
Neper et le calcul binaire

Michel Mouyssinat

71 rue aldona F- 33400 Talence
michel@mouyssinat.com

RESUME. L'utilisation des logarithmes par Néper en 1612 pour constituer des tables propres à simplifier les calculs a été longtemps considérée comme l'innovation la plus prodigieuse dans l'art du calcul. Les premières tables de logarithmes, ont été très rapidement diffusées dans tous les milieux scientifiques en Europe. Le calcul à l'aide des logarithmes ou bien les instruments de calcul utilisant les logarithmes comme la règle à calcul par exemple, ont été utilisés pendant plusieurs siècles, jusqu'à l'arrivée des premières calculettes dans les années 1980. Mais ce que l'on sait moins, c'est que Néper, qui avait aussi proposé dans sa rhabdologie l'utilisation des bâtons auxquels on a donné son nom est aussi l'inventeur d'un procédé de calcul utilisant la représentation binaire des nombres. Avant Leibnitz, présenté comme le précurseur du calcul binaire, Néper avait proposé dans son 'calcul par l'échiquier', appelé encore 'par le damier', l'usage de la représentation binaire des nombres pour faciliter les opérations. C'est Lucien Malassis qui révèle ce procédé à Maurice d'Ocagne, lequel en rendra compte en annexe d'un rapport sur les travaux de Raymond Valtat à l'Académie des Sciences en 1936.

Introduction

Cette courte lettre¹ ci-dessous de Maurice d'Ocagne, datée du 2 avril 1936, est très intéressante, et à plusieurs titres. En premier lieu parce qu'elle va réunir 3 personnalités qui ont marqué le début du 20^{ème} siècle dans le domaine du calcul et des machines à calculer: Maurice d'Ocagne, mathématicien, professeur à l'école Polytechnique, membre de l'Académie des Sciences et rapporteur pour tout ce qui concerne le calcul et les machines à calculer, Lucien Malassis, le destinataire, géomètre, célèbre collectionneur de machines à calculer, expert et érudit dans le domaine du calcul et Raymond Valtat, jeune ingénieur et chercheur, ancien élève de

¹ Cette lettre, comme tous les autres documents retenus pour illustrer cet article appartenaient au fonds documentaire réuni par Lucien Malassis, aujourd'hui, dans la collection 'Homo Calculus', propriété de l'auteur. Cette collection qui réunit environ 1500 objets : machines, instruments, documents et ouvrages sur le thème de l'histoire du calcul, a déjà fait l'objet, depuis 1995, de nombreuses expositions.

Maurice d'Ocagne à l'Ecole Polytechnique. Ensuite parce que cette lettre qui fait référence au projet de Raymond Valtat, de nouveau calculateur utilisant le système binaire², témoigne, des grandes idées scientifiques et des innovations qui préparent une nouvelle génération de machines à calculer.

Paris le 2 avril 1936

Mon cher Monsieur Malassis,

Vous seriez bien aimable de m'aviser de votre retour dès qu'il aura eu lieu. Un de mes anciens élèves, M. Valtat, est, en effet, venu me soumettre un projet de machine à calculer qui me semble dériver du même principe que ce procédé de calcul par l'échiquier dont vous m'avez entretenu, et je désire vous réunir tous deux chez moi pour que nous ou nous à trois. Bien vôtre

M. d'Ocagne

Lettre de Maurice d'Ocagne à Lucien Malassis

Cette lettre nous intéresse, enfin, car Maurice d'Ocagne qui a rencontré Raymond Valtat, reconnaît dans le projet de calculateur binaire qu'il lui a présenté, le procédé de calcul par l'échiquier décrit par Néper en 1617, objet de cet article. Maurice d'Ocagne y fera référence en annexe d'un rapport à l'Académie des

² Raymond Valtat est souvent présenté comme le premier à avoir proposé en 1931, l'usage du système binaire dans les machines à calculer. Il a déposé plusieurs brevets : *L'invention a pour objet un perfectionnement aux machines à chiffres et aux machines à calculer, en particulier consistant à prévoir dans la machine des organes qui seront dans la présente description, désignés sous le nom de 'Codifieurs', qui servent à transformer les nombres inscrits sur le clavier des machines de type ordinaire, en nombres exprimés dans le système binaire, à effectuer les opérations sur les nombres ainsi inscrits dans le système binaire et à transformer à nouveau, à l'aide d'organes dénommés ci-après 'Traducteurs', le résultat obtenu du système binaire dans le système décimal habituel.* Extrait du brevet déposé par Raymond Louis André Valtat en Suisse le 6 septembre 1932. – (collection Homo Calculus). (voir aussi son brevet N°. DE664012C, pour l'Allemagne, déposé le 23 juillet 1932 à Paris et publié le 20 aout 1938).

Sciences relatif aux travaux de Raymond Valtat, en soulignant que ce procédé de calcul lui a été révélé par Lucien Malassis.

1 – Maurice d’Ocagne

Au début du 20^{ème} siècle, le calcul mécanique constitue un nouvel enjeu pour les industriels, déjà nombreux sur le marché et continue d’être, pour les scientifiques, un objet d’étude et de recherches. Maurice d’Ocagne, (1862–1938) est l’expert incontournable du domaine. Il doit sa célébrité à la fin du 19^{ème} siècle pour ses travaux dans le domaine du calcul graphique³, qu’il établit en un nouveau corps de doctrine : la nomographie, présentée dans deux ouvrages, plusieurs fois réédités et traduits en plusieurs langues : (Ocagne 1891-1899)

Mais c’est par son célèbre ouvrage *Le calcul simplifié par les procédés mécaniques et graphiques* (Ocagne, 1905) dont la première édition de 1893 reprenait le contenu de ses conférences faites au CNAM sur les instruments de la collection du musée (CNAM, 1906), que Maurice d’Ocagne qui présente l’état de l’art dans le domaine des machines, instruments et procédés de calcul, et pour la première fois leur historique⁴, qu’il acquiert une grande notoriété et une reconnaissance de son expertise dans le domaine du calcul mécanique.

