Fiche 1 : Une histoire des instruments et machines à calculer

1. Introduction

La particularité ici est que l'histoire de la mécanisation du calcul est au carrefour de l'histoire des techniques et de celle des mathématiques, avec les concepts et priorités de chaque domaine.

Afin d'éviter toute ambiguïté sur le vocabulaire que nous employons, nous nous référons à la classification (en histoire des techniques) de Marguin (1994) sur les instruments et machines à calculer. Pour l'auteur, les tables de comptes, jetons et bouliers sont considérés comme des *instruments primitifs* ; les bâtons et réglettes ainsi que les additionneurs rectilignes sont des *instruments arithmétiques*. Viennent ensuite les *machines arithmétiques* : additionneuses, inscripteurs, multiplicatrices… Les machines se distinguent des instruments par leur automatisation de la retenue. C'est cette charnière entre l'opération humaine du report de la retenue et son automatisation que nous allons particulièrement explorer.

De plus, l'auteur distingue :

> " - les *instruments et machines numériques* qui, par définition traitent de nombres entiers et dont la précision dépend uniquement du nombre de digits pris en compte ;
> - les *instruments et machines analogiques* basés sur des mesures de grandeurs continues, géométriques (longueurs, angles, etc.) ou physiques (force, poids, etc.) et dont les résultats ne sont qu'approchés.
> Ensuite, sont introduites les notions d'*instrument* et de *machine*, puis d'autres critères comme la nature des opérations effectuées (addition et multiplication) et enfin des caractères anatomiques (type de reporteur ou d'entraîneur) et morphologiques (forme rectangulaire ou circulaire).
> On obtient ainsi une classification arborescente.
> À cette classification méthodique, il manque la perspective du temps. " (Marguin, 1994, p 198)

Reprenons une chronologie sur les instruments et machines à calculer en privilégiant ceux qui nous intéressent particulièrement : le boulier, les bâtons à multiplier, et la règle à calcul.

2. L'évolution des instruments pour calculer

2.1 Les outils naturels

" Le plus ancien auxiliaire de calcul est la main, origine probable de la numération décimale " (Marguin, 1994, p 17). Le calcul digital (avec les dix doigts de la main) permet de représenter un nombre et il remplace le calcul mental. Ensuite viennent des *outils naturels* c'est-à-dire des cailloux et des bâtons. Le mot calcul provient du latin *calculus* qui désigne un petit caillou. Ces outils, utilisés pour dénombrer du bétail ou tenir des comptes sont à l'origine du calcul médiéval aux jetons, des abaques et des bouliers. Ils ont vraisemblablement favorisé l'apparition de la numération écrite, en Mésopotamie au troisième millénaire avant notre ère.

Dès la plus haute Antiquité, des *outils spécialement fabriqués* pour la manipulation des nombres sont mis au point : des entailles dans des tiges de bois ou des os, ce procédé pourrait avoir donné naissance à la numération romaine : V, X, M peuvent être représentés par des entailles croisées. Citons aussi plus tard, les nœuds sur des cordes : les *Quipus* des Incas, au 15ème siècle.

Les *premiers instruments* de calcul sont l'abaque, le calcul aux jetons et le boulier. L'abaque à poussière avec un stylet date de l'Antiquité et l'abaque avec des cailloux date, pour le plus ancien retrouvé, du 4ème siècle avant J.-C. Quant à l'abaque portatif romain fabriqué avec des rainures et des boutons liés à l'abaque, il n'est pas impossible qu'il soit " à l'origine des bouliers russes et persans, puis asiatiques, puis chinois et japonais " (Schärlig, 2001). Ensuite, au Moyen-Âge, le calcul aux jetons (proche du calcul avec un boulier) sera très utilisé par les commerçants en Europe occidentale jusqu'à la fin du 18ème siècle. Celui-ci coexistera plusieurs siècles avec le calcul écrit qui se répand en Europe à la fin du 19ème siècle.

Une autre méthode employée par les Babyloniens et les Égyptiens pour faciliter les calculs, était de constituer des *tables* pour répertorier les calculs usuels afin de ne pas les effectuer à chaque utilisation.

