L’aventure du calcul

Cadrage général :

- Deux séances, les 3 et 4 novembre
  de 14h30 à 17h00
  installation le 3 matin à 10h
  enlèvement le 4 nov de 17h à 17h30

- Présentations + ateliers, pas de conférence ex cathedra mais des séquences de 35 mn environ
  15 mn présentation puis 20 mn d’atelier (avec participation des présents)
- Les présentations sont faites sur la base d’images projetées (pas de texte projeté)
- Donc 8 séquences à prévoir
- Après les 2 séances, propositions de projets pratiques en prolongement.

Projets pratiques possibles ensuite :

- Réalisation de bâtons de Neper ou des réglettes de Genaille
- Fournir des Pdf pour Genaille et Neper (Yves et Pierre sur demande)

Bibliographie (courte)

- George Ifrah « Histoire universelle des nombres »
- Jean Marguin « Histoire des instruments et machines à calculer »
- Luc de Brabandère « Calculus »
- Maurice d’Ocagne « Le calcul simplifié »
- Musée du CNAM « De la machine à calculer de Pascal à l’ordinateur, 350 ans d’informatique »
- Mathematics in the times of the Pharaos
- tables Pelletier
- les romans historiques de Denis Guedj : Zéro Les cheveux de Bérénice , ...
- Alexandre Moatti « Regards sur les textes fondateurs de la science » vol 1, de l’écriture au calcul.

Points d’entrée Internet :

L’entrée Wikipedia est une bonne introduction :
https://fr.wikipedia.org/wiki/Calculatrice_m%C3%A9canique
Le site de l’association des collectionneurs de machines anciennes
http://ancmeca.org
Les arts et métiers
https://www.arts-et-metiers.net/sites/arts-et-metiers.net/files/asset/document/pj_le_calcul.pdf
Le site deValery Monnier sur l’arithmomètre
http://www.arithmometre.org/
Le site de l’Arithmeum de Bonn

https://www.arithmeum.uni-bonn.de/en/arithmeum.html
Pour babylone :
https://babylonian-collection.yale.edu/

1ère séance

1.1 : Présentation générale et découverte pratique du matériel (14h30)

Présentation des présents.

Le sujet : A notre époque, facile de calculer avec les machines électroniques, mais comment en sommes-nous arrivés là ?

Et même sans machine, on sait faire à la main :

L'exemple d'une multiplication aujourd'hui : (qui va nous suivre sur les 2 séances...)

```
   365
x   76        durée de la vie d'Einstein en années
__________
  2190
2555
__________
27740      durée en jours
```

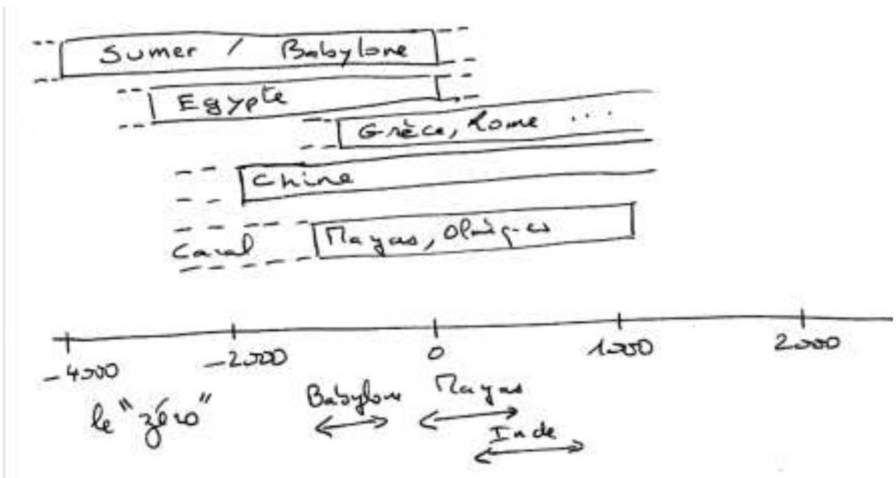
Une notation pratique pour écrire et une procédure pour calculer.
Mais comment en sommes-nous arrivés là ?