On lui doit une importante contribution au développement d’outils de calcul sur le principe des abaques⁵, pour venir en aide, notamment, aux ingénieurs et militaires.

³ On trouvera dans l’article de Dominique Tournès, (Tournès – 2003) une présentation très complète du calcul graphique, son évolution depuis les procédés les plus anciens et les mathématiciens que l’histoire a retenus, parmi eux : Maurice d’Ocagne.

⁴ Un historique des instruments de calcul avait déjà été publié à l’occasion du centenaire de l’invention de l’arithmomètre de Thomas de Colmar en 1920 par la Société d’Encouragement pour l’Industrie nationale, voir (BSEI, 1920), qui avait, à l’initiative de Lucien Malassis, organisé la première exposition de machines à calculer, du 5 au 13 juin 1920, à son siège 44 rue de Rennes, à Paris. Très curieusement, la Société d’encouragement pour l’industrie nationale fondée en 1801, occupe toujours ces locaux et on peut visiter la bibliothèque à galerie, et la salle dans laquelle a été organisée la première représentation privée du Cinématographe Lumière le 22 mars [1895](#). Ces locaux constituent aujourd’hui encore, pour le thème qui nous intéresse ici, en 2014, un lieu de mémoire étonnant.

⁵ C’est Léon Lalanne (1811 – 1892), ingénieur des Ponts et Chaussées, spécialiste du calcul graphique et auteur de nombreux instruments ou procédés permettant de faciliter les calculs, qui introduit le terme ‘abaque’ pour désigner un tableau graphique permettant de donner immédiatement par simple lecture ou avec l’aide d’un index, le résultat d’un calcul avec une précision satisfaisante.



Maurice d'Ocagne, parfaitement à cheval sur le 19^{ème} et le 20^{ème} siècle, bien dans son époque, a été témoin de la révolution la plus décisive dans le domaine du calcul depuis les premières machines mécaniques des années 1850, héritées de celles de Pascal et de Leibniz. Admis à l'Académie des sciences en 1922, il devient le rapporteur pour tout ce qui touche le calcul et les machines et l'expert reconnu et incontournable du domaine. Il est de plus un grand journaliste scientifique, un vulgarisateur, il multiplie les conférences auprès de la communauté scientifique et du grand public, participe à des manifestations⁶, des expositions, ... et son ouvrage, traduit en plusieurs langues, réédité en 1905 et 1928 depuis 1893, connaît un très grand succès pendant plus d'un demi-siècle.

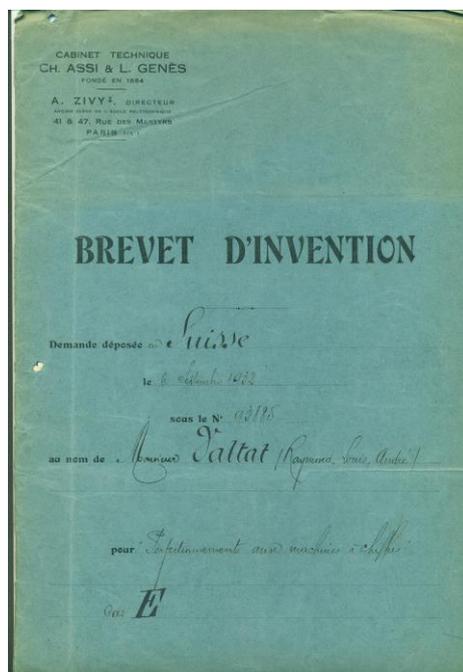
Cette notoriété lui vaut de nombreux contacts avec des inventeurs qui soumettent leurs projets de nouvelle machine ou d'amélioration. Il s'entoure de deux experts: Lucien Malassis et Jean Vézès⁷. Il sollicitera aussi Léon Bollée⁸, également expert dans le domaine des machines à calculer, mais celui-ci, après ses premiers et rapides

⁶ Il préside les expériences scientifiques et pratiques du 16 janvier 1924 quand le célèbre calculateur prodige Jacques Inaudi est en compétition avec des machines à calculer. Il assiste au concours de machines à calculer du 24 août 1921.

⁷ Jean Vézès, ancien élève de Maurice d'Ocagne à Polytechnique est ingénieur chez Burroughs. Il prépare en 1928 un traité sur les machines à calculer. Il est l'auteur d'une série d'articles techniques dans la revue 'Mon Bureau' dirigée par Gaston Jacques Ravisce.

⁸ Léon Bollée (1870 – 1913) est resté célèbre dans l'histoire du calcul mécanique. Fils d'Amédée Bollée, pionnier de l'automobile, de la célèbre fonderie de cloches Bollée du Mans, il invente et réalise à 18 ans, dans le but d'aider son père pour le calcul des cloches, la première machine à calculer capable de faire les multiplications directement, c'est-à-dire non plus par additions successives. Cette machine révolutionnaire, de 3000 pièces, qui utilise une table de Pythagore matérialisée, présentée à l'exposition universelle de 1889 à Paris, lui vaut la médaille d'or. Les médias qui découvrent ce jeune et génial inventeur, vont le surnommer 'l'Edison français'. Il avait également entrepris la réalisation d'une machine à différences, sur le principe de celle de Babbage, opérant sur les différences 27^{èmes}, restée inachevée. Maurice d'Ocagne qui avait une très grande admiration pour Léon Bollée le cite dans plusieurs conférences et lui consacre un chapitre dans son ouvrage.

succès, de 1889 à 1895, s'intéressera par la suite davantage à l'automobile, puis à l'aviation, jusqu'à son décès en 1913, à 43 ans.



