

---

## NUMERATIONS A DEUX "ZEROS" CHEZ LES MAYAS

---

André CAUTY  
Université Bordeaux 1 / CELIA

### Introduction

Le langage est un universel. Mais il se réalise en milliers de langues naturelles, toutes spécifiquement liées à des époques et à des ethnies particulières. Vues d'avion, les mathématiques sont partout les mêmes, et l'architecture des entiers naturels semble aussi universelle que l'écriture décimale de position. Qu'en est-il de l'arithmétique ou du zéro maya ?

Quand j'étais prof de maths, je n'avais guère accès aux travaux savants sur les numérations mayas. Leur différence m'échappait. Je me contentais des maigres indications historico-culturelles que les manuels scolaires placent parfois dans leurs marges. Le contenu de ces notices me paraissait dérisoire. Je ne voyais pas quel parti pédagogique en tirer. Appelé à la rescousse, le collègue d'his-

toire tentait de m'entraîner sur son terrain, celui des cultures classiques, celles des Romains et des Grecs.

Depuis que je ne pratique plus le métier de professeur de mathématiques, j'étudie les liens notions/notations en situation de grande diversité cognitive, culturelle et linguistique. Je me suis laissé prendre aux charmes de l'arithmétique maya, qui fleure l'exotisme de ses origines tropicales. J'avoue avoir beaucoup de chance. Depuis les années soixante, les progrès réalisés par les archéologues, les déchiffreurs de l'écriture et les linguistes sont impressionnants et en voie de banalisation<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Jean Dhombres a ouvert en 1998 (Centre Koyré) un séminaire de recherche sur le thème " Pour une histoire de la banalisation " ; il explique que la banalisation ne s'identifie pas avec la vulgarisation scientifique, notamment parce qu'elle la précède ; la banalisation est un processus par lequel le scientifique agit sur les mentalités et les modalités sociales, à commencer par celles de ses pairs.

rapide dans le cercle des américanistes. Les données disponibles et les résultats fiables ont, maintenant, largement dépassé la masse en deçà de laquelle il était difficile de distinguer le vrai du faux parmi les opinions, les projections et les interprétations qui courent depuis la "Découverte" de l'Amérique. Malheureusement, des thèses manifestement outrancières, voire franchement inexactes, continuent d'encombrer certains ouvrages d'enseignement et de vulgarisation. J'en donnerai deux exemples<sup>2</sup> : une thèse obsolète et un cas flagrant de manipulation des données.

Le corps de cet article est un condensé qui montre comment comptaient les Mayas, ce qu'ils comptaient et mesuraient, les calendriers qu'ils utilisaient, et quelques notes sur l'histoire de la redécouverte de l'écriture des nombres, des dates et des durées. La conclusion suggère que la visée de l'universel passe par le dialogue des cultures. Quelques repères mésoaméricains sont réunis en hors-texte.

### 1.- Comment comptaient les Mayas ?

Pour savoir comment comptaient les Mayas, il faut comprendre leurs langues et traduire des textes numériques produits par une civilisation qui s'est développée, entre 300 av. J.-C. et 1500 ap. J.-C., dans des cités qui ne brillèrent pas toutes en même temps, et qui étaient réparties sur un territoire de 325.000 km<sup>2</sup> couvrant le sud du Mexique, le Guatemala, le Belize, l'ouest du Honduras et du Salvador. 6 millions d'Indiens, paysans pour la plupart, vivent toujours sur ce territoire. Descendants des Mayas, ils se répartissent en deux douzaines de groupes linguistiques : yucatéque, chol, tzeltal, tzotzil, quiché, cakchi-

<sup>2</sup> Dans ses numéros 398 (avril-mai 1995:531-550) et 399 (juin 1995:675-685), le Bulletin de l'APMEP a publié d'autres exemples concernant les quatre numérations de position apparues dans l'Histoire.

quel, etc. Et s'ils parlent toujours leurs langues, la Colonisation a provoqué la perte de l'écriture et des numérations traditionnelles. Les Mayas d'aujourd'hui utilisent l'alphabet latin, les chiffres arabes et la numération espagnole.

Comprendre un énoncé numérique suppose pas mal d'opérations mentales : reconnaître le registre de langue, segmenter l'énoncé, reconnaître les catégories grammaticales de ses constituants, reconstituer les relations qui les lient, lever les ambiguïtés syntaxiques, fixer les valeurs sémantiques, proposer des interprétations... Des opérations qu'il faut décrire dans une langue compréhensible. Celui qui survole les numérations mayas sans chercher à traduire les textes disponibles risque fort de les voir à travers ses lunettes d'Occidental trop souvent convaincu qu'une numération écrite de qualité est automatiquement de position avec un zéro conçu sur le modèle de celui de l'Inde. Comment réduire les risques de myopie déformante ?

Traduire revient à construire un métalangage et une interprétation qui reposent en dernière analyse sur une langue naturelle, le plus souvent celle du traducteur. Il est donc prudent de commencer par l'étude des numérations parlées mayas, et de ne pas séparer radicalement l'analyse des numérations écrites et parlées. Non pas parce que la numération parlée serait nécessairement le métalangage de la numération écrite correspondante, mais parce qu'elle est un métalangage moins inadapté que celui de notre numération décimale de position. Et surtout parce que les numérations parlées mayas constituent à coup sûr un métalangage numérique que les Mayas connaissaient. Présentons la numération parlée dans son cadre naturel, celui des langues mayas.

En français, nous avons l'habitude de compter et de mettre n'importe quel mot au féminin ou au pluriel. Chez les Mayas, il faudra changer de grammaire. Pourquoi ? Parce que leurs mots ne sont pas à l'étroit dans tout juste deux genres (masculin, féminin) ou tout juste deux nombres (singulier, pluriel). Chez nous, les mots se rangent en mots singuliers et pluriels. En maya, les mots ont beaucoup de classes où aller. Par exemple, la classe de tout ce qui vit, la classe de tout ce qui est rond, la classe de tout ce qui est rangé en file... Et à chaque classe, sa marque grammaticale.

Un petit maya ne dit pas 'trois hommes', mais 'trois-de.la.classe.des.gens hommes', sauf que '-de.la.classe.des.gens' se dit bien plus vite en maya, aussi vite qu'une marque grammaticale en français : '-de.la.classe.des.gens' se dit **-tul**. Sachant que 'homme' se dit **uinic**, que 'trois' se dit **ox-**, et 'deux' **ca-**, il est facile de trouver<sup>3</sup> comment un Maya dit 'deux hommes' et 'trois hommes'.

Ces marques qu'on colle aux nombres s'appellent des classificateurs. Dans les langues mayas, ce sont des suffixes et il y en a quelques centaines. Un petit Maya connaît des dizaines et des dizaines de classificateurs. Ils permettent toutes sortes d'usages et de jeux de langue. Par exemple, pour traiter ses copains d'idiots, il suffit de dire 'trois-de.la.classe.des.animaux garçons', pour se moquer des gros 'trois-de.la.classe.des.objets.ronds garçons'... C'est avec cette langue que les Mayas résolurent leurs problèmes de numération. Le yucatéque<sup>4</sup> met à disposition des locuteurs le vocabulaire suivant de noms de nombre :

3 Réponse : **ca-tul uninik** 'deux hommes', **ox-tul uninik** 'trois hommes'.

4 Il est habituel de donner les exemples mayas en yucatéque et d'utiliser l'orthographe dite coloniale. L'écriture traditionnelle des codex mayas transcrit du yucatéque et/ou du chol (anciens).

<b>hun-</b>	1	<b>buluc-</b>	11
<b>ca-</b>	2	<b>lah.ca-</b>	12
<b>ox-</b>	3	<b>ox.lahun-</b>	13
<b>can-</b>	4	<b>can.lahun-</b>	14
<b>ho-</b>	5	<b>ho.lahun-</b>	15
<b>uac-</b>	6	<b>uac.lahun-</b>	16
<b>uuc-</b>	7	<b>uuc.lahun-</b>	17
<b>uaxac-</b>	8	<b>uaxac.lahun-</b>	18
<b>bolon-</b>	9	<b>bolon.lahun-</b>	19
<b>lahun-</b>	10	<b>hun-kal</b>	<u>20</u>

Le système des classificateurs rend ultra-simple l'apprentissage de la multiplication. Multiplier, c'est facile comme mettre au féminin ou au pluriel. De plus, et pour les maths c'est génial, il y a des classificateurs unitaires et des classificateurs mesures. Les classificateurs mesures servent notamment à exprimer les durées. Nous verrons que leur système est structuré vigésimalement et que leur expression fait intervenir les premiers. Les premiers, les classificateurs unitaires, désignent les paquets de vingt, les paquets de paquets de vingt, les paquets de paquets de paquets de vingt, etc. Ce sont les nœuds de la numération. Voici le début de la liste :

<b>(hun)</b>	1	<b>-pic</b>	<u>8 000</u>
<b>-kal</b>	<u>20</u>	<b>-calab</b>	<u>160 000</u>
<b>-bak</b>	<u>400</u>	<b>-kinchil</b>	<u>3 200 000</u>

Avec les deux listes de vocabulaire, on sait multiplier d'un coup plein, plein, plein de nombres : 'un-vingt, deux-vingts, trois-vingts, quatre-vingts', etc. jusqu'à 'dix-neuf-vingts', et de même avec les autres classificateurs unitaires :

NUMERATIONS A DEUX  
"ZEROS" CHEZ LES MAYAS

<u>hun-kal</u>	<u>ca-kal</u>	<u>ox-kal</u>	<u>can-kal</u>	etc.	<u>bolon.lahun-kal</u>
<u>hun-bak</u>	<u>ca-bak</u>	<u>ox-bak</u>	<u>can-bak</u>		<u>bolon.lahun-bak</u>
etc.	etc.	etc.	etc.	etc.	etc.
<u>hun-kinchil</u>	<u>ca-kinchil</u>	<u>ox-kinchil</u>	<u>can-kinchil</u>	etc.	<u>bolon.lahun-kinchil</u>

**Mais comment dire 21, 22, et les autres ?** Nous, on utilise l'addition et la multiplication. Prenons par exemple les trois noms de nombre 'quatre', 'vingt', et 'mille'. On peut s'amuser à les combiner de toutes les manières possibles : **quatre-vingt-mille, quatre-mille-vingt, vingt-mille-quatre, vingt-quatre-mille, mille-quatre-vingt, mille-vingt-quatre**. C'est parfois difficile de s'y retrouver, et encore plus d'expliquer quelles opérations interviennent à chaque endroit. Mais il est sûr qu'on sait le faire quand on parle français depuis la naissance :

$$\text{quatre-vingt-mille} = 4 \times 20 \times 1000 ;$$

$$\text{mille-vingt-quatre} = 1000 + 20 + 4.$$

Un peu plus compliqué, à cause des règles de parenthèse imposées par la grammaire du français<sup>5</sup> :

$$\text{vingt-quatre-mille} = ((20 + 4) \times 1000) ;$$

$$\text{mille-quatre-vingt} = (1000 + (4 \times 20)).$$

**Les Mayas ont inventé une opération qu'on n'a pas. Une opération ordinaire.**

Comment ça marche ? Imaginons une voiture un peu spéciale, une auto de Mayas sur une route maya. Assis au volant, on voit deux choses. Dehors, des panneaux de distance

qui portent les multiples des nœuds qu'on vient d'apprendre à former :

$$\begin{array}{llll} \underline{1-kal} & \underline{2-kal} & \text{etc.} & \underline{19-kal} \\ \underline{1-bak} & \underline{2-bak} & \text{etc.} & \underline{19-bak} \\ \underline{1-pic} & \text{etc.} & & \end{array}$$

Dedans, sur le tableau de bord, un compteur de kilomètres un peu spécial : chaque fois qu'il passe devant un panneau, il se met à zéro et commence à compter " un, deux, trois, etc." jusqu'au panneau suivant. Par exemple, je vois au loin le panneau 2-kal, c'est-à-dire **40**. J'en déduis que le compteur tourne depuis que j'ai dépassé le panneau 1-kal. Au même moment, je regarde le compteur : il marque **10**. A cet instant, j'apprends deux choses : a) que j'ai entièrement traversé toute la première vingtaine ou, ce qui revient au même, que je suis engagé dans la deuxième vingtaine, et b) que j'ai roulé dix unités de cette seconde vingtaine.

