AMERINDIA n° 15, 1990

de certaines solutions au problème de la néonumération*

André CAUTY ZIRNHELT, *Université de Bordeaux I (France)*

Maria TRILLOS AMAYA, *Université de l'Atlantique (Colombie)*

"Dans l'étude des sciences on a moins
besoin d'un maître que d'un guide" CONDORCET

0. Position du problème

Soit une langue naturelle dont la numération parlée est supposée de capacité générative théorique très *limitée*. De l'ordre de quelques unités ou de quelques dizaines comme c'est le cas par exemple des numérations traditionnelles nasayuwe (CAUTY, 1990) ou sikuani (QUEIXALOS, 1988).

Supposons que les circonstances historiques aient conduit les locuteurs à vouloir remplacer cette numération traditionnelle par un système plus performant. C'est-à-dire par une numération qui permette de nommer "tous" les

* Extrait de *Neonumeración e identidad cultural,* à paraître

nombres, qu'il s'agisse des nombres *usuels* (jusqu'à cent ou mille), des nombres *courants* (jusqu'à million ou milliard), ou encore des *grands* nombres (au-delà des limites précédentes).

Cet article est consacré à l'étude des moyens de répondre, de manière concrète et réaliste, à la demande précédente, et ceci sous la contrainte du respect de la langue et de l'identité culturelle des demandeurs.

1. Deux pseudo-solutions

Deux solutions "immédiates" se présentent à l'esprit. L'une, la solution de l'*adaptation* , consiste à étendre la numération traditionnelle existente pour permettre au moins l'expression des nombres courants; l'autre, la solution du "*missionnaire* ", consiste à emprunter une numération étrangère.

Nous pensons qu'aucune de ces deux solutions ne saurait généralement être retenue. La première pour des raisons d'économie et de performance, la seconde parce qu'elle ne respecte ni la langue ni l'identité culturelle des indigènes.

1.1.0. La solution de l'adaptation dépend évidemment des caractéristiques de la numération traditionnelle initiale. Il est clair qu'étendre une numération du type "un, deux, beaucoup" (comme celle des Yanomami) revient à créer de toutes pièces une néonumération, de même, il est clair que le problème de l'adaptation ne se pose pas dans les mêmes termes selon que la numération initiale permet de désigner, plus ou moins aisément, soit les nombres *usuels* soit les nombres *courants* .

De manière générale, on peut admettre que beaucoup de numérations indigènes traditionnelles ont des capacités génératives limitées, et qu'elles mettent en œuvre une "morphologie" ou une "syntaxe" qui conduit à des expressions longues et compliquées.

1.1.1. Pour fixer les idées, prenons le cas de la numération parlée andoke (Colombie), décrite par LANDABURU (1979) et réanalysée par CAUTY (1988). Il s'agit d'une numération de capacité générative théorique de quatre cents, de "syntaxe" additivo-multiplicative (avec vingt comme nombre d'appui privilégié), et utilisant une "morphologie" additivo-ordinale pour former l'expression des nombres inférieurs à vingt.

Le vocabulaire terminal comprend, à un niveau d'analyse syntaxique, l'expression des nombres de un à dix-neuf et celle de l'unité vingt.

La plupart de ces atomes syntaxiques sont en fait des composés morphologiques. A un premier niveau, on trouve l'expression additive des nombres trois = (un-deux) et quatre = (deux-deux), ainsi que l'expression ordinale des nombres des séries de six à neuf, de onze à quatorze et de seize à dix-neuf marquées par les oppositions "main/pied" et "ce/autre".

L'expression de six (respectivement onze, seize) peut être glosée "un-vers-la-main-de-l'autre-côté" (respectivement "un-vers-nous-pied", "un-vers-le-pied-de-l'autre-côté"). L'expression des nombres sept, huit, neuf (respectivement douze, treize, quatorze et dix-sept, dix-huit, dix-neuf) est formée sur le même modèle ordinal.

A ce même niveau, on trouve encore l'expression des quatre premiers multiples de cinq marquée par les oppositions "main/pied" et "ce/nous" :

5 = // ce-côté-main-quantité // 10 = // nous-côté-main-quantité //

15 = // ce-côté-pied-quantité // 20 = // nous-côté-pied-quantité //

Au niveau "syntaxique", l'expression des multiples de vingt peut être glosée "une personne", "deux personnes", etc jusqu'à la limite théorique de "vingt personnes". D'un point de vue arithmétique, ces expressions peuvent être interprétées comme renvoyant à une multiplication.

A ce niveau, on a encore l'expression additivo-multiplicative des nombres compris entre les multiples de vingt. Par exemple l'expression de cinquante-six "deux personnes et un-vers-le-pied-de-l'autre-côté", c'est-à-dire "deux personnes et seize".

1.1.2. Pour simplifier le problème de l'adaptation, respectons la "syntaxe" vigésimale traditionnele, et proposons-nous d'augmenter la capacité du système andoke jusqu'à l'expression d'un nombre courant. Par exemple le nombre *six cent vingt-six mille quatre cent quatre-vingt-treize* . Vigésimalement, ce nombre se décompose en 3. 18. 6. 4. 13 :

$$626493 = 3 \times \mathbf{20}^{\mathbf{4}} + 18 \times \mathbf{20}^{\mathbf{3}} + 6 \times \mathbf{20}^{\mathbf{2}} + 4 \times \mathbf{20}^{\mathbf{1}} + 13 \times \mathbf{20}^{\mathbf{0}}$$

Pour exprimer ce nombre en numération adaptée, il conviendrait :

a) de créer trois termes pour la désignation des unités succesives ($\mathbf{20^4}$, $\mathbf{20^3}$, $\mathbf{20^2}$)

b) d'étendre la règle de multiplication au compte des nouvelles unités

c) d'étendre la règle d'addition aux nouveaux groupes d'unités.

Ce qui ne pose aucune difficulté théorique. Supposons avoir choisi les termes suivants :

$\mathbf{20^2}$ = "famille", $\mathbf{20^3}$ = "village" $\mathbf{20^4}$ = "nation"

et construisons pas à pas l'expression du nombre 3. 18. 6. 4. 13 :

3	x	$\mathbf{20^4}$	=	"(un-deux) **nation**"
18	x	$\mathbf{20^3}$	=	"(un-deux)-vers-le-pied-de-l'autre-côté **village**"
6	x	$\mathbf{20^2}$	=	"un-vers-la-main-de-l'autre-côté **famille**"
4	x	$\mathbf{20^1}$	=	"(deux-deux) **personne**"
13	x	$\mathbf{20^0}$	=	"(un-deux)-vers-nous-pied (**unité simple**)"

En numération andoke ainsi adaptée à la saisie des nombres courants, le nombre *courant* six cent vingt-six mille quatre cent quatre-vingt-treize s'exprimerait :

"(un-deux) **nation** (un-deux)-vers-le-pied-de-l'autre côté **village** un-vers-la-main-de-l'autre-côté **famille** (deux-deux) **personne** (un-deux)-vers-nous-pied (**unité simple**)".