Copie originale du brevet pour la Suisse en septembre 1932 par Raymond Valtat pour le principe de l'usage du binaire dans les machines à calculer

Maurice d'Ocagne aidé de ses experts, met en place une véritable activité de veille technologique. Il échange avec eux de nombreux courriers. Lucien Malassis a conservé, notamment, des dossiers d'inventeurs sur lesquels il a dû réaliser, à sa demande, une expertise ou donner un avis et de nombreuses notes et publications scientifiques, qu'il lui a fait parvenir, souvent, pour information.

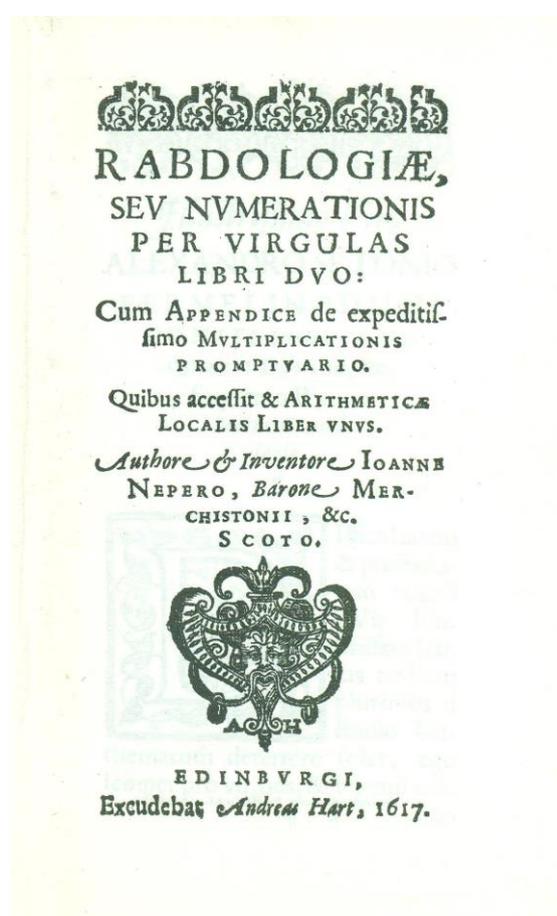
2. Lucien Malassis

Lucien Malassis (1869–1951) s'est surtout fait connaître par sa remarquable collection d'instruments et de machines à calculer, la première au monde. On fait parfois aujourd'hui encore référence à la collection Malassis lors de ventes de machines à calculer de collection. Nous avons donné pour la première fois une biographie de Lucien Malassis, resté jusqu'ici inconnu, dans (Mouyssinat 2012) et décrit l'histoire de cette collection qui serait aujourd'hui propriété d'IBM aux USA. Voir aussi (Mounier-Kuhn, 1993).



3 Néper, inventeur des tables de logarithmes et promoteur du système binaire dans son ‘calcul par l’échiquier’

Néper (1550 – 1617), surtout célèbre par l’invention des logarithmes avait aussi proposé et cela est beaucoup moins connu, un procédé de calcul pour les multiplications reposant sur la représentation binaire des nombres.



C’est Lucien Malassis qui révèle ce procédé à Maurice d’Ocagne. Dans cette note manuscrite de 3 pages, dont la première est reproduite ci-dessous, il décrit, schémas à l’appui, ce procédé de calcul appelé calcul ‘par l’échiquier’ ou ‘par le damier’, car il consiste à poser l’opération sur un tableau carré, divisé en plusieurs cases. Néper le décrit dans sa Rhabdologie, publié en 1617, l’année de sa mort, en appendice, comme le précise Lucien Malassis. (Lucien Malassis écrit, et c’est une erreur de date, *sa rhabdologie publiée en 1614*).

Dans sa *Rhabdologie*, ^{publiée en 1614} l'inventeur des logarithmes (Napier ou Napier) donne en appendice, une *Civilese* méthode de calculer, en employant un échiquier et la numération binaire. L'économie de cette méthode, est d'éviter de passer par les produits partiels; le produit total de la multiplication, étant obtenu par une simple addition. En voici quelques exemples:

Soit 8×8

Les cases du petit échiquier sont numérotées binairement

$64 = 64$ 1 - 2 - 4 - 8;
 32
 16
 8
 4
 2
 1

La colonne de nombres à droite servira pour obtenir le produit (elle est aussi ordonnée en nombres binaires)

1.° Marquer par un moyen quelconque les deux facteurs
 2.° indiquer la case où ces facteurs se croisent
 3.° lire le produit sans la colonne de nombres à droite ici: 64

Soit 7×6

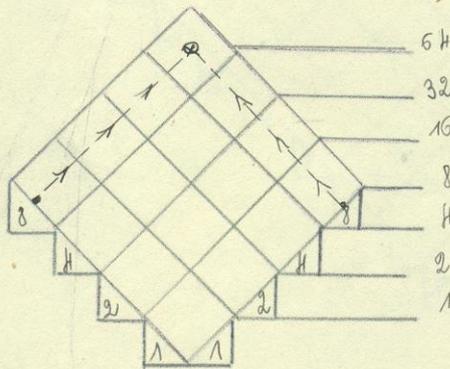
64
 32
 $16 \times 1 = 16$
 $8 \times 2 = 16$
 $4 \times 2 = 8$
 $2 \times 1 = 2$
 1 42