Supposons maintenant que notre maya veuille exprimer la distance parcourue. La règle du jeu est de n'utiliser que les deux informations numériques disponibles, à savoir le nombre vu dehors sur le panneau et le nombre marqué dedans sur le compteur. Je parie que tout élève du collège est capable d'inventer une solution : pour dire 30 avec seulement le droit d'utiliser 40 et 10, il suffit de faire une soustraction. Gagné, mais cet élève ne parle pas la langue numérique des Mayas, il parle

5 Pour une description de cette grammaire : CAUTY, A., 1986, 'Taxinomie, syntaxe et économie des numérations parlées', Amerindia, n° 11, Paris : Association d'Ethnolinguistique Américainne.

comme un Etrusque d'avant les Romains qui disait '20 - 3', '20 - 2', et '20 - 1' pour 17, 18, et 19.

On sait que la solution soustractive ne marche pas en maya parce que les autres nombres refusent de s'y plier. L'expression de 35, par exemple, fait intervenir les composants 15 et 40 (le nombre 15 du compteur et le nombre 40 du panneau) dont la différence ne donne pas 35. La soustraction ne marche pas mieux pour les nombres de 41 à 59, de 61 à 79, de 81 à 99, etc.

Par exemple, 41 se dit **hun tuy-ox-kal**, soit 1 au compteur et 3.20 (c'est-à-dire 60) sur le panneau, 61 se dit **hun tu-can-kal**, soit 1 au compteur et 4.20 (c'est-à-dire 80) sur le panneau...

Avec les indications du compteur et des panneaux, un Maya construit l'expression de 30 en disant quelque chose comme "j'ai roulé 10 depuis que j'ai en vue le panneau 40". Former 30 à partir de 10 et 40, c'est utiliser une opération ordinale que notre arithmétique n'a pas développée.

On peut représenter cette opération par le signe '→', et traduire l'expression yucatèque de trente, **lahun tu-ca-kal**, par '10 → 0' ou '10 → 40'.

Et ça marche avec l'expression de trente-cinq : **ho.lahun tu-ca-kal**. La construction maya '15 → 40' ne ressemble pas à celle du français **trente-cinq** qui renvoie à '30 + 5' (l'interprétation additive se démontre par le fait que l'on dit **vingt et un**, expression dans laquelle le coordonnant **et**, marqué explicitement, est la trace d'une opération qu'il est possible d'interpréter comme une addition ou une réunion). On vérifie que le procédé est général et qu'il fonctionne jusqu'à la vingtième vingtaine. Nous savons maintenant compter jusqu'à 400.

**Et l'addition dans tout ça ?** Les Mayas n'en ont pas besoin avant de dépasser le panneau **hun-bak** de la quatre-centaine. Par exemple, 444 se dit **hun-bak catac can tuy-ox-kal**, c'est-à-dire :

$$'1.400 + (4. \rightarrow 3.20)'$$

On vérifie dans les dictionnaires que **catac** est un coordonnant 'et, avec', et que **tu** est un locatif 'vers, dans, en'. A titre d'exercice (cf. tableau du bas), comparer en français et en maya comment on conceptualise, comment on écrit, et comment on dit un nombre supérieur à quatre-cents<sup>7</sup>. Un exemple un peu plus compliqué. 18533 s'écrit **2.6.6.13.** en chiffres mayas, mais il y a plusieurs manières de lire ce nombre en yucatèque. Elles dépen-

Exemple : 443	Français	Yucatèque
Conceptualisation	$(4 \times 100) + (4 \times 10) + (3 \times 1)$	<b>1. 400 + (3. → 3. 20)</b>
Notation écrite	<b>443</b>	. .. (transcrit <b>1. 2. 3.</b> )
Expression orale	<b>quatre cent quarante-trois</b>	<b>hun-bak catac ox tuy -ox-kal</b>

6 Pour être plus exact, **tu** est un composé formé du locatif **ti** et de l'indice personnel de 3ème personne **u** (cet indice prend la forme **uy** devant voyelle). C'est cet indice qui permet de supporter l'interprétation ordinale. En effet, de même que le suffixe **-ième** du français permet de dériver l'ordinal (troisième) à partir du cardinal (trois), le préfixe personnel **u-** (**uy-** devant voyelle) peut servir en yucatèque à dériver l'ordinal. Plutôt que 'en trois-vingts' ou 'en soixante', l'expression **tuy-ox-kal**

signifie 'en son-trois-vingt' c'est-à-dire 'en troisième vingt'. Contrairement à ce que laisse croire l'orthographe coloniale, les mots yucatèques **uuc** et **uac** commencent par la (semi-)consonne **w**, on aura donc **tu-uuc-kal** (et non pas **tuy-uuc-kal**).

7 On peut aussi regarder comment les Romains et les Aztèques écrivaient ce nombre : CCCCXXXIII ou CDXLIII

et  .

dent de la façon de regrouper ou non en blocs de deux chiffres. (2.6.)(6.13.) conduit à la lecture **uac-bak tuy-ox-pic catac ox.lahun tu-uuc-kal**

$[(6 \times 400) \rightarrow (3 \times 8000)] + [13 \rightarrow 7 \times 20]$  ;

et 2.6.(6.13.), à la lecture **ca-pic catac uac-bak catac ox.lahun tu-uuc-kal**

$[2 \times 8000] + [6 \times 400] + [13 \rightarrow 7 \times 20]$ .

Il ne reste plus qu'à apprendre la prononciation et les façons d'abrégier. Par exemple, **tu** se prononce *tou* devant consonne, et **tuy** *tou-i* devant voyelle. De même qu'on ne met pas systématiquement le **et** en français (on dit 'vingt et un' ; mais 'quatre-vingt \*et un' et 'vingt \*et deux' ne se disent pas) ou le multiplicateur **un** (on dit 'deux cents', mais pas '\*un cent'), en yucatèque le coefficient **ca-** (préfixe de **-kal**) est sous-entendu dans l'expression des nombres compris entre 21 et 39 (sauf dans 30 et 35, qui sous-entendent le relateur **tu-**). Par exemple 31, **buluc tu ca-kal**, se dit **buluc tu kal**.

En résumé, utilisant une opération 'ordinaire' inconnue en français, les numérations parlées mayas sont d'un type particulier. On peut dire que la numération yucatèque est une numération de type multiplicatif, ordinal et additif. En abrégé, c'est une numération *ordinaire*. Le linguiste Claude Hagège<sup>8</sup> a proposé d'appeler *protraction* l'opération que nous avons représentée par une flèche. Cette opération consiste à anticiper le multiple du nœud à venir (c'est une vision d'antériorité) et à compter le complément à partir du multiple précédent (ce qui conduit à rétrograder d'un nœud) : la numération yucatèque est une numération *protractive*, c'est-à-dire une numération *ordinaire en vision d'antériorité rétrograde*.

8 HAGEGE, C., 1988, La structure des langues, Paris : Presses Universitaires de France, coll. Que sais-je ?.

## 2.- Que comptaient les Mayas ?

Il n'est pas facile de répondre à cette question sans se mettre à la recherche des nombres perdus des Mayas. L'enquête archéologique, historique et linguistique ressemble à un roman policier<sup>9</sup>. D'une part, parce que les Mayas des régions sud et centre abandonnèrent leurs cités vers le IX<sup>e</sup> siècle, et que ceux des terres basses du nord connurent deux apogées culturelles. La première se termine vers le X<sup>e</sup> siècle, alors que la seconde commence avec l'arrivée de populations tolèques qui provoquent un important métissage maya-tolèque. D'autre part, parce que les Espagnols développèrent une politique d'éradication des cendres encore chaudes de la culture maya. Les savants furent poursuivis comme sorciers, les codex brûlés par l'Inquisition, et les formes parlées interdites d'usage et d'enseignement. Comme les ruines des cités, les nombres et l'écriture mayas étaient perdus.

C'est à partir du XVIII<sup>e</sup> siècle que l'on commence à reparler des cités mayas sporadiquement redécouvertes par quelques voyageurs et pionniers. A l'œuvre destructrice du temps et de la forêt tropicale, s'ajoute alors le pillage. Au XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècle, un bibliothécaire (Johann Götze), un linguiste (Léon de Rosny) et un professeur d'archéologie de La Sorbonne (l'abbé Brasseur de Bourbourg) redécouvrent un, puis deux, enfin trois codex (chez un antiquaire de Vienne, dans une corbeille de la Bibliothèque Nationale de Paris, chez un collectionneur de Madrid). Les fragments d'un quatrième seront retrouvés au XX<sup>e</sup> siècle. Il s'agit des codex de Dresde, de Paris, de Madrid, et du codex Grolier. Ce sont des manuscrits en papier d'écorce recou-

9 BAUDEZ, C., et PICASSO, S., 1987, Les cités perdues des Mayas, Paris : Gallimard, collection Découvertes.

vert d'une couche de chaux, en forme de bande, longue de plusieurs mètres, et pliée en accordéon. Les caractères hiéroglyphiques sont peints en rouge ou en noir, et le texte est accompagné de dessins en couleurs. Ces quatre textes datent du postclassique. Les fouilles archéologiques prouvent que les Mayas rédigeaient des codex au moins dès l'époque du classique ancien <sup>10</sup>.

Brasseur de Bourbourg, qui avait déjà découvert le *Popol Vuh* au Guatemala <sup>11</sup> découvre à Séville l'ouvrage qui allait fournir les premières clefs du déchiffrement des écritures mayas. Ecrit par Diego de Landa à partir de 1566, l'ouvrage s'intitule *Relación de las cosas de Yucatán*. Landa était évêque du Yucatán. Il interrogea longuement des familles nobles mayas sur l'histoire, le folklore, la vie quotidienne, l'architecture, la mythologie, la religion, le calcul, le calendrier, l'écriture... Du point de vue numérique, son œuvre contient les noms et les hiéroglyphes des jours, des mois et des périodes de temps, et des indications sur le calendrier maya. Les spécialistes du déchiffrement tenaient leur pierre de Rosette.

