

INSTITUT INDUSTRIEL

DU NORD DE LA FRANCE



EPURES

DE CINÉMATIQUE

ORGANES DE MACHINES

ET PROJETS

2<sup>EM</sup> ANNÉE



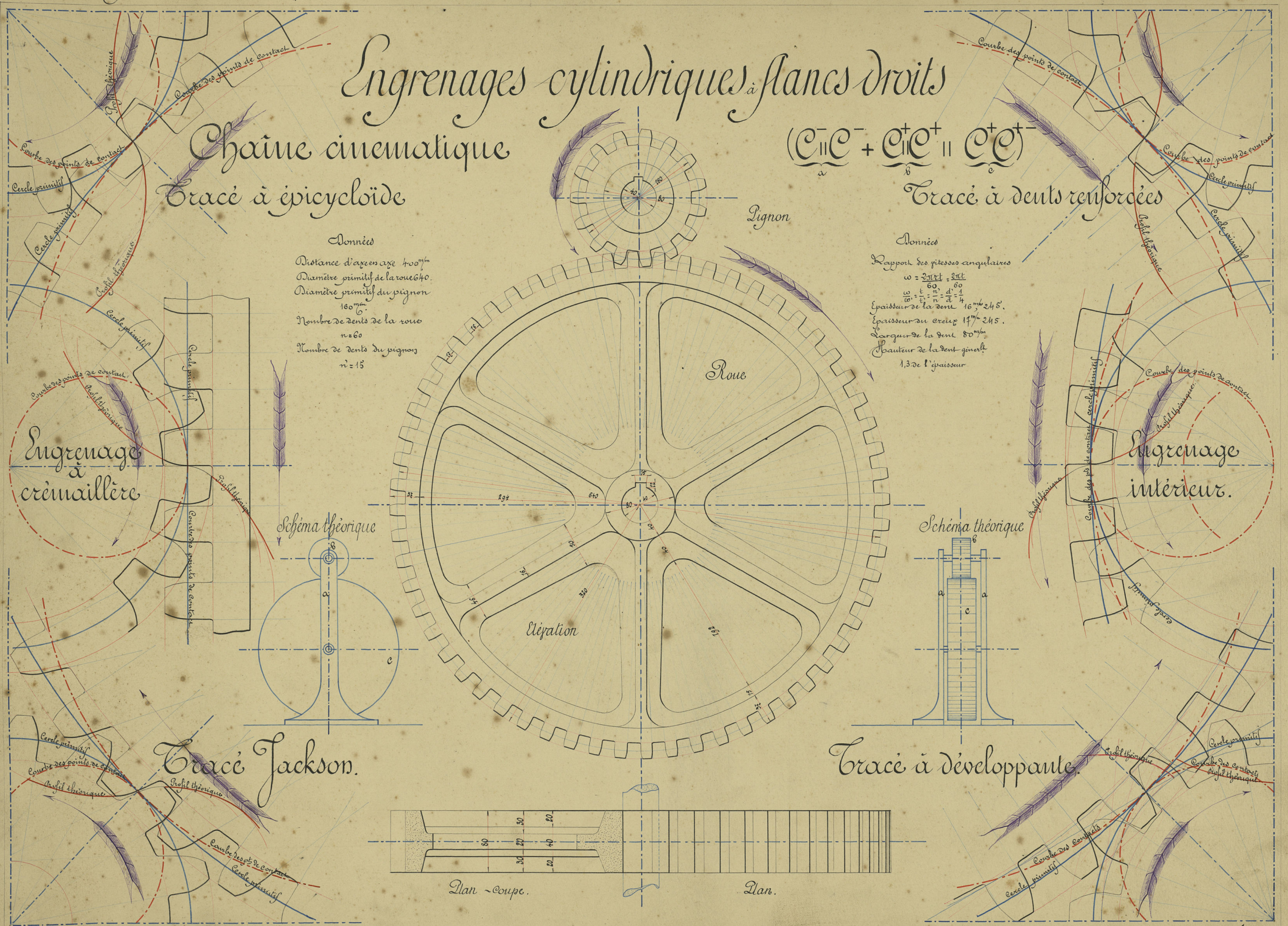
## Engrenages cylindriques à flancs droits

Chaîne cinématique  
Tracé à épicycloïde

$(C \parallel C^- + C \parallel C^+ \parallel C \parallel C^-)$   
Tracé à dents renforcées

Données  
Distance d'axes en axe 400 mm  
Diamètre primitif de la roue 640  
Diamètre primitif du pignon 160 mm  
Nombre de dents de la roue  $n = 60$   
Nombre de dents du pignon  $n = 15$

Données  
Rapport des vitesses angulaires  
 $\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \cdot 60}{60}$   
 $\frac{\omega}{\omega'} = \frac{n'}{n} = \frac{d}{d'}$   
Épaisseur de la dent 16 mm à 45°  
Épaisseur au cercle 17 mm à 45°  
Longueur de la dent 80 mm  
Hauteur de la dent 1,3 de l'épaisseur



Fait par l'ingénieur professeur  
Lille le 21 Novembre 1909.

P. Patin



## ENGRENAGES CYLINDRIQUES A FLANCS DROITS

Tracé par épicycloïde

Elevation et de la du pignon et de la roue

Tracé à dents renforcées

Crémaillère

Engrenage intérieur

Tracé

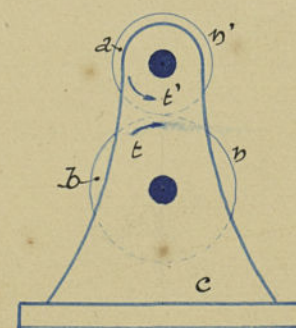
Jackson

Légende

$$[C^- \parallel C^- \parallel C^+ \parallel C^+ \parallel C^+ \parallel C^+]^{\frac{2}{3}}$$