2.2 Le boulier

Avant l'apparition du boulier, les Chinois utilisaient des baguettes à calculer vraisemblablement positionnées sur des tables de compte (Martzloff, 1987). Les plus anciens manuels chinois dans lesquels figurent des indications sur les techniques de calcul datent du premier millénaire avant notre ère. Les calculs s'effectuent avec les baguettes à calculer et se commencent par l'unité d'ordre le plus élevé, ce qui permet d'avoir rapidement un ordre de grandeur du résultat, mais cette technique pose problème pour reporter des retenues… Il semble évident que cet instrument, qui ne permet pas un report facile des retenues n'a pas pu se développer. Les règles de calcul mises au point pour les baguettes s'utilisent aussi sur le boulier (divisions, extraction de racines...) sur lequel il est aussi nécessaire de connaître les tables de multiplication pour effectuer des calculs.

Le boulier est formé d'un cadre et de boules fixées sur des tiges, ce qui permet une utilisation aisée. Il forme un objet complet pour le calcul depuis le 12ème siècle en Chine. À la fin du 16ème siècle, les mathématiques chinoises " se réduisaient à presque rien, à peine plus que le calcul au boulier ", et " aux 17ème et 18ème siècles, rien ne pouvait être mis en parallèle avec les progrès révolutionnaires dont la science européenne était le théâtre " (Martzloff, 1987). En fait, d'importants travaux mathématiques datant du 2ème siècle avant J.-C. n'ont été redécouverts qu'à partir du dernier quart du 18ème siècle en Chine (puis dès le début du 19ème en Europe). En Chine, au milieu du 15ème siècle, le boulier, l'instrument des marchands remplace progressivement les baguettes à calculer.

La région Centre-Ouest est un terrain favorable à l'apparition du boulier car elle forme un carrefour commercial et novateur important à cette époque. Le boulier japonais semble être apparu au 15ème siècle (au Japon) mais il ne se popularisera que deux siècles plus tard et coexistera jusqu'à la fin du 19ème siècle avec le boulier chinois. C’est donc à cette période que la pratique du boulier au Japon devient exclusivement celle du soroban. Aujourd’hui, même la Chine s’initie au soroban. En Chine et au Japon, les techniques du boulier sont enseignées à l’école encore de nos jours.

Actuellement, trois types de bouliers sont d’usage courant : le stchoty russe (dix boules par tiges avec les cinquièmes et sixièmes d’une couleur différente), le suan-pan chinois (sept boules réparties sur deux rangées) et le soroban japonais (cinq boules triangulaires réparties sur deux rangées).

Les calculs avec le boulier pour un utilisateur expert s’effectuent très rapidement, parfois même plus rapidement qu’avec une calculatrice :

> " On estime généralement que le calcul mental basé sur l’utilisation du boulier est deux fois plus rapide que le calcul à la main au boulier qui est lui-même plus rapide, après un certain entraînement, que le calcul sur machine électronique pour l’addition et la soustraction. Avec un entraînement plus poussé, la multiplication devient elle-même plus rapide sur boulier ; pour la division, tout dépend de la précision souhaitée " (Cumin et Hossenlopp, 1994, p 61).

Marguin (1994) présente le boulier comme " le premier véritable instrument de calcul autonome et portatif " (p 23). Il poursuit en remarquant que " les techniques et doigtés des bouliers orientaux sont encore systématiquement enseignés aux écoliers. Les automatismes gestuels, acquis dès le plus jeune âge, déchargent le calculateur de toute réflexion et font de ces instruments des aides efficaces et sûres " (p 25). L’utilisation du boulier devient donc machinale, automatique. Il nous paraît donc possible de nommer *machine* l’ensemble formé par un boulier et un utilisateur averti. La frontière entre machine et instrument est poreuse. Du moins il est possible de considérer le boulier comme un instrument et c’est là que l’utilisateur semble pouvoir réaliser un apprentissage : visionner une écriture décimale, effectuer un calcul, vérifier avec le calcul mental. Il nous faut donc distinguer le *boulier-instrument* qui est un instrument d’acquisition du calcul et le *boulier-machine* qui est une machine arithmétique.