1.1.3. Il convient de souligner l'incommodité d'un tel système, ne serait-ce qu'en raison de la longueur importante (excessive) des expressions, ce qui entraîne un coût de communication élevé : Si 626493 s'écrit avec six chiffres et s'énonce en français avec dix mots, il demanderait, en numération andoke adaptée, plus de vingt constituants.

Nous espérons que le lecteur sera convaincu de la quasi-impossibilité d'adapter la plupart des numérations traditionnelles indigènes; du moins tant qu'un processus d'évolution historique n'aura pas réduit à des formes simples et très courtes au moins l'expression des premiers nombres.

1.2. La solution de l'emprunt ne sera pas étudiée ici, parce qu'elle néglige la contrainte que nous avons imposée a priori, à savoir le respect de la langue et de la culture indigènes.

Notons cependant qu'il conviendrait, dans ce cas, de se demander s'il est absolument nécessaire d'emprunter la numération du colonisateur occidental, quand on sait que les grandes cultures amérindiennes -maya par exemple- avaient développé des numérations performantes.

1.3. Si l'on rejette les solutions de l'adaptation et de l'emprunt, il ne reste que le recours au génie créatif de la langue, c'est-à-dire construire une néonumération. Ce qui ne veut pas dire qu'il faut se dispenser de l'étude et de la sauvegarde des numérations traditionnelles.

Avant de lancer les communautés dans cette entreprise, rappelons quelques résultats et les principales options que nous estimons devoir retenir ou du moins faire connaître et discuter.

2. Résultats et options

2.1. Quelle capacité générative retenir? Pour la diffusion des faits économiques (évaluer par exemple un budget national qui peut atteindre plusieurs milliards de dollars), et plus encore pour les besoins des sciences (désigner par exemple le nombre d'Avogadro égal à 6,026 x 10^{23} molécules par molécule gramme), un système de numération doit permettre, dans les temps modernes, de désigner commodément des nombres de l'ordre de dix élevé à une puissance de plusieurs dizaines, voire de quelques centaines (Shannon estime à 10^{120} -un suivi de cent vingt zéros- le nombre de parties différentes possibles au jeu d'échecs).

2.2. Les arithméticiens savent qu'un capacité générative aussi "ouverte" ne peut être atteinte facilement que dans une conceptualisation de type polynômial (CAUTY, 1987). Le plus simple étant évidemment d'opter pour une représentation du nombre par des polynômes *à une seule indéterminée* . On sait aussi que la mise en signes la plus économique de la conceptualisation polynômiale du nombre est la mise en signes *positionnelle* .

Pour permettre une très grande capacité et être la plus économique possible, la néonumération *écrite* doit donc être de type strictement *positionnel* .

2.3. Dans ces conditions, la seule liberté est *le choix de la valeur de la base* de la néonumération.

Mais cette liberté est en fait assez illusoire, en raison des effets contradictoires du choix de la valeur de la base. Augmenter cette valeur est toujours souhaitable parce que cela diminue fortement la longuer moyenne de l'expression des nombres. Le choix d'une très grande base est cependant impossible parce qu'il obligerait à mémoriser un très grand nombre de chiffres, et surtout à apprendre par cœur autant de tables d'addition et de multiplication.

L'optimum nous semble être indiqué par l'histoire des sciences. Dune part, aucune base attestée ne dépasse quelques dizaines (par exemple 60 à Babylone), et à partir de vingt, d'autre part, les systèmes attestés ne sont plus mono-, mais multi-bases (5-20, 10-20 ou 6-10-60, par exemple).

Nous en déduisons qu'une base optimale est de l'ordre d'une dizaine.

Pourquoi choisir *dix* plutôt qu'un autre nombre compris entre huit et seize par exemple? Douze, avec ses nombreux diviseurs, faciliterait grandement les calculs. Un nombre premier comme onze ou treize aurait les faveurs de certains mathematiciens. Dix, le nombre de nos doigts, n'est défendu que par l'inertie sociologique et les résistances psychologiques. La seule raison du choix de dix est donc l'usage séculaire de cette base si largement répandue et si solidement renforcée par le triomphe du système métrique (décimal) des poids et mesures : "Nous avons la chance unique d'avoir à notre disposition une langue universelle, la numération décimale, utilisons-la" (LEBESGUE, 1975), d'autant qu'aucune tentative historique n'a jamais réussi à ébranler les résistances au changement, plusieurs fois souhaité, de la base dix.

D'où la conclusion que les néonumérations amérindiennes *écrites* devraient être des numérations *décimales* de position; ce qui ne laisse aux créateurs qu'à décider du graphisme des dix chiffres (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9).

2.4.1. Prendre *dix* comme base d'une numération de position entraîne une capacité *pratique* relativement modeste. De l'ordre du million ou du milliard, si l'on estime que la longueur maximale pratique de l'expression du nombre ne devrait pas dépasser six ou sept chiffres. Ce qui est insuffisant d'après 2.1..

Mais nous savons également qu'il est effectivement possible d'utiliser une base beaucoup plus importante, égale par exemple à cent mille ou à un million, à condition qu'un système auxiliaire permette de représenter les chiffres d'une numération de position qui utiliserait une telle base.

2.4.2. La solution pratique consiste donc à construire une numération de position de grande base dont les chiffres seraient eux-mêmes produits par une numération de position modeste. C'est-à-dire construire une numération de "syntaxe" positionnelle de grande base, et à "morphologie" positionnelle de petite base. Ce que l'on peut encore exprimer en disant qu'il s'agit de réaliser *une extension par changement de base* (CAUTY, 1987).

2.5. La solution la plus simple pour réaliser à l'écrit cette extension est bien connue : à condition de choisir comme nouvelle base une puissance entière k de l'ancienne, il suffit de séparer le nombre écrit décimalement en "tranches" de k chiffres. Chaque tranche est alors un chiffre de la numération étendue représenté en écriture décimale ordinaire. Par exemple, en base *myriade* l'écriture 101 1234 5678 représente un nombre de trois chiffres égaux respectivement à 101, 1234 et 5678; en base *million* , l'écriture 101 123456 654321 101101 représente un nombre de quatre chiffres égaux respectivement à 101, 123456, 654321, et 101101.

2.6.1. Le cas de l'écrit étant réglé, il ne reste à traiter que la question de la néonumération parlée. Nous admettons en particulier pour des raisons d'économie pédagogique) qu'il est souhaitable de "faire quadrer la numération parlée avec la numération écrite en chiffres", comme le recommandait le marquis de CONDORCET (an VII) quand il proposa -sans succés- une néonumération parlée à l'intention des élèves et des maîtres de la nouvelle république.

Il peut être intéressant de rappeler que Condorcet pensait qu'"une logique très ingénieuse et très exacte" préside à toutes les opérations du calcul et qu'"en rendant cette logique visible, on enseigne deux arts à la fois, celui du calcul et celui du raisonnement". Le moyen d'atteindre ce but commence en arithmétique par une réforme de la numération parlée française, car "dans une langue et dans une science bien faites, l'analogie des idées doit toujours être marquée par l'analogie des mots; mais dans une partie de la langue du calcul, cette analogie était entièrement détruite : dans les mots trente, quarante, cinquante, soixante, l'analogie des noms est assez bien conservée pour faire sentir qu'on parle de trois, de quatre, de cinq, de six dixaines : mais dans les mots vingt-quatre, quatre-vingt, quatre-vingt,dix, le nombre de dixaines dont on parle n'est plus du tout marqué par l'analogie des mots : on croiroit que ce sont deux langues différentes : que dans l'une on procède par dixaines; et dans l'autre par vingtaines". La "néonumération" de Condorcet, en tout cas, régularise la numération française parlée, et se présente comme un mixte des solutions chinoise (onze, douze, ... deviennent dix-un, dix-deux, ...) et indienne (vingt, trente, ... deviennent duante, trente, ...) que nous présenterons plus loin.