Ici les facteurs sont formés par plusieurs cases, le produit se lira aussi avec plusieurs nombres de la colonne de droite multipliés par le nombre de cases utilisées devant lesquels ils se trouvent

Il existe également une version dactylographiée de cette note dans laquelle les schémas restent manuscrits, de la main de Lucien Malassis. Elle comporte 3 feuillets reproduits ci-dessous. C'est probablement cette version qui avait été adressée à Maurice d'Ocagne et que celui-ci lui a retournée.

Dans sa Rhabdologie publiée en 1614, l'inventeur des logarithmes (Nepar ou Napier) donne en appendice, une curieuse méthode de calculer en employant un échiquier et la numération binaire. L'économie de cette méthode, est d'éviter de passer par les produits partiels ; le produit total de la multiplication, étant obtenu par une simple addition. En voici quelques exemples :

Soit 8×8



Les cases du petit échiquier sont numérotées binaires :

1 - 2 - 4 - 8 ;

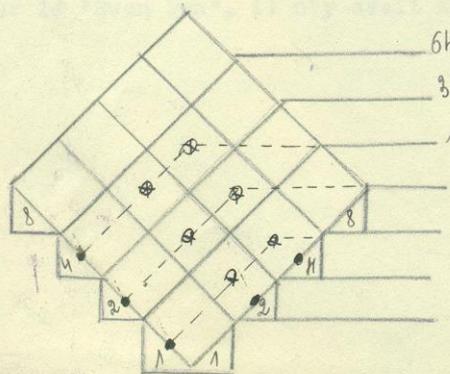
la colonne des nombres à droite

servira pour obtenir le produit

(elle est aussi ordonnée en nombres binaires)

- 1° Marquer par un moyen quelconque les deux facteurs
- 2° Indiquer la case où ces facteurs se croisent
- 3° Lire le produit dans la colonne de nombres à droite. Ici : 64

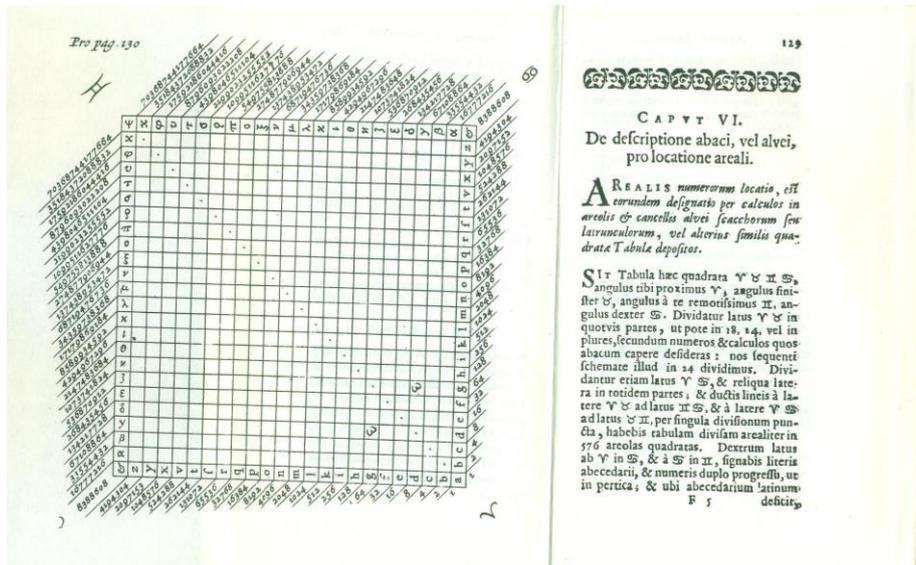
Soit 7×6



Ici les facteurs sont formés par plusieurs cases, le produit se lira aussi avec plusieurs nombres de la colonne de droite multipliés par le nombre de cases utilisées devant lesquels ils se trouvent.

$$\begin{array}{l}
 64 \\
 32 \\
 16 \times 1 = 16 \\
 8 \times 2 = 16 \\
 4 \times 2 = 8 \\
 2 \times 1 = 2 \\
 1 \quad 4 \times 2
 \end{array}$$

..... / ..



Néper donne ici dans ce tableau les puissances de 2 de 0 à 46 pour réaliser des opérations sur de très grands nombres.