2.3 Les additionneuses

Dans la lignée des bouliers, on trouve les additionneuses. Celles-ci juxtaposent des échelles graduées (rectilignes ou circulaires), coulissant sous des lucarnes. La plus ancienne additionneuse (Caze, 1720) est composée de réglettes mobiles que l’on déplace avec un stylet mais aucun dispositif de retenues n’est prévu. En 1847, Kummer munit " la partie supérieure des rainures où coulissent les réglettes, d’une crosse qui permet, sans lever le stylet, de faire avancer d’un cran la réglette d’ordre supérieur. Le report manuel devenait si naturel qu’il supprime la nécessité d’un report mécanique " (Marguin, 1994, p 27). Là aussi la limite entre instrument et machine se rétrécit, la retenue devient un réflexe de la main et le couple *additionneuse-utilisateur* se confond dans la définition de la machine arithmétique.

L’additionneuse à crosse inspirera nombre d’inventions, des additionneuses de poche (Addiator, Addimax, Tasco…) seront fabriquées jusque dans les années 1960. L’additionneuse est d’usage simple pour réaliser des additions et des soustractions, mais moins pertinente pour les multiplications et divisions.

2.4 Les réglettes à multiplier

Souvent utilisés en complément de l’additionneuse, les bâtons ou réglettes de Néper sont bien plus efficaces pour effectuer des multiplications. Le mathématicien écossais

John Néper (Napier, en anglais) publie en 1617 *Rhabdologia* dans lequel il explique un " procédé original de multiplication basé sur une représentation de la table de Pythagore ". (Marguin, 1994, p 30). En effet, chaque bâton correspond à une table de multiplication inscrite dans des cases où l'on sépare par une diagonale le chiffre des dizaines et celui des unités. Pour effectuer une multiplication, on additionne les chiffres, diagonale par diagonale, mais le report des retenues doit être réalisé par le calculateur. Les bâtons de Néper sont donc des *instruments* qui nécessitent des connaissances mathématiques pour effectuer les calculs intermédiaires, ou du moins la connaissance de certaines règles. Ces réglettes seront d'usage par la suite sous forme de cylindres et de disques en Europe jusqu'à la moitié du 19ème siècle.

Notons brièvement que les réglettes de Néper sont aussi (potentiellement) un outil de travail disponible pour les techniciens astronomes chinois au milieu du 17ème siècle. En effet, les missionnaires jésuites implantés en Chine depuis la fin du 16ème siècle ont traduit en chinois des résultats d'astronomie (mouvements célestes, éclipses…) et de mathématiques en particulier la présentation d'instruments à calculer : réglettes de Néper, compas de proportion de Galilée, tables numériques, formules trigonométriques planes et sphériques. Le résultat est regroupé dans *Le Livre calendérique de l'ère Chongzhen* (1630-1635).

Diverses améliorations des bâtons de Néper sont recensées, mais la plus pertinente est celle d'Henri Genaille et de ses réglettes multiplicatrices mises au point en 1885. Nous parlerons des réglettes multiplicatrices de Genaille-Lucas car la question de fabriquer des réglettes a été posée par Édouard Lucas et la réponse apportée par Henri Genaille. La lecture est ici directe, par un jeu de triangles qui guident l'œil et aucune addition intermédiaire n'est nécessaire. On approche donc ici la définition de la machine arithmétique. Ces réglettes commercialisées par Belin, connurent un franc succès jusque dans les années 1910. Genaille imagina divers instruments comme les réglettes multisectrices pour la division (aidé pour la conception du mathématicien français Lucas), des réglettes financières, des appareils arithmétiques ainsi qu'une machine à calculer électrique (qu'il ne construira jamais).

Précisons qu'à l'interrogation de la banque de données de la collection du Musée des Arts et Métiers à Paris [1], on obtient 36 objets dont l'auteur est Henri Genaille et 102 pour Édouard Lucas (par auteur, on entend : auteur intellectuel ou matériel ou origine de l'œuvre). Cette remarque permet de mieux estimer l'imagination et le talent de Genaille et de Lucas… Pour Néper, la recherche donne 25 objets (pour certains objets les trois auteurs sont cités simultanément).

2.5 Le point de vue du mathématicien français : Édouard Lucas (fin 19ème)

Pour ce paragraphe, nous nous référons à des sources primaires, les textes originaux de Lucas. En effet, il nous est paru intéressant de présenter quelques passages où Lucas donne son avis sur les bâtons de Néper et ceux de Genaille, ainsi que sur le boulier.