2.6.2. Parce que l'œil et l'oreille fonctionnent différemment, le problème de la néonumération *parlée* ne se pose pas dans les mêmes termes que celui de la néonumération *écrite* . Fondamentalement, parce que l'oral oblige à conserver certaines redondances que l'écrit permet, au contraire, d'efffacer. Une suite de "chiffres", en effet, comme par exemple "un-sept-huit-neuf", ne permet pas à l'oreille de saisir à coup sûr la valeur du nombre qu'elle représente, parce qu'il faudrait pouvoir enregistrer *simultanément* et la valeur et le rang de chaque chiffre de la séquence entendue. L'œil, au contraire, enregistre sans difficultés ces deux informations *coprésentes* , même en ne faisant que survoler la suite écrite 1789.

Pour garder à l'oral la conceptualisation polynômiale, il est nécessaire d'énoncer systématiquement non seulement les chiffres successifs, mais encore le rang de ces chiffres dans la séquence positionnelle qui les représente à l'écrit. Un moyen comode et bien attesté consiste à énoncer les "unités", c'est-à-dire les puissances successives de la base, et de dire "un **millier** sept **centaines** huit **dizaines** et neuf **unités**".

2.6.3. La solution que nous proposons est de décomposer en deux phases le processus de la création de la néonumération parlée. A savoir celle d'un système auxiliaire, et celle de son extension :

- créer d'abord une néonumération *commune* de capacité générative limitée à un million,

- réaliser ensuite une extension par changement de base pour obtenir une néonumération *étendue* de capacité générative "ouverte".

Il nous semble possible de proposer trois solutions au problème de la *néonumération commune* (c'est-à-dire pour la mise en signes des nombres *usuels* et *courants* , jusqu'à un million). Nous désignerons ces solutions comme la solution "chinoise", la solution "indienne" et la solution d'"Aryabhata".

3. La néonumération commune

3.1.1. La solution "chinoise" revient à construire une (néo-)numération parlée sur le modèle positionnel décimal, à ceci près que les puissances successives de la base sont toutes explicitement nommées (il s'agit donc de numérations positionnelles au sens large de l'expression).

Il suffit de se donner, d'une part, l'expression des dix premiers nombres, et, d'autre part, celle des premières puissances de dix, jusqu'à une limite qui dépend des besoins de la numération commune. Nous avons fixé cette limite à un million (10^6).

Dans ces conditions, on dispose d'une néonumération commune de capacité générative théorique million, de type positionnel, et dont le vocabulaire terminal comprend, d'une part, les dix chiffres nécessaires à toute numération décimale, et, d'autre part, les cinq "unités" : $\mathbf{10^1}$, $\mathbf{10^2}$, $\mathbf{10^3}$, $\mathbf{10^4}$, $\mathbf{10^5}$ (**dix**, **cent**, **mille**, **myriade**, **cent-mille**).

Par exemple 1789 s'énoncerait sur le modèle : "un **mille** sept **cent** huit **dix** neuf (**unité simple**)"; et 301240 s'énoncerait : 'trois **cent-mille** un **mille** deux **cent** quatre **dix**".

Notons que rien n'empêche d'exprimer les zéros redondants : "trois **cent-mille** zéro **myriade** un **mille** deux **cent** quatre **dix** zéro (**unité**)", et que les constituants ne sont ordonnés que pour des raisons "esthétiques" (1789 pourrait s'exprimer tout aussi bien "sept **cent** un **mille** neuf **unité** huit **dix**"), mais qui facilitent la saisie rapide de l'ordre de grandeur du nombre énoncé.

3.1.2. La solution chinoise présente tous les avantages qu'offrent une parfaite systématicité et le fait qu'elle traduise exactement la numération écrite commune.

Cependant, pour les nombres *usuels* compris entre dix et cent, la systématicité de cette solution conduit à des expressions comprenant quatre constituants (cinq **dix** neuf (**unité**)). On peut penser que cette longueur est excessive pour des nombres *usuels* (et donc plus fréquemment utilisés), et que ce fait ne favorise pas leur saisie sémantique immédiate (toujours souhaitable pour des nombres *usuels*).

La solution "indienne" que nous allons présenter maintenant permet de réduire cette longueur, au prix il est vrai, de l'introduction de termes supplémentaires dans le vocabulaire terminal.

3.2.1. Sans renoncer aux avantages de la règle positionnelle, la solution indienne réduit la longueur de l'expression des nombres *usuels* en introduisant de nouveaux atomes dans le vocabulaire terminal. Deux séries de nombres peuvent utilement être renommés.

D'une part, les nombres compris entre dix et vingt, et d'autre part, les multiples successifs de dix compris entre dix et cent (les noms des dizaines). La première série comporterait neuf nouveaux termes, et la seconde, huit.

3.2.2. Il est possible de réduire en pratique le coût d'apprentissage de ces dix-sept nouveaux noms de nombre. Un moyen simple est d'utiliser deux procédés de dérivation. A partir de la série des termes de un à neuf, le premier procédé fournirait la série des nombres de onze à dix-neuf, et le second, la série des dizaines de vingt à quatre-vingt-dix.

En français, par exemple, cela reviendrait à prolonger la série "onze, douze, ..., seize" jusqu'à dix-neuf, d'une part, et d'autre part, la série " ..., trente, quarante, cinquante, soixante, ..." de vingt à quatre-vingt-dix.

3.2.3 Par rapport à la solution chinoise, la solution indienne introduit dix-sept nouveaux termes (qui peuvent être produits par deux règles de dérivation), mais elle réduit de quatre à un ou de deux à un constituant la longueur de l'expression de ces dix-sept nombres, et de quatre à trois constituants la plupart des composés exprimant les nombres *usuels* (inférieurs à cent) :

"cinq **dix** neuf (**unité**)" devient "*cinquante* neuf (**unité**)"

"huit **dix** (zéro **unité**)" devient "*octante* ".

Par exemple, 1789 s'énoncerait sur le modèle "un **mille** sept **cent** *octante* neuf (**unité**)", et 301240 s'énoncerait "trois **cent-mille** un **mille** deux **cent** *quarante* (**unité**)".

3.3.1. Bon mathématicien et bon phonéticien, l'astronome indien Aryabha«ta (VIè siècle) nous a laisse un système de numération parlée exceptionnellement économique, et d'un apprentissage rapide pour tout familier du syllabaire sanskrit. Visant principalement la transmission des nombres astronomiques, Aryabhata utilisait une base cent, mais ses conventions de mise en signes peuvent être facilement transposées au cas décimal.

3.3.2. Plaçons-nous dans ce cas pour présenter les principes d'une numération décimale de position, de type "Aryabhata" et de capacité générative un million.