Aujourd'hui, les spécialistes estiment pouvoir transcrire environ 80% d'un texte maya. C'est pourquoi on connaît assez précisément maintenant l'usage que les Mayas faisaient du nombre et des numérations. Les documents qui parlent de la vie ordinaire <sup>12</sup>, notamment le *Popol Vuh* et le *Chilám Balám*, utilisent peu de nombres et toujours des petits nombres : un nombre d'enfants ou d'objets, un

nombre de répétitions d'une action ou d'un événement...

Dans les codex et sur les monuments, l'usage le plus massivement attesté est celui de la notation des dates et des durées. Les plus grands nombres dépassent couramment le million. Il s'agit de dates exprimées sous forme de durées (nombre de jours écoulés depuis l'origine de la chronologie maya). Sur les stèles et les monuments, ils ponctuent les textes qui racontent l'histoire des lignées de seigneurs qui régnèrent sur les principales cités. Dans les codex, ils sont au service de l'astronomie (avec son double ou son verso non scientifique, l'astrologie et la divination) et servent à dresser almanachs, calendriers et éphémérides des planètes visibles à l'œil nu. De ce point de vue de l'usage des nombres, les Mayas se distinguent fortement des Incas dont les *quipus* (décimaux) servaient de registres pour l'administration de l'Empire.

Aucun document ne permet aujourd'hui de cerner d'autres usages des grands nombres et des numérations <sup>13</sup>. On peut donc conclure que l'arithmétique maya était fondamentalement au service de la compréhension et de la mesure du temps. Le temps de l'histoire et celui des révolutions astronomiques. Guitel souligne ce fait en disant que le temps fascinait les Mayas <sup>14</sup>.

Les ethnologues et les linguistes ont montré que le temps maya n'est pas linéaire, mais qu'il se caractérise par une idée de retours cycliques qui inclue celle de progression ou de transformation. Pour beaucoup d'Amérin-

10 HOPPAN, J.-M., 1998, Compte-rendu de vacances, Paris : Centre d'Etudes des Langues Indigènes d'Amérique (inédit).

11 Il s'agit, avec le *Chilám Balám*, d'un manuscrit rédigé au début du XVII<sup>e</sup> siècle par des indigènes lettrés qui transcrivirent en caractères latins des textes de la tradition religieuse. Ces ouvrages contiennent notamment des mythes de création et des prophéties. Leur étude a permis de dévoiler des pans entiers de la cosmologie, des cultes, des connaissances astronomiques...

12 On les trouve notamment sur les céramiques.

13 Il existe des documents comportant des séries de petits nombres liés au jeu de balle. On ignore encore pratiquement tout de la fonction de ces nombres. Du point de vue de l'architecture, les 'stades' des jeux de balle sont des constructions caractéristiques des cités mayas, mais aussi de la culture totonaque.

14 GUITEL, G., 1975, Histoire comparée des numérations écrites, Paris : Flammarion.

diens, l'image du temps n'est pas une droite mais une ligne s'enroulant sur la nappe d'un cône, une sorte d'hélice ou de spirale. Cette courbe est orientée du passé vers le présent : on place le futur invisible derrière soi. L'image de la spirale donne à voir une suite de cycles qui s'enchaînent en s'agrandissant.

Chaque cycle maya est divisé en périodes, la plus petite étant le jour. Leur nombre mesure la longueur du cycle. Les éléments des cycles courants sont individualisés (voire divinisés) et chacun a un nom propre. Ce sont les dates des jours des années religieuse et solaire ou encore du *Calendar Round* que nous présenterons dans un instant. On sait que les scribes mayas combinaient toujours plus de cycles, produisant ainsi des cycles de plus en plus longs<sup>15</sup>. On pourrait dire que les Mayas mesuraient le continu du temps en le discrétisant à l'aide de produits de cycles eux-mêmes comptés en années et en jours. On devine une arithmétique discrète s'attaquant à la mesure du continu à l'aide de nombres congrus à un module.

### 3.- Les calendriers

#### *Année religieuse*

Les Mayas ont utilisé trois calendriers. Le premier est typiquement mésoaméricain. Composé de 13 périodes de 20 jours, c'est un cycle de 260 jours appelé **tzolkin** 'ordre du temps' ou 'année religieuse'. Chaque jour était désigné par une expression de la forme  $\alpha X$ ,

<sup>15</sup> Nous verrons que la combinaison des années religieuse (260 jours) et solaire (365 jours) produit un cycle de 18980 jours dont le retour donnait lieu à d'importantes célébrations. Les années religieuse et de compte (le **tun** de 360 jours) produisent un cycle de 93600 jours (13 **katun** ou 360 années religieuses) très en usage à l'époque coloniale (GUILLET, 1975:424). Diego de Landa appelle **vazlazon katun** (hispanisme construit sur le mot lazo 'lien') cette 'roue' ou 'ronde des 13 katuns'.

faite d'un rang  $\alpha$  et d'un nom X de jour. Les rangs sont les entiers du cycle (13, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12) ; les noms de jour sont les éléments du cycle (**Imix, Ik, Akbal, Kan, Chicchan, Cimi, Manik, Lamat, Muluc, Oc, Chuen, Eb, Ben, Ix, Men, Cib, Caban, Eznab, Cauac, Ahau**). Comme nos 'Samedi 3, Dimanche 4, Lundi 5', les rangs et les noms progressent tous deux d'une unité lorsque l'on passe du jour au lendemain : **5 Imix, 6 Ik, 7 Akbal, 8 Kan, 9 Chicchan, 10 Cimi, 11 Manik, 12 Lamat, 13 Muluc, 1 Oc, 2 Chuen, 3 Eb, 4 Ben**, etc.

#### *Année solaire et Calendar Round*

Le deuxième calendrier, connu universellement, est ici composé de 18 périodes ('mois') de 20 jours (soit une durée de 360 jours nommée **tun** ou 'année de compte') suivies d'une période, **Uayeb**, de 5 jours (dits néfastes). C'est le cycle des 365 jours du **haab**, 'année solaire' ou 'année vague'. Chaque jour de l'année solaire était désigné par une expression, de la forme  $\beta Y$ , constituée d'un rang  $\beta$  et d'un nom Y de mois.

Les rangs des jours des mois sont les entiers du cycle (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19), les rangs des jours **Uayeb** sont les entiers du cycle (0, 1, 2, 3, 4). Les noms Y sont les 19 éléments du cycle (**Pop, Uo, Zip, Zotz, Tzec, Xul, Yaxkin, Mol, Ch'en, Yax, Zac, Ceh, Mac, Kankin, Muan, Pax, Kayab, Cumku, Uayeb**). Comme nos '3 Juillet, 4 Juillet, 5 Juillet', les rangs progressent d'une unité tant que l'on reste dans le même mois ; sinon, comme nos '31 juillet, 1er Août', le rang passe à zéro (et non à 1) et le nom de mois est remplacé par le suivant dans la liste : **19 Cumku, 0 Uayeb, 1 Uayeb, 2 Uayeb, 3 Uayeb, 4 Uayeb, 0 Pop, 1 Pop, 2 Pop**, etc.



La coordination des années religieuse et solaire génère un cycle-produit de 18 980 jours, que l'on pourrait considérer comme le 'siècle' maya. Ce siècle vaut 52 années solaires de 365 jours, ou 73 années religieuses de 260 jours ; il est souvent désigné par l'expression anglaise *Calendar Round*. La position d'un jour y est définie comme le produit de ses positions dans les années religieuse et solaire. Une date maya se présente sous la forme  $\alpha X\beta Y$  : **4 Ahau 8 Cumku**. Le lendemain sera un **5 Imix 9 Cumku**.

*Compte Long*

Le troisième système est dit 'Compte Long'. Il repose sur la possibilité d'identifier date et durée sous la condition de fixer une origine (par exemple, la naissance de Mahomet). Les Mayas (et les Olmèques avant eux) ont utilisé cette possibilité. Le Compte Long fixe les dates de manière absolue, comme sur une ligne dont on ne sait pas si elle se referme en boucle sur son origine, en donnant le nombre de jours écoulés depuis l'origine. La chronologie maya commence un **4 Ahau 8 Cumku**, souvent noté **13.0.0.0.0**, dans les textes historiques. Les spécialistes fixent cette origine au 13 août 3114 avant J.-C., soit trois millénaires avant les premières cités mayas. Des concordances permettent de transformer une date maya du compte long dans notre calendrier (julien ou grégorien).

L'expression du nombre de jours écoulés fait intervenir les unités et sous-unités du système des unités de mesure de temps, le système des périodes  $P_i$  : **kin, uinal, tun, katun, baktun, pictun**, etc. Comme les nœuds de la numération parlée, le système des unités de mesure de temps était fondamentalement vigésimal <sup>16</sup> : **1 baktun** <sup>17</sup> = 20 **katun** = 400 **tun**, **1 katun** <sup>18</sup> = 20 **tun**. Une seule excep-

<sup>16</sup> En jours, on a : 1 **baktun** = 144 000, 1 **katun** = 7 200, 1 **tun** = 360, 1 **uinal** = 20.



tion, qui pourrait être une astuce de calcul, l'année de compte valait 18 mois. 1 **tun** 'année de compte' = 18 **uinal** 'mois'. Le mois valait vingt jours: 1 **uinal** = 20 **kin** 'jour'.

Une date pouvait ainsi être notée comme une durée  $S c_i P_i$ . Par exemple, les nombres **9 baktun 17 katun 0 tun 0 uinal 0 kin**, sur

<sup>17</sup> En yucatèque, **bak** est le nom du nœud 400.

<sup>18</sup> En yucatèque, **kal** est le nom du nœud 20 (**katun** < **kal-tun**).

la stèle F de Quiriguá, et **9 baktun 15 katun 5 tun 0 uinal 0 kin**, sur la stèle D de Copán désignent respectivement les durées de 1 418 400 jours<sup>19</sup> et de 1 405 800 jours (écoulées depuis l'origine **4 Ahau 8 Cumku**). Le calcul montre que ces durées conduisent aux dates **13 Ahau 18 Cumku** et **10 Ahau 8 Ch'en**.

Il y a une sorte d'équivalence entre la donnée d'une durée et celle de la date qu'elle fait atteindre, entre une date du Compte Long et une date du *Calendar Round*. Les transpositions d'une durée en date, et vice-versa, se font mécaniquement<sup>20</sup>. On note en abrégé :

**9.1.0.0.0. = 6 Ahau 13 Yaxkin**

et

**9.15.5.0.0. = 10 Ahau 8 Ch'en.**

*Remarques.* Nous pouvons maintenant préciser que le codex de Dresde contient de nombreuses pages consacrées à la détermination des dates d'apparition des planètes, notamment Vénus, et des éclipses de soleil. L'analyse des tableaux de dates et des tables de nombres qu'elles contiennent montre qu'il s'agit de calendriers avec mécanismes de correction des prévisions de ces événements astronomiques. On déduit des mécanismes de correction la précision atteinte par l'astronomie maya par exemple dans la mesure des révolutions synodiques<sup>21</sup>.