Tout d'abord, reprenons une brève biographie de Lucas (1842-1891), exposée dans Chabert (1994) :

> " Élève de l'École Normale d'Amiens, Lucas est ensuite employé comme assistant à l'Observatoire de Paris. Après avoir été officier durant la guerre avec la Prusse, il enseigne à Paris au Lycée au Lycée Saint-Louis et au Lycée Charlemagne. En théorie des nombres, les

[1] http://cugnot.cnam.fr:8000/simmam/internet.html

> recherches de Lucas portent sur les tests de primalité et les problèmes de factorisation : en 1876, il montre que le nombre de Mersenne ($2^{127}-1$) est premier. Lucas effectue quelques recherches originales sur l'arithmétisation des fonctions elliptiques et les suites de Fibonacci. Ses *Récréations mathématiques* sont un classique du genre. " (Chabert, 1994)

Comme nous allons le voir ci-après, Lucas témoigne de préoccupations certaines concernant l'enseignement des mathématiques et en particulier celui de l'arithmétique.

Dans ses *Récréations mathématiques* (1885), Lucas reprend une Conférence donnée en 1884 au Congrès de *L'association française pour l'avancement des Sciences*, sur le calcul et les machines à calculer[2] (p 27 à 84). Il commence par rappeler les bienfaits du calcul mental dont il ne faut toutefois pas abuser :

> " Il ne faudrait pas laisser se développer outre mesure, chez les enfants, cette faculté du calcul mental ; mais il est bon, pourtant, de la leur faire acquérir dans le jeune âge. Elle se conserve plus tard et facilite beaucoup l'étude de toutes les sciences. Les plus grands mathématiciens ne l'ont point dédaignée […]. " (Lucas, 1885, p 30)

Il poursuit en présentant, en particulier, un *boulier universel* qui ressemble à un damier de dix cases par dix cases numérotées de zéro à neuf et en unités, dizaines… Le principe est le même que celui des additionneuses. En effet, le raisonnement est le même mais tout est manuel. Pour Lucas, cet instrument est particulièrement adapté à l'enseignement de l'arithmétique :

> " Élevons successivement les pions à la droite en disant : un, deux, trois, quatre, …, neuf. Nous voici au sommet de la colonne de droite, nous ne pouvons continuer ; remettons ce pion à zéro dans sa colonne et élevons d'un rang le pion de la seconde colonne à droite ; nous disons dix. Puis nous recommençons à droite, en comptant dix-un, dix-deux,… , dix-neuf. Arrêtés de nouveau nous abaissons à zéro, et nous élevons d'un rang le deuxième pion à droite, pour marquer vingt et ainsi de suite. On écrit ainsi tous les nombres avec une notation analogue à celle des notes de musique. " (Lucas, 1885, p 51)

Il présente ensuite les bâtons de Néper (explications et schéma) et conclut que " la multiplication se trouve ramenée à l'addition ; la division, sans tâtonnements, à la soustraction, et ces opérations sont d'autant plus facilitées qu'il s'agit de nombres plus grands. " (p 77)

Il qualifiera quelques années plus tard la méthode de Néper " d'ingénieuse méthode de calcul pour simplifier la multiplication et la division. " (Lucas, 1891, p 30)

Il expose ensuite la méthode de fabrication des réglettes et précise que " pour l'enseignement, on les appuie sur un tableau muni d'une rangée de clous sur la ligne horizontale supérieure ; on peut y suspendre des planchettes, préalablement percées d'une ouverture à la partie supérieure " (Lucas, 1891, p 30). L'idée d'un enseignement du calcul avec des instruments n'est donc pas nouvelle, Lucas la préconisait déjà à la fin du 19ème siècle !

Bien sûr, Lucas vante ensuite les mérites des réglettes de Genaille :

[2] Dans cette Conférence, Lucas présente aussi les principes du jeu de la Tour de Hanoi. (p 55 à 57)

> " La manœuvre […] est aussi facile que celle qui consiste à suivre un chemin à travers un labyrinthe, au moyen de mains indicatrices dessinées sur des poteaux placés aux carrefours. ". […] " Vous avez dans ces deux boîtes les produits partiels de tous les nombres jusqu'à vingt chiffres ; or, si l'on voulait cataloguer tous ces résultats dans des volumes de 1 000 pages à 100 lignes à la page, il faudrait pour contenir ces volumes une centaine de millions de bibliothèques comme la Bibliothèque Nationale, en supposant qu'elle renferme 10 millions de volumes ! C'est là toute l'économie de ce système. " (Lucas, 1885, p 82).