Nous savons qu'en numération de position le nombre est saisi comme une somme de monômes, et que chaque monôme comporte deux informations principales : un coefficient c_i et une certaine puissance de la base B^i. L'idée originale d'Aryabhata consiste à remarquer que la plus petite unité d'émission phonique, la syllabe, est généralement constituée de deux éléments indissociablement liés, une consonne et une voyelle. On peut donc mettre cette circonstance à profit et faire porter à chacun des deux constituants de la syllabe l'une des deux informations que comporte chaque monôme :

la consonne indiquera le coefficient, et la voyelle, la puissance de la base.

3.3.3. Donnons-nous une liste ordonnée de neuf consonnes : B, C, D, F, G, J, L, M, N, et une liste ordonnée de six voyelles : Ë, A, E, I, O, U.

Convenons que chaque consonne représente un chiffre et que chaque voyelle indique une puissance de la base dix, selon le code suivant :

B = 1, C = 2, D = 3, F = 4, G = 5, J = 6, L = 7, M = 8, N = 9

Ë - $\mathbf{10^0}$, A = $\mathbf{10^1}$, E = $\mathbf{10^2}$, I = $\mathbf{10^3}$, O = $\mathbf{10^4}$, U = $\mathbf{10^5}$.

Dans ces conditions, chaque syllabe de type CV représente un monôme particulier:

BË=1x$\mathbf{10^0}$=1, CË=2x$\mathbf{10^0}$=2, DË=3x$\mathbf{10^0}$=3, ...,NË=9x$\mathbf{10^0}$=9

BA=1x$\mathbf{10^1}$=10, CA=2x$\mathbf{10^1}$=20, DA=3x$\mathbf{10^1}$=30, ...,NA=9x$\mathbf{10^1}$=90

BE $= 1 \times \mathbf{10^2} = 100$, CE $= 2 \times \mathbf{10^2} = 200$, DA $= 3 \times \mathbf{10^2} = 300$, ..., NA $= 9 \times \mathbf{10^1} = 900$

....

BU $= 1 \times \mathbf{10^5}$, CU $= 2 \times \mathbf{10^5}$, DU $= 3 \times \mathbf{10^5}$, ..., NU $= 9 \times \mathbf{10^5}$

Enfin, en convenant que la concaténation des syllabes correspond à la somme des monômes, on obtient une représentation particulièrement économique de tout nombre *courant* (jusqu'à un million) :

Par exemple, 1789 s'enonce "BILEMANË", 300240 s'énonce "DUCEFA", et 301240 s'énonce "DUBICEFA".

4. La néonumération étendue

4.1. Nous supposons maintenant disposer d'une néonumération *commune* de capacité générative théorique égale à un million. Notre propos est d'*étendre* cette néomumération pour obtenir une capacité générative au moins de l'ordre de dix élevé à la puissance de plusieurs dizaines.

La solution "naturelle" est de compléter la liste de puissances de dix. Mais cette remarquable conception purement décimale, attestée dans l'Inde et la Chine du premier millénaire, se trouve rapidement dépassée car il faudrait inventer une cinquantaine de termes pour atteindre une capacité générative de 10^{50}. De nos jours, dix est une base trop petite pour atteindre économiquement les *grands* nombres dont l'usage ne se limite plus aux spéculations de quelques savants.

Nous avons vu en 2.5 qu'une solution plus effective consiste à réaliser une extension par changement de base, ce qui revient à introduire une nouvelle base plus importante. Pour des raisons pratiques, cette nouvelle base doit être une puissance entière de la base de la numération *commune* (dans le cas contraire on aurait un système multibase très incommode pour les calculs, du type de celui des nombres "complexes" que nous utilisons encore pour la mesure du temps et des angles).

Supposons, pour fixer les idées, que mille soit cette nouvelle base. Notre problème consiste à construire une numération positionnelle de base mille, en sachant que nous disposons déjà d'une *néonumération commune* qui permet de nommer les nombres jusqu'à mille (exclu). Il suffit, dans ces conditions, de créer une série de termes pour désigner les puissances successives de mille puisque les mille chiffres nécessaires à la numération étendue sont déjà exprimables dans la numération commune.

En fin de compte, on peut, avec seulement les trois noveaux termes **MILLE**, **MILLION** et **MILLIARD**, énoncer tout nombre jusqu'à 999999999999 "neuf **cent** neuf **dix** neuf (**unité**) **MILLIARD** neuf **cent** neuf **dix** neuf (**unité**) **MILLION** neuf cent neuf **dix** neuf (**unité**) **MILLE** neuf **cent** neuf **dix** neuf (**unité**).

Comme nous l'avons noté plus haut, la solution du changement de base revient, du point de vue de la lecture des nombres écrits en numération décimale, à réaliser un découpage en tranches de chiffres, chaque tranche comprenant autant de chiffres que l'exposant de dix dans l'expression de la nouvelle base (si la nouvelle base est cent, on décompose en tranches de deux, si la nouvelle base est mille, en tranches de trois chiffres).

4.2. L'histoire des numérations montre que les nombres cent, mille, myriade, et million ont tous été retenus, à diverses époques et dans diverses civilisations, pour servir de nouvelle base, et ceci généralement sous la plume de mathématiciens célèbres comme Aryabhata, Archimède, ou Chuquet.

Par exemple , pour le nombre 1789, on aurait en nouvelle base cent : 17.89 qui se lit 17 **CENT** 89 (**unité**), et en nouvelle base mille : 1.789 qui se lit 1 **MILLE** 789 (**unité**). De même, en base myriade, 123456789000 se décomposerait en tranches de quatre chiffres 1234.5678.9000 et se lirait 1234 **MYRIADE-DE-MYRIADE** 5678 **MYRIADE** 9000 (**unité**).

4.3. Nous proposons de construire la *néonumération étendue* en choisissant *million* comme nouvelle base, et en adoptant la terminologie inventée par Nicolas CHUQUET (1484) pour désigner les puissances successives de cette nouvelle base. L'intérêt de la terminologie de Chuquet est d'être parfaitement adaptée à son objet, et d'être connue quasi universellement (malgré une confusion apparue au XVIIè siècle lorsqu'a été introduite ce que les spécialistes appellent "l'échelle courte").

4.4 La solution de Chuquet.

Soit un grand nombre écrit décimalement. Commençons par le séparer en tranches de six chiffres :

745324° 804300° 700023° 654321

et écoutons la leçon de Chuquet :

<<Ou qui veult le premier point peut signifier million. Le second point byllion. Le tiers point tryllion. Le quart quadrillion. Le cinq^{e} quyllion. Le six^{e} sixlion. Le sept^{e} septyllion. Le huyt^{e} octyllion. Le neuf^{e} nonyllion et ainsi des aultres se plus oultre on voulait proceder. Item lon doit savoir que ung million vault mille milliers de unitez et ung byllion vault mille milliers de millions et ung tryllion vault mille milliers de byllions et ung quadrillion vault mille milliers de tryllions et ainsi des aultres>>.