Tracé par développante

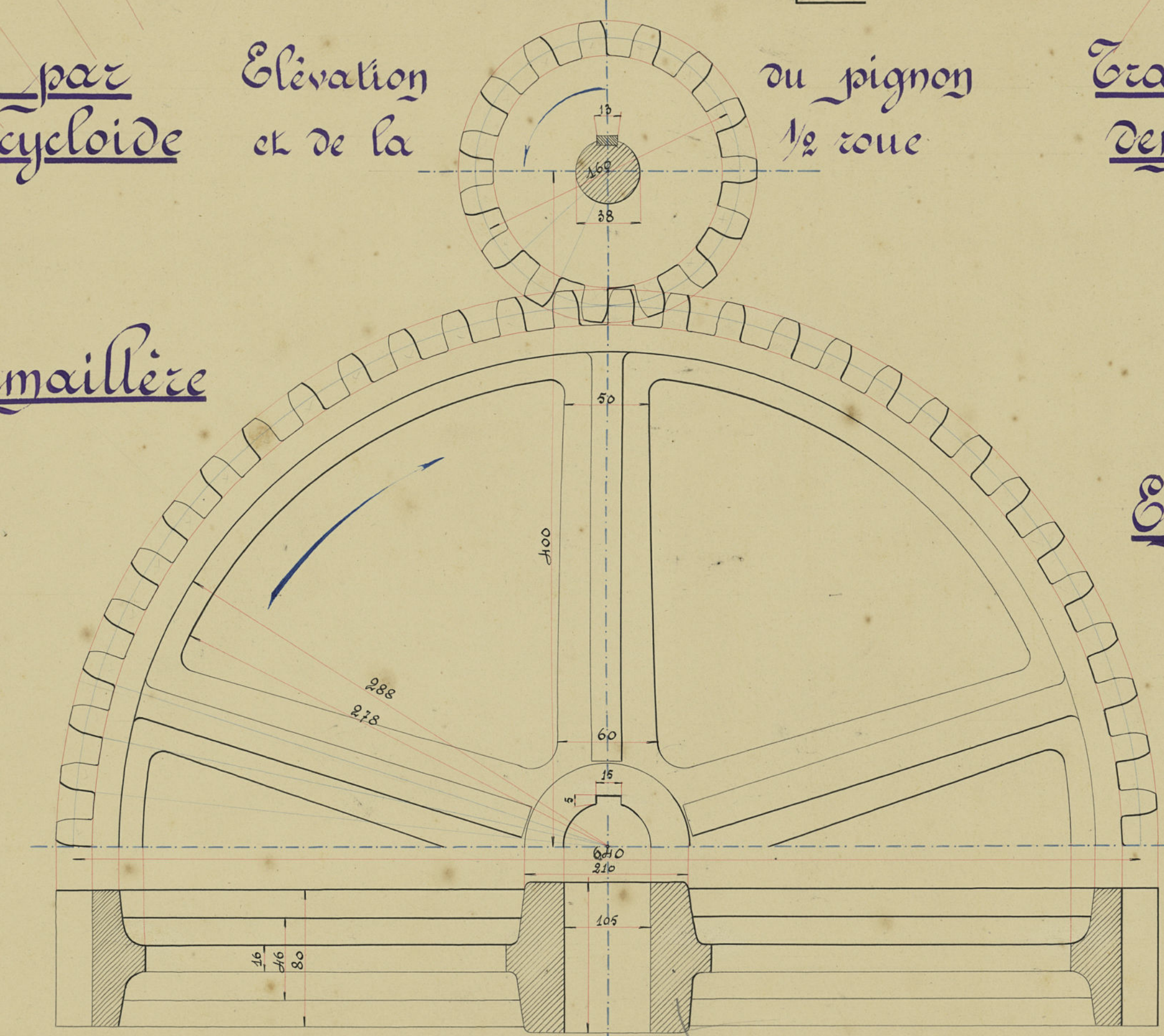
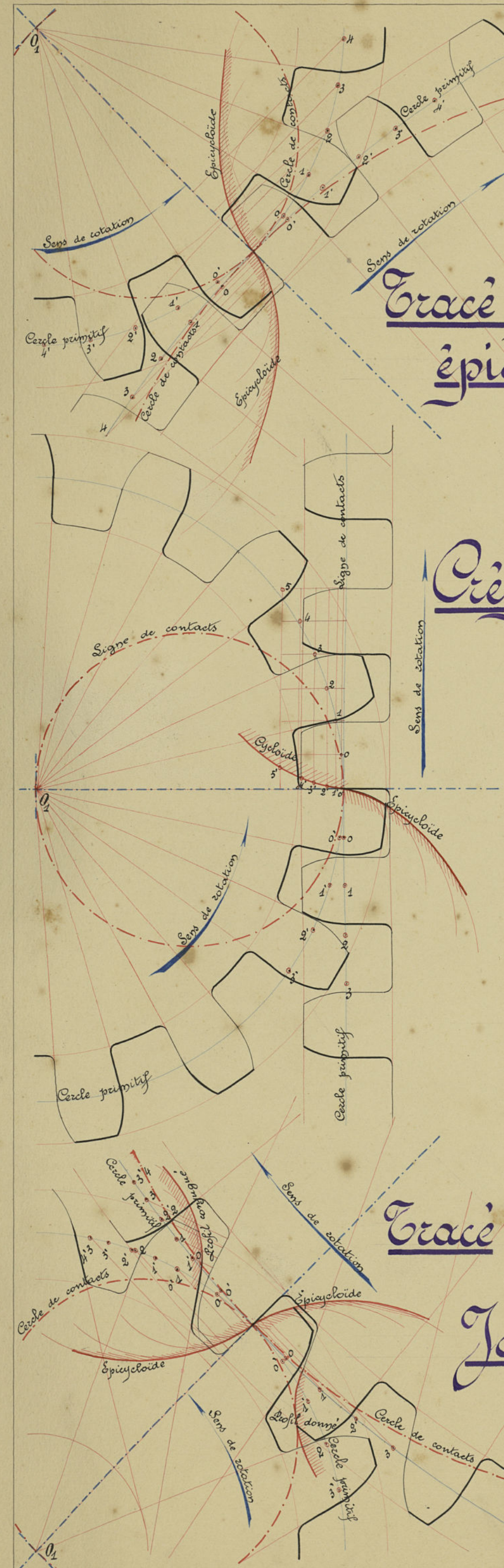
Distance d'axe en axe 400m.  
 Diamètre primitif de la roue d = 640m.  
 Diamètre primitif du pignon d' = 160m.  
 Nombre de dents de la roue n = 60  
 Nombre de dents du pignon n' = 15  
 Rapport des vitesses des arbres n/n' = 4  
 Pas de la denture p = 24,50  
 Valeur au creux c = 17,75  
 Valeur de l'épaisseur e = 16,75  
 Longueur de la dent l = 80m.



Hauteur de la dent h = 28,7m  
 Valeur au flanc i = 112,5  
 Valeur de la face j = 102,5  
 Jeu f = 27m

Nous avons dans le cas des engrenages cylindriques à flancs droits les formules suivantes:

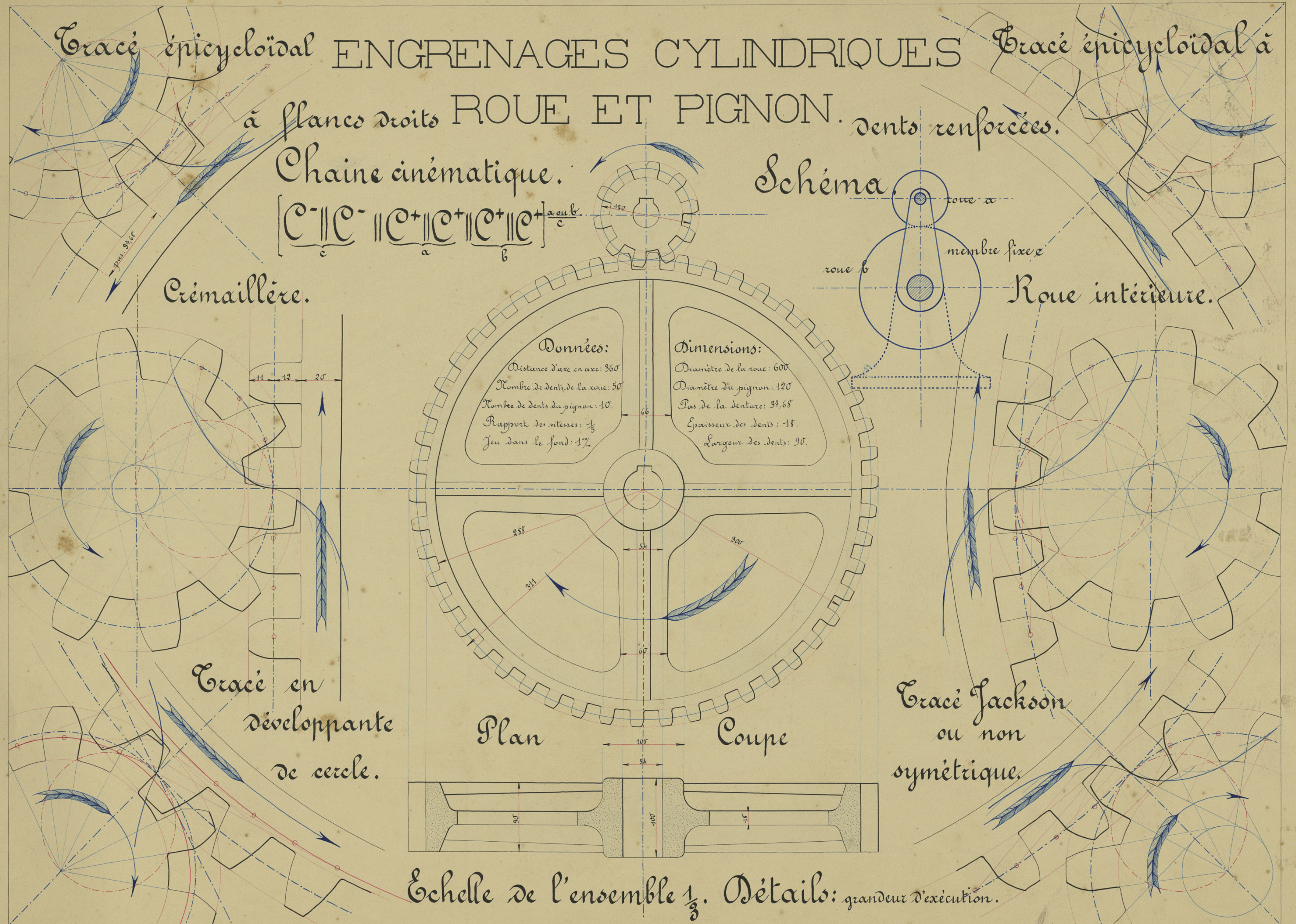
$$2n' = 2n \quad \text{et} \quad t'n = t'n'$$



Vu par le professeur  
 Lille le 22 Novembre 1909.

Agar





Vu par le professeur:  
 Lille, le 21 novembre 1910.

*Clodion*

*J. Joly*  
 1910



ENCRENAGE CONIQUE

Roue

Pignon  
Elevation

Elevation



Lille le 19 décembre 1910

*Hayot*

*Hayot*



ENGRENAGES CONIQUES

DONT LES AXES FONT UN ANGLE DE 120°

Épure

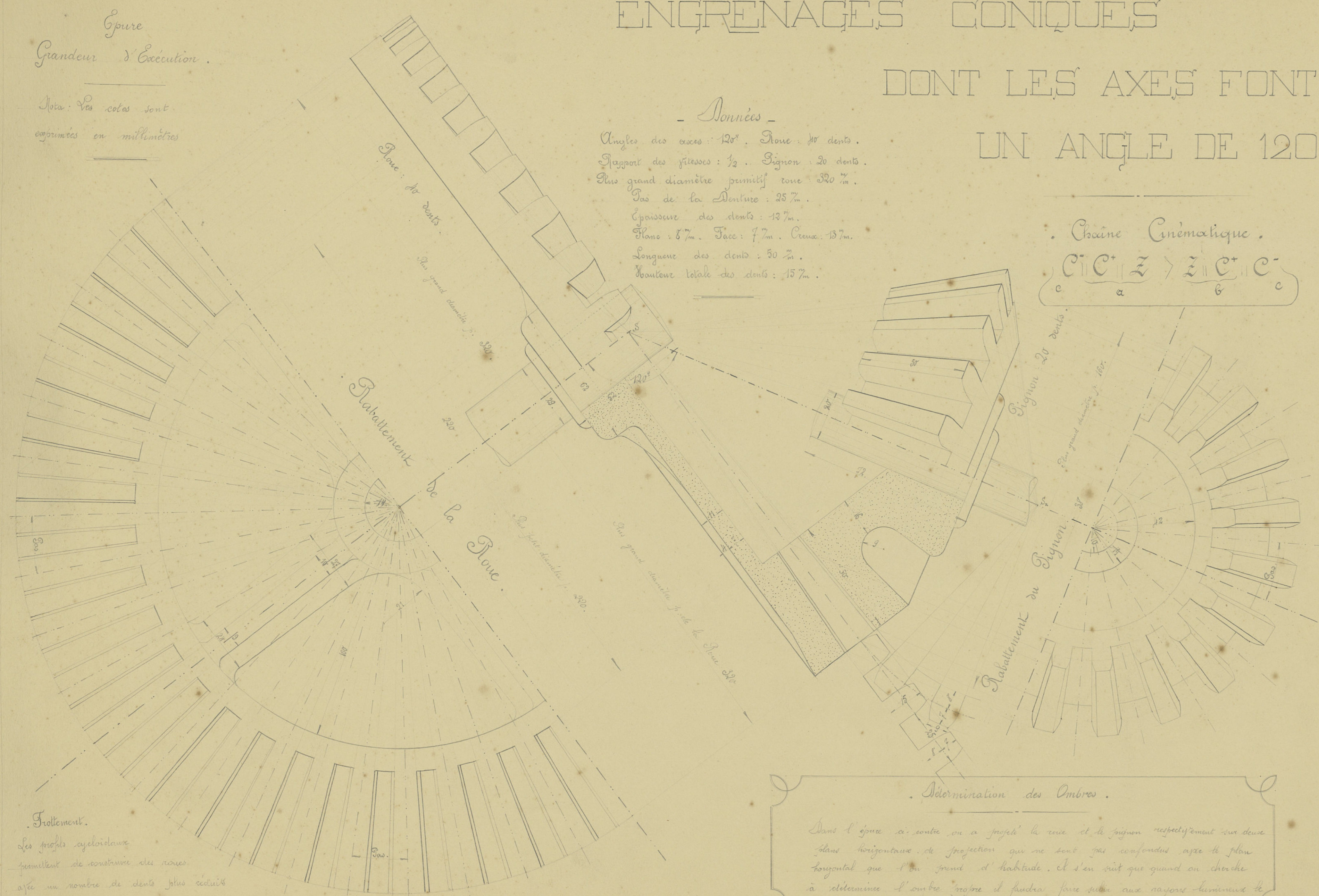
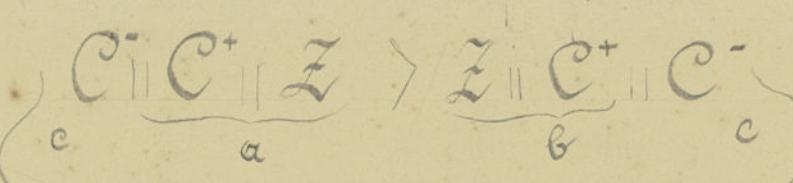
Grandeur d'Exécution.