Ou encore dans son ouvrage de 1891 :

> " Mais nous devons signaler surtout les réglettes de Genaille qui donnent sans aucune addition tous les produits partiels.
>
> Nous avons publié à la librairie Belin, à Paris en 1885, en collaboration avec M. Genaille, quatre boîtes de réglettes pour la simplification des calculs, à savoir :
>
> Les *Réglettes multiplicatrices*, appareils à calculs exacts et instantanés pour simplifier la multiplication et la division.
>
> Les *Réglettes multisectrices*, appareils à calculs exacts et instantanés pour simplifier la division.
>
> Les *Réglettes financières* pour simplifier les calculs financiers et commerciaux.
>
> Les *Réglettes néperiennes*, joujoux calculateurs ayant pour but de simplifier l'étude et de faciliter la pratique des opérations de l'Arithmétique.
>
> Depuis quelques années, M. Genaille a su résoudre, d'une manière simple et complète, le problème difficile de la multiplication et de la division des grands nombres par une méthode absolument géométrique ; mais ses admirables appareils sont encore inédits. " (Lucas, 1891, p 31)

Pour Lucas, ces réglettes sont résolument un moyen de *simplifier* (mot employé à six reprises dans le passage précédent) les calculs. Notons que pour ce mathématicien, la multiplication et la division des grands nombres sont qualifiées de " problème difficile ". L'évolution de la représentation de ces opérations a donc été fulgurante en un siècle, grâce bien sûr à la généralisation des calculettes et des ordinateurs.

3. La mécanisation du calcul

Pour comprendre l'histoire des machines à calculer, il est nécessaire de visualiser en parallèle les évolutions du machinisme et de la numération.

On retrouve les premières machines en Grèce Antique, au 4ème siècle avant J.-C., ce sont des machines de forces : " machines de levage et machines de guerre, à base de vis, engrenages, poulies et leviers " (Marguin, 1994, p 39). À peu près à la même époque, à Alexandrie, des machines dites *abstraites* sont déjà connues : clepsydres, orgues, machines théâtrales, automates. Elles fonctionnent sur des principes hydrauliques et pneumatiques ; mais il faudra attendre le haut Moyen Âge pour que les moulins à eau et à vent se répandent dans les campagnes.

Le machinisme trouvera un fort essor à la Renaissance avec en particulier les horloges mécaniques qui apparaîtront à la fin du 13ème siècle, ce qui signifie que les matériaux et les techniques de formage et d'assemblage sont maîtrisés pour réaliser de véritables chefs-d'œuvre. D'ailleurs, on peut considérer que dès ce moment-là, il existe un moyen de calcul en base 60. C'est le principe de l'horloge que de comptabiliser les secondes, de les regrouper en minutes au bout de 60, ensuite au bout de 60 minutes on a une heure. C'est une machine à calculer qui ne mesure que le temps.

La mécanisation du calcul (tout comme le calcul écrit) n'est possible que grâce à l'utilisation d'une numération de position où " chaque chiffre occupe une place qui correspond à son ordre décimal, l'absence de chiffre étant marquée par le chiffre zéro. " (Marguin, 1994, p 40). " L'idée de fractions décimales est très ancienne, mais celles-ci ont longtemps coexisté avec d'autres fractions, fondamentalement non décimales, comme les quantièmes égyptiens ou comme les persistantes fractions sexagésimales " (Chabert et alii, 1994, p 45). Pour utiliser systématiquement des fractions décimales il a fallu, auparavant, que s'installe une numération décimale et positionnelle.

En Chine antique, un système d'unité à variation majoritairement décimale fut mis en place au 3ème siècle avant J.-C., lors de l'unification des poids et mesures. Mais l'apparition des fractions décimales nécessitait des bases théoriques solides :

> " Il fallait, en particulier, que le sens concret (longueur, volume, poids, etc.) initialement attaché aux diverses unités de mesure soit dépassé, et que ces unités deviennent en quelque sorte de purs marqueurs décimaux positionnels sans signification concrète particulière. Il fallait aussi, plus tard, que ces marqueurs disparaissent pour laisser place à la notion de nombre plus abstraite, indépendante de tout système d'unités. […] La maîtrise des fractions décimales fut pleinement acquise à partir du 13ème siècle, et dès lors, un auteur comme Qin Jishao, l'inventeur du théorème des restes chinois, utilisait à volonté les fractions décimales. " (Chabert et alii, 1994, p 45)