Chuquet propose mieux qu'un série de termes pour désigner les puissances successives de la nouvelle base million, il offre une règle de dérivation qui permettrait d'atteindre toutes les puissances successives jusqu'à la "neuf cent quatre-vingt-dix-neuf mille neuf cent quatre-vingt-dix-neuvième" puissance de million : $(1000000)^{999999}$! C'est la règle :

$(10^{6})^{n}$ -> N-illion

dans laquelle n représente un entier naturel supérieur ou égal à un, et N- l'expression parlée du nombre n (exprimable en numération commune); dans l'œuvre de Chuquet, N- est réalisée par la racine du nom latin de l'entier n (pour ne supérieur ou égal à deux).

La beauté et la portée mathématiques de ce système sont évidentes (on voit apparaître ici, plus d'un siècle avant son invention, l'idée du calcul logarithmique), tout comme l'élégance et l'économie de la mise en signes linguistique :

10^{6} = **MILLION**

10^{12} = **BILLION**

10^{18} = **TRILLION**

...

10^{54} = **NONILLION**

...

<<et ainsi des aultres se plus oultre on voulait proceder>>

D'où la lecture de l'exemple proposé par Chuquet telle que la recommande la Conférence Internationale des Poids et Mesures de 1948 :

745324 **TRILLIONS** 804300 **BILLIONS** 700023 **MILLIONS** 654321 (**unités**),

chaque tranche étant énoncée au moyen de la (néo)numération commune (sept cent quarante-cinq **mille** trois cent vingt-quatre **TRILLIONS** huit cent quatre **mille** trois cent **BILLIONS** sept cent **mille** vingt-trois **MILLIONS** six cent cinquante-quatre **mille** trois cent vingt et un).

5. Quelques problèmes pratiques

Le témoignage suivant (QUEIXALOS, 1986) illustre les principales difficultés pratiques qui se présentent lorsqu'une communauté amérindienne s'attelle effectivement à la tâche de créer une néonumération. Il s'agit de la <<très belle prosopopée par laquelle Francisco Queixalos fait parler la néonumération, réussie, qu'ont élaborée au prix de mille peines des instituteurs sikuanis>> (LENTIN, 1988).

5.1. Avant leur sédentarisation, les Sikuani nomades et récollecteurs disposaient d'une numération traditionnelle de petite capacité générative et fortement motivée par une gestuelle :

"Mes usagers vivent dans les savanes qui s'étendent à l'ouest du cours moyen de l'Orénoque [...]. Jadis nomades et récollecteurs, ils se sédentarisent peu à peu [...]. Je fus toujours très anthropomorphique. Un, deux, trois, quatre, main. Un-de-l'autre-main, deux-de-l'autre main, etc. Deux-mains-et-un-pied. Un homme. Le Sikuani ferme le poing, pluis déplie l'auriculaire : un, l'annulaire : deux, et ainsi de suite".

Avec la sédentarisation, commence une période d'exploitation et d'acculturation, avec comme conséquence culturelle la perte de pans entiers de la numération traditionnelle ; perte très partiellement compensée d'abord par l'emprunt de quelques noms de nombre, puis de la numération du colon de langue espagnole :

"Une fois fixés, les Sikuani ont pu, [...] constituer un réservoir de main d'œuvre pour les exploiteurs des ressources naturelles. Ils ont, par exemple, beaucoup travaillé à l'extraction de la matière première du chewing-gum. Le contrat était passé sur la base de ce qu'on a appelé l'<<avance>>. Tu veux un fusil ? Prends un fusil. Ça fait l'équivalent de trente-cinq ballots de gomme. Rendez-vous dans six mois. Deuxième rencontre. Tu me devais trente-cinq. Tu m'en apportes quarante-huit. Donc tu m'en dois encore treize. Et ça marchait. Ça a toujours marché. [...] Derrière ces bouleversements, un concept : le capital -ou, si l'on préfère, l'accumulation des biens- et un instrument : l'argent".

Notons qu'il serait simpliste et faux d'expliquer ce mécanisme en disant que le récollecteur sikuani serait ignorant des règles les plus élémentaires de calcul. Il est bien plus objectif, en effet, de rapporter ces comportements à la situation dissymétrique des protagonistes : le créancier blanc en position de force, et le débiteur indigène avec le couteau sous la gorge. Comme souvent dans ce cas, les débiteurs sont dans l'obligation de fait d'accepter les conditions du créancier. Mais on ne peut pas en déduire que celui-ci les trompe, puisqu'en réalité il les vole. Ce qui est tout de même très différent.

"Tombée en léthargie dans les limbes de l'oubli. Le un, **kae**, le deux **aniha**, sont restés actifs. Les trois, **akueyabi**, est virtuellement évincé par le trois espagnol. Le quatre, **penayanatsi**, a été balayé ainsi que les chiffres suivants. Les Sikuani comptent en espagnol aujourd'hui".

5.2. On n'étouffe cependant pas aussi facilement des minorités qui résistent depuis près d'un demi-millénaire à l'avance colonisatrice des Blancs :

"Les choses auraient pu en rester là. [...]. Il s'est trouvé des Sikuani -peu nombreux, au départ- pour identifier les phénomènes d'aliénation -économique, culturelle, linguistique enfin- pour dire que c'était contraire à leurs intérêts, pour se donner les moyens de l'enrayer. L'ethnoéducation est devenue l'un de ces moyens. Aujourd'hui, aux plans culturel et linguistique, les instituteurs sikuani veillent. [...]. Décidés à relancer le moteur de la lexicogenèse sikuani, ils font l'inventaire des mots espagnols qui émaillent le discours quotidien, par domaines, et au prix d'un effort conscient et délibéré, à nouveau créent adaptent et assimilent".

Aujourd'hui, le combat des Sikuani passe, comme celui d'autres communautés indigènes, par la revendication légitime et officiellement reconnue en Colombie (on n'en est plus au temps des ordonnances de Carlos III qui interdisaient l'usage des langues indigènes), d'une éducation en langue indigène, incluant en particulier l'enseignement du calcul :

"C'est là que je renais. [...] Personne ne conteste qu'il est plus efficace, parce que plus facile et plus motivant, d'apprendre à lire à un enfant dans sa langue maternelle que dans une langue étrangère. De là l'introduction du sikuani dès les premières phases de l'école primaire. Faut-il enseigner aussi le calcul ? "*Il a essayé de nous voler comme l'an dernier, mais cette année je sais compter et me servir de la balance !* " exulte le Noir regardant l'escroc s'enfuir à toutes jambes dans le "*Courrier de l'Unesco* " d'août-septembre 1976. Il faut enseigner le calcul."

5.3. Au départ, un groupe d'instituteurs, aidés par l'auteur de notre prosopopée, s'attachent à faire revivre la numération traditionnelle ; mais très vite il faut innover, et on exploite la première idée qui vient, celle d'utiliser un procédé de composition additive :

"Lors d'un rassemblement, en décembre 84, un groupe d'instituteurs s'est attelé à l'élaboration d'un système nouveau. [...]. Jusqu'à cinq ils conservaient les noms traditionnels. En particulier **akueyabi** pour trois, qui semble une construction complexe figée. [...]. Pour les chiffres de six à neuf, mon ancien procédé était abandonné -ignoré tout simplement?- et les noms étaient tirés de la somme des chiffres inférieurs. Six se disait trois-trois, sept : quatre-trois, etc ..."

