \frac{2}{19}$$

$$\boxed{\frac{2}{11} = \frac{1}{66} + \frac{1}{6}}$$

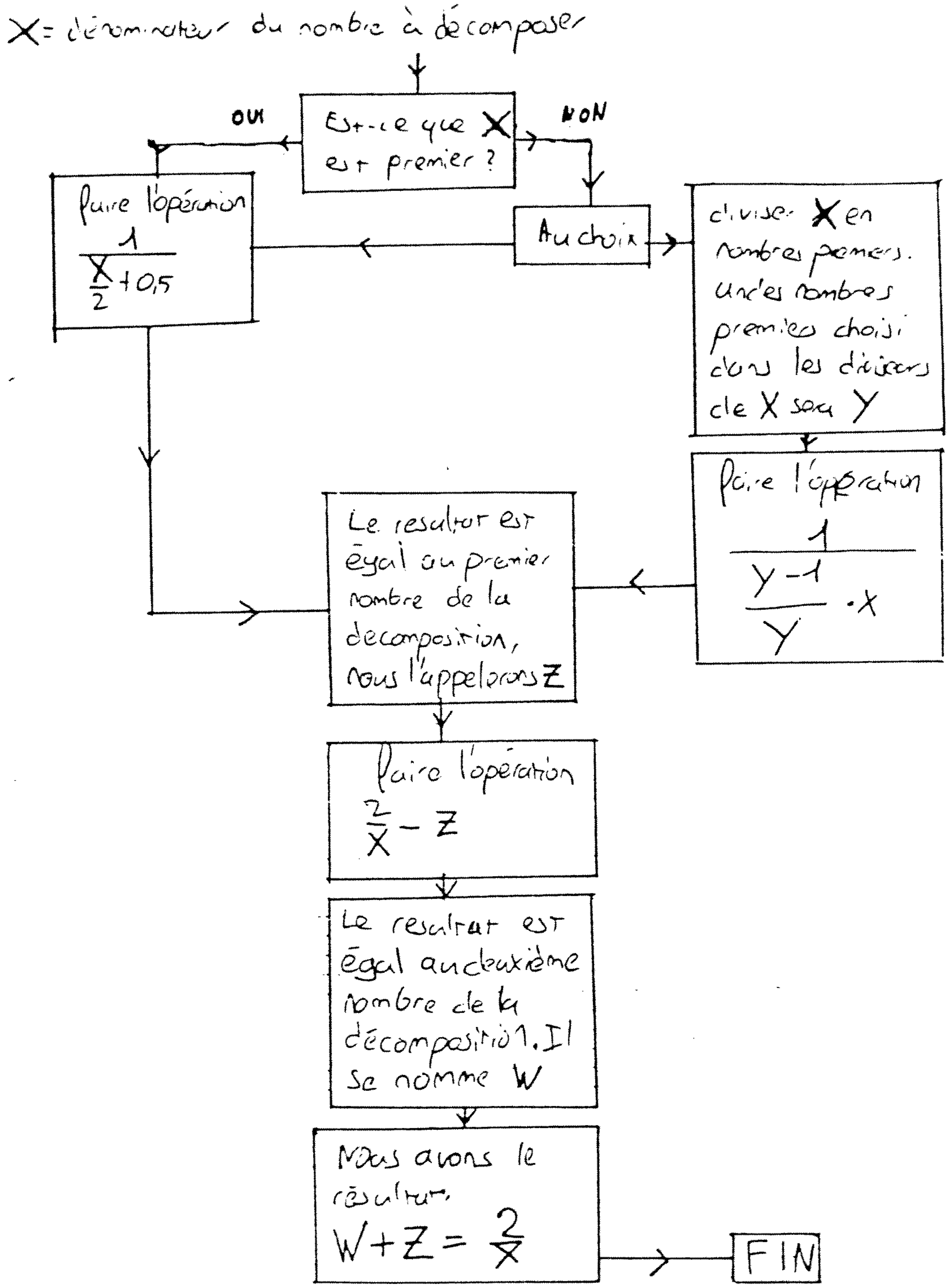
Il faut :
- regarder les divers multiples de 11
- mettre le multiple sous la barre de fraction $\frac{1}{x}$ $x =$ multiple
- additionner cette fraction à la fraction $\frac{1}{y}$ $y =$ nombre de fois que 11 se met dans x