Il nous faut donc préciser que Simon Stévin n'est pas l'inventeur des fractions décimales, celles-ci existaient depuis longtemps ; en revanche il a introduit une écriture décimale permettant de se " libérer de la manipulation des fractions " comme il le précise dans son ouvrage : *La Disme* (le Dixième) en 1585. L'ambition de ce texte est d'éliminer les nombres rompus (c'est-à-dire les fractions) et d'effectuer selon " une arithmétique inventée par la dixième progression, tout compte se rencontrant aux affaires des hommes astrologues, arpenteurs, mesureurs de tapisseries, graveurs, stéréomètres en général, maîtres de monnaie et à tous les marchands. "

Ainsi, lorsque la première machine arithmétique est inventée au début du 17ème siècle, cela faisait deux siècles que les connaissances nécessaires à sa réalisation étaient connues… Pour Marguin (1994), à cette époque il existe une distinction claire et établie entre l'arithmétique, propre à la pensée humaine et la mécanique :

> " Seuls des esprits hors du commun pouvaient s'affranchir de ces catégories et transgresser le tabou pour s'aventurer dans la simulation mécanique d'un processus mental. Car il s'agissait bien de faire réaliser par une machine une opération de l'esprit, encore inaccessible au plus grand nombre." (Marguin, 1994, p 42).

Sur ce point, notre opinion est qu'il ne faut pas sous-estimer la connaissance mathématique nécessaire à la réalisation d'une machine. L'utilisation d'un système de numération positionnelle est indispensable, ainsi que la compréhension des algorithmes de calcul, en particulier la notion de retenue. Les questions du type : *Peut-on prévoir la retenue ? Comment la gérer et l'écrire ?* doivent être élucidées pour mécaniser les calculs[3]. À une époque où les chiffres romains et les tables à jetons sont encore utilisés, il fallait faire preuve d'un très haut niveau mathématique pour mécaniser les calculs. À cela, il fallait bien sûr ajouter un environnement où les compétences techniques étaient disponibles.

Les premières machines seront réalisées par des savants, théologiens, mathématiciens, astronomes ou philosophes : Schickard (1623), Pascal (1642) et Leibniz (1673). Nous sommes bien ici en présence de machines, qui automatisent le système de report des retenues. Celles-ci réalisent des multiplications sur le principe des additions successives, pour la multiplication directe c'est le Français Léon Bollée en 1889 qui aura l'idée " d'un mécanisme qui effectue la multiplication sans passer par des additions répétées " (Marguin, 1994, p31), son mécanisme repose sur une plaque de Pythagore et des tiges de longueurs différentes. La première machine à divisions directes : la Madas verra le jour en Suisse en 1908.

Le 19ème siècle et la révolution industrielle marquent le début de l'ère de la productivité, du rendement, du gain. La première machine à calculer qui répond à ces contraintes est l'Arithmomètre du français Thomas de Colmar (1820). Son succès commercial lui valut d'être imitée dans le monde entier mais elle ne rentra en concurrence avec d'autres inventions qu'à la fin du 19ème siècle (Odhner en Suède, Felt et Tarrant en Amérique). De multiples idées de mécanismes nouveaux verront le jour, en particulier l'anglais Babbage avec sa machine analytique (1840).

La machine à calculer devient *calculatrice* dès le début du 20ème siècle et se fabrique en série dans des usines disposant de l'énergie électrique (dès 1910). Le développement de l'industrie et du commerce va nécessiter des outils adaptés pour tenir les comptes des entreprises. La concurrence est rude et quantité de modèles seront fabriqués aussi bien mécaniques qu'électriques (à partir de 1920). La première calculatrice mécanique portative : la Curta surnommée le moulin à café date de 1948. Les calculatrices mécaniques régneront dans les bureaux jusque dans les années 1975. La calculatrice devient *calculette* (électronique) en 1961.

Il est trop rapide et inexact d'affirmer que l'ordinateur descend des machines à calculer mécaniques. Ces dernières ont une fonctionnalité bien plus réduite que l'ordinateur qui traite des informations multiples. Cependant, remarquons que trois idées : la programmation, le branchement conditionnel et le calcul binaire sont présentes dans le principe de l'ordinateur et proviennent des machines analytiques (Babbage, Torrès) pour les deux premiers, et de la formalisation du raisonnement (Leibniz, Boole) pour le dernier.