19 Pour la stèle F de Quiriguá : 9 baktun 17 katun 0 tun 0 uinal 0 kin = 197 katun = 3940 tun. En jours, on a  $9 \times 144\,000 + 17 \times 7\,200 + 0 \times 360 + 0 \times 20 + 0 \times 1 = 1\,418\,400$  kin.

20 On ne connaît pas les algorithmes utilisés par les Mayas, mais on sait qu'ils savaient résoudre ces questions.

21 On sait, par le codex de Dresde, que les Mayas effectuaient une correction globale de 24 jours toutes les 301 révolutions synodiques de Vénus, chacune de 584 jours. Ce remarquable couple d'entiers (1.4., 15.1.) prouve que l'année vénusienne maya est de 583,92 jours. Pour plus de détails : CAUTY, A., 1998, 'Lire et faire parler un texte. Par qui et comment les pages 24 à 29 du codex de Dresde peuvent-elles être traduites?', *Amé-rindia*, n° 23, Paris : Association d'Ethnolinguistique Améri-rindienne.

Retenons pour la suite que l'expression du temps a conduit les Mayas à écrire 'zéro' dans deux contextes différents : celui des durées, exprimées par des monômes  $\Sigma c_i P_i$ , et celui des dates  $\beta Y$  de l'année solaire<sup>22</sup>. Pour les scribes mayas, le zéro, et plus généralement le nombre, est un *Janus bifrons*, une entité double ou à deux faces. Nous allons voir que les notations reflètent la dualité de la notion.

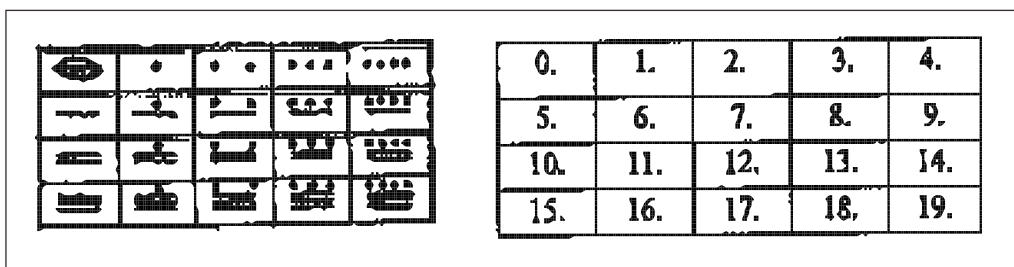
#### 4.- Comment les Mayas écrivaient-ils les nombres ?

La redécouverte des documents – cités, inscriptions des stèles et des monuments, codex, textes indigènes écrits à l'aide de l'alphabet latin, œuvre de Landa – marque le vrai début des déchiffrements. Les travaux commencèrent au siècle dernier par le codex de Dresde et s'étendirent rapidement aux inscriptions monumentales. Les premiers résultats, non-démentis par la suite, portent sur le déchiffrement des dates et des durées. On sait ainsi que les Mayas utilisèrent deux types de numération. L'une est positionnelle et ne note que les chiffres, l'autre est dispositionnelle et fait suivre chaque chiffre de l'indication de l'unité qu'il détermine. Les deux sont vigésimales. La première n'utilise qu'un type de chiffres et apparaît surtout dans les codex ; la seconde utilise plusieurs types de chiffres et apparaît surtout sur les monuments. Les zéros sont toujours systématiquement marqués dans les deux types, tant en position finale qu'en position intérieure.

*Le système 'point-barre' des chiffres (entiers inférieurs à vingt)*

Le système 'point-barre' était connu des Olmèques (1500 av.J.-C.-200 ap. J.-C.) et des Zapotèques (500 av.J.-C.-900 ap. J.-C.), mais

22 13 était le 'zéro' des dates  $\alpha X$  de l'année religieuse.



il ne sera pas utilisé par les Aztèques<sup>23</sup> (1200-1521 ap. J.-C.). Connus aussi à Teotihuacán et chez les Toltèques, il n'est pas utilisé par les Mixtèques.

Nous savons, par le *Chilám Balám*, que les Mayas utilisaient des points et des barres<sup>24</sup> pour représenter répétitivement-additivement les entiers de 1 à 13, et que l'année<sup>25</sup> était une unité de mesure du temps :

*Ils utilisaient des points et des lignes en dessous ; un point pour un an, deux points pour deux ans, trois points pour trois ans, quatre points pour quatre, et ainsi de suite ; en plus de cela, ils utilisaient une ligne ; une ligne signifiait cinq ans, deux lignes signifiaient dix ans ; si une ligne avec au-dessus un point, six ans ; si deux points au-dessus de la ligne, sept ans ; si trois points dessus, huit ans ; si quatre points au-dessus de la ligne, neuf ; un point au-dessus de deux lignes, onze ; si deux points, douze ; si trois points, treize.*

23 On peut ainsi montrer que le codex Grolier est une œuvre métisse, notant les nombres inférieurs à vingt à la manière des Aztèques par une ligne de points pouvant aller jusqu'à dix-neuf (le système aztèque est de la même veine additive que la numération romaine, il utilise un symbole pour : un, vingt, quatre-cents et huit mille, mais pas pour cinq, dix, cent, mille).

24 Selon Michel Hoppan (communication personnelle), la 'barre' du 5 est attestée sans conteste en 500 av. J.-C.

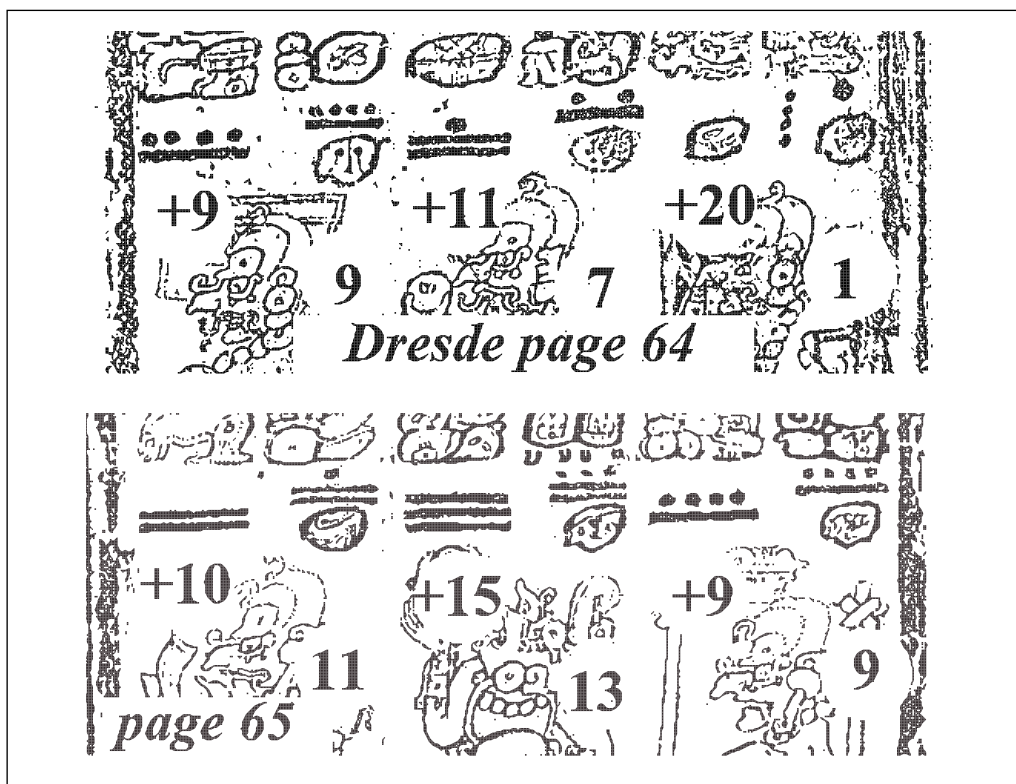
25 Il s'agit peut-être de l'année de compte de 360 jours, appelée **tun**.

Ce texte n'a jamais été démenti et tous les spécialistes ont pu vérifier son bien-fondé pour comprendre l'écriture maya des entiers. Avec les mots du *Chilám Balám*, on peut compléter jusqu'à dix-neuf le paradigme des chiffres : trois lignes signifiaient quinze ; trois lignes et quatre points, dix-neuf. A l'exception du zéro, inventé par les Mayas incontestablement avant la première moitié du IV<sup>e</sup> siècle, et du cinq incontestablement attesté vers 500 av. J.-C. en Mésoamérique, ces chiffres typiquement mésoaméricains ont au moins 2500 ans (cf. ci-dessus).

A la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, Förstemann<sup>26</sup> décrit précisément l'usage des chiffres dans la notation des très nombreuses dates et durées que contiennent les codex. Il remarque que la couleur différencie systématiquement ces deux usages : les dates sont en rouge et les durées en noir. Par exemple, dans l'un des nombreux almanachs<sup>27</sup> du codex de Dresde (p. 64c à 66c), on trouve la suite de petits nombres suivants (tous à un chiffre) : +9, 9, +11, 7, +G, 1, +10, 11, +15, 13, +9, 9. Dans cette transcription, + indique la couleur noire des

26 Une traduction anglaise de FÖRSTEMANN (1886) est publiée aux Etats-Unis : FÖRSTEMANN, E. W., 1906, 'Commentary on the maya manuscript in the Royal Library of Dresden', Papers of the Peabody Museum of American Archeology and Ethnology, vol. IV, n° 2, Cambridge (USA) : Harvard University.

27 Les almanachs répartissent les 260 jours de l'année religieuse en différents groupes, à des fins de divination.



durées (en opposition aux dates dont la couleur rouge n'est pas ici représentée) et G un glyphe (noir) de valeur numérique 20.

Förstemann comprend que de telles séquences représentent des déplacements dans le temps. Partant d'une date (13 en l'occurrence), on arrive en neuf jours (+9) à la date 9 (une abréviation de 9 Ahau). De là, en onze jours (+11), on arrive à la date 7, puis en vingt jours (+G) à la date 1, etc. On note, d'une part, l'emploi d'un glyphe pour représenter le nombre vingt (usage limité aux almanachs). Ce glyphe peut servir occasionnellement (comme le X romain) à former des

composés additifs (comme XII ou XXX en romain). D'autre part, le fait que les dates sont calculées modulo treize ( $7 + 20 = 1$ ,  $1 + 10 = 11$ ,  $11 + 15 = 13$ ). L'entier noir +13 opère comme une translation laissant invariants les rangs  $\alpha$  ( $9 + 13 = 9$ ).