<u>Autre exemple:</u>

$$\frac{2}{17} \neq \frac{1}{2} + \frac{1}{34} \qquad \frac{2}{17} \neq \frac{1}{3} + \frac{1}{51}$$

$$\frac{2}{17} \neq \frac{1}{7} + \frac{1}{115}$$

Tandis que: $\frac{2}{17} = \frac{1}{5} + \frac{1}{153}$



Pour les dénominateurs non premiers, la méthode proposée ne fonctione pas toujours.

Cette activité peut être approfondie en calcul littéral, par exemple pour montrer que, pour n impair:

$$\frac{2}{n} = \frac{1}{\frac{1}{2}(n+1)} + \frac{1}{\frac{1}{2}n(n+1)}$$

excursion

Mathématique et littérature

L. Gagnebin, L-O. Pochon

Le mathématicien, comme le poète
est un créateur de formes.

G.H. Hardy

Le but de cet article est de faire partager à d'autres collègues l'intérêt que nous avons à découvrir et à expérimenter des activités qui mêlent des aspects formels, apparentés aux structures mathématiques, et des objets de la langue. L'informatique apparait en plus comme un outil qui permet de mener à bien les explorations souhaitées.

Une référence qui peut servir de guide est celle de l'OULIPO, OUvroir de LIttérature POtentielle. Ce groupe a été fondé en 1960 par François le Lionnais. Décédé en 1984, Le Lionnais est connu surtout comme compositeur de problèmes d'échecs. Les dernières années de sa vie, il a animé la rubrique d'échecs de Pour la Science. Il est également l'auteur d'une histoire des mathématiques fort prisée par certains.

D'autres membres de ce groupe, tous mathématiciens ou écrivains ou les deux à la fois, sont également bien connus: Claude Berge (théorie des graphes), Raymond Queneau, Georges Pérec entre autres.

La première oeuvre "Oulipienne" est Cent mille milliards de poèmes (Queneau). Le procédé est maintenant "classique": dix sonnets sont imprimés chacun sur une page découpée en 14 bandes. En tournant les bandes indépendamment les unes des autres on obtient chaque fois un nouveau poème. Il y en a exactement 10^{14}. Le procédé a été repris dans des livres d'enfants. On le retrouve également dans les moyens d'enseignement de mathématique de 5ième année.

D'autres structures ou régles sont utilisées par ces magiciens du langage: les permutations et suppressions (Exercices de style de R. Queneau), la construction en bi-carré latin orthogonal (La vie mode d'emploi de G. Pérec), le palindrome (plus de 5000 lettres pour un palindrome record de G. Pérec).

Autre notion importante utilisée par le groupe, la récurrence. Ainsi, les phrases "boule de neige" sont obtenues en remplaçant chaque mot par sa définition.

D'autres procédés encore sont rappelés par D. Poncet dans un article récent (1986).

De nombreuses "formules" ont ainsi été mise au point qui sont utilisées par les membres de l'Oulipo dans leurs oeuvres. Mais il ne faut pas croire que les motivations des oulipiens sont purement formelles. Non, il y a également une motivation littéraire. Tout texte qui présente des règles de construction plus ou moins explicites devrait inciter le lecteur à poursuivre le texte à l'infini, modulant ses propres sentiments sur un canevas qui lui est donné.

Dès ses origines, L'Oulipo avait clairement envisagé la possibilité d'une aide possible des "machines" pour composer mécaniquement des textes. François Le Lionnais s'était même intéressé au langage ALGOL (l'ancêtre du PASCAL) comme source d'inspiration oulipienne.