Première séance : Du début de l'histoire (4000 ans BC) à l'abaque romaine, calculer avec des jetons et des bouliers.

Prochaine séance : Du « calcul à la plume » aux machines mécaniques et on s'arrêtera au seuil de l'électronique et du binaire, en 1974.

Pour les questions : éclaircissement tout de suite, on reporte à la discussion si besoin.

Poser une grande échelle de temps : Sumériens / Egypte / Greco-Romains / et aussi Chine / Mayas mais attention : **l'absence de trace n'est pas l'absence !!! ex Afrique, ou Caral**

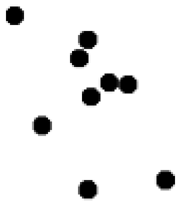


1.2 : Le début de l'histoire + atelier sur la numération (paper board) 15h00

animaux corbeaux / jusqu'à 4 : **immédiateté innée des faibles nombres**

l'histoire des corneilles et des fermiers
attesté chez de multiples animaux

exercice : deviner le nombre de points 4 puis 9



la preuve qu'il en reste des traces chez l'homme
par la vitesse : décompter prends du temps
par l'activité du cerveau (IRMf) (visuel vs Broca vs espace)
les 3 modes d'appréciation des quantités par le cerveau
étendre au-delà de 4 le calcul exact nécessite des outils et des apprentissages

Revenir à l'histoire

La grande difficulté : pas d'outils de calcul dans les tombes (des bijoux, des armes, des symboles de la puissance et du rôle social), et l'importance des traces lithiques

préhistoire : garder la marque avec des bâtons et avec les doigts
OS Ishango 20000 ans BP Congo actuellement à Bruxelles
mais attention aux délires interprétatifs

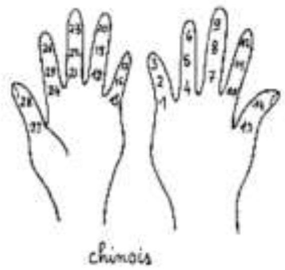
le berger qui part avec un troupeau et doit revenir avec les bêtes
enregistrer un nombre pour le garder et le transmettre

les doigts / le corps :

l'exemple de ma grand-mère

(exercice : demander à chacun en fonction de son pays)

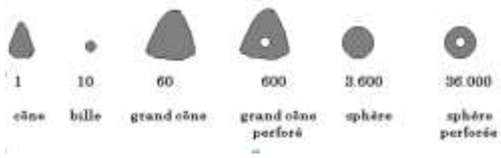
la notion des bases : nbre de doigts / nombre de mains



puis numération : énumérer / dire / écrire en chiffre pour pouvoir calculer

les comptines enfantines (et non contines)

la base 10 60 à Sumer vers -3000 ans



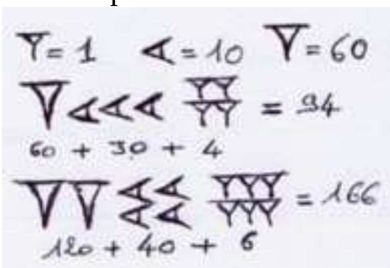
compter 1 à 59 (clous et chevrons) puis expliquer le sexagésimal positionnel

ça marche comme nos heures (et ce n'est pas un hasard ...)

système numération positionnelle

dire et écrire 1h et demi

écrire 2 5 9 10 25 59 puis 60



présentation très rapide de ma tablette sumérienne de 2020

faire circuler avec le « calame » ...

exercice : faire la table des multiplication par 8 en Mésopotamie au paper board

pourquoi base 60 : diviser facilement par 2 3 4 5 6 (mais pas par 7!)