L'inconvénient majeur de cette première idée est d'introduire trop tôt des composés. L'expert européen en profite pour faire adopter deux principes essentiels : le principe de *briéveté* et le principe *décimal* :

"Le linguiste de cours -issu d'une ethnie minoritaire, européenne celle-là- intervint sur deux points. Les noms des premiers chiffres doivent être brefs, faute de quoi les expressions complexes deviennent interminables [...]. Les instituteurs acceptèrent facilement la contrainte de la brièveté. Trois devint **akueya**. Il était difficile de l'abréger davantage en conservant la ressemblance aves le nom originel. On tombait dans un problème resté constant au long de ma métamorphose, celui du sens référentiel des noms [...]. Le principe décimal fut aussi admis sans trop de difficulté. Sans doute sous la pression du modèle espagnol, dont le linguiste résuma le mode de fonctionnement. Un détail passa cependant inaperçu au linguiste : ses interventions étaient senties comme coercitives."

5.4. Tout au long de cette étape, les progrès furent lents, fragiles et difficiles. En particulier parce que les instituteurs sikuani, au contraire du linguiste européen, souhaitaient motiver chaque nom de nombre nouveau. La source principale d'inspiration étant, comme souvent en ce cas, la forme du graphisme du chiffre "arabe" représentant le nombre visé. Zéro, par exemple, se dira **toyoro** 'cercle', 'rond' :

"On s'accorda sur **yana** pour quatre, et cinq resta **kobe**. Six, **ki** dut son nom à l'escargot **kiwa** [mais deviendra **ku** de **kulupabo** 'hameçon'] Car un souci constant de mes re-créateurs fut la facilité d'apprentissage tirée d'une association métonymique entre la forme du chiffre et son nom, par le truchement d'un objet familier. Avec la contrainte de modifier -abréger- le signifiant [...]. pour sept le linguiste suggéra **iwi** [...]. On retint **da**. Le linguiste comprit ... [mais on reviendra à **iwi** après qu'une institutrice fit remarquer que sept était le nombre d'étoiles de la constellation Iwinai 'les Pléiades)] On imaginera mal, à travers ce récit, le nombre d'heures de polémique que supposa l'adoption de chaque nom nouveau."

Bien d'autres motivations furent tour à tour essayées, adoptées, rejetées. Par exemple, la première forme de huit fut **mau** de Mauricio, le nom le plus dynamique des instituteurs d'Unuma, et deviendra **yu** après avoir été **xaxa** de **xaxarawa**, une fourmi. Neuf fut d'abord **nue** de l'espagnol nueve puis **kua** et finalement **ho** de **hoho** 'toupie'.

5.5. Restait à convaincre les utilisateurs potentiels. Et à prendre conscience des imperfections de cette première tentative, certes encourageante, mais qui ne scellait qu'un accord bien fragile :

"Un nouveau cours de formation des maîtres, le troisième, eut lieu début janvier 86. Le groupe qui m'avait conçue s'est retrouvé plus fourni. Il a commencé par faire le bilan de l'expérience en enquêtant auprès de la centaine d'instituteurs réunis cette fois. Voici ce qu'il en ressort. Tout un secteur de la société sikuani rejette la tentative, considérant 1) que la numération des Blancs est plus commode, voire que le sikuani n'est pas un outil apte aux affaires; 2) qu'inventer des mots constitue une offense pour la langue. Une bonne fraction des instituteurs est sceptique également. Ceux-là m'ont présentée aux communautés sans y croire, et m'ont laissée au placard. Moins grave : pour les noms qui furent obtenus par vote -il y en eut- les minoritaires sont parfois restés en désacord avec les décisions ! Une critique technique : les chiffres sont bien jusqu'à dix, après ils déviennent trop longs. Sur la mise en pratique : ceux qui m'ont utilisée prétendent que l'apprentissage est rapide, et que j'ai été maniée à travers des jeux de billes, des dessins et des opérations arithmétiques. L'élève était content de découvrir la combinatoire, et de composer les nombres en mettant leur expression orale par écrit. Une fois faite la part, prévisible, de l'inertie sociologique, le résultat semblait plutôt encourageant."

5.6. Ce premier sucès, pour n'être qu'un demi-succès, se vit rapidement remis en cause par une proposition concurrente émanant d'un groupe rival d'instituteurs :

"Après la rencontre antérieure, les instituteurs d'Unuma s'étaient concertés, de retour dans leurs quartiers. Et en l'absence -"fortuite"- de Mauricio avaient changé le nom de tous les chiffres à partir de six. Ce dernier nous arrivait furieux. Par chance, ils n'avaient rien entrepris auprès des enfants. Las! La conjoncture du moment ne permettait pas d'écarter en bloc leur initiative. [...]. Il fallait composer."

5.7. Les réunions de conciliation firent apparaître quelques difficultés imprévues, mais dans l'ensemble elles confortèrent l'entreprise. On s'accorda cette fois jusqu'à mille et même au-delà (pour million les instituteurs eurent d'abord recours au verlan **yomi** pour masquer l'emprunt à l'espagnol :

"Au lieu d'évaluer comparativement ma forme de l'année précédente et la proposition nouvelle, on prit pour base cette dernière. Diplomatie oblige. [...]. **Xaxa** provoqua un toilé. Comment ! On ne se rendait pas compte ! La classe allait crouler sous les rires et les grossiéretés dès qu'on aborderait le huit ! Il s'avéra qu'une des plaisanteries sexuelles favorites des garçons est de prononcer, geste obsène à l'appui, **xa ... bü !**, expression qui est censée imiter la pénétration du pénis dans la vulve. Pas question de revenir à **mau** ça n'évoquait rien, et avait de ce fait une valeur pédagogique nulle [...]. On s'accorda sur **yu**, de **yupaxu**, une sorte de tarentule aux céphalothorax et abdomen bien ronds. [...]. Récitation de la série. Sentiment de confort. La série de onze à dix-neuf s'enclencha toute seule [...]. On compta jusqu'à quatre-vingt-dix-neuf. [...].

La récitation a du bon : on achoppa sur neuf cents, **ho-sewe**, car ça produisait le nom propre **José**.

5.8. Restait à étendre le système. Faute, sans doute, de recommandations précises du linguiste, et probablement sous l'influence trop prégnante du seul modèle de la numération parlée espagnole, les Sikuani se contentèrent de créer un terme pour mille et un autre pour million, et surtout d'utiliser une syntaxe additivo-multiplicative en particulier pour **myriade** et **cent mille**. Bloquant ainsi, sans le savoir, les perspectives d'une évolution souhaitable (si l'on pense aux futurs calculs arithmétiques) vers une néonumération *étendue* et parfaitement *systématique* capable de saisir de très grands nombres en logique positionnelle :

"Ce succès les encouragea à travailler sur mille [**mia**] et million [**yomi**], à leur goût trop semblables aux noms espagnols. [...]. Deux options se présentèrent pour le million, équivalentes : **we**, de **weeee**! et **kue**, de **kueeee**! cris d'admiration extatique devant quelque chose de très grand. La seconde l'emporta quand on fit le rapprochement avec **kuemai namuto**, chemin de kuemai, lequel n'est autre que la Voie Lactée avec ses milions d'étoiles.