Finalement ce sera une résurgence de l'Oulipo qui se dédiera à une utilisation plus sytématique de l'ordinateur dans la création littéraire: l' A.L.A.M.O, l'Atelier de Littérature Assistée par la Mathématique et les Ordinateurs. Appréciez le mot mathématique; les structures passent avant les techniques qui permettent de les mettre en oeuvre ...

Nous présenterons différentes techniques et travaux de l'ALAMO en nous inspirant fortement de la présentation que nous a fournie Héloise Neefs, membre du groupe avec Simone Balazard, Marcel Bénabou, Mario Borillo, Michel Bottin, Paul Braffort, Anne Dicky, Paul Fournel, Michèle Ignazi, Josiane Joncquel, Jacques Jouet, Pierre Lusson, Nicole Modiano, Paulette Pérec, Jacques Roubaud, Agnés Sola.

L a c o m b i n a t o i r e

Quirinus Kuhlmann (1651-1689) pensait que la majeure partie de la sagesse humaine est contenue dans la combinatoire. On raconte également que des moines orientaux faisaient coincider la fin du monde avec l'achèvement de la reconstruction de la tour de Brahma (tour de Hanoï) en suivant scrupuleusement la règle d'empilement bien connue.

En bref, la combinatoire fait partie de nombreux actes culturels. L'ALAMO a recherché de tels structures en littérature pour les exploiter.

En littérature, le "grand rhétoriqueur" Jean Meschinot (1415-1491) a publié dans Les lunettes des Princes, une "Oraison par huit ou seize" ou "Litanie de la Vierge". Il s'agit de huit décasyllabes formés d'hémistiches qui constituent des propositions syntaxiquement indépendantes. En permutant des hémistiches de même longueur en respectant le système des rimes a b a b c b c, on obtient de nombreuses litanies distinctes. Leur nombre, évalué à 32 par Pigouchet, en 1495, a été calculé exactement par Jacques Roubaud qui en trouve 36864 (1975). Voici l'une d'entre elles :

Dame Defens. Mère de dieu Très nette
Esjouy Ris.Safir Très précieux
Mame Desfens.Très chière Pucelette
Infini Pris. Souvenir gracieux
Apuy Rassis. Plaisir mélodieux
D'onneur sentier. Suport bon en tout fait
Rubi chieris. Désir humble joyeux
Cueur doux et chier. Confort seur et parfait

Plus proche de nous on trouve le "triolet", forme fixe utilisée avec succès depuis le Moyen Age jusqu'à Alphonse Daudet. C'est un poème de deux strophes où les rimes se présentent dans l'ordre a b a b a b. De plus, le premier vers est répété en 4 et en 7, le second en 8. Adoptant le principe combinatoire inventé par Raymond Queneau dans ses 100.000.000.000.000 de poèmes, Paul Braffort a composé six triolets "compatibles" dont les tirages permettent d'extraire 6 puissance 5, c'est à dire 7776 triolets. En voici un :

C'est la norme du triolet
on y pleure l'amante ou l'absinthe
dans le dédale des délais
C'est la norme du triolet

Au rouge et bleu le violet
pour Perros-Guirrec ou pour Saintes
C'est la norme du triolet
on y pleure l'amante ou l'absinthe

Le logiciel combinatoire de l'ALAMO comprend naturellement les "Sonnets de Queneau", mais aussi les Dizains de Bénabou, le Meccano Poétique de Queneau et le système de codage inventé par l'abbé Tritème comme "isomorphisme" de l'Ave Maria.

