

Atelier Ava 5 (Collège)

## LA PASCALINE

Paul-Louis Hennequin

<Paul-Louis.Hennequin@math.univ-bpclermont.fr>,

Durant cet atelier, j'ai présenté des photographies des neuf pascalines construites par Blaise Pascal actuellement inventoriées dans le monde et de la maquette de démonstration à l'échelle 3 réalisée pour le musée national des techniques du CNAM par le lycée Clément Ader à Paris. Le musée Lecoq à Clermont possède deux machines d'époque et une copie moderne réalisée par Pierre Charrier, 1, place du 8 mai 1945, 63910 Vertaizon qui en construit des répliques sur commande.

Les dix panneaux présentés sont disponibles à l'ADASTA (Association pour le Développement de l'Animation Scientifique et Technique en Auvergne), 13 Rue Richelieu 63400 CHAMALIÈRES, Tél. et Fax : 04 73 92 12 24, E.Mail : adasta@wanadoo.fr

La machine de Pascal repose sur deux inventions :

- la double numérotation à l'affichage qui permet de faire apparaître les chiffres 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 soit dans l'ordre croissant si l'on effectue une addition, soit dans l'ordre décroissant si l'on effectue une soustraction
- le *sautoir* qui effectue le report automatique des retenues d'une addition ou d'une soustraction..

On trouvera ci-dessous :

- une feuille d'exercices de niveau collège
- trois références parmi d'autres

J'ai aussi présenté et fait manipuler trois maquettes à l'échelle 10 du sautoir qui visualisent les étapes de la retenue. A la demande de Joëlle Agamis qui m'a aidé à la mettre au point et que je remercie vivement, j'ai écrit une description détaillée de sa construction qui permettra à un bon bricoleur de la réaliser et de l'utiliser avec des élèves .

## I. exercices

### ADDITION

- 1) L'inscription des chiffres d'un même nombre peut elle se faire dans un ordre quelconque ?
- 2) Que se passe-t-il sur une machine décimale à  $n$  chiffres si la somme dépasse  $10^n$  ?

### SOUSTRACTION

- 3) Quel est le résultat que donne la machine pour  $a-b$  si  $b > a$  ?

### MULTIPLICATION

- 4) Est-il plus avantageux de calculer  $132 \times 246$  ou  $246 \times 132$  ?

### DIVISION

- 5) Que pensez-vous de l'extrait ci dessous de *L'usage de la machine* ? (Manuscrit du XVIII<sup>e</sup> acquis par le Centre International Blaise Pascal et transcrit en respectant

l'orthographe de l'époque par Guy Mourlevat dans le n° 8 du courrier du CIBP, Clermont-Ferrand 1986)

*Je remarque ensuite de combien de fois le premier chiffre du diviseur est renfermé dans le premier du dividende en commençant à gauche, et je ne fais d'abord attention qu'à ce seul chiffre du diviseur, après quoi j'écris ce nombre pour le quotient sur le papier au dessous du diviseur...*

*Mais, comme il pouroit arriver que l'on mettroit un chiffre trop grand au quotient en prenant ainsi toujours le premier chiffre du diviseur pour sa valeur juste, je le prens toujours pour un de plus qu'il ne vaut, ...*

*Que si ce restant et encore plus grand que le diviseur c'est une marque que le quotient devait être plus fort mais ce ne sera jamais que d'1 et l'on ajoutera cet 1 au dessous du quotient qu'on aura marqué*

## II. Trois Références

1) Le texte le plus complet :

**Guy Mourlevat** : *Les machines arithmétiques de Blaise Pascal*, Mémoire n° LI de l'académie des sciences belles lettres et arts de Clermont-Ferrand, 1988, 76 p.

2) Un ouvrage grand public sur l'ensemble de l'œuvre de B. Pascal :

**Dominique Descotes** : *Pascal, le calcul et la théologie*, les génies de la science, n° 16, Août 2003, 96 p.

3) Le plus récent :

**Michel Fréchet** : *Machines d'Arithmétique*, Chapitre 19, p. 337 à 364, de l'ouvrage *Instruments scientifiques à travers l'histoire*, éditions ellipses, 2004.