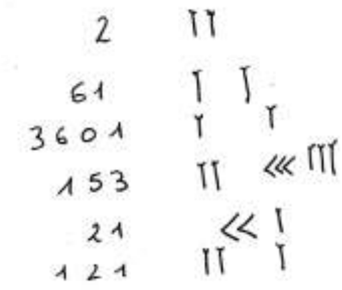
MAIS

les difficultés de la notation sumérienne :

distinguer 2 de 61 ou écrire 3601 et marquer l'absence : l'utilité du zéro

exercice : écrire 153 écrire 21 et écrire 121

2 61 3601 153 21 121



insister : le zéro résout l'ambiguïté

autre inconvénient : plus de signes pour un nombre plus petit

l'ordre de grandeur 1 60 ou 3600 avec le même signe

les décimales en 1/60 1/3600 1/216000

la virgule ou 1/60 1/3600

exercice : lire dans le détail ma tablette de 2020

et illustrer le travail des ethnomathématiciens

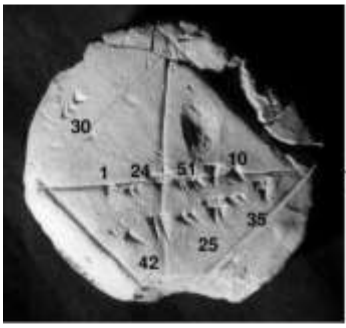
Ce à quoi les sumériens sont arrivés : **des connaissances très avancées**

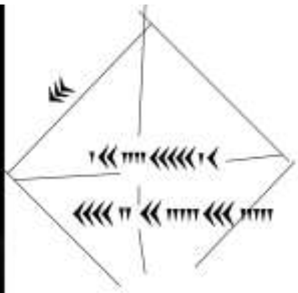
YBC 7289   1900 BC   Babylone actuellement à Yale

1 24 51 10 = 1,41421296   = racine(2) (valeur théorique : 1,41421356)

1 60 3600 216000

42 25 35 = 42,4263888   =   30 racine(2) (valeur 42,426406)





des milliers de tablettes mathématiques avec les tables et les exercices NIPPUR

tables de multiplication, d'inverses, de carrés,

de transformations des base de mesure vers la base de calcul

CDLI Cuneiform Digital Library Initiative (UCLA)

Christine Proust, la référence en France

pour mémoire, les numérations différentes pour les mesures de longueurs / surfaces / volumes / poids (etc) et la transformation en sexagésimal pour faire les calculs.

Les nombreuses tables de multiplication, tables de carrés, et tables d'inverses ramenant la division à une multiplication. (On ne peut diviser par 7 , qui n'a pas d'inverse en base 60, mais on peut diviser par 2 3 4 5 6 grâce à la base 60 ! avec notre base 10 dès 3 on est coincés…)

Et sur le paper board des grandes périodes, **l'invention du zéro à Babylone**. Les 2 clous inclinés.

Les 3 inventions du zéro Babylone Mayas et Inde **au moins**
l'enchaînement Inde / arabes Al Kawarizmi / occident /Renaissance Leonard de Pise/ Machines 17ème /

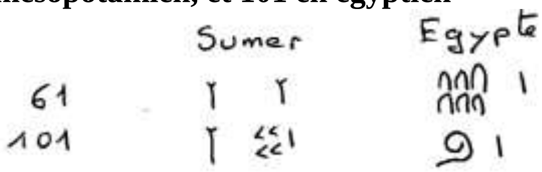
On ne sait pas comment les mésopotamiens faisaient les opérations.
Nous n'avons que le résultat : les tablettes d'argile
Mais la tablette de poussière sur bois est plausible (Georges Ifrah : le tableau de bois est un attribut des scribes dans les sculptures) .

La base 10 des Chinois (et les baguettes qui remplacent les pierres), et pour les Mayas : quipu et yupana, …

la numération est apparue partout à chaque fois que l'écriture est apparue
la thèse inverse : c'est la nécessité de marquer aussi ce qu'on compte qui a conduit à créer l'écriture (Denise Schmandt Besserat, archéologue franco-américaine née en 1933)

La base 10 des Égyptiens en hiéroglyphes, **pas positionnelle, il faut un nouveau signe à chaque puissance de la base,** **additive**
lire la tablette des bœufs
faire lire le nombre de chevaux

intérêt : ça marche en écrivant dans tous les sens, et c'est ce que faisaient les égyptiens avec les hiéroglyphes (le sens est donné par les figures humaines)
61 en mésopotamien, et 101 en égyptien