Nota: Les cotés sont exprimés en millimètres

Données

Angles des axes : 120°. Roue : 40 dents.  
 Rapport des vitesses : 1/2. Signon : 20 dents.  
 Plus grand diamètre primitif roue 320 mm.  
 Pas de la Denture : 25 mm.  
 Épaisseur des dents : 12 mm.  
 Flanc : 8 mm. Face : 7 mm. Creux : 13 mm.  
 Longueur des dents : 50 mm.  
 Hauteur totale des dents : 15 mm.

Chaîne Cinématique.



Frottement.

Les trochis cycloïdaux permettent de construire des roues avec un nombre de dents plus réduits. Le tracé à développante est meilleur.

Détermination des Ombres.

Dans l'épure ci-contre, on a projeté la roue et le signon respectivement sur deux plans horizontaux de projection qui ne sont pas confondus, après le plan horizontal que l'on prend d'habitude. Il s'en suit que quand on cherche à déterminer l'ombre propre il faudra faire subir aux rayons lumineux le même changement de plan. On cherche ensuite l'ombre du cône.

Fait par le Professeur :  
 Lille, le 20 Décembre 1903.

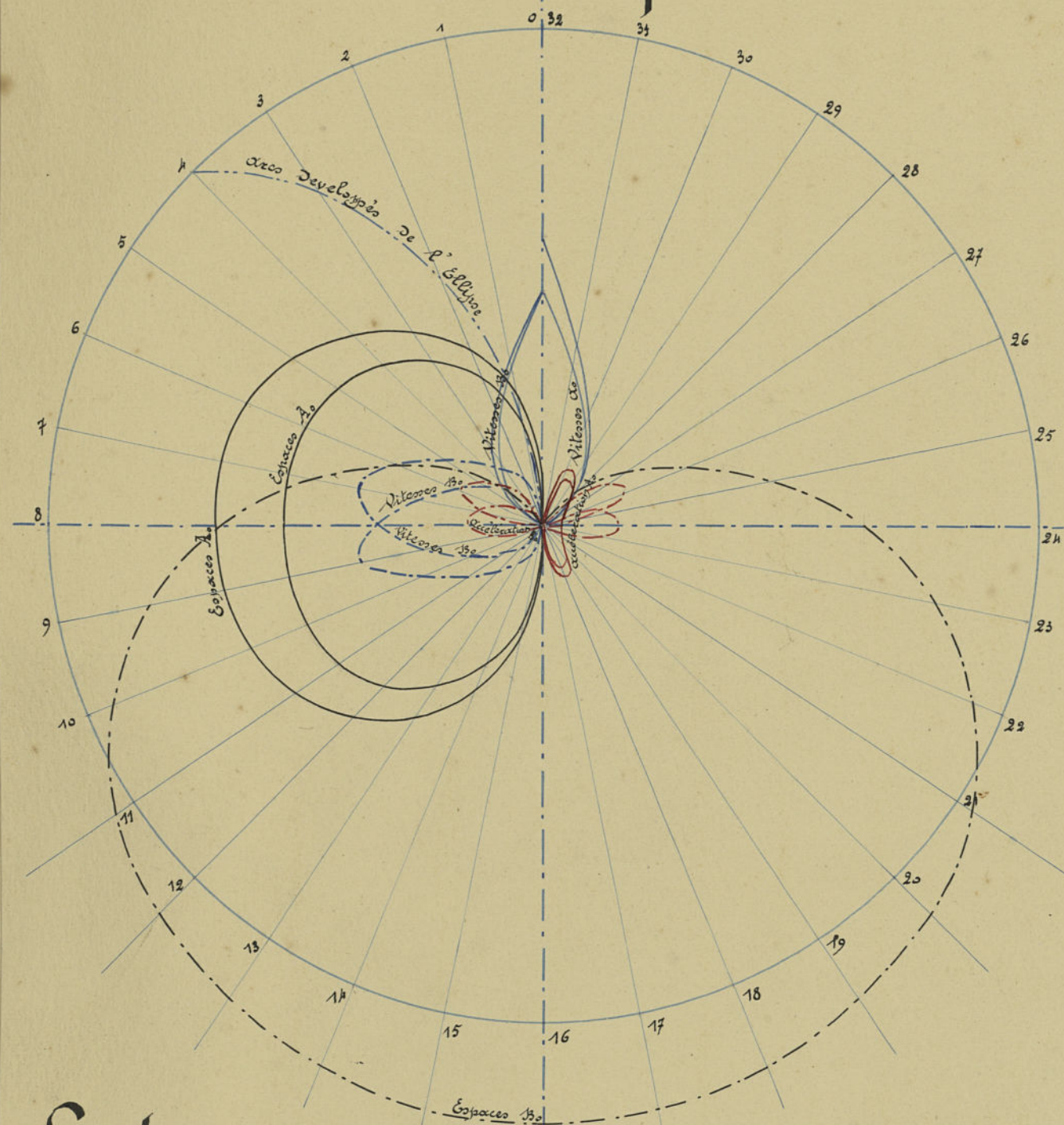
*Chapoy*

*Desmet*

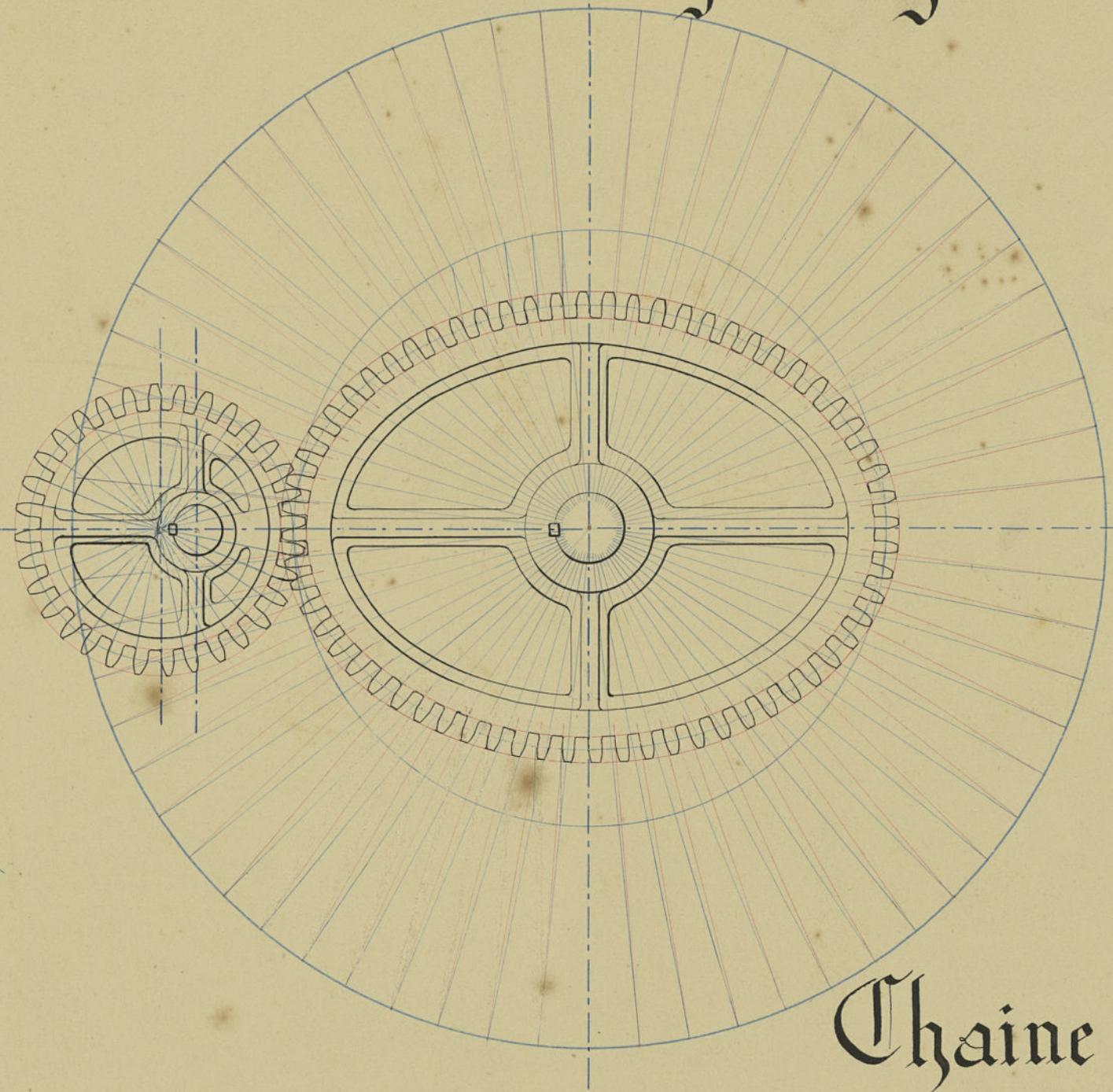


# CINEMATIQUE

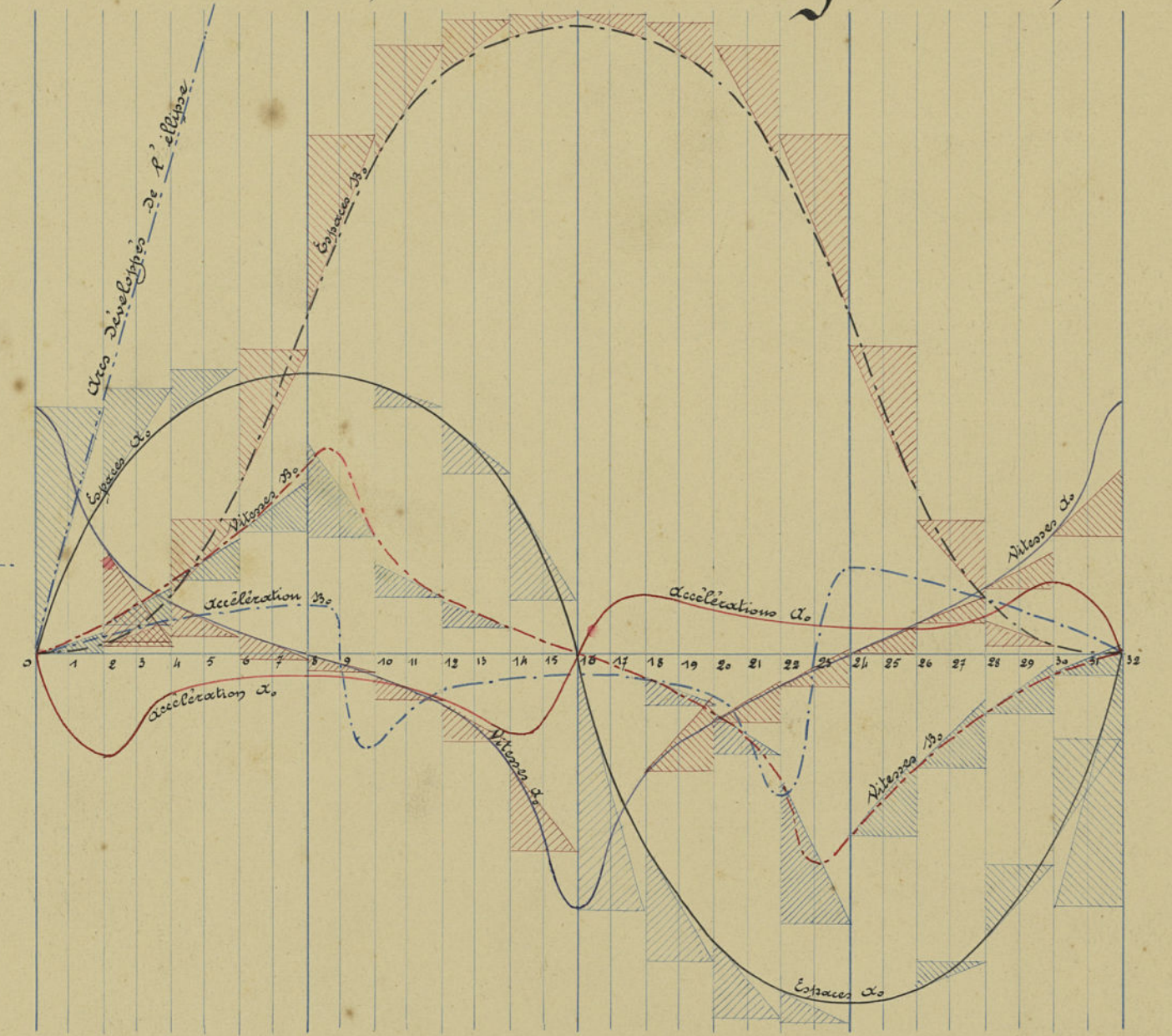
Coordonnées polaires.