Je peux me flatter d'avoir suscité, dans ma nouvelle forme, l'enthousiasme général, lorsque je fus présentée aux instituteurs réunis en session plénière. Petit-Condor s'attira les quolibets du public en osant protester que le nom traditionnel pour dix était deux-mains! [...]

Maintenant, moi, qui, pour quatre millions huit cent soixante-dix mille cinq cent vingt-et-un, dis **yana-kue yu-sia bae-iwi-sunu kobe-sia bae-aniha kae**, je vous invite à me contempler [...]. Et à me souhaiter longue vie."

6. Guide pratique

6.1. Les résultats de nos travaux sur l'économie théorique des numérations conduisent en résumé à formuler les "recommandations" suivantes :

0) rappeler que le nombre est une entité bipolaire, à la fois cardinale et ordinale, que l'ensemble des entiers naturels est infini, totalement ordonné, que zéro est son plus petit élément, et que cet ensemble devra être muni d'opérations (addition, multiplication)

1) distinguer les cas des numérations *écrite* et *parlée*

2) opter pour un sytème de capacité générative "ouverte" (et donc de grande base, ce qui implique de construire une néonumération "à deux étages")

3) réduire systématiquement la longueur des expressions (et donc les coûts de communication)

4) réduire systématiquement les coûts d'apprentissage (par exemple en utilisant des procédés de dérivation)

5) favoriser la saisie sémantique, en particulier celle des nombres *usuels* et celle des "unités" du système

6) favoriser la "portabilité" aux domaines du calcul écrit et mental, de l'arithmétique, des applications techniques et commerciales (métrologie)

7) renforcer l'utilité de la création de la néonumération en la couplant à l'introduction du système métrique des poids et mesures.

6.2. Les points 1), 2) et 3) conduisent à choisir comme numération *écrite* un système positionnel, et, pour des raisons historiques contingentes, d'opter pour la base *dix* , quasi-universellement en usage ; c'est-à-dire adopter la *numération décimale écrite* (complétée par le procédé de séparation en tranches de six chiffres).

Dans ces conditions, la seule liberté laissée à l'écrit est celle du choix du *graphisme* des dix chiffres. Rien n'interdit cependant de disposer de deux ou plusieurs jeux de dix chiffres. Les Maya, par exemple, avaient à leur disposition une représentation "sténographique" simple qu'ils utilisaient dans les codex, et une représentation céphalomorphique des chiffres pour la gravure monumentale des stèles.

Remarque

Il pourrait être intéressant de commencer à travailler sur le graphisme des dix chiffres de la néonumération écrite. Ceci permettrait, en effet, d'approfondir les points suivants :

a) le graphisme de chiffres n'est pas universel ; à côté des chiffres "indiens" en usage chez les Occidentaux, existent ou ont existé les chiffres arabes, chinois, mayas, etc., ainsi que de nombreux systèmes de recodage (morse, braille, code-barre, etc.)

b) zéro est un nombre comme les autres, même s'il possède certaines propriétés particulières (élément neutre de l'addition a+0 = 0+a = a, élément absorbant de la multiplication a x 0 = 0 x a = 0)

c) en numération positionnelle, le chiffre zéro joue un rôle particulier (par exemple son rôle opérateur dans la multiplication d'un nombre par dix ou l'une de ses puissances).

Ce faisant, on enrichirait très sensiblement la source des motivations possibles des noms de nombre, ce qui ferait peut-être apparaître le fait, difficile à admettre par les créateurs d'un néonumération, que ces termes n'ont finalement pas besoin d'être motivés, en tout cas pas exclusivement par la forme du graphisme du chiffre "arabe" correspondant.

6.3.1. Pour les raisons pédagogiques de 2.6.1., il est souhaitable de créer une *néonumération parlée* qui respecte au mieux la "syntaxe" positionnelle décimale de la néonumération écrite, c'est-à-dire adopter la conceptualisation polynômiale du nombre. Dans ces conditions, 6) et 7) conduisent à choisir un système polynômial à une seule indéterminée (une numération mono-base).

6.3.2. Il résulte de 2) et de ce qui précède que la néonumération parlée devrait être, en pratique, un système *étendu* de "syntaxe" positionnelle et de "grande" base ; d'où la nécessité d'un système auxiliaire générant, selon une "morphologie" positionnelle de petite base, les très nombreux chiffres de la *numération étendue* . De plus, des raisons pratiques conduisent à prendre comme grande base une puissance entière de la petite base de la néonumération commune. Soit, comme à l'écrit et pour des raisons historiques contingentes qui remontent pour l'essentiel à la lente diffusion du système métrique par la bourgeoisie révolutionnaire française de 1789, le choix de *dix* pour la petite base et de *million* pour la grande base.

6.3.3. Dans ces conditions, le vocabulaire terminal de la *néonumération parlée* comporte :

a) l'ensemble des dix premiers nombres $C_T = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$

b) l'ensemble des cinq premières puissances de dix que l'oral ne permet pas d'effacer malgré leur caractère redondant $b_T = \{\mathbf{10^1, 10^2\ 10^3, 10^4, 10^5}\}$

Une "morphologie" positionnelle décimale permet d'engendrer tous les nombres jusqu'à un million, c'est-à-dire l'ensemble des chiffres d'un système positionnel *étendu* de grande base million. Comme nous l'avons noté, l'oral ne permet pas d'effacer en surface l'indication des puissances sucessives de la grande base malgré leur caractère redondant. D'où la nécessité d'inclure dans le vocabulaire terminal :

c) l'ensemble, si possible "ouvert", des puissances successives de la grande base million $B_T =\{ \mathbf{(10^6)^1}, \mathbf{(10^6)^2}, \mathbf{(10^6)^3}, ..., \mathbf{(10^6)^9}, ...\}$.

Finalement, le vocabulaire terminal de la *néonumération parlée* se présente sous la forme :

$$V_T = C_T \cup b_T \cup B_T$$

6.3.4. Créer une néonumération parlée performante revient donc à créer ce vocabulaire terminal en respectant la recommandation 3), c'est-à-dire en mettant en œuvre tous les moyens possibles de réduire les coûts de communication, et à faire opérer un "syntaxe" positionnelle :

a) Nous pouvons considérer l'ensemble C_T des chiffres atomiques comme une sous-numération de capacité générative égale à dix. Cet ensemble des dix premiers nombres sera nécessairement de fréquence d'emploi très élevée, d'une part, parce qu'il s'agit des dix premiers nombres, d'autre part, parce qu'ils interviendront comme constituants dans l'expression des nombres suivants.