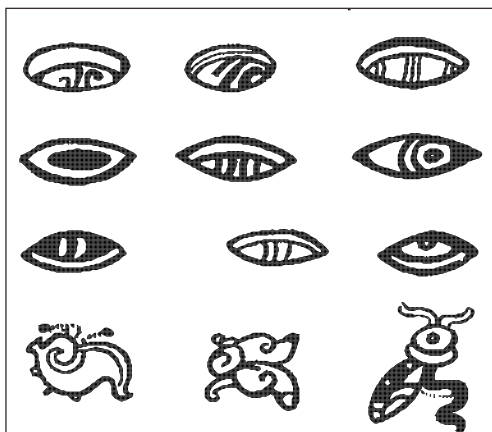
Plus généralement, de nombreux tableaux de dates se suivant selon des rythmes réguliers renforcent la conjecture posant que les scribes recherchaient systématiquement des translations qui laissent invariant tel ou tel constituant d'une date. Il est facile de remarquer qu'une durée d'un cycle laisse invariantes toutes les dates de ce cycle, notamment

son point de départ/arrivée, par exemple son jour de l'an<sup>28</sup>. La longueur d'un cycle, treize ou vingt par exemple, apparaît ainsi comme une marque de translation qui laisse tous ses éléments invariants, une marque d'opérateur identité ( $\alpha + 13 = \alpha, \beta + 20 = \beta$ ). L'opposition de couleur du *bifrons* date/durée se dédouble plus profondément en nombre-simple/nombre-opérateur.

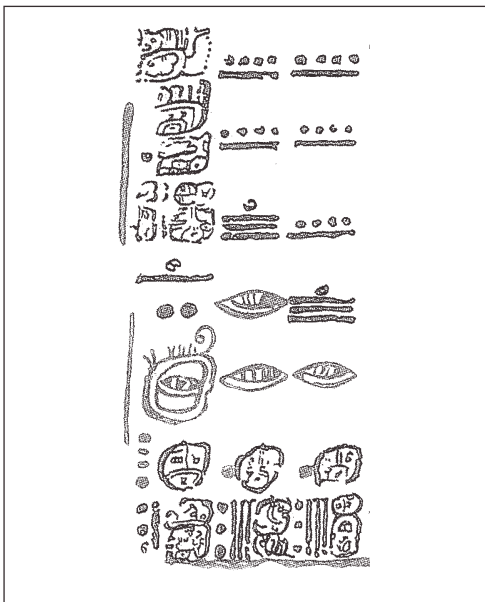
*La numération positionnelle de style 'point / barre' ou 'normal' des codex*

On savait, notamment par Diego de Landa, que les numérations parlées et écrites mayas sont vigésimales. Förstemann montra que les dix-neuf chiffres de la morphologie point/barre étaient utilisés, en dehors des almanachs précédents, pour noter de grandes et très grandes durées.

Dans cet usage, les Mayas disposaient d'un vingtième signe, un glyphe zéro (cardinal), toujours écrit sans indication d'unité (il n'est pas préfixé à un glyphe de période) dans les codex. Morley<sup>29</sup> a relevé douze variantes du zéro cardinal des codex.



Zéro cardinal (Morley)



Comme le font toutes les numérations vigésimales de position, les vingt chiffres (de 0. à 19.) servaient à représenter des nombres, à effectuer des calculs et mettre en évidence des résultats. Prenons par exemple la page 24 du codex de Dresde. Elle comprend, en bas à gauche, dans trois colonnes adjacentes, les nombres **-6.2.0.** ; **9.9.16.0.0.** ; et **9.9.9.16.0.** :

On s'aperçoit, directement ou sur leur transcription décimale<sup>30</sup>, que ces nombres sont reliés par l'égalité : **9.9.9.16.0. = 9.9.16.0.0. - 6.2.0.** Les très nombreux exemples per-

28 On sait que les scribes avaient identifié le cycle des 'porteurs de l'année', c'est-à-dire des quatre noms X des jours religieux qui prennent la forme "aX 0 Pop" et permettent d'identifier les jours de l'an des années solaires. A l'époque classique les porteurs de l'année étaient **Ik, Manik, Eb, Caban**.

29 MORLEY, S., 1915, An Introduction to the study of the Maya hieroglyphs, réédition de 1975, New York : Dover Publications, p. 92.

30 **6.2.0.** =  $6 \times 360 + 2 \times 20 + 0 = 2200$  ; **9.9.16.0.0.** =  $9 \times 144000 + 9 \times 7200 + 16 \times 360 + 0 \times 20 + 0 = 1366560$  ; **9.9.9.16.0.** =  $9 \times 144000 + 9 \times 7200 + 9 \times 360 + 16 \times 20 + 0 = 1364360$  :  $1364360 = 1366560 - 2200$ .

NUMERATIONS A DEUX  
"ZEROS" CHEZ LES MAYAS

mettent de vérifier que la numération des codex est bien une numération de position avec zéro.

Rappelons, cependant, que le choix maya d'une année de compte de 360 jours (18 mois de 20 jours) fit couler beaucoup d'encre. Il a conduit certains auteurs à ne pas reconnaître pleinement aux Mayas l'honneur d'avoir inventé une véritable numération de position<sup>31</sup>, avec un zéro qu'ils n'ont jamais représenté par un simple espace de séparation. Autre point important pour une histoire comparée des numérations : les scribes mayas surent utiliser pleinement les ressources des deux dimensions de la page d'écriture pour différencier l'espace (horizontal) de séparation des constituants d'un *chiffre* et l'espace (vertical) de séparation des constituants d'un *nombre*.

Dans les textes mayas, on ne confond jamais les nombres .. 'deux' et : 'vingt et un' (un vingt et une unité)<sup>32</sup>, lus en yucatèque **ca** et **hun tu-(ca-)kal**. Pas plus qu'on ne confond 'onze', 'trente', 'cent vingt-cinq' et 'quatre cents soixante-cinq' dont les chiffres s'inscrivent verticalement dans des cartouches carrés facilement repérables. Par exemple :

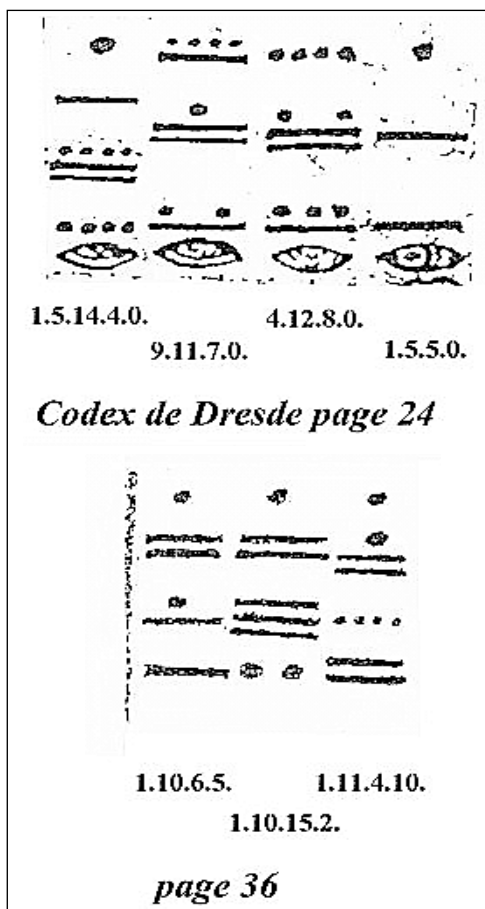
11. (un seul chiffre formé d'un point et deux barres placés dans un seul cartouche) ;

1.10. (deux chiffres : un point dans un cartouche suivi de deux barres dans un second cartouche) ;

6. 5. (deux chiffres : un point et une barre dans un cartouche suivis d'un autre cartouche contenant une barre) ;

1.5.5. (trois chiffres dans trois cartouches: un point suivi d'une barre, suivie d'une barre).

31 GUITEL (1975:672-673) écrit par exemple : " Des stèles, passons au Codex de Dresde. Nous avons expliqué pour quelles raisons pratiques toute mention d'unité de temps disparaît, ce qui entraîne que la notation prenne



l'apparence d'une numération de position. La malencontreuse irrégularité de la numération utilisée pour le calendrier, la seule pour laquelle nous possédons des documents écrits, nous interdit de qualifier de zéro opérateur le zéro placé en position terminale, il ne signifie pas autre chose que l'absence de kins, de sorte que nous le qualifierons de zéro terminal. Mathématiquement parlant, il est facile de montrer qu'il n'est pas un zéro opérateur au sens précis que nous avons donné à ce terme". On voit bien dans ce texte que la numération maya n'a que l' "apparence d'une numération de position", mais aussi que cela n'a lieu que sous la condition d'adopter un point de vue mathématique moderne et occidental, arbitrairement pris comme universel.

32 Les spécialistes des nombres de la Mésopotamie antique n'ont pas cette chance : il est souvent difficile de distinguer les nombres 'deux' et 'soixante et un', tous deux représentés par deux clous cunéiformes successifs placés sur la même ligne horizontale d'écriture..



*La numération dispositionnelle de style 'point/barre' des monuments*

Les résultats obtenus en lecture des durées dans les codex furent rapidement utilisés pour tenter de déchiffrer les durées sur les inscriptions monumentales. Contrairement aux codex, les stèles et les monuments représentent les durées comme des *nombres-de* (Baruk), c'est-à-dire par des notations du nombre dans lesquelles les chiffres qui le représentent sont systématiquement accompagnés du nom des unités qu'ils dénombrent : **9 baktun 1 katun 0 tun 0 uinal 0 kin**, par exemple, sur la stèle C de Quirigua, et non pas **9.1.0.0.0**, comme il serait écrit dans le codex de Dresde.

L'écriture des *nombres-de* fait intervenir explicitement le système des unités de temps. Les constituants des expressions numériques apparaissent systématiquement dans l'ordre des unités (c'est pour cela que ce type de numération peut être dit *de disposition*).

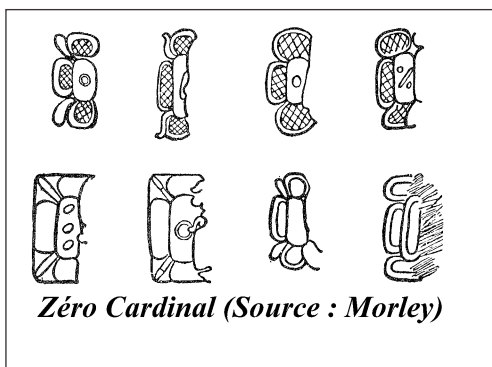
Dans les systèmes de disposition, les zéros sont redondants. Ils sont néanmoins toujours écrits sur les stèles et les monuments mayas, tant en position finale qu'en position intérieure. Comme les autres coefficients, ils

apparaissent comme préfixe (placé à gauche) ou superfixe (placé au-dessus) du glyphe de période qu'ils déterminent. Sur la figure ci-dessous, huit variantes du glyphe zéro relevées par Morley.

*La numération dispositionnelle de style 'céphalomorphe' des monuments*

Les américanistes remarquèrent que les scribes utilisaient deux jeux de chiffres : celui des chiffres 'point/barre' et un autre dont les glyphes ont la forme d'une tête et sont dits céphalomorphes (cf. pages suivantes). On remarqua que la plupart des durées étaient représentées par des nombres à cinq chiffres commençant par un 9 (quatre points et une barre) ou par une tête barbue<sup>33</sup>. On conjectura que la tête barbue était le 9 du second jeu de chiffres. D'innombrables déchiffrements confirmèrent cette hypothèse et, dès 1897, J.T. Goodmann faisait une proposition de lecture des vingt têtes du jeu de glyphes céphalomorphes. Les spécialistes acceptèrent la proposition, légèrement modifiée en 1899 par Selser<sup>34</sup>.