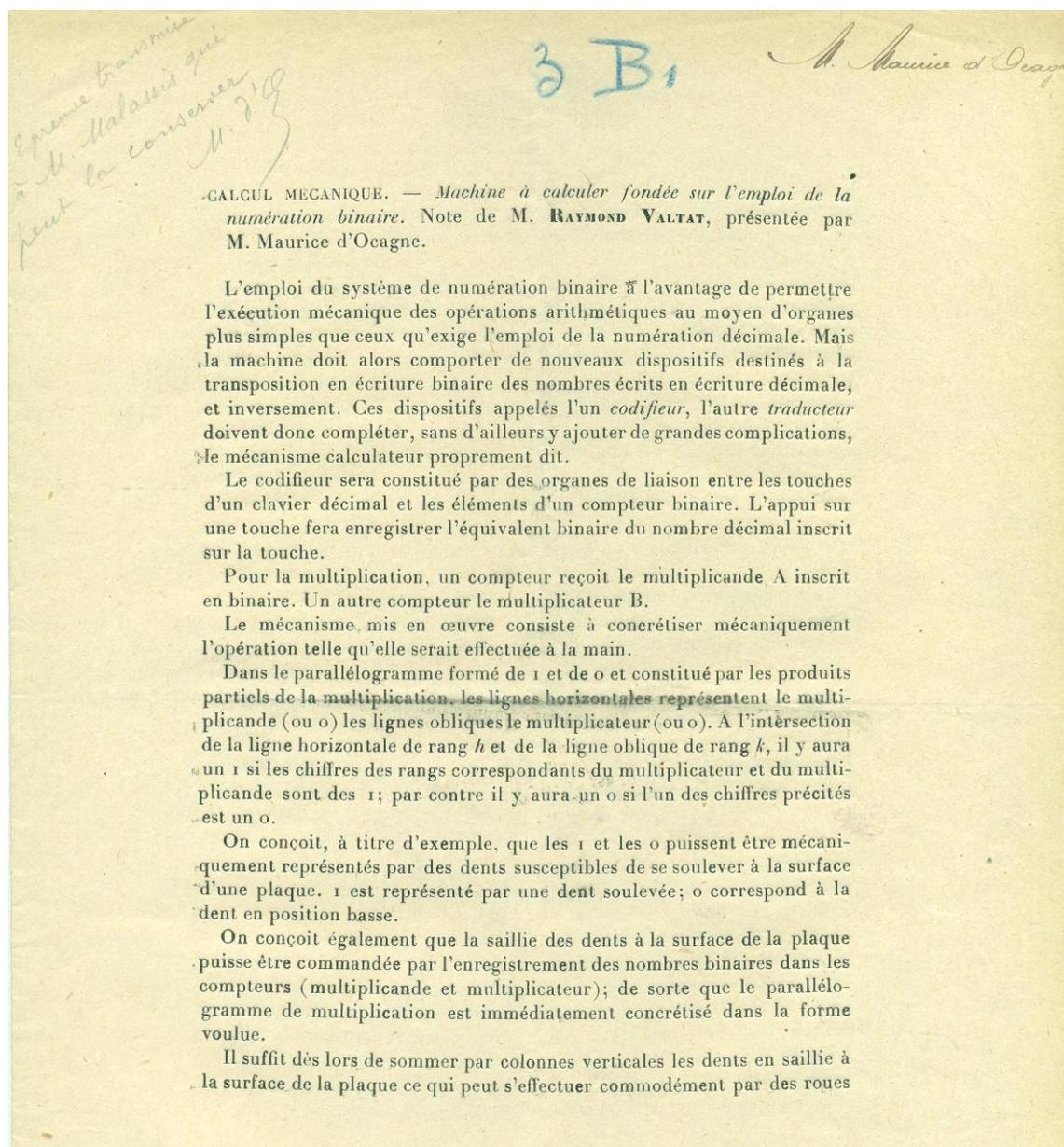
4. Raymond Valtat et Louis Couffignal, pionniers en France pour proposer l'usage du binaire dans les machines à calculer.

C'est dans la deuxième partie de cette note ci-dessous, relative aux travaux de Raymond Valtat, que Maurice d'Ocagne présente à l'Académie des Sciences en 1936, qu'il fera référence au procédé de calcul par l'échiquier de Néper, et en donnera le principe général.

On retiendra de cette note que Raymond Valtat qui a pris plusieurs brevets à partir de 1931 est le premier à avoir proposé l'utilisation du système binaire dans les calculateurs mécaniques.

Ce document est une épreuve, comme le précise Maurice d'Ocagne, probablement celle qu'il avait adressée à l'Académie des Sciences en vue de sa publication⁹, avec une correction mineure de ponctuation, qu'il transmet ensuite à Lucien Malassis, en lui indiquant qu'il peut la conserver.

⁹ Calcul mécanique – *Machine à calculer fondée sur l'emploi de la numération binaire*. Note de M. Raymond Valtat, présentée par M. Maurice d'Ocagne. Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 202, (1936) pp. 1745 – 1748.



C'est dans la page suivante reproduite ci-dessous de cette note que Maurice d'Ocagne fait référence au calcul par l'échiquier : Observations relatives à la note de M. Raymond Valtat.

dentées opérant d'une manière analogue à celles de la machine Odhner.

Un totalisateur binaire recueille les éléments de sommation en tenant compte des reports.

Le mécanisme de calcul peut d'ailleurs être d'une nature très différente de celui décrit ci-dessus à titre d'exemple.

Il suffit en effet de remarquer qu'en numération binaire 1 est concrétisé par *quelque chose* et 0 par l'absence de *ce quelque chose*, caractère exclusif à la numération binaire.

Ainsi du courant dans un circuit électrique représentera 1, l'absence de courant 0.

Les autres opérations arithmétiques ne donnent lieu à aucune remarque particulière.

Cependant l'opération d'extraction d'une racine carrée prend dans le système binaire, un aspect très simple.

En effet doubler la partie trouvée consiste à y ajouter un 0 que l'on fait suivre d'un 1 pour l'essai du chiffre suivant.

Le mécanisme d'extraction de racine pourra être identique à celui de la division à cette différence près, qu'au lieu de retrancher d'un reste partiel, le diviseur (quantité fixe) on retranche la partie trouvée (quantité variable) suivie de 01.

D'autre part, la séparation du dividende chiffre par chiffre, fait place à une séparation par tranches de deux chiffres.