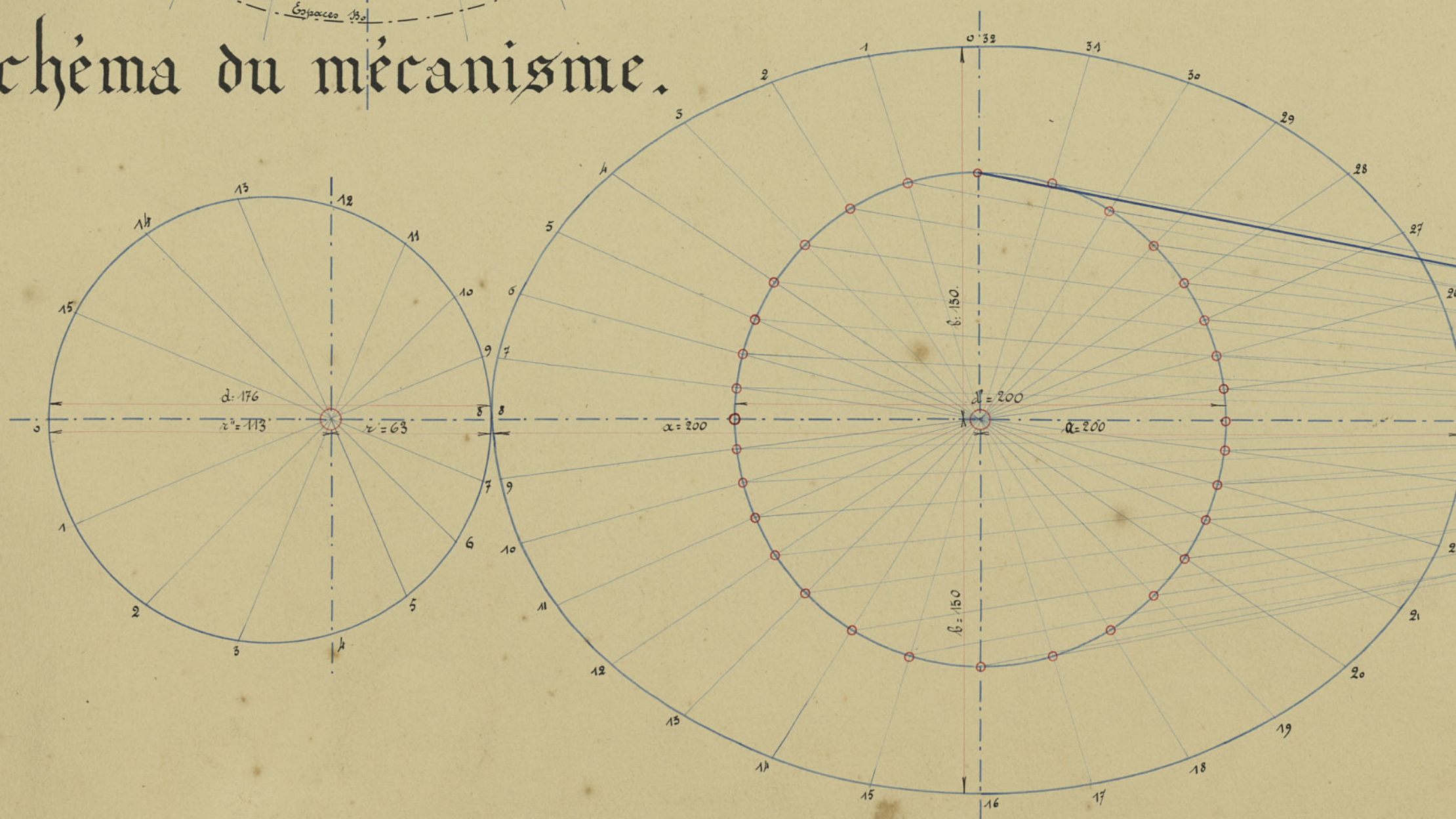
Engrenage elliptique.  
Tracé de l'engrenage.



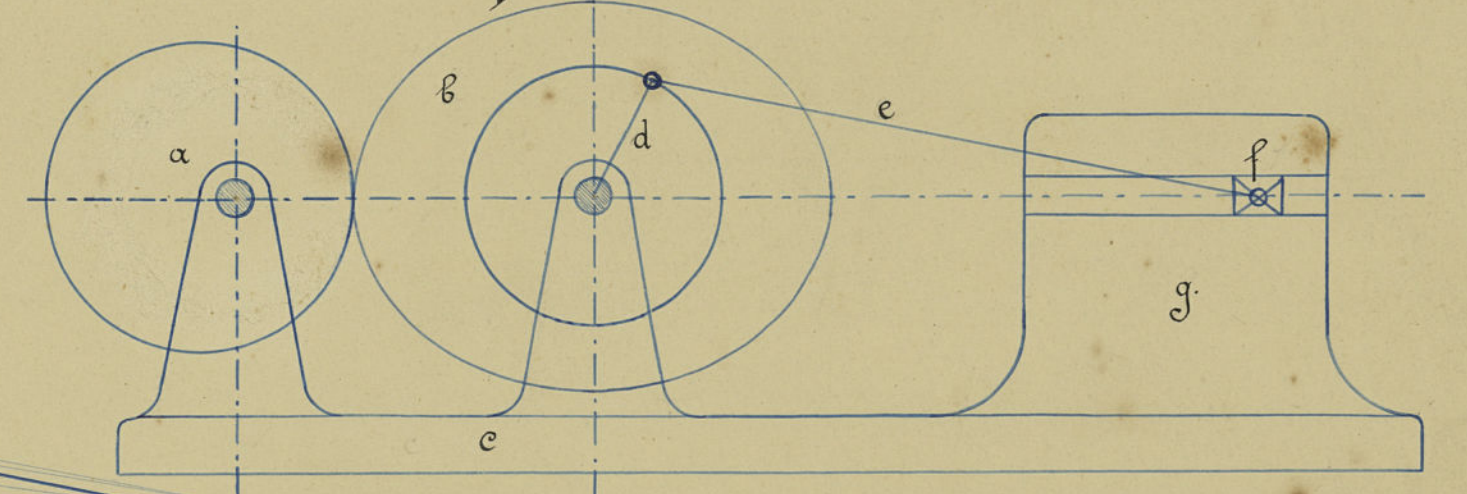
Coordonnées rectangulaires.



Schema du mécanisme.



Chaîne cinématique :  $(c_a x c_c c_c) + (c_c c_c c_c s_g s_g)$



Données.

$a = 200$      $b = 150$   
 Longueur de l'ellipse :  $1^o L = \pi \left( \frac{3a+b}{2} + \frac{4ab}{3a+b} \right)$   
 $2^o L = \pi \left( a + \frac{2b}{\sqrt{1 + \frac{b^2}{a^2}}} + \sqrt{1 + \frac{b^2}{a^2}} \right)$   
 $3^o L = \frac{2\pi a}{3} \left( 1 - \frac{1}{4} \left( \frac{b}{a} \right)^2 + \frac{1}{8} \left( \frac{b}{a} \right)^4 \dots \right)$   
 Diamètre du cercle primitif du cercle excentré du pignon  $d = 176$   
 Ou  $a$  en outre  $A = a + c = b + c$      $a + c = d$      $A = \pi d = \frac{2\pi}{3} = 263$      $r = 67$   
 Nombre de dents du pignon : 32    Nombre de dents de l'engrenage : 64  
 Pas de l'engrenage :  $\frac{1105}{64} = 17,3$     Creux : 9%    Epaisseur : 87%  
 Hauteur totale de la dent :  $1,2$  de  $c$     Face : 57%    Flanc : 67%

Nota : La bielle est articulée à l'engrenage elliptique par l'intermédiaire d'une coulisse rotative.