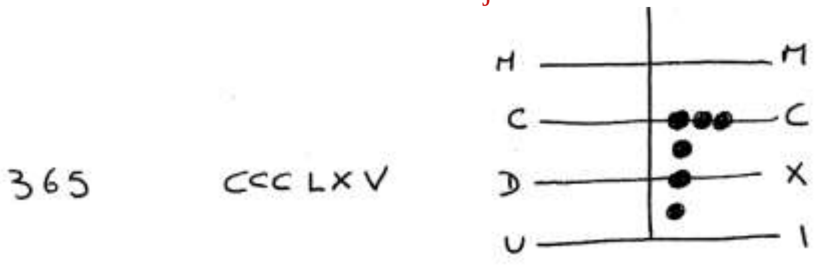
et c'est pour ça que les égyptiens n'ont pas le besoin vital du zéro (ni ensuite les grecs, ni les romains)

On en sait plus sur les opérations que faisaient les égyptiens, (séance suivante) grâce aux papyrus mathématiques.

On passe au monde romain pour voir l'origine des bouliers.

même type de numération que les égyptiens : décimale mais pas positionnelle
bases 10 et 5

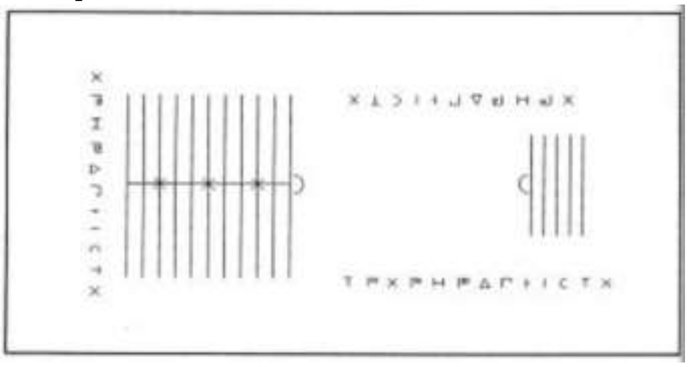
Numération Romaine, double base 5 et 10
I V X L C D M
écrire 365   CCCLXV et avec les jetons



et complexité du additif/ soustractif (sans insister)

1.3 : additions et soustractions avec les abaques (type Salamine) + atelier 15h45

Pour écrire en chiffres romains, ok mais Comment additionner / soustraire ?
Abaque romaine **DESSINER SUR LE TABLEAU**
« abaque » = table à poussière



exemple : écrire 365 et ajouter avec des jetons sur l'abaque

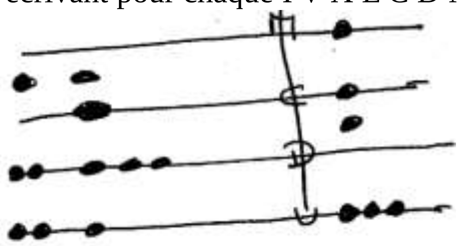
Numération Romaine, double base 5 et 10
I V X L C D M limité à 3999 (et on ne met jamais 4 fois le même symbole, on passe en soustractif)
Pour mémoire : et d'autres notations ont été rajoutées en surlignant V pour 5000 X 10000 etc. Ce qui fait monter à 4 millions (-1)

correspondance étroite entre l'outil abaque et la notation romaine

522 + 631 = 1153 faire sur l'abaque PUIS l'écrire en romain
522 + 631 à l'abaque d'abord
522 + 631 au boulier
522 + 631 en chiffres romains

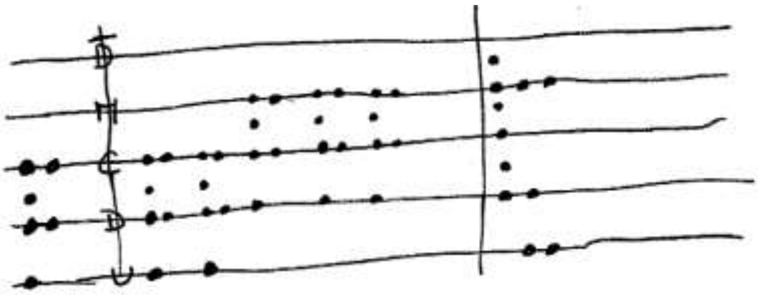
faire l'exercice en posant les jetons et en écrivant pour chaque I V X L C D M