L e l a n g a g e c u i t

Les "locutions introuvables" appartiennent - comme les aphorismes - au domaine du "langage cuit". C'est Marcel Bénabou qui a introduit cette notion et qui en a proposé diverses applications (1987). Ainsi, il a choisi plus de cent quarante locutions exemplaires qui, coupées en deux, sont ensuite recombinées en respectant des règles de compatibilité. Les locutions obtenues seraient peut-être dignes de prendre place dans le trésor de la sagesse populaire :

Passer la nuit pour le roi de Prusse
Prendre l'occasion au cou
Garder un chien sur les roses
Avoir les nerfs de fil blanc
Jeter son bonnet à l'anglaise
Reprendre du poil dans les nuages
Jeter des pierres par les fenêtres

D'autres méthodes font encore partie de cette catégorie. Par exemple, les "alexandrins greffés", composés à partir d'hémistiches issus des plus célèbres alexandrins de la langue française, fournissent des vers que l'on pourrait attribuer à Rongo, Huglarmé, Malsard, Rimbaudelaire ...

Un logiciel de production d'aphorismes "à votre façon", existe qui est construit selon des principes analogues. Il est accessible, ainsi que des programmes "combinatoires", par MINITEL. Il est également diffusé sous forme de programmes pour micro-ordinateurs.

L e s "l i t t é r a c i e l s"

Un logiciel qui permet de créer des textes est appelé un littéraciels et plusieurs de ces littéraciels sont disponibles. Les plus simples permettent de créer des textes en utilisant les procédés décrits précédemment. Mais l'ordinateur permet de maîtriser des structures plus complexes que la combinatoire et la juxtaposition. Il permet de tenir compte de nombreuses contraintes, unité de lieu, enchaînement, etc. Il permet aussi au "lecteur" d'être actif. Ainsi, CAVF (Conte à votre façon) est un programme, conçu par Paul

Braffort et réalisé par Eric Joncquel, qui permet de spécifier puis d'exploiter des schémas de contes semblables au conte "des petits pois" imaginé par Raymond Queneau. L'exploitation d'un schéma ainsi constitué entraîne l'ouverture d'un dialogue entre le système et le lecteur qui progresse dans un "graphe" caractéristique du conte au moyen de choix successifs. Lorsque le cheminement est achevé, le récit propre à ce cheminement est imprimé. Il y a donc dédoublement de l'entité "auteur": il y a un "auteur-concepteur" qui crée le schéma du graphe et les textes associés, puis un "auteur-lecteur" qui, par ses choix, produit un texte particulier.

D'autres procédés plus complexes existent, dont la description dépasse le cadre de cette présentation. Nous soulignerons, pour conclure, l'aspect scientifique de ces recherches littéraires. Tout d'abord il y a analyse de certains produits littéraires, puis identification de règles et finalement reconstruction (automatisée) de nouveaux objets de langage. Cette démarche doit intéresser aussi bien le chimiste que le mathématicien. La preuve de l'analyse est dans la synthèse disait Claude Lévi-Strauss; cela résume une des facettes de l'oeuvre de l'ALAMO. Un autre aspect est le jeu infini des agencements règlés par quelques axiomes simples et l'imagination du créateur.

Bibliographie sommaire:

Farber, T. **La courbe du chien** (traduit de l'anglais). Gallimard

Gardner, M. Des coincidences numériques aux jeux de mots du très savant groupe Oulipo. **Jeux mathématiques de Pour la Science**, 1979.

Perec, G. **La vie mode d'emploi**. Hachette, Paris, 1978.

Oulipo. La **littérature potentielle: créations, re-créations, récréations.** Gallimard, Paris 1973. Coll. Idées No 289.

Poncet, D. Mathématique moderne et littérature, **Math Ecole 125**, novembre 1986.

Roubaud, J. Note sur les litanies de la Vierge de J. Meschinot, in: **Change de forme Biologies et prosodies**, 10/18 no 976. Paris, 1975.

Queneau R. **Bords**. Hermann. Paris, 1963.

Queneau R. **Cent mille milliards de Poèmes**. Gallimard.