Fait par l'Ingénieur Professeur  
Lille le 22 Novembre 1909

*Clotroy*

Marcel Odyot

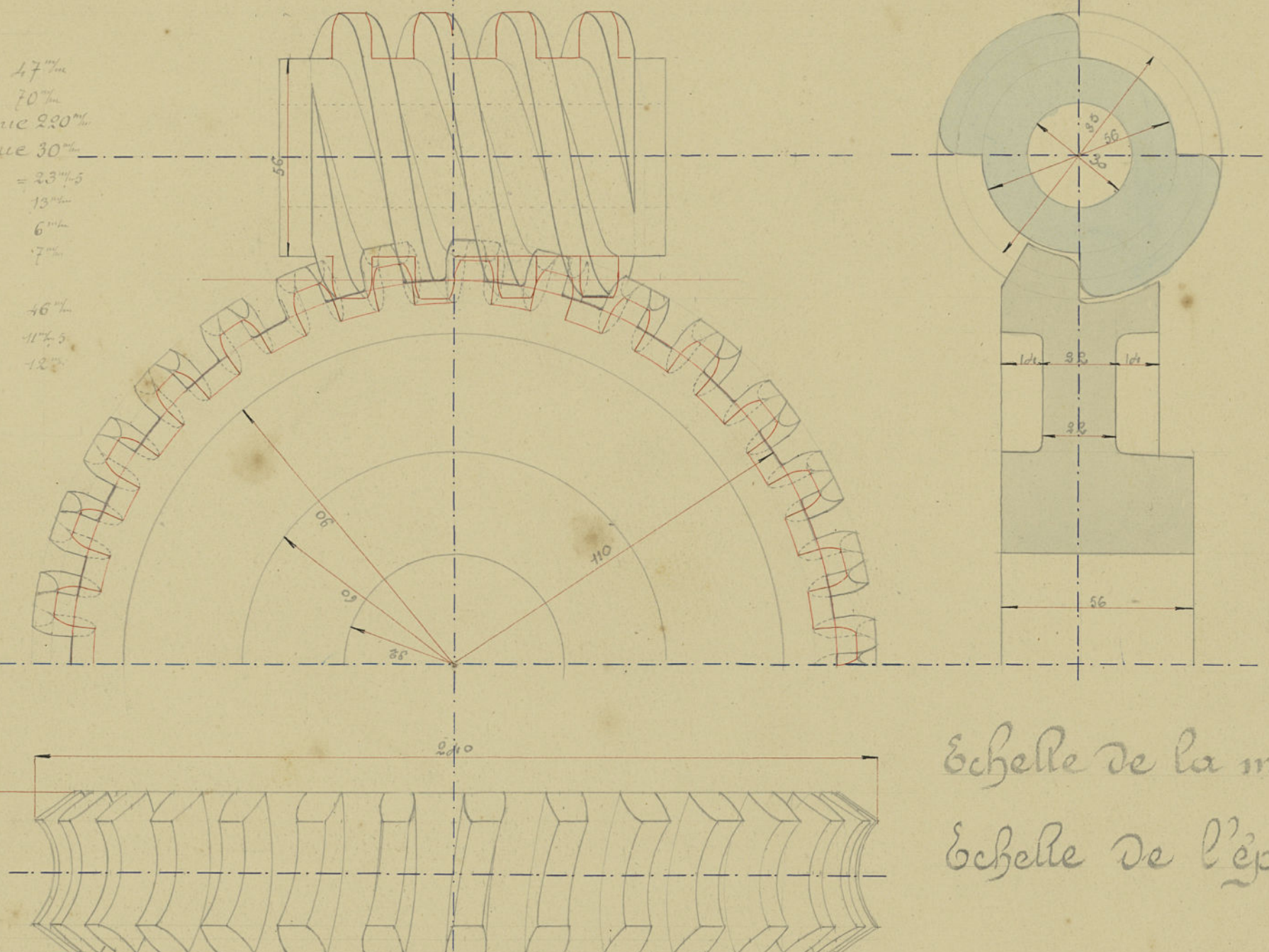
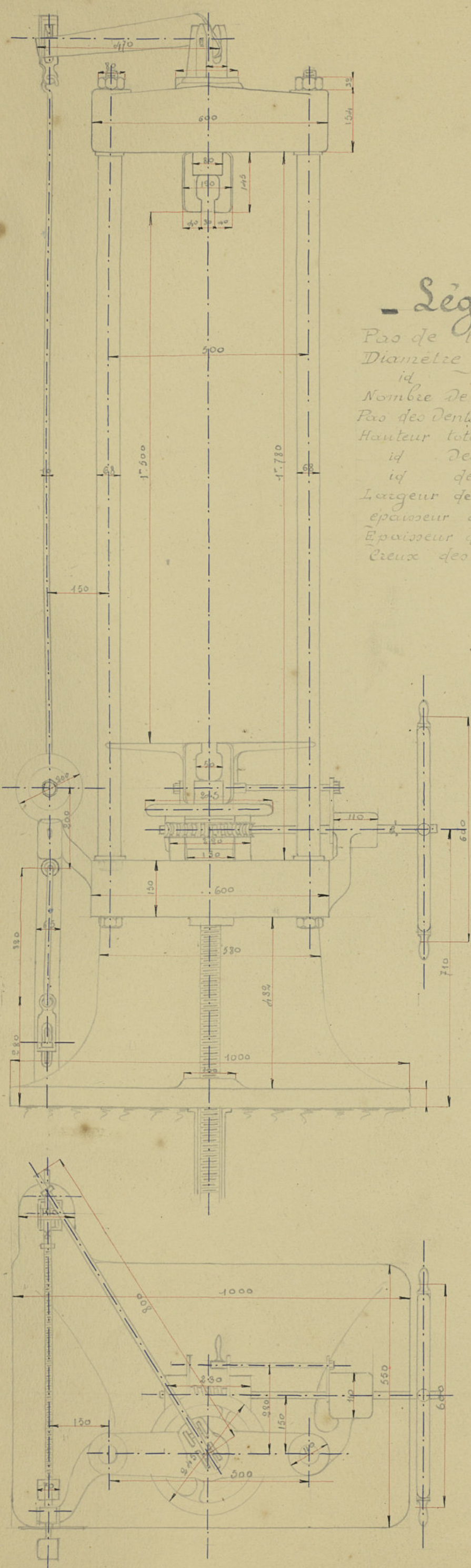
L'Institut Industriel du Nord



## Machine à essayer à vis Système vertical Delaloe de 5 tonnes — Epure de la vis sans fin —

### Légende

- Pas de la vis 0,2 filets 47<sup>m</sup>
- Diamètre primitif vis 107<sup>m</sup>
- id de la roue 220<sup>m</sup>
- Nombre de dents de la roue 30<sup>m</sup>
- Pas des dents  $\frac{220}{30} = 7,33$
- Hauteur totale des dents 13<sup>m</sup>
- id des faces 6<sup>m</sup>
- id des flancs 7<sup>m</sup>
- Largeur des dents ou épaisseur de la couronne 46<sup>m</sup>
- Épaisseur de la dent 17<sup>m</sup>
- Ceux des dents 12<sup>m</sup>