## III. la maquette du sautoir

Cette maquette est destinée à faire manipuler et comprendre le mécanisme de report des retenues de la Pascaline appelé *sautoir*. C'est un ensemble complexe de pièces en mouvement et les planches anciennes, par exemple de *l'Encyclopédie*, ne sont pas faciles à lire et à interpréter ; dans les musées, même quand les machines sont présentées ouvertes, les sautoirs sont peu visibles et c'est pourquoi nous avons conçu cette maquette manipulable sans précautions particulières. Une Pascaline comporte, suivant les modèles de 5 à 8 tambours d'affichage et donc de 4 à 7 sautoirs et certaines calculent en livres, sols et deniers (1 livre = 20 sols = 240 deniers) mais les sautoirs sont pratiquement identiques.

Nous-nous proposons de montrer comment s'effectue une retenue du disque des unités à celui des dizaines. Les dimensions choisies pour la maquette correspondent à une échelle de 10 par rapport à une Pascaline, mais pour éviter un trop grand encombrement et une fragilité au transport, nous avons délibérément décalé les deux disques et aplati le sautoir.

## 1) MATERIEL NECESSAIRE

Toutes les cotes sont en millimètres .

- Une plaque de contreplaqué : 560x460x10
- Une baguette : 300x15x15
- 13 boulons à tête fraisée 5x25
- 2 -----d°-----5x40
- 1-----d°-----5x50
- 2 pointes de 10
- 10 écrous
- Une quinzaine de rondelles
- Deux bandes de papier de 10 x 50 portant les dix chiffres de 9 à 0
- Un peu de colle à bois
- Un bracelet élastique

## 2) PREPARATION DES PIECES (cf. figure 1)

### a) Découper

#### - dans la plaque de contreplaqué :

- Un socle de 300x560
- Deux disques circulaires de diamètre 158
- Les trois parties du sautoir (base, encoche, cliquet)

#### - dans la baguette 15x15 :

un morceau de longueur 235 (cliquet supérieur) et un de longueur 65 (étochio)

### b) Percer (trous de 3) :

- Le socle en I, J, K,
- Le cliquet supérieur en I',
- Le premier disque ou roue (des dizaines) en son centre J' et en dix points situés à 70 de J' et équidistants de 44,
- Le second disque ou roue (des unités) en son centre K' et en deux points situés à 70 de K' et distants de 63,
- La base du sautoir en J'',
- L'encoche en L,
- Le cliquet du sautoir en L',

### c) Boulonner :

- Le boulon de 5x50 sur le socle en I, tête en dessous et le bloquer par une rondelle et un écrou
- Les deux boulons de 5x40 en J et K
- Dix boulons de 5x25, tête en dessous (chevilles), dans les dix trous du disque des dizaines
- Deux boulons de 5x25, tête en dessous (chevilles), dans les deux trous restant du disque des unités
- Le dernier boulon de 5x25, tête en dessous, dans l'encoche en L.

### d) Clouer :

Les deux pointes en M sur l'encoche et N sur le cliquet

**e) Coller :**

- L' étochio sur le socle à l'emplacement indiqué par les pointillés
- L'encoche sur la base du sautoir (A'B' sur AB)
- Une des deux bandes de papier sur la tranche du disque des unités de sorte, que le disque étant vu de dessus et tournant dans le sens des aiguilles d'une montre, les chiffres défilent de 0 à 9 et soient inscrits au milieu de l'intervalle séparant deux boulons ou chevilles,
- L'autre bande, dans le même sens de sorte que la première cheville tombe en face du 1 et la seconde entre le 0 et le 9