Remarque sur les instruments et les machines analogiques :

L'exposé précédent se focalise sur les machines arithmétiques dont le principe repose sur les nombres entiers (instruments numériques), celles-ci sont adaptées aux calculs comptables stricts et précis. Pour manipuler des grandeurs arrondies, les instruments analogiques, qui traitent des valeurs continues sont plus appropriés. Pour des calculs logarithmiques ou trigonométriques, les ingénieurs et physiciens ont utilisé la fameuse *règle à calcul* et cela jusque très récemment.

La graduation en échelle logarithmique a été imaginée en 1620 par Günter alors que Néper n'avait inventé les logarithmes que six ans auparavant. Quelques années plus tard l'idée de joindre deux règles coulissantes et un curseur (Partridge, 1657) donna sa forme à la règle à calcul dont l'usage se répandit en France à partir de 1815 ; on peut

[3] Voir le chapitre 3, paragraphe 4 de la thèse pour l'étude mathématique de la notion de retenue.

donc estimer sa longévité à plus de deux siècles et demi. Des variantes existent sur des cylindres.

Planimètres, intégraphes et analyseurs harmoniques sont aussi des instruments analogiques. Les machines algébriques (analogiques) permettent de calculer des fonctions quelconques et de résoudre des équations.

En conclusion, reprenons les dates qui illustrent notre étude, au carrefour de l'histoire des instruments à calculer et de la numération en base dix.

Fin 13ème siècle : Horloges mécaniques
15ème siècle : Numération et calcul indiens connus mais non répandus en Europe
1585 : *La Disme* de Stévin (puissances négatives)
17ème siècle : Machines arithmétiques (1623 Schickard, 1642 Pascal, 1673 Leibniz)
1745 : *Arithmétique par les jetons* de Le Gendre
1948 : La Curta, première machine à calculer mécanique portative

4. Références

AYME, N. (1997). Le boulier chinois. *Actes du colloque* : *L'Océan Indien, au carrefour des mathématiques arabes, chinoises, européennes et indiennes*. Saint Denis : IUFM de La Réunion. www.reunion.iufm.fr/Dep/mathematiques/Seminaires/ActesKol.html

BARBIN, E. & LE GOFF, J.-P. (2000). *Si le nombre m'était conté…* Paris : Ellipses.

CHABERT, J.-L., BARBIN, E., GUILLEMOT, M., & al (1994). *Histoires d'algorithmes : du caillou à la puce.* Paris : Belin.

CHARBONNIER, R. (2002). *Si les nombres m'étaient contés…* Clermont Ferrand : IREM.

CHARBONNIER, R. (2004). *La route des chiffres.* Clermont Ferrand : IREM.

CUMIN, J. & HOSSENLOPP, J. (1994). *Le boulier : initiation.* Paris : Chiron.

CUMIN, J. & HOSSENLOPP, J. (1998). *Le boulier : perfectionnement.* Paris : Chiron.

GUITEL, G. (1975). *Histoire comparée des numérations écrites*. Paris : Flammarion.

HÉBERT, E. (Dir.). (2004). *Instruments scientifiques à travers l'histoire.* Paris : Ellipses.

IFRAH, G. (1981). *Histoire universelle des chiffres*. Paris : Robert Laffont.

LUCAS, É. (1885, rééd 1979). *Récréations mathématiques III*. Paris : Albert Blanchard. gallica.bnf.fr

LUCAS, É. (1891, rééd 1991). *Théorie des nombres*. Paris : Gauthier Villars. gallica.bnf.fr

MARGUIN, J. (1994). *Histoire des instruments et machines à calculer : trois siècles de mécanique pensante, 1642-1942*. Paris : Hermann.

MARTZLOFF, J.-C. (1987). *Histoire des mathématiques chinoises*. Paris : Masson.

PLANE, H. & LE GOFF, J.-P. (2000). Sur les opérations. In BARBIN E. & LE GOFF J.-P. (2000). *Si le nombre m'était conté…* Paris : Ellipses. 91-108.

SHÄRLIG, A. (2001). *Compter avec des cailloux*. Lausanne : Presses Polytechniques Universitaires Romandes.

STÉVIN, S., (1585 rééd 1980). *La Disme*. Paris : IREM.