522 D XX II
+ 631 DC XXX I
1153 DD C XXXXX III
M C L III



Encore la méthode en 1602, faire la multiplication avec les jetons sur l'abaque
Faire la multiplication si on a le temps
271 x 32 = 8672 COMME DES ROMAINS (???)

```
   271
 ×  32
 -----
   542
  813
 -----
  8672
```



Pour les dates et les rois, les chiffres romains ont été conservés jusqu’à nos jours.

séquence 1.4 : **L’évolution des abaques et les bouliers** + atelier additionner sur un boulier chinois (grand boulier)
16h30

Additionner sur le grand boulier
(comprendre les 2 retenues et la « montée » en additionnant et la « descente » pour soustraire)

Exercices d’addition aux bouliers
542 + 631 = 1173

Principalement décimal, mais la base 5 est restée matérialisée dans le boulier chinois SWANPAN et dans le boulier Japonnais SOROBAN mais pas dans le SOTCHI Russe.

Pourquoi 4 boules sur le SOTCHI ? (pièces de 25 kopecks qui font 1 rouble)

Conclusions : bouliers toujours en activité fin 1990 en Asie et en Russie.

Longtemps l’outil des comptables, le calcul à jeton domine, mais à la renaissance (1503) il y a déjà compétition avec le calcul « à la plume ». Cette compétition va durer jusqu’au 19ème siècle.

Questions Réponses /séance

2ème séance

préambule :14h30

Résumé de la première séance
Reprendre le grand boulier et l'échelle des époques
Points clés

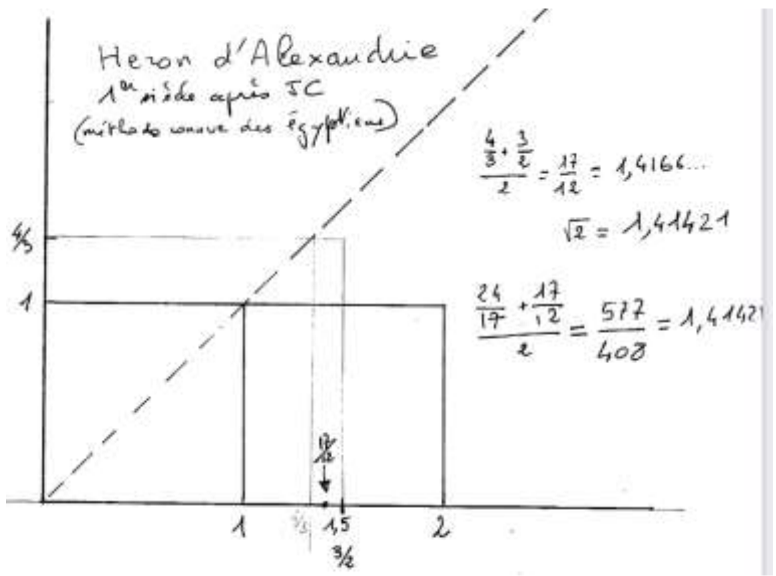
- immédiateté innée animale jusqu'à 3 ou 4, après il faut inventer et transmettre, culture
- importance de ce qui a été franchi lors de la dernière séance : de l'inné à l'arithmétique !
- numération de position décimale et avec le zéro : actuel et acquis progressivement
- notion de base 10 (mains / doigts)
- calcul avec les jetons sur l'abaque ou sur le boulier
- lien fort entre la numération et la façon de calculer sur l'abaque
- méthodologie : les sources faibles (peu de boulier dans les tombes) mais la chance des tablettes d'argile (difficulté de conclure de la non existence des traces à la non existence des objets) et l'examen des résultats et des erreurs. Ethno-mathématiques.