**3) ASSEMBLAGE**

**a) Monter :**

- Enfiler (I' en I) et régler le cliquet supérieur entre deux contre-écrous de façon qu'il tourne librement en I, à une distance de 25 du socle
- Placer successivement sur le boulon J : une rondelle, la base du sautoir (J''), une rondelle, le premier disque (J'), puis une rondelle et deux écrous à bloquer de façon que le sautoir et le disque tournent librement.
- Enfiler sur le boulon K : une rondelle, le second disque, une rondelle et deux écrous à bloquer de façon que le disque tourne librement.
- Enfiler le bracelet sur les pointes M et N de sorte qu'il assure le contact du cliquet du sautoir et des chevilles du disque des dizaines

**b) Ajuster :**

*à la râpe et au papier de verre*

- L'extrémité du cliquet supérieur de façon qu'une fois le socle vertical, il empêche le retour arrière de la roue des dizaines.
- La partie supérieure de l'étochio de sorte que le sautoir vienne bien retomber sur lui une fois la retenue effectuée.
- L'extrémité du cliquet du sautoir afin qu'elle entraîne bien la roue des dizaines d'un dixième de tour quand le sautoir retombe

**c) Régler :**

Les boulons et les rondelles pour éviter les frottements excessifs

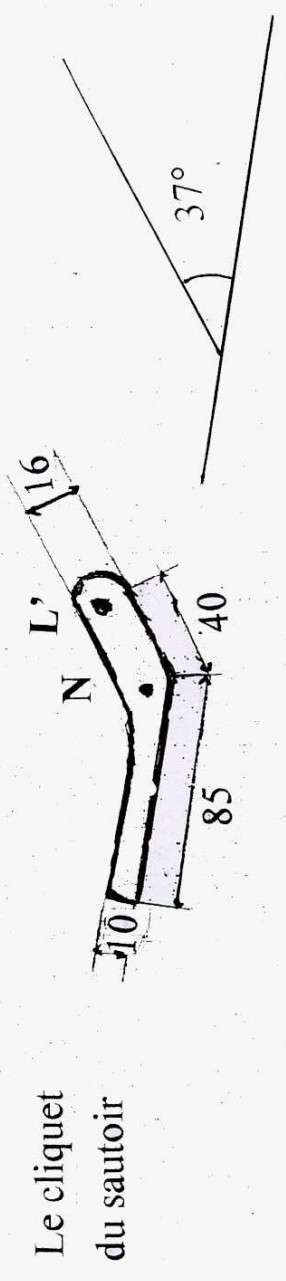
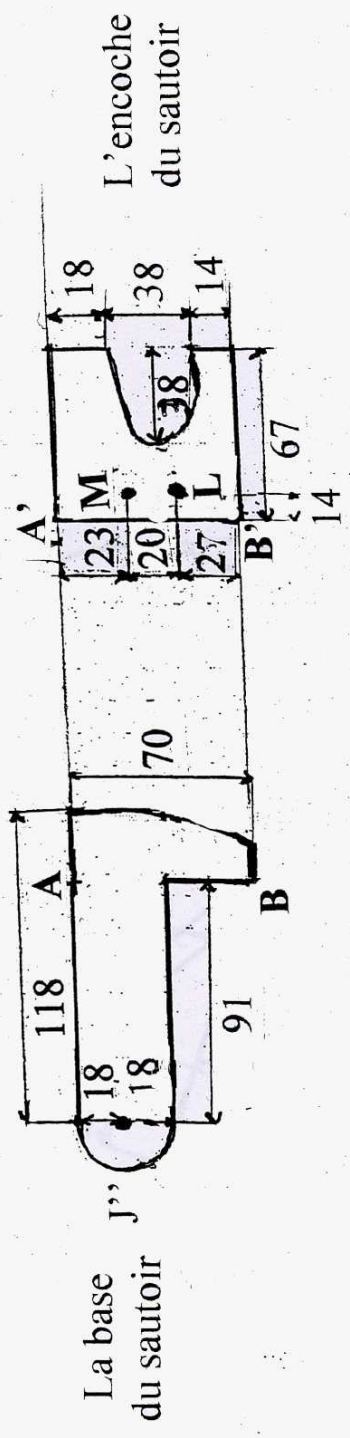
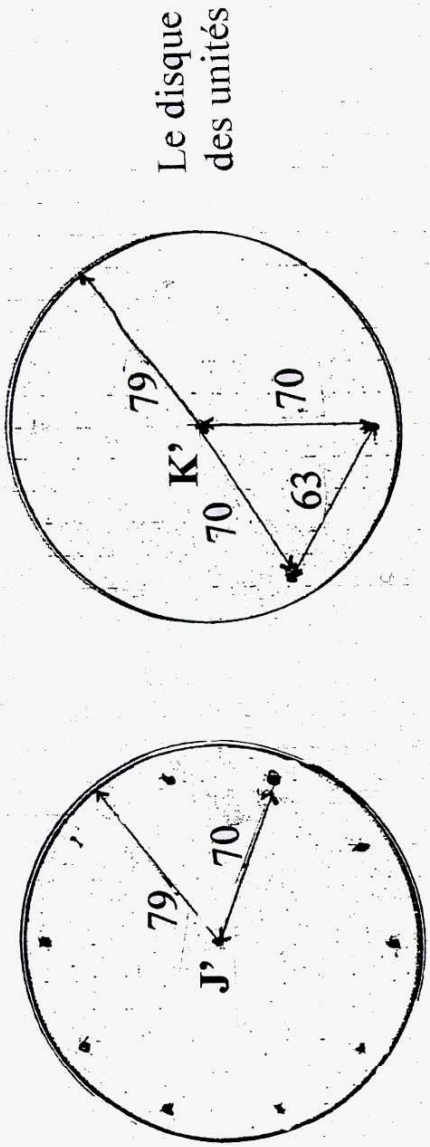
**4) MISE EN ŒUVRE**