Tous ces mécanismes sont évidents.

Il y a lieu après calcul, de restituer en décimal, les résultats obtenus en binaire. C'est l'office du traducteur dont le mécanisme s'apparentera à celui du codifieur.

Observations relatives à la Note de M. RAYMOND VALTAT,
par M. MAURICE D'OCAGNE.

Je ne sais si l'idée d'utiliser la numération binaire pour le jeu d'une machine à calculer s'est déjà présentée à quelques esprits; je n'en ai, en tout cas, nulle connaissance et je ne sache pas qu'aucun projet détaillé de machine ait été antérieurement fondé sur ce principe. L'idée est d'ailleurs des plus heureuses puisqu'ici les chiffres intervenant dans les opérations ne sont plus qu'au nombre de deux (0 et 1) au lieu de dix, ce qui, au point de vue de l'organe opérateur entraîne une grande simplification. La partie la plus délicate du mécanisme réside dans les organes propres à transformer

automatiquement les nombres donnés, exprimés dans le système décimal en nombres du système binaire (*codificateur*) et inversement pour le résultat (*traducteur*). J'ai pu me rendre compte de l'ingéniosité avec laquelle M. Raymond Valtat a conçu ces organes. Pour ce qui est du principe même sur lequel repose la machine, j'ai été amené à faire un rapprochement vraiment inattendu. En même temps que M. Valtat venait me soumettre son projet, je recevais une curieuse communication de M. Lucien Malassis, remarquable érudit en tout ce qui concerne les procédés de calcul, auteur déjà de nombreuses et intéressantes trouvailles ayant trait à divers procédés utilisés soit dans les temps anciens, soit de nos jours, en certains pays dont la civilisation est très différente de la nôtre.

En faisant une étude approfondie de la *Rhabdologie* de Neper, ouvrage extrêmement rare, connu autrement que de nom par bien peu de gens, il y a découvert, sous forme d'une sorte d'appendice, un curieux procédé de multiplication au moyen d'un damier ou échiquier de k^2 cases, k étant un entier quelconque. La théorie peut en être réduite à ce qui suit : désignons par AB la base du damier, par AC et BD ses côtés perpendiculaires à AB; appelons *colonnes* les files de cases perpendiculaires à AB, *rangées* les files parallèles à AB, et notons les cases des unes et des autres au moyen des nombres $1, 2, 4, \dots, 2^{b-1}$, à partir de celle qui est bordée par AC pour les colonnes, et de celle qui est bordée par AB pour les rangées. Tirons enfin les obliques, perpendiculaires à la bissectrice de l'angle BAC, qui joignent les points de division déterminés, sur les côtés du carré ABCD, par les droites limitant les colonnes et les rangées et cotons ces obliques, à partir de celle qui joint les deux premiers points de division sur AB et sur AC, au moyen des nombres $1, 2, 4, \dots, 2^{2k}$; chaque case sera alors affectée de la cote de l'oblique qui, pour cette case, est une diagonale. Dans ces conditions, il est bien facile de voir que la case qui se trouve à la rencontre de la colonne 2^m et de la rangée 2^n possède elle-même la cote 2^{m+n} .

Cela posé, tout nombre pouvant s'écrire sous la forme d'une somme de puissances de 2 (c'est là le principe de la numération binaire), pour multiplier le nombre $2^{m_1} + 2^{m_2} + 2^{m_3} + \dots$ par le nombre $2^{n_1} + 2^{n_2} + 2^{n_3} + \dots$, on voit qu'il suffira de marquer par un signe quelconque (trait de crayon ou jeton, par exemple) toutes les cases situées à la rencontre des colonnes $2^{m_1}, 2^{m_2}, 2^{m_3}, \dots$ et des rangées $2^{n_1}, 2^{n_2}, 2^{n_3}, \dots$, prises deux à deux, puis de faire la somme des cotes de toutes les cases ainsi marquées pour avoir le produit cherché.

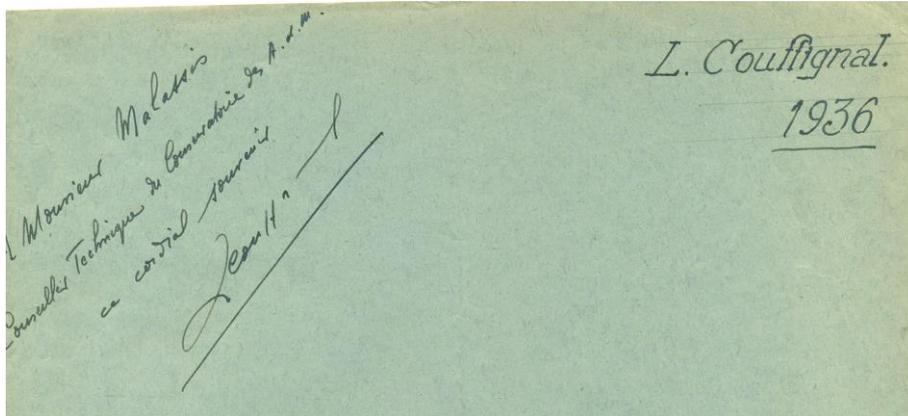
Maurice d'Ocagne qui rappelle que Lucien Malassis est un remarquable érudit en tout ce qui concerne les procédés de calcul, décrit ici le principe du calcul par le damier de Néper, que Lucien Malassis avait illustré, dans sa note précédente, de quelques exemples.

Il termine sa note en soulignant que la machine de Valtat est fondée sur le principe du calcul par le damier.