Note: Une grande partie de l'activité informatique de l'A.L.A.M.O. a été reprise par la Société KAOS qui a produit les logiciels ROMAN (écrire à la façon de Jules Verne, Guy de Maupassant, ...), Script-Expert (génération de lettres commerciales), etc.

lu pour vous

Arsac, J. Les machines à penser: des ordinateurs et des hommes. Edition du Seuil. Paris, 1987.

Dans cet essai, Jacques Arsac, un des pionners de l'informatique en France, pose la question de savoir si, après les machines à coudre et les machines outil, nous utiliserons bientôt des machines à penser ? Pour l'auteur la réponse est clairement non, l'informatique restera toujours au niveau de l'information, c'est à dire au niveau de la "forme", et les ordinateurs, même munis des outils de "l'intelligence artificielle" ne briseront point le "mur du sens".

Au delà de cette thèse, largement spéculative, qui nous invite principalement à méditer sur la crise du sens dans notre société, J. Arsac présente diverses techniques informatiques.

Un livre peut-être éclectique mais qui apparaît finalement comme un parcours passionnant à travers l'histoire des liens entre raison et calcul.

Tangente, l'aventure mathématique, no 8, janvier 1989.

Dans ce numéro de la revue on trouve un dossier de 5 pages sur le théorème de Pythagore qui résume les principales démonstrations et extensions du théorème. Vous trouverez également des études sur la vague et sur les mathématiques de la guitare. On présente aussi les résultats de la XXIXème olympiade mathématique internationale. A ce propos, sauriez vous montrer que l'ensemble des $x \in R$ vérifiant l'équation:

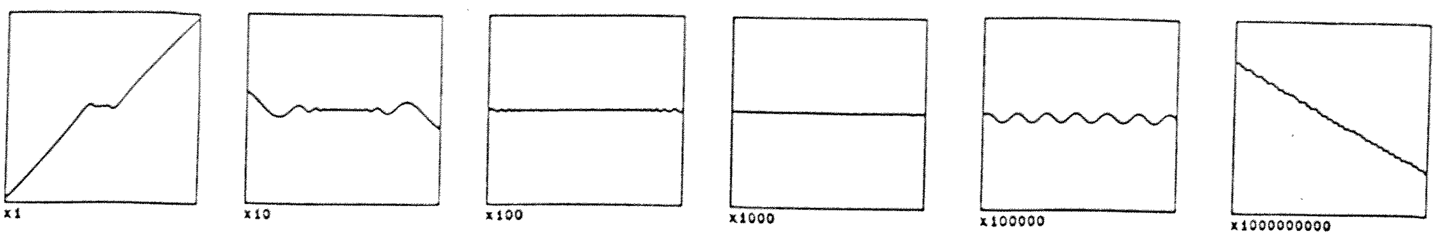
$$\sum_{k=1}^{70} k/(x-k) \geq 5/4$$

est la réunion d'intervalles disjoints dont la somme des longueurs a pour valeur 1988.

Plot, no 45, décembre 1988.

Ce numéro de la revue des collègues de la région de Poitiers, Limoges, Orléans-Tours est consacré au thème: images et mathématiques. Les aspects artistiques sont abordés de même que la modélisation des phénomènes naturels, visibles ou invisibles. Par rapport à la mathématique, la question est posée de savoir à quel moment l'image doit être abandonnée !

Loupe en 0.001 sur le graphe de $x^2 \sin(1/x)$ extrait de l'article de A. Délédicq, *Un grand livre d'images: les mathématiques.* Plot no 45, 1988.



agenda

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

Thème général: De l'expérimentation à la démonstration

25 avril: *Les carrés magiques*

9 mai: *La géométrie inversive*

23 mai et 6 juin: *Les problèmes des championnats de France des jeux mathématiques et logiques*

20 juin: *Essai de synthèse et conclusion*

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

* * *

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

18 avril: *Recherche algorithmique de bases économiques de réseaux dans R^n.* Brigitte Vallée (Univ. de Caen)

16 mai: *Le pentagramma mirificum.* J.-Chr. Im Hof (Univ. de Bâle)

23 mai: *Volume simplicial des variétés et cohomologie bornée.* Michel Boileau (Univ. de Toulouse)

20 juin: *The practical application of epidemic modelling to the public health control of HIV /AIDS.* (conf. en anglais) N.T.J. Bailey (Fac. Médecine Genève)

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

* * *

11 avril,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)

* * *

26 avril, de 14.00 à 17.00, conférence de Gérard Charrière sur la géométrie du compas, Institut pédagogique, Porrentruy.