Le socle doit être vertical, le sautoir reposer sur l'étochio, le disque des dizaines maintenu immobile par le cliquet supérieur et le disque des unités en position telle que le chiffre supérieur soit 0. En le faisant tourner dans le sens des aiguilles d'une montre, on fait apparaître successivement 1, 2, 3, 4, 5, 6 sans que bouge le sautoir ; c'est la position représentée sur la figure 2. La première goupille pénètre dans l'encoche du sautoir qui commence à monter, quand apparaissent 7, 8, le sautoir monte et le cliquet supérieur empêche la roue des dizaines de tourner ; le cliquet inférieur saute alors une goupille de cette roue ; la deuxième goupille de la roue des unités prend alors le relais (cf. figure 3) puis, tandis que 0 s'affiche, lâche le sautoir que la gravité fait retomber sur l'étochio tout en faisant tourner la roue des dizaines d'un dixième de tour.

## 5) REMARQUES

- a) Une manipulation trop brutale peut amener le sautoir à faire avancer de deux dixièmes la roue des dizaines, tandis qu'un frottement trop important pourra le retenir de descendre jusqu'à l'étochio et le laisser en l'air sans avoir entraîné la roue des dizaines, jusqu'à une nouvelle retenue : il y a donc risque de deux erreurs : une retenue de 2 ou une absence de retenue.
  
- b) Dans notre maquette et pour simplifier au maximum l'analyse du mouvement, nous n'avons fait apparaître ni le cliquet supérieur de la roue des unités, ni le sautoir associé à la roue des centaines ; bien sur, une Pascaline possède les deux mais l'observation de la maquette permet de dire ceci : l'inscription d'un chiffre à partir du 0 nécessite l'énergie nécessaire à vaincre les frottements des engrenages entre l'inscripteur et l'afficheur , tant que ce chiffre ne dépasse pas 6 ; au delà il faut ajouter l'énergie nécessaire à la montée du sautoir, de sorte qu'une fois lâché, son énergie cinétique suffise à soulever les deux cliquets et, le cas échéant à remonter d'un cran le sautoir associé à la roue des centaines . Ceci étant le transfert de retenues successives ne nécessite qu'un temps proportionnel au nombre de retenues et s'effectue *automatiquement* tant que l'opérateur n'a pas commencé une nouvelle inscription.