Or, et c'est en cela que consiste le rapprochement qui m'a frappé, cette description du procédé de la multiplication par le damier fournit exactement le schéma du principe sur lequel est fondée la machine de M. Valtat. Il va sans dire, au surplus, que celui-ci, en imaginant sa très remarquable invention, n'avait pas le moindre soupçon de ce procédé du damier, qui vient seulement de nous être révélé par M. Malassis.

Note de trois pages : Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. 202, p. 1970, séance du 15 juin 1936.

A la suite de la publication par Maurice d'Ocagne, de cette note relative aux travaux de Raymond Valtat, Louis Couffignal réagira rapidement et présentera les travaux qu'il menait de façon confidentielle, relatifs à l'usage de la numération binaire dans les machines à calculer. Il adressera à Lucien Malassis, Conseiller Technique du Conservatoire des A. & M., avec un envoi, un tiré à part de sa communication.



Ce tiré à part est accompagné d'une dédicace très chaleureuse à Lucien Malassis, sur sa carte de visite :

LOUIS COUFFIGNAL, professeur d'Analyse et Mécanique à l'Ecole des Elèves Ingénieurs Mécaniciens de la Marine, Brest, ...est heureux d'offrir à M Malassis ce résumé des travaux où il s'est rencontré avec les idées de Néper que M. Malassis a mis en lumière très récemment, et le prie de le rappeler au bon souvenir de Madame et Mademoiselle Malassis.

Louis Couffignal s'est bien évidemment rendu chez Lucien Malassis pour visiter sa collection et probablement à plusieurs reprises. Il y a rencontré Madame Malassis et leur fille Lucienne.

LOUIS COUFFIGNAL

Professeur d'Analyse et Mécanique

à l'École des Élites Ingénieurs Mécaniciens de la Marine

et heureux d'offrir à M. Malinès ce volume
de travaux où il s'est remonté aux idées

Brest

CALCUL MÉCANIQUE. — *Sur l'emploi de la numération binaire dans les machines à calculer et les instruments nomomécaniques.* Note de M. **LOUIS COUFFIGNAL.**

La Note récente ⁽¹⁾ de M. Valtat m'incite à faire savoir que, tout en gardant secrets, pour des raisons particulières indépendantes de ma volonté, les travaux que j'ai, de mon côté, entrepris dans cette voie, j'ai cherché à utiliser la numération binaire en vue du calcul mécanique. Sans entrer dans aucun détail à cet égard, je crois devoir signaler ici quelques-unes des idées auxquelles j'ai été ainsi conduit.

Développant les conséquences d'observations que j'ai rapportées ou auxquelles j'ai fait allusion antérieurement ⁽²⁾, j'ai été conduit à considérer comme fondamentale la distinction suivante : tandis que les conventions de la numération ont pour but, en calcul manuel, de représenter, par une notation simple et d'écriture rapide, *un nombre quelconque de la suite naturelle*, les dispositifs de numération mécanique doivent être prévus avec les organes nécessaires pour représenter *tous les nombres d'une suite limitée*. Dès lors, non seulement deux chiffres différents, mais encore deux chiffres identiques d'ordre différent, doivent être représentés par des organes distincts ; le nombre d'organes nécessaires pour représenter mécaniquement, dans le système de base a , tous les nombres inférieurs à n est donc compris entre $(n-1)\mathcal{C}(n)$ et $(n-1)[\mathcal{C}(n)+1]$, $\mathcal{C}(n)$ étant l'entier qui précède immédiatement $\log_a n$. Comme $(n-1)\log_a n$ est minimum pour $a=2$, le système binaire est celui qui exige le moins d'organes distincts pour la numération mécanique d'une suite d'entiers donnée. De plus, la numération binaire mécanique n'exigeant qu'un chiffre par ordre binaire, le choix de l'ordre et celui du chiffre se confondent et sont simultanés.

En conséquence de ces remarques et des résultats précédemment obtenus par M. Torres, *le système binaire apparaît comme le système de choix pour le numérotage mécanique des éléments de toute machine automatique.*

⁽¹⁾ *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1745.

⁽²⁾ *Les machines à calculer*, p. 12, 41 et 42.

CALCUL MECANIQUE.- Sur l'emploi de la numération binaire dans les machines à calculer et les instruments nomomécaniques. Note de M. Louis Couffignal.

La note récente (1) de M. Valant m'incite à faire savoir que, tout en gardant secrets, pour des raisons particulières indépendantes de ma volonté, les travaux que j'ai, de mon côté, entrepris dans cette voie, j'ai cherché à utiliser la numération binaire en vue du calcul mécanique. Sans entrer dans aucun détail à cet égard, je crois devoir signaler ici quelques-unes des idées auxquelles j'ai été ainsi conduit.