On s'aperçut que les glyphes céphalomorphes ne sont pas totalement arbitraires. En 1915, Sylvanus G. Morley montrait que le glyphe dix intervient dans la représentation des glyphes de treize à dix-neuf : "la tête pour 10 est très importante parce que son élément principal, la mâchoire décharnée, est mise pour représenter la valeur numérique 10. En composition avec les têtes pour 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9, elle forme les têtes pour 13, 14, 15, 16, 17, 18 et 19, respectivement". On aurait donc une formation additive sur le nombre d'appui



33 Ce qui correspond au fait que l'histoire maya se déroule essentiellement au cours du dixième **baktun** de leur ère (de la même manière : toutes les dates du Moyen Age - deuxième millénaire - commencent par un 1).

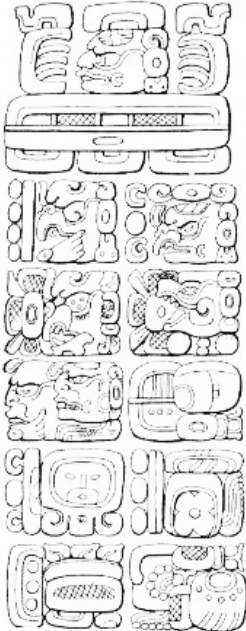
34 SELSER, E., (1899), 'Die Monumente von Copan und Quirigua und die Altar-Platten von Palenque', Zeitschrift für Ethnologie, XXXI.

NUMERATIONS A DEUX  
"ZEROS" CHEZ LES MAYAS

 0, mi	 5, ho	 10, lahun	 15, holahun
 1, hun	 6, uac	 11, buluc	 16, uaclahun
 2, ca	 7, uuc	 12, lahca'	 17, uuclahun
 3, ox	 8, uaxac	 13, oxlahun	 18, uaxaciahun
 4, can	 9, bolen	 14, canlahun	 19, bolonlahun



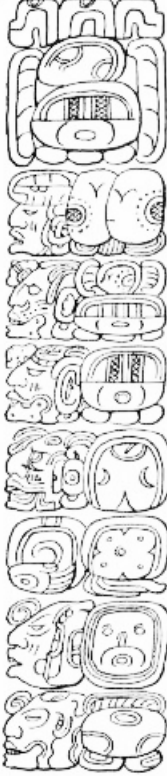
**Les chiffres mayas  
(céphalomorphes)**



9 baktun      1 katun  
0 tun      0 uinal  
0 kin  
6 Ahau      13 Yaxkin

***Stèle C Quiriguá***  
9.1.0.0. 6 Ahau 13 Yaxkin

***Temple de la Croix***



12 baktun  
19 katun  
13 tun  
4 uinal  
0 kin  
8 Ahau  
13 Pop

**12.19.13.4.0.**  
**8 Ahau 13 Pop**

(les données sont disposées en deux colonnes, dans l'ordre habituel des textes mayas)

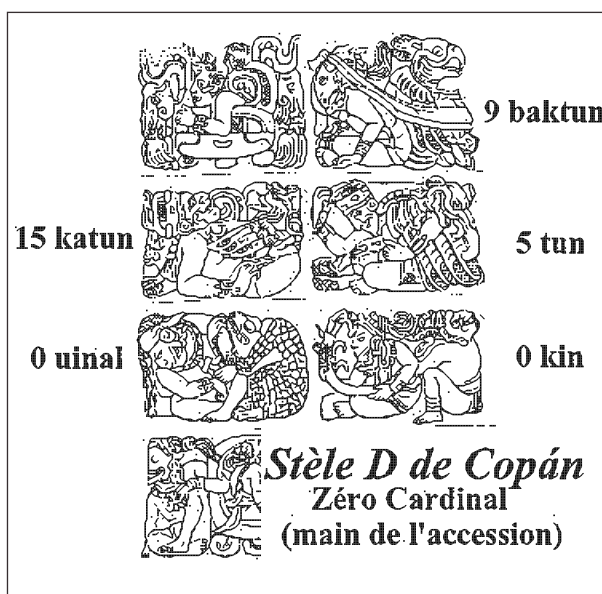
NUMERATIONS A DEUX  
"ZEROS" CHEZ LES MAYAS

dix :  $15 = 5 + 10$ , comme dans la lecture **ho.lahun**.

Actuellement, les chercheurs ne se contentent plus de transcrire la valeur numérique des glyphes céphalomorphes et tentent de restituer leur prononciation en langues mayas. Ce chantier reste largement ouvert.

*La numération dispositionnelle de style 'anthropomorphe' des monuments*

Exceptionnellement, les Mayas représentèrent les vingt chiffres par des personnages ou des animaux personnifiés. Ce jeu de chiffres anthropomorphes ne diffère pas fondamentalement de celui des chiffres céphalomorphes, et, malgré sa rareté, son déchiffrement n'a pas posé de difficultés majeures.



Pour un exemple, voir ci-dessus la belle représentation anthropomorphe de **9 baktun 15 katun 5 tun 0 uinal 0 kin, 10 Ahau 8 Ch'en** (stèle D de Copán). Le lecteur peut observer la ressemblance des têtes représentant 5 et 15, l'opposition charnue/décharnée des mâchoires, et la variante céphalomorphe du zéro cardinal avec une 'main' qui cache la 'mâchoire'. Cette main est un glyphe marquant l'accomplissement, l'achèvement.

*Dates et durées : zéros ordinal et cardinal*

Nous venons de présenter les numérations mayas, positionnelle et dispositionnelle, dans les styles point/barre, céphalomorphe et anthropomorphe. Elles représentent une durée  $d$  par un *nombre* ('abstrait') ou un *nombre-de* ('concret') dont l'expression s'analyse toujours

comme une somme ordonnée de produits représentable par la formule  $d = \sum c_i(P_i)$ . Cette formule résume toute la syntaxe de l'écriture maya des durées ou des dates du Compte Long, c'est-à-dire des seuls exemples de grands nombres parvenus jusqu'à nous. Mais pour bien comprendre les usages, et par là entrer plus avant dans la pensée arithmétique maya, il est utile de revenir sur l'écriture des nombres inférieurs à vingt et sur la distinction des dates et des durées, des rangs et des coefficients. C'est-à-dire sur l'écriture des entiers  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $c_i$ .

Par définition, les rangs  $\alpha$  et  $\beta$  et les coefficients  $c_i$  sont tous des nombres à un chiffre. Les Mayas les ont écrits dans tous les styles disponibles (point/barre, céphalomorphe, anthropomorphe), et on pourrait penser que les Mayas confondaient ces notions sous les mêmes notations. Mais un même

chiffre ne représente pas toujours la même notion. Cela dépend du contexte, lequel détermine le paradigme des constituants susceptibles d'y figurer. Le paradigme des coefficients  $c_i$  est l'intervalle [0, 19], celui des rangs  $\alpha$  le cycle (1, 13), et celui des rangs  $\beta$  les cycles (0, 19) et (0, 4). Les Mayas maîtrisaient-ils ces distinctions ?

La réponse est claire : les Mayas ne confondaient pas les paradigmes de chiffres. Nous avons vu, dans les almanachs, que les coefficients (durées) sont en noir et les rangs (dates) en rouge. Mais comment vérifier, sur les monuments où la couleur n'est pas utilisée, que l'opposition date/durée était pourtant bel et bien marquée ? La réponse est simple. Les scribes ont utilisé deux signes zéro, et cela suffit à distinguer les paradigmes : celui des coefficients est caractérisé par son zéro cardinal [0, 19] et celui des rangs par son zéro ordinal (0, 19).

Quoi qu'il en soit des interprétations, le fait incontournable est que **les Mayas inventèrent deux glyphes 'zéro'** jamais confondus<sup>35</sup> dans les usages. Le premier, celui de **0 Pop**, n'apparaît que dans les dates. C'est un rang  $\beta$  toujours préfixé à un glyphe de mois (**Pop**, **Uo**, **Zip**, etc.) ou au glyphe **Uayeb**. Le second, celui de **0 uinal**, n'apparaît que dans les durées. C'est un coefficient  $c_i$  toujours préfixé à un glyphe de période (**kin**, **uinal**, **tun**, **katun**, **baktun**).

35Selon Hoppan (1998:1-9), le zéro ordinal (glyphe n° 644 du catalogue de Thompson) est attesté par la Plaque de Leyde portant l'inscription **8.14.3.1.12. 1 Eb 0 Yaxkin** et correspondant au 18 septembre 320 après J.-C. Le zéro cardinal (glyphe n° 173 du catalogue de Thompson) est attesté par les stèles 18 et 19 de Uaxactún (Guatemala) portant les dates **8.16.0.0.0. 3 Ahau 8 Kankin** correspondant au 2 février 357, selon la concordance GMT (Goodmann-Martínez-Thompson) modifiée. Certains spécialistes font remarquer que d'autres concordances (celle de Spinden, par exemple) font remonter ces deux stèles à l'an 101 de notre ère.

Pas plus que nous ne confondons les fonctions de 3 dans '3 semaines' et '3 Juillet', les Mayas ne confondirent jamais les fonctions du 'zéro' de **0 uinal** et du 'zéro' de **0 Pop**. Et contrairement à nous, ils disposaient de deux signes différents et ne commettaient pas la faute d'écrire une date avec le zéro des durées, ou vice-versa.