Nous savons que dans ces conditions le type *iconique* (CAUTY, 1984b) finit toujours par être le plus économique. En d'autres termes, les éléments de C_T doivent être des unités lexicales, facilement mémorisables et les plus simples possibles. Une bonne solution est de choisir des monosyllabes que l'on produit en une seule émission de voix, en veillant à ce qu'ils puissent être parfaitement distingués les uns des autres.

b) De même, il est souhaitable de créer des monosyllabes pour exprimer les cinq premières puissances de la petite base dix. Il pourrait être intéressant de réduire le coût d'apprentissage de cette liste, par exemple en la reliant à une série déjà mémorisée (l'alphabet, la game des notes ou des couleurs, etc.), ou en utilisant un procédé systématique (phonétique : "da, de, di, do, du", "ba, ce, da, fa, ga" ou autre). Il nous semble inutile de mettre en évidence la relation numérique qui existe entre ces termes, car ceci conduirait à introduire des composés et donc à augmenter la longueur des expressions.

c) Rappelons que la solution d'Aryabhata revient à représenter la réunion $C_T \cup b_T$ par le produit C_T x b_T (c'est-à-dire à créer simultanément les chiffres et les puissances de dix) dont tous les couples possibles sont représentés par une syllabe CV, la consonne représentant un chiffre et la voyelle une puissance de dix.

d) Pour la création des éléments de B_T, les puissances succesives de million, la solution de Nicolas Chuquet semble optimale. En tout cas, elle ne s'est vue opposer aucune autre solution et s'est, au contraire, répandue dans de nombreux pays sur tous les continents. On peut considérer que ces termes appartiennent maintenant au trésor universel, et, à ce titre, proposer leur emprunt pur et simple. Mais il est possible, et sans doute souhaitable, de faire appel une fois de plus à la créativité des futurs utilisateurs. Dans ce cas, les éléments de B_T devraient être des formes intégrées qui mettent en signes la formule $N = (10^6)^n$: un des constituants représentant l'exposant n, et l'autre la base million.

La seule recommandation supplémentaire est d'éviter l'erreur des pays qui, comme la France au XVII^e siècle, ont introduit l'échelle courte, c'est-à-dire qui ont continué à utiliser la liste des termes en -illion de Chuquet, mais en l'appliquant, non plus à des tranches de six chiffres, mais à des tranches de trois chiffres. Ce qui revient à remplacer la formule $N = (10^6)^n$ par la formule $N = (10^3)^n$, c'est-à-dire à prendre *mille* au lieu de *million* comme base de la numération *étendue* . Dans ces conditions, le nombre 745. 324 · 804. 300 · 700. 023 · 654. 321 se lit (à tort) 745 **SEXTILLIONS** 324 **QUINTILIONS** etc.

6.3.5. On peut encore souhaiter favoriser la saisie sémantique et réduire la longueur des nombres *usuels* , comme dans la solution indienne. C'est-à-dire créer des unités lexicales pour représenter les séries de nombres :

C_1 = {11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19} et C_2 = {20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90}

Dans ce cas, la réduction du coût d'apprentissage de ces éléments facultatifs passe par l'invention de deux pocédés de dérivation susceptibles de fournir globalement les éléments de C_1 et de C_2 à partir de ceux de C_T. L'avantage d'un procédé de dérivation, plutôt qu'un procédé de composition (par exemple additif pour la première série et multiplicatif pour la seconde) est que tout se passe comme si les nouveaux termes étaient des unités atomiques de longueur un et non pas des composés de longueur deux ou plus. De plus, on évite ainsi un problème qui pourrait se révéler délicat. Celui de la définition des règles de priorité (parenthésage) à respecter entre les opérations d'addition et de multiplicaion. Par exemple, celles qui régissent en français l'interprétation des expressions :

ving-quatre mille = (20 + 4) x 1000

mille quatre-vingts = 1000 + (4 x 20)

Le résultat de ces recommandations est une néonumération parlée homologue à la numération écrite, de capacité générative "ouverte" (qui permet d'atteindre théoriquement tous les nombres jusqu'à $(10^6)^{999999}$, de coûts d'apprentissage et de communication particulièrement réduits, et qui possède toutes les facilités de calcul des numérations positionnelles. Cette néonumération se compose d'un sous-système décimal de position (qui permet de former tous les nombres jusqu'à un million), et elle est elle-même un système positionnel de grande base "million".

6.5. Il ne reste alors qu'à régler un dernier point : celui de la syntaxe des numéraux. Non pas la "morphologie" ou la "syntaxe" interne du système (c'est-à-dire la combinatoire positionnelle des constituants de l'expressions des nombres), mais la syntaxe *externe* (QUEIXALOS, 1986) qui régit l'occurrence d'une expression numérique dans un énoncé normal, avec les éventuelles règles d'accord.

A ce niveau d'analyse, qu'il convient d'effectuer langue par langue, on ne s'étonnera pas de trouver des nombreuses expressions numériques moins canoniques que celles que produit le système de numération. Car le nombre peut être saisi et utilisé de mille façons différentes. Deux, par exemple, le successeur de un dans la récitation de la comptine, est, entre autres choses, le nombre des yeux ou des mains d'un homme, des ailes d'un oiseau ... C'est aussi la somme 1 + 1, la racine carrée de quatre, la différence 20-18, le quotient de 1990 par 995, la racine positive de l'équation (x+2)(x-2) = 0, etc.

REFERENCES

CAUTY, A.

1984a "Il a essayé de nous voler comme l'an dernier, mais cette année je sais compter et me servir de la balance ...", *Por una educación contra el etnocidio,* Chantiers Amerindia, supplément 2 au n° 9 de la revue *Amerindia* , Paris : Association d'Ethnolinguistique Amérindienne.

1984b "Taxinomie, syntaxe et économie des numérations parlées", *Amerindia* n° 9, Paris : Association d'Ethnolinguistique Amérindienne.

1987 *L'énoncé mathématique et les numérations parlées* , Thèse de doctorat d'état ès sciences, Nantes : Université de Nantes.

1988 "Sémantique de la mise en signes du nombre : une vision ordinale", *Amerindia* n° 13, Paris : Association d'Ethnolinguistique Amérindienne.

1990 "Vigilancia etnocultural : el caso de la numeración nasa yuwe", *Boletín de Lingüística Aborigen* , Bogotá (Colombie) : Centro Colombiano de Estudios en Lenguas Aborígenes (à paraître).

CONDORCET, M-J. [de Caritat, marquis de]

1799 *Moyens d'apprendre à compter sûrement et avec facilité* , Paris : Moutardier (libraire), An VII de la République, Réédité à Paris : Editions de l'ACL (1989)

CHUQUET, N.

1484 *La triparty de Nicolas en la science des nombres,* ms Paris : Bibliothèque Nationale.

LANDABURU, J.

1979 *La langue des Andoke (Amazonie colombienne),* Paris : Société d'Etudes Linguistiques et Anthropologiques de France.

LEBESGUE, H.

1975 *La mesure des grandeurs,* Paris : Blanchard (nouveau tirage)

LENTIN, A.

1987 "CAUTY, A. L'énoncé mathématique et les numérations parlées. Thèse de l'Université de Nantes, septembre 1987", *Mathématiques et Sciences humaines,* n° 99, Paris : Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.

QUEIXALOS, F.

1986 "Autobiographie d'une néonumération", *Amerindia,* n° 11, Paris : Association d'Ethnolinguistique Amérindienne.

1988 "Numeración tradicional Sikuani", Glotta, Vol 3 n° 1 Bogotá (Colombie) : Editorial Meyer.

1989 "Autobiografía de una neonumeración", *Pueblos indígenas y Educación,* n° 10, Quito (Equateur) : Abya-Yala.