9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Figure I

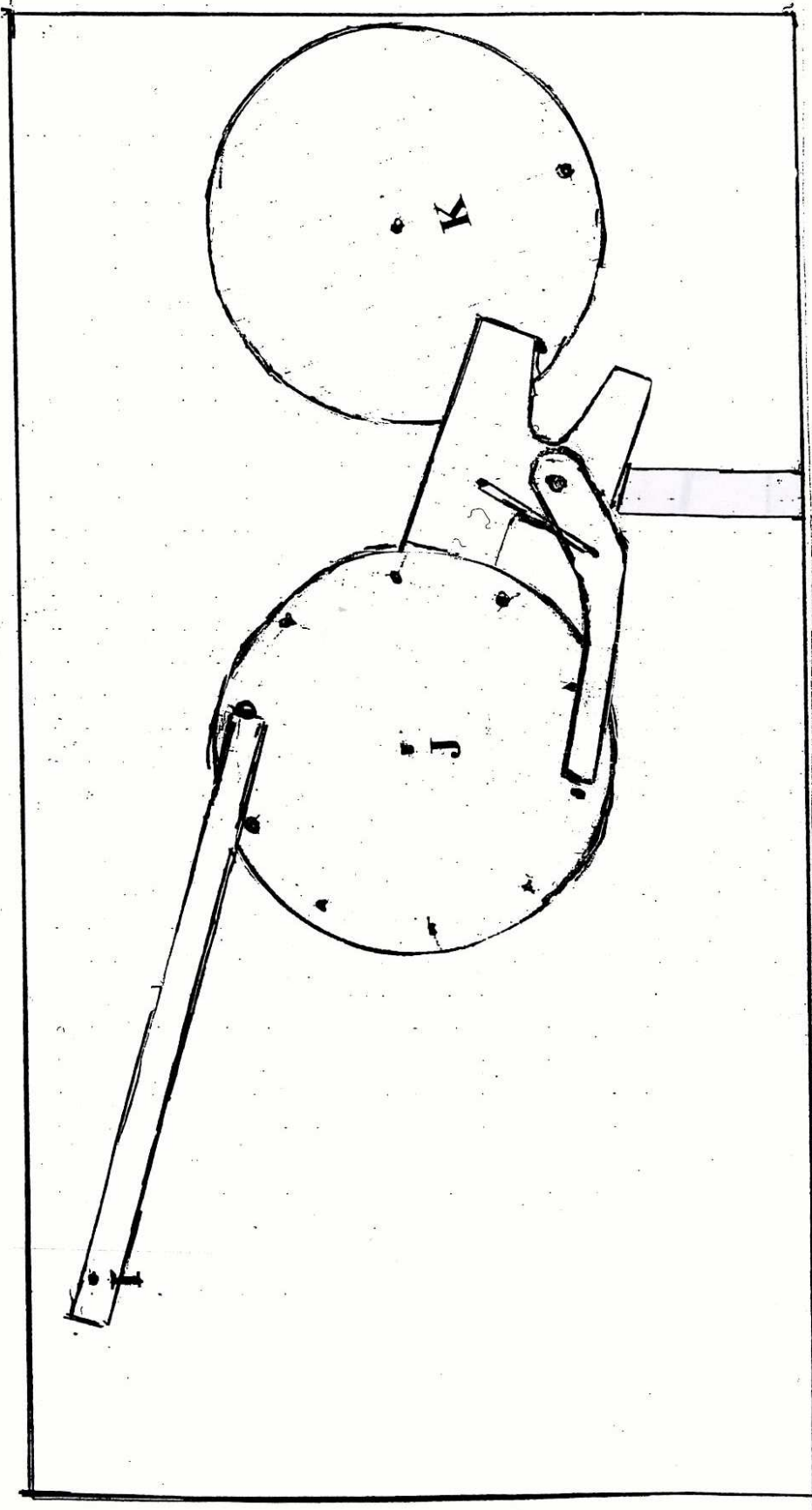


Figure 2

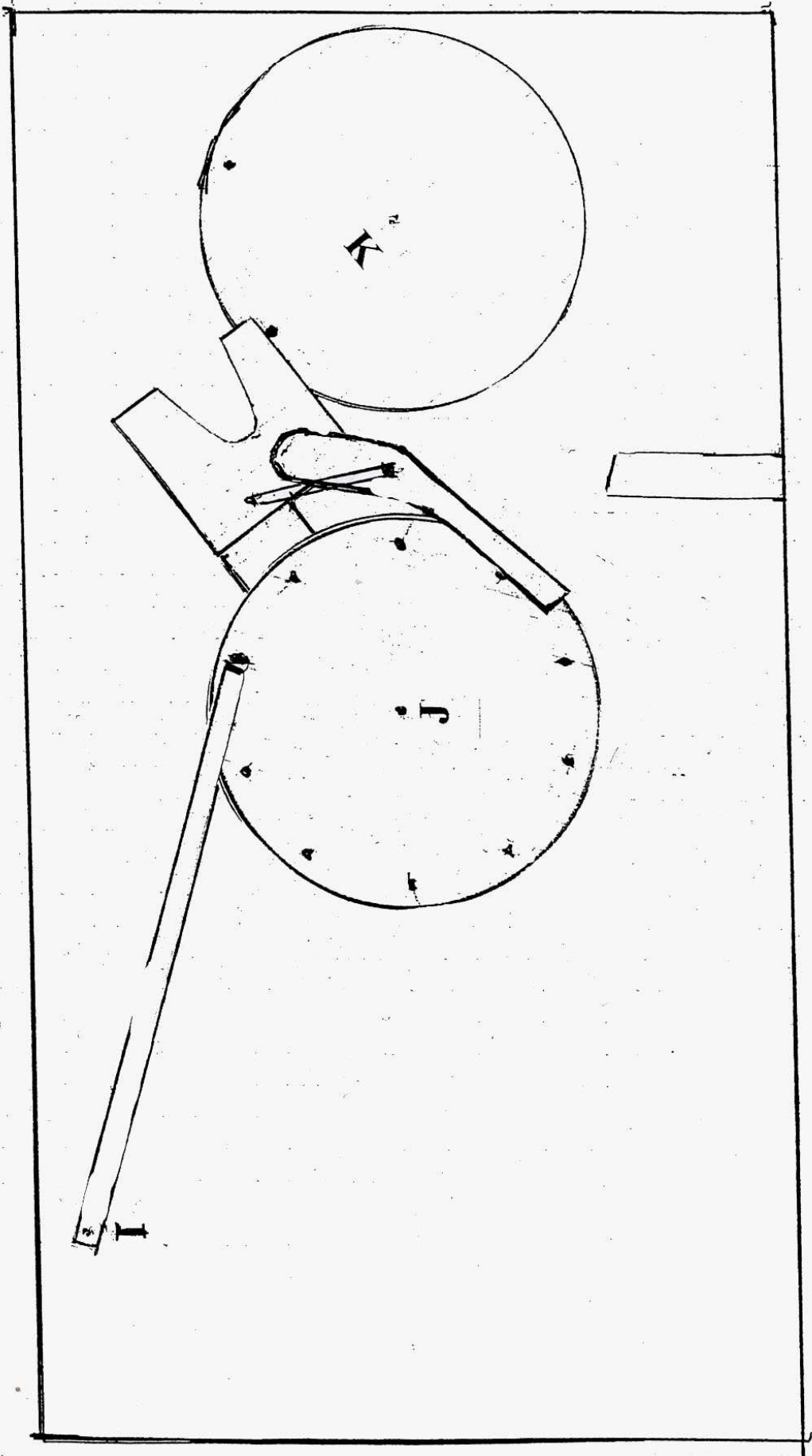


Figure 3