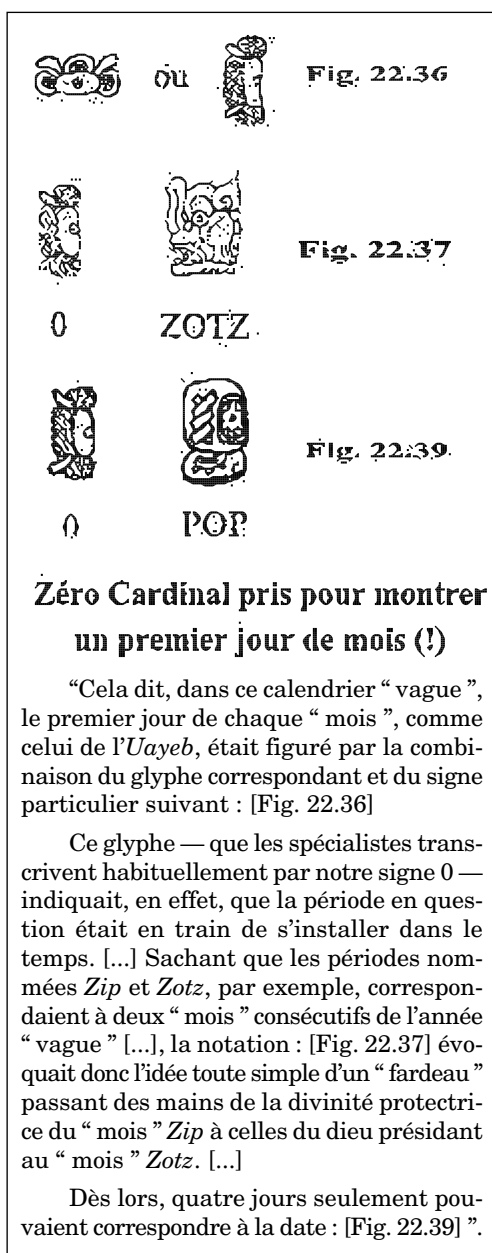
## 5.- Deux exemples à éviter

*En librairie : un cas de manipulation des données*

Nous avons vu que les Mayas distinguent clairement l'écriture des dates et celle des durées et qu'ils disposaient pour cela de deux zéros qu'il est impossible de confondre. D'une part, parce qu'ils se préfixent à des glyphes différents. D'autre part, parce qu'ils n'ont pas la même forme. Le glyphe zéro cardinal, exclusivement réservé aux durées, ressemble à une demi-fleur. Le glyphe zéro ordinal des dates dérive du dessin du bassin d'un homme assis (symbole de l'accession au pouvoir). Reprenons notre convention, et posons **0** pour le zéro cardinal des durées et **0** pour le zéro ordinal des dates. **0 uinal** et **0 Pop** sont des expressions bien formées et conformes aux données historiques. Par contre, **0 uinal** et **0 Pop** sont des écritures aberrantes comme celles des bêtisiers tenus par certains enseignants.

Comment expliquer que le zéro cardinal **0** (demi-fleur) puisse être préfixé au glyphe du mois **Pop**, dans l'expression **0 Pop**, publiée dans une *Histoire universelle des chiffres*<sup>36</sup> qui a connu le succès de plusieurs éditions ?

36 IFRAH, G., 1994, Histoire universelle des chiffres. L'intelligence des hommes racontée par les nombres et le calcul, 2 tomes, Paris : Robert Laffont, collection Bouquins.



**Zéro Cardinal pris pour montrer un premier jour de mois (!)**

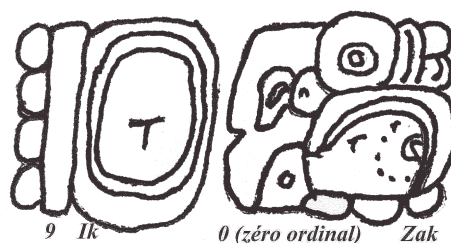
“Cela dit, dans ce calendrier “ vague ”, le premier jour de chaque “ mois ”, comme celui de l’*Uayeb*, était figuré par la combinaison du glyphe correspondant et du signe particulier suivant : [Fig. 22.36]

Ce glyphe — que les spécialistes transcrivent habituellement par notre signe 0 — indiquait, en effet, que la période en question était en train de s’installer dans le temps. [...] Sachant que les périodes nommées *Zip* et *Zotz*, par exemple, correspondaient à deux “ mois ” consécutifs de l’année “ vague ” [...], la notation : [Fig. 22.37] évoquait donc l’idée toute simple d’un “ fardeau ” passant des mains de la divinité protectrice du “ mois ” *Zip* à celles du dieu présidant au “ mois ” *Zotz*. [...]

Dès lors, quatre jours seulement pouvaient correspondre à la date : [Fig. 22.39] ”.

Une explication semble s’imposer. L’auteur a découpé (ou recopié) l’image du glyphe cardinal 0 dans l’expression d’une durée pour fabriquer des exemples de dates comme **0 Pop**. Quand on n’est pas familiarisé avec l’écriture maya, c’est incontestablement plus rapide que de consulter les corpus, notamment parce que le zéro ordinal est infiniment moins fréquent que le zéro cardinal. Le résultat de cette manipulation est une expression falsifiée, impossible en écriture maya, et que, bien sûr, aucun spécialiste n’a jamais rencontrée dans le corpus des inscriptions et des textes mayas parvenus jusqu’à nous. Voici le texte d’Ifrah, et les figures correspondantes, dans lesquelles le zéro cardinal (demi-fleur à gros pistil) est abusivement préfixé à un mois de l’année solaire (voir ci-contre).

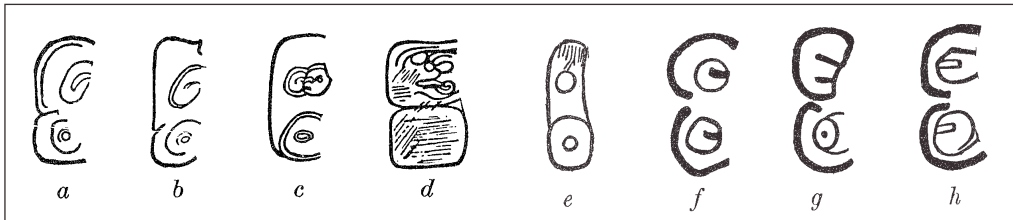
A titre de comparaison, voici un exemple de date (**9 Ik 0 Zak**) présentant un authentique zéro ordinal, figurant sur le Temple de la Croix de Palenque (E9, F9), et huit variantes du glyphe zéro ordinal présentées par Morley dès 1915 en précisant que ce signe est le rang (coefficient) zéro exclusivement utilisé devant les noms de mois.



*Dans nos classes : la thèse obsolète d’une migration des Mayas*

Au XIX<sup>e</sup> siècle beaucoup de savants pensaient que les Mayas étaient des sauvages à

Zéro ordinal (source Morley)



la pensée primitive. Il semblait inconcevable que des primitifs aient pu construire les cités alors récemment redécouvertes. ? Les uns pensaient que les bâtisseurs descendaient des tribus d'Israël, d'autres qu'ils avaient été conquis ou visités par les Romains ou les Grecs. Beaucoup pensaient aux Egyptiens (les pyramides faisaient grande impression depuis l'expédition de Napoléon). Certains croyaient tellement à une ascendance africaine qu'ils en arrivèrent à voir des éléphants dans certains caractères du texte hiéroglyphique du Temple des Inscriptions de Palenque (Mexique, état du Chiapas).

Le hasard faisant rarement bien les choses, les données archéologiques disponibles pouvaient être grossièrement classées en deux catégories : celles qui provenaient des basses terres du nord et celles qui provenaient des hautes terres du centre et du sud du pays maya ; de plus, les vestiges découverts au sud étaient plus anciens que ceux qui provenaient du nord. Le fait que les cités méridionales étaient enfouies en forêt et non pas détruites par un envahisseur ou réutilisées par les générations suivantes (il y a toujours eu des Mayas dans ces forêts) ajoutait au mystère.

Les fantasmes allaient bon train. Beaucoup de savants proposèrent des explications. On parla d'épuisement des sols, de révolte, de

changement dans les croyances religieuses... Sylvanus Morley<sup>37</sup>, par exemple, laissait encore entrevoir en 1915 la thèse, aujourd'hui abandonnée, d'une migration massive des populations mayas. Il y aurait eu, au centre et au sud, un premier Age d'Or ou Ancien Empire. Puis, au IXème siècle et pour des raisons inconnues, une migration vers les basses terres du nord, d'où une Renaissance ou Nouvel Empire.

Le nombre et la qualité des fouilles archéologiques ayant considérablement augmenté depuis les années cinquante, les vestiges ne se répartissent plus en deux classes bien tranchées. Ils font apparaître, au contraire, un continu de peuplement, d'activités, de constructions... Les découvertes ont mis un terme à la thèse d'une migration massive et aux hypothèses simplistes qui prétendaient l'expliquer.

Aujourd'hui, personne ne soutient l'idée que le centre et le sud se seraient brutalement vidés de leurs populations.... sauf quelques manuels scolaires<sup>38</sup> :

“ Les Mayas se sont d'abord établis sur

37 Auteur notamment d'un ouvrage sur la civilisation maya : La civilización maya (édition espagnole de 1961, Mexico, Fondo de cultura economica), et d'une étude sur le déchiffrement des dates et des durées : An introduction to the study of the Maya hieroglyphs (réédition de 1975, New York, Dover Publications).

38 BERNARD A. J.-M. et ROCHE, M., 1987, Terres Médiévales et d'Aujourd'hui 5e, Paris : Magnard.

---

 NUMERATIONS A DEUX  
 "ZEROS" CHEZ LES MAYAS
 

---



des terres chaudes, humides et forestières avant de migrer pour une raison mal connue vers des régions plus sèches ” (Bernard et Roche, 1987: 148-149)

Cet extrait peut piquer la curiosité des élèves. Mais s'il le fait, ce sera pour les lancer dans la recherche des causes d'une énigme qui n'existe pas, sans leurs donner la moindre chance d'éviter l'explication triviale qu'il suggère : 'comme il faisait trop chaud et trop humide dans les forêts du sud, les Mayas sont partis vers le nord pour se mettre au sec et au frais'. Je comprends mieux, maintenant, pourquoi je n'aimais pas les notices historiques, et pourquoi je n'arrivais pas à en tirer un réel profit pédagogique.

## Conclusion

Une histoire comparée des numérations écrites, respectueuse des liens notion/notation, ne peut ignorer que l'on assiste, chez les Mayas, à plusieurs innovations propres à nous inciter à nuancer certaines opinions.

1) L'invention 'banale' d'un glyphe zéro (cardinal). Dans la mesure où elle se réalisa aussi en Mésopotamie, en Inde et en Chine, l'invention du zéro (cardinal) par les Mayas peut être considérée comme 'banale'. Cette banalité ne dispense pas de rechercher la spécificité du zéro maya que l'invention de deux signes réservés à des usages différenciés laisse deviner. Ni de remarquer que les Mayas n'ont jamais omis d'écrire les zéros, même quand ils sont redondants comme dans les numérations dispositionnelles.

2) L'invention 'unique' d'un autre glyphe zéro (ordinal). Cette invention renforce la thèse que l'origine du zéro maya n'est à chercher ni dans le 'blanc' qui sépare les caractères d'écriture ni dans l'idée de vide. On peut y voir une trace de la richesse de la réflexion métalinguistique des scribes toujours soucieux de marquer scrupuleusement les distinctions : usage des deux dimensions de la plage d'écriture pour distinguer entre 'morphologie des chiffres' et 'syntaxe des nombres', usage de la couleur pour distinguer entre date et durée (ou entre points de vue ordinal et cardinal), etc.

3) l'invention 'étonnante' des glyphes de périodes pour représenter les unités successives du système des mesures de temps. Cette invention est étonnante parce qu'elle est tardive. Les inscriptions plus anciennes, olmèques notamment, ne comportent pas de glyphes de période. Elles apparaissent ainsi comme des

nombres 'abstrait' qui auraient précédé l'invention des nombres 'concrets'. En d'autres termes, une numération de position se serait transformée en numération dispositionnelle. Ce qui prouve que l'évolution connaît des retours en arrière ou que la direction

concret → abstrait

n'est pas un principe universel <sup>39</sup>.