Renseignements: Michel Tatti, Institut pédagogique, 23, rue du Banné, Porrentruy. Tél. 066/66 58 33.

* * *

24 mai à 14.00. **L'ordinateur à l'école en l'an 2000.** Présentation de Xavier Comtesse. Salle Polyvalente, bâtiment A, CPLN, Neuchâtel.

Renseignements: Michel Favre, Jonchère 13 a, Les Hauts-Geneveys.

* * *

Cours du CPS no 9.04.21 du 2 au 6 octobre à Nyon: **la pratique du problème dans l'enseignement des mathématiques.** Avec la participation de Jacques Lubczanski (tonton Lulu pour les lecteurs de Tangente). Délai d'inscription 15 mai.

Organisation et renseignements: CRM, Marc-André Pichard, Grand-Rue 5, 1890 St-Maurice.

* * *

7 juin: accueil de collègues des lycées et collèges franc-comtois. Programme de rencontres et visites.

12e forum mathématique

Du 7 au 9 novembre dernier s'est tenu à Wengen le 12e forum mathématique organisé par le Secrétariat de la Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique (CDIP). Le thème en était: la mathématique et l'enseignant. Le constat global qui a motivé ce thème était que les élèves, au terme de leur scolarité, utilisent rarement les mathématiques pour appréhender et résoudre des problèmes. D'oû la question très pertiente de savoir comment les enseignants eux-mêmes vivent ce rapport entre la mathématique et l'environnement ? Et de "quelle mathématique" ont-ils besoins ?

On retrouve dans un tel thème toute la difficulté à cerner l'essence de la mathématique qui est avant tout un effort d'abstraction. Le professeur Heinrich Winter (Ecole polytechnique d'Aix-la-Chappelle) a montré par de nombreux exemples comment on construit un pont entre l'observation du réel et la mathématique. Quant à André Delessert il pose la question paradoxale de savoir si l'on peut enseigner la mathématique aux enseignants ?

Dix groupes de travail ont planché sur des sous-thèmes divers tels que: la bibliothèque du maître de mathématique, l'enseignant de mathématique: répétiteur ou chercheur ? Mathématiser dans la recherche et à l'école primaire. Un groupe s'est attaché à réfléchir au problème de la mathématique utilisée dans le monde professionnel.

Un rapport est en préparation. Adresse utile: Secrétariat dela CDIP, Sulgeneckstr. 70, 3005 Bern. (031 /46 83 13)

S O M M A I R E , No 3

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)

Singeries

Le bulletin des maîtres de mathématique vaudois propose quelques problèmes d'algèbre biscornus. Théo Bernet communique (Bulletin No 43, 1988) à ce propos un problème qu'il vaut peut être la peine de méditer:

Une corde à cheval sur une poulie. D'un côté un poids, et de l'autre côté un singe de même poids que le poids. La corde pèse 5 Kg au mètre. L'âge du singe et celui de sa mère additionnés donnent 4 ans. Le nombre désignant l'âge de la mère est le même que celui du poids du singe.

Elle a deux fois l'âge qu'avait le singe quand elle avait la moitié de l'âge qu'aura le singe quand il aura trois fois l'âge qu'elle avait quand elle avait trois fois l'âge du singe.

En additionnant le poids du poids et le poids de la corde on obtient dix fois la moitié de la différence entre le poids du poids plus le poids du poids et le poids du singe.

Quelle est la longueur de la corde ?