Solliciter et Répondre aux questions sur la première séance

exemples Melun :
Calame /grec et sanscrit / origine commune à toutes les langues dites « indo européennes »
Autres mots de même origine /calamar calumet caramel
usage attesté en Français (+ 1359) atilf.fr
usage attesté en Grec   Homère (-1000)
    le mythe de Kalamos et Karnos
    La Bible : 15 versets
TLFI   ProjetBABEL http://www.academie-francaise.fr/le-chaume-et-le-roseau

l'histoire : Souvent plus complexe, et toujours plus amusant, que prévu.
    plus grand nombre en Grec = Myriade = 10 000
        éventuellement 1 000 000 dans d'autres langues, mais guère plus
    plus grand nombre en Inde = astronomie et bouddhisme
        Mahaashankh 10^{19}

Héron d'Alexandrie / méthode pour calculer racine(2)



Séance d'aujourd'hui à la Plume et Mécanique

2.1 : l'autre grande méthode, après les jetons, la plume, 14h45

Remarque méthodologique : addition trop simple, division plus compliqué, on va s'appuyer surtout sur la multiplication.

Reprise de la multiplication au boulier. (???)
La multiplication compliquée avec la numération romaine

L'exemple d'une multiplication aujourd'hui :

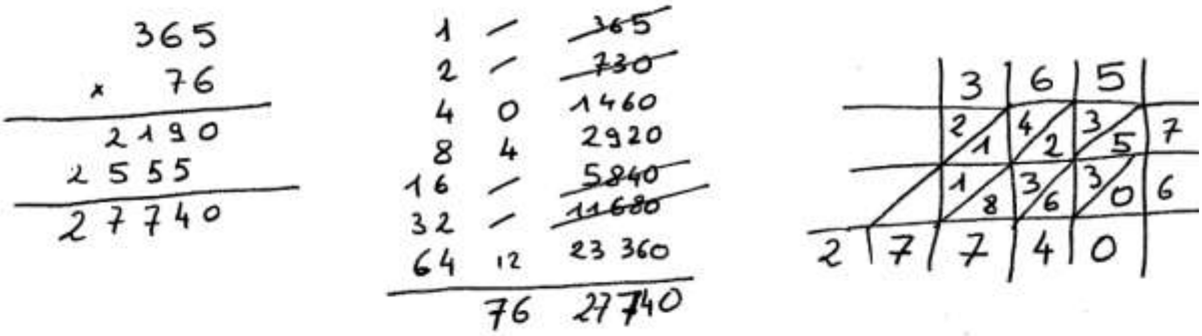
```
  365
x 76        durée de la vie d'Einstein en années
_______________
   2190
  2555
_______________
  27740     durée en jours
```

Les 3 grandes causes d'erreur
les faire dire ???:
1 connaître les tables
2 bien placer pour ne pas se tromper positionnement
3 les retenues à plusieurs niveaux

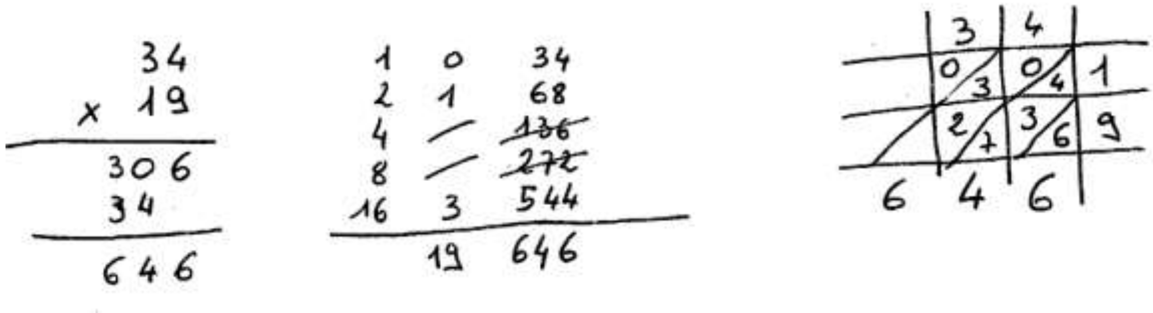
Face à chacune des difficultés, de multiples inventions ...
De nombreuses solutions à explorer :
des tables toutes faites
un algorithme praticable , et il faut alors une « bonne » notation
des aides au calcul
et des machines