La spécificité de l'expression numérique maya conduit aussi à nuancer une définition de l'universel héritée de la Révolution française de 1789. L'universel ne peut plus nous apparaître comme un étalon qu'il faudrait, comme le mètre ou le système décimal, imposer identiquement "à tous les temps, à tous les peuples", au besoin par la force, souvent pour le profit du bourgeois. Mais plutôt comme une sorte d'invariant virtuel que l'on construit collectivement et peu à peu, comme le langage, par comparaison et traduction de ce qu'expriment différemment différentes langues, ou que l'on invente collectivement, comme les mathématiques, par différentes modélisations des situations et problèmes de l'humaine condition (une espèce, des milliers d'ethnies).

En tant que capacité universelle, le langage ne se réalise qu'en milliers de langues naturelles. La diversité du mouvant serait donc un trait de l'universel en acte. Il peut sembler paradoxal de faire du divers un attribut de l'universel en acte. Mais que serait le langage et comment le construire sans les langues ?

39 Ce fait suggère des conjectures. La meilleure vient d'être formulée par un archéologue, spécialiste du déchiffrement des céramiques mayas, c'est la conjecture Hoppan : Les Mayas ont pu introduire les glyphes de période pour signaler l'irrégularité qu'ils provoquaient en introduisant l'unité **tun**. Hoppan donne un schéma de démonstration : on sait, d'une part, que l'irrégularité n'existait peut-être pas chez les Olmèques et, d'autre part, que l'année de 400 jours (vingt vingtaines) a été en usage dans la région de Veracruz jusqu'au XVI<sup>e</sup> siècle.

Moyen social de communication *et de ségrégation*, la langue qui permet aux gens de l'ethnie de s'entendre est barrière au-delà de ses frontières. Et cette impossibilité dure tant que personne ne fait l'effort de se convertir en bilingue ou en traducteur. "Pour étudier une langue, prenez-en deux" avertissaient les organisateurs du symposium "Traduction et altérité linguistique" du 49<sup>ème</sup> congrès des Américanistes.

La mathématique est-elle universelle ? Je n'en suis pas encore très sûr et je répondrai en normand "peut-être que oui, peut-être que non", ou par un "oui, mais" de diplomate. Oui, mais dans la mesure où elle se réalise en milliers de pratiques, dans des communautés ouvertes au dialogue intra- et interdisciplinaire. Plus généralement, je pense que la science – plus exactement, les disciplines scientifiques – sont, dans l'après-coup de l'histoire, un universel construit. C'est-à-dire le coproduit symbolique partagé des 'disputations' autour d'une diversité de pratiques, qui fédèrent et servent – pour le meilleur... – un grand nombre d'hommes, dans la mesure où elles génèrent un pidgin d'écritures dont la fonction est d'empêcher les inévitables quiproquos des transmissions à l'intérieur des communautés et d'assurer la communication par dessus les murs de la ségrégation linguistique et disciplinaire.

Et c'est sans hésiter que je souligne l'importance de la spécificité de la pensée scientifique maya. Dans le contexte mésoaméricain, les disciples de *Hun Chuen* ont inventé une originale vision ordinaire du nombre, produit des numérations à deux zéros, et développé une arithmétique incontestablement d'une autre veine que la nôtre et pourtant tout aussi efficace pour le service d'une astronomie précise.

---

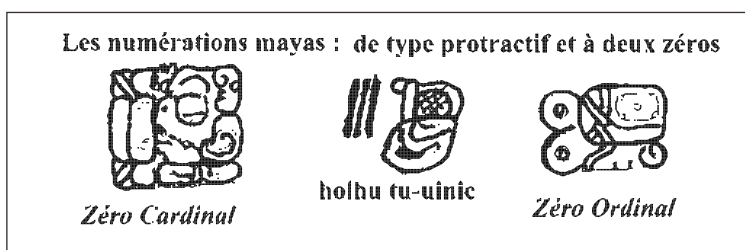
 NUMERATIONS A DEUX  
 "ZEROS" CHEZ LES MAYAS
 

---

Dialoguer avec les Mayas est une source inépuisable de renouvellement des couples notions/notations et un moyen bien réel de construire, toujours diversement, l'universalité du nombre.

Décidément, les profs de maths ont besoin de bonnes notices historiques. Qui leur donnera

le temps et les moyens d'une vraie initiation à l'épistémologie et à l'histoire des sciences sans lesquelles ces notices ne seront jamais rédigées ? Qui organisera le chantier de la sauvegarde des espèces cognitives en danger, de toutes ces ethnoscience qui meurent lorsque s'éteignent les langues des minorités ou qui étouffent dans les ghettos de nos banlieues ?



On trouvera des compléments sur les mathématiques mayas sur le site :

[www.episteme.u-bordeaux.fr/](http://www.episteme.u-bordeaux.fr/)



## Repères mésoaméricains

Pour les américanistes, la culture maya est sans conteste la plus prestigieuse du monde mésoaméricain précolombien. Les cultures de cet ensemble s'enracinent dans une **période archaïque (7000-2000 av. J.-C.)** caractérisée par l'acclimatation d'espèces végétales (maïs, haricots, courges, avocats) et animales (dindon, chien), ainsi que par les débuts de la sédentarisation (villages agricoles, productions artisanale, artistique, religieuse) d'une mosaïque de groupes de chasseurs-cueilleurs. Selon des schémas et une terminologie qui varient d'une école à l'autre, les grandes cultures de cet ensemble sont traditionnellement distribuées en périodes préclassique, classique et postclassique :

PRECLASSIQUE			CLASSIQUE			POSTCLASSIQUE		
Ancien	Moyen	Récent	Proto-C.	Ancien	Récent	Ancien	Récent	
-1500			-200			+900		+1500

La **période préclassique (2000 av. J.-C. - 200 ap. J.-C.)** voit s'affirmer, autour du golfe du Mexique, la civilisation des Olmèques. Elle est considérée comme la source de toutes les autres cultures mésoaméricaines. Les Olmèques sont les premiers bâtisseurs de pyramide, et les inventeurs d'une forme de pouvoir central politico-religieux. Ils ont laissé des constructions monumentales, différentes formes d'art (sculpture, céramique) et de nombreuses traces du commerce du jade et de l'obsidienne. Les Olmèques savaient graver des dates en 'Compte Long' (sans zéro attesté), mais on ne sait pas s'ils inventèrent l'écriture. La fin du préclassique est marquée par la naissance de trois grandes cultures (Monte Alban, Teotihuacán, Maya).

La **période classique (200 av. J.-C.-900 ap. J.-C.)** voit s'épanouir trois grandes cultures: les Zapotèques de Monte Alban (500 av. J.-C.-900 ap. J.-C.), les Mayas (200 av. J.C.-900 ap. J.-C.), et la ville de Teotihuacán (200-900 ap. J.-C.) ; la ville est abandonnée vers 750 ap. J.-C. et commence l'époque dite toltèque. Plus tardivement, la civilisation totonaque (250-900 ap. J.-C.). Et à la fin de la période, le métissage toltèque des Mayas.

Les Zapotèques ont certainement contribué à la diffusion et au développement de l'écriture, de l'arithmétique et du calendrier. Teotihuacán est célèbre par les proportions de son agglomération, ses monuments religieux et ses plate-formes. Pour les Mayas, la sculpture monumentale, l'écriture et le calendrier apparaissent (avec des influences olmèques incontestables) dès le proto-classique (200 av. J.-C.-250 ap. J.-C.) dans les plus anciens complexes rituels des Hautes Terres (Kaminaljuyú, Izapá). Aux époques classiques – ancien (250-500 ap. J.-C.) et récent (500-900 ap. J.-C.) –, les complexes rituels se transforment dans les Basses

Terres en cités-États puissantes et organisées. Elles périclitent au début du postclassique ancien, vers 950 ap. J.-C.

La **période postclassique (900 - 1500 ap. J.-C.)** est souvent décrite comme une expansion de peuples venus du nord du Mexique et qui imposent aux cultures de l'époque classique de nouveaux régimes militaires et de nouveaux cultes. Les Toltèques fondent leur capitale Tula. Palenque et Quiriguá sont les premières cités mayas à péricliter autour de 800 ap. J.-C. Au même moment, dans les centres yucatèques, le métissage maya-toltèque s'épanouit en culture nouvelle. Le postclassique voit encore se développer les cultures Mixtèque (à partir de 800 ap. J.-C.), Huastèque (à partir de 900 ap. J.-C.) puis Aztèque (vers 1200 ap. J.-C.). Les Aztèques formeront le dernier empire mésoaméricain, il tire sa puissance d'une triple alliance (Tenochtitlán, Tlatelolco et Tlacopan).

La **période moderne (1500-2000 ap. J.-C.)** est marquée par l'asservissement des cultures postclassiques au joug de la Couronne d'Espagne. Le XVIème siècle sera celui de la fin des conquêtes et du début de la colonisation. Cortés fait tuer Moctezuma II en 1521. Diego de Landa organise le grand autodafé de Mani en 1562. Tayasal, dernier bastion des Mayas-Itzas, tombe le 13 mars 1697. Les Amérindiens entament une période de 500 ans de résistance. Les colons engagent les guerres d'Indépendance. Celle du Mexique est accordée en 1821. A l'aube du troisième millénaire, Rigoberta Menchu reçoit le prix Nobel de la paix, et les Inuits obtiennent l'autonomie et un territoire.

### Crédits des Figures

Page 36 Codex de Dresde (64c-66c) : Knorozov, Y., 1963, *Pis'mennost' indejcev maija*, Moscou et Léningrad : Académie des Sciences.

Page 37 Zéro cardinal des codex : Morley, S., 1915, *An Introduction to the study of Maya Hieroglyphs*, Washington : Government Printing Office, Bulletin 57 of the Bureau of American Ethnology, Smithsonian Institution, (New York : Dover Publications, 1975).

Page 37 Codex de Dresde (24) : Amerindia, n° 23, Paris : Association d'Ethnolinguistique Amérindienne.

Page 38 Codex de Dresde : inédit (Cauty)

Page 39 Zéro cardinal des stèles : Morley, S., 1915, *An Introduction to the study of Maya Hieroglyphs*, Washington : Government Printing Office, Bulletin 57 of the Bureau of American Ethnology, Smithsonian Institution, (New York : Dover Publications, 1975).

Page 39 Stèle C de Quirigua Zéro : Morley, S., 1915, *An Introduction to the study of Maya Hieroglyphs*, Washington : Government Printing Office, Bulletin 57 of the Bureau of American Ethnology, Smithsonian Institution, (New York : Dover Publications, 1975).

Page 42 Stèle D de Copan : Kelley, D., 1976, *Deciphering the Maya Script*, Austin et Londres : Presses de l'Université du Texas.

Page 44 Zéro ordinal : Morley, S., 1915, *An Introduction to the study of Maya Hieroglyphs*, Washington : Government Printing Office, Bulletin 57 of the Bureau of American Ethnology, Smithsonian Institution, (New York : Dover Publications, 1975).

Hors texte (page 40) (chiffres céphalomorphes) : *The World's writing systems*, dirigé par DANIELS, P. et BRIGT, W., 1996, Oxford : Oxford University Press.