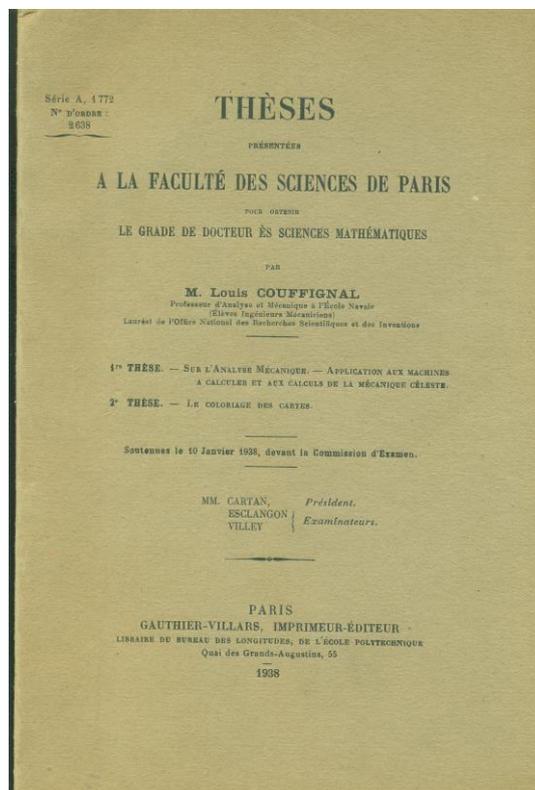
Développant les conséquences d'observation que j'ai rapportées au auxquelles j'ai fait allusion antérieurement (2), j'ai été conduit à considérer comme fondamentale la distinction suivante : tandis que les conventions de la numération ont pour but, en calcul manuel, de représenter, par une notation simple et d'écriture rapide, un nombre quelconque de la suite naturelle, les dispositifs de numération mécanique doivent être prévus avec les organes nécessaires pour représenter tous les nombres d'une suite ~~XX~~limitée. Dès lors, non seulement deux chiffres différents, mais encore deux chiffres identiques d'ordre différent, doivent être représentés par des organes distincts; le nombre d'organes nécessaires pour représenter mécaniquement, dans le système de base a , tous les nombres inférieurs à n est donc compris entre $(n-1)A(n)$ et $(n-1)A(n)+1$, $A(n)$ étant l'entier qui précède immédiatement $\log_a n$. Comme $(n-1)\log_a n$ est minimum pour $a = 2$, le système binaire est celui qui exige le moins d'organes distincts pour la numération mécanique d'une suite d'entiers donnée. De plus, la numération binaire mécanique n'exigeant qu'un chiffre par ordre binaire ~~mécanique~~ n'exigeant qu'un chiffre par ordre binaire, le choix de l'ordre et celui du chiffre se confondent et sont simultanés.

En conséquence de ces remarques et des résultats précédemment obtenus par M. Torres, le système binaire apparaît comme le système de choix pour le numérotage mécanique des éléments de toute machine automatique.

(1) Comptes rendus, 202, 1906, p.1745

(2) Les machines à calculer, p.10, 41 et 42.

L'original de la note de Louis Couffignal adressée à Maurice d'Ocagne, en vue de sa publication. On relève quelques erreurs de typographie. Maurice d'Ocagne l'avait ensuite transmise à Lucien Malassis pour information.



Effectivement, Louis Couffignal préparait sa thèse qu'il soutint le 10 janvier 1938. Maurice d'Ocagne qui ne participe pas à son jury meurt la même année le 23 septembre au Havre.

Page 61, Louis Couffignal écrit : La machine du premier type paraît être la plus complète que l'on puisse construire, et non pas seulement concevoir, des mécanismes de calcul utilisés jusqu'à présent : chiffreurs à roues dentées, entraîneur, etc. Néanmoins, elle ne peut réaliser avec toute la généralité nécessaire à l'exécution des calculs de la mécanique céleste les fonctions comparaison, tables mécaniques et précontrôle parfait. C'est pourquoi nous avons dû faire appel, par la suite, à des mécanismes dont le principe même diffère profondément de celui des machines actuelles, ces mécanismes utilisant, pour représenter les nombres qui interviennent dans les calculs, le système de numération binaire et non, comme il est d'usage, le système décimal.

Sa bibliographie ne fait pas référence aux travaux de Raymond Valtat.

On trouvera dans (Randell, 1973) un chapitre extrait de la thèse de Louis Couffignal, traduit en anglais, pages 121 - 125 et des références aux travaux de Raymond Valtat.

Bibliographie

- (BSEI, 1920) Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. Septembre/octobre 1920. N° 134
- (CNAM, 1906) *Conservatoire National des Arts et Métiers. Catalogue officiel des Collections* Troisième fascicule, E. Bernard, Paris, 1906.
- (Mounier-Kuhn, 1993) Pierre Mounier – Kuhn. *Les collections d'informatique en France*. La Revue Conservatoire national des arts et métiers. Paris, février 1993, pages 10 - 18, BCX.
- (Mouyssinat, 2012) Michel Mouyssinat. *Homo Calculus*, colloque : Pour un musée national de l'Informatique et de la société numérique, 7, 8 novembre 2012, CNAM, Paris <http://musee-informatique-numerique.fr/>
- (Ocagne, 1893) Maurice d'Ocagne. *Le calcul simplifié par les procédés mécaniques et graphiques*, Paris : Gauthier-Villars, 1893. 2° éd. Entièrement refondue et considérablement augmentée, 1905 ; 3° éd. Avec une rédaction entièrement renouvelée et de nombreuses additions, 1928.
- (Ocagne, 1891) Maurice d'Ocagne. *Nomographie. Les calculs usuels effectués au moyen des abaques*, Paris: Gauthier-Villars, 1891.
- (Ocagne, 1899) Maurice d'Ocagne. *Traité de nomographie. Théorie des abaques, applications pratiques*, Paris: Gauthier-Villars, 1899 ; 2° éd. Entièrement refondue et avec de nombreux compléments, 1921.
- (Randell, 1973) Brian Randell. *The origins of digital computers, Selected Papers*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York 1973, 1975, 1982.
- (Tournès - 2003) Dominique Tournès : *Du compas aux intégraphes : Les instruments du calcul graphique*. IREM de la Réunion et équipe REHSEIS, IREM N° 50, juin 2003.