2.2 : Multiplication égyptienne et gelosia : exercices (paper board) 15h00

reprendre la même multiplication égyptienne : 365 x 76
pas besoin de la table de Pythagore !
demo gelosia sur 365 x 76

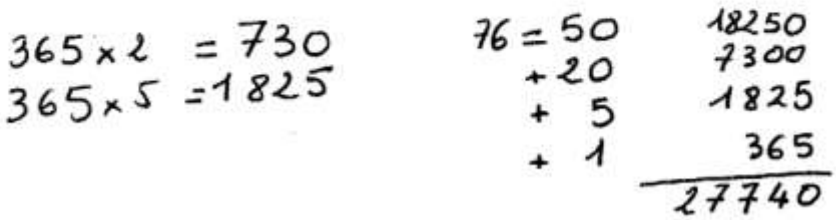


faites en une ??? 19 * 34 à l’égyptienne et en gelosia



Liber Abaci 1202 Léonard de Pise dit Fibonacci

et il y a eu d’autres propositions, dont certaines proches de ce que faisaient les romains :



2.3 : Neper : bâtons et Promptuario 1617 15h45

demo batons avec multiplications : 365 x 76

exercices batons

demo seulement pour le promptuario
demo Genaille en fonction du timing

2.4 : La multiplication des possibilités de multiplication (et d’addition) 16h30

table Pelletier (exemple de 365 * 76), 1931 TRES RAPIDE

demo sur la table

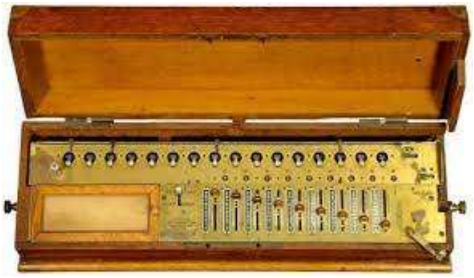
la machine à additionner de Kummer …
on en arrive aux machines

présentations rapides

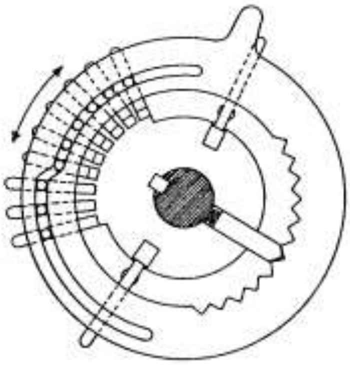
Pascaline 1645

Leibniz 1673

Thomas de Colmar brevets en 1820 : bicentenaire cette année au musée de Bonn



mais début réel du succès commercial:1870
de nombreux clones dans tous les pays
Baldwin / Odhner brevets en 1890 puis explosion commerciale de 1890 à 1975



La logique des chiffres significatifs principaux : la règle à calcul, mais aussi la façon de poser la multiplication.

2.5 ateliers/démos sur 5 machines :

L'Addometer (années 1950) : machine à additionner interprétation moderne de la Pascaline

faire le test 9 + 1 puis 99 + 1 puis 999 + 1 jusqu’à ce que ça coince : le pb du report en série

Une machine à additionner clavier complet (comptometer felt et tarrant)

Felt et Tarrant 1887

machine à additionner la + rapide
premier concurrent de l’arithmomètre
gros succès commercial
principe mécanique simple (le levier donne le nombre de dents sur un secteur)
première machine à recevoir une imprimante
production jusqu’en 1914

Une machine à multiplier par additions successives (TIM) :

clone de l’arithmomètre (cylindres cannelés de Leibniz)
décrire le cylindre de Leibniz
brevets de 1907

Une Odhner primitive (Dactyle)

première Odhner de fabrication française 1890 :

Une Odhner à l'ergonomie et la mécanique évoluées (Facit) :

machine de Odhner avec clavier (1932)
fabriqué jusque dans les années 1960

Et la plus extraordinaire des machines mécaniques , la Curta :

Questions Réponses /séance