Échelle de la machine 1/10  
Échelle de l'épure 2/3

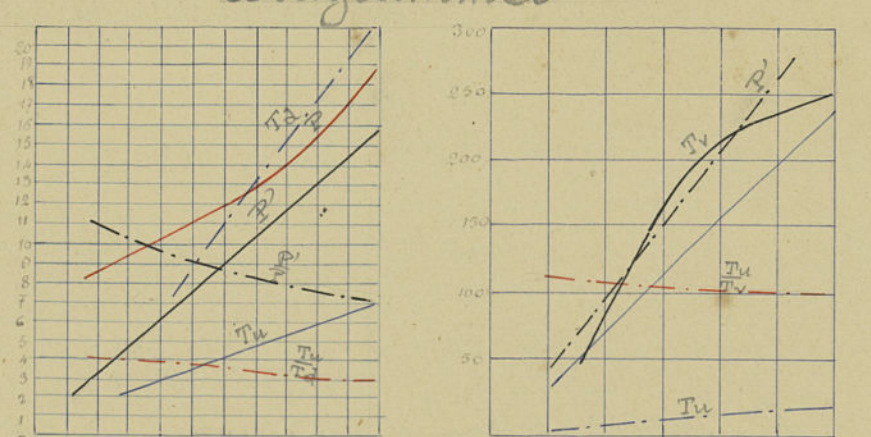
### Rendement vis sans fin

P	P'	Tv	Td	$\frac{Td}{P}$	$\frac{Td}{P'}$
10	160	37	10,15	2,7	0,97
14	130	103	5,1	13,8	7,3
16	850	135	6,12	11,1	7,3
18	850	148	6,67	21	7,0

### Rendement de la vis

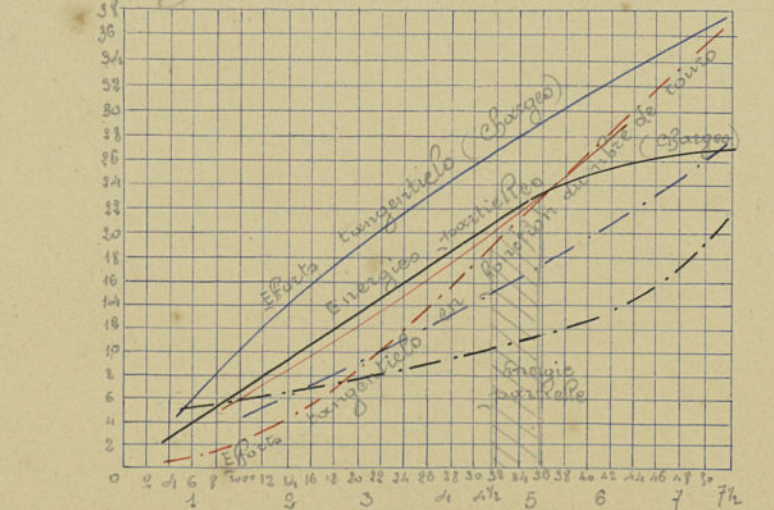
P	P'	Tv	Td	$\frac{Td}{P}$	$\frac{Td}{P'}$
200	10	11,8	4	0,15	
1000	100	104,58	8	0,108	
1500	150	150,8	18	0,109	
2000	200	200	18	0,109	
2500	250	222	80	0,116	

### Diagrammes



### Visse en charge et en decharge de la machine

Classe	Visse	L	Tv	Td	$\frac{Td}{P}$	$\frac{Td}{P'}$
500	2 1/2	4,76	5,72	2,44	2,44	15,0
1000	3 1/8	5,79	8	5,11	30,35	15,0
1500	4	6,58	12,5	10,48	22	15,0
2000	4 1/2	7,38	16	11,74	22,46	15,0
2500	5	8,17	22	13,31	24,44	15,0
3000	5 1/2	8,97	28	15,13	26,7	15,0
3500	6	9,76	35	17,28	28,5	15,0
4000	6 1/2	10,56	42	19,78	31,5	15,0
4500	7	11,35	50	22,6	34,2	15,0
5000	7 1/2	12,15	60	25,8	37,7	15,0

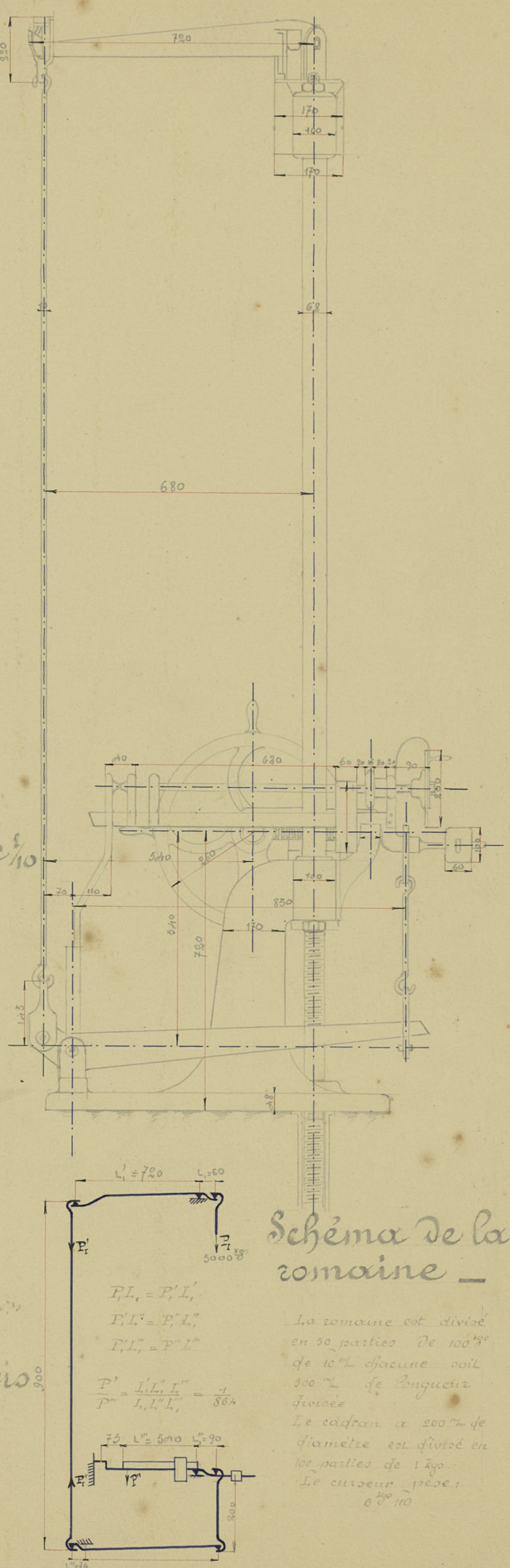


### Légende

Pour un tour de la poulie la roue dentée avance de 2 dents  
Si P' designe la force tang<sup>te</sup> exercée par la vis sans fin sur la roue dentée  
 $P' = P \cdot \frac{2\pi}{L} = 2\pi \cdot \frac{P}{L}$   
On a aussi  
 $P' L' = P L$   
Pour  $P = 7$   $P' = 220$   
 $Td = 2\pi \cdot 220 \cdot 11 = 15191$   
Rendement  $\frac{Td}{P} = \frac{15191}{7} = 2170$

### Rendement de la vis

Pour un tour de la roue  $Tv = 2\pi P'$   
L'effort de traction P' étant supposé constant pour un tour  
 $Tv = P' \cdot 2\pi$   
Rendement =  $\frac{Td}{Tv}$



### Schéma de la romaine

La romaine est divisée en 30 parties de 100<sup>m</sup> de 10<sup>m</sup> chacune soit 300<sup>m</sup> de longueur totale  
Le cadran a 200<sup>m</sup> de diamètre est divisé en 160 parties de 125<sup>m</sup> Le curseur pèse 6<sup>m</sup> 110

Vu par le professeur :  
Lille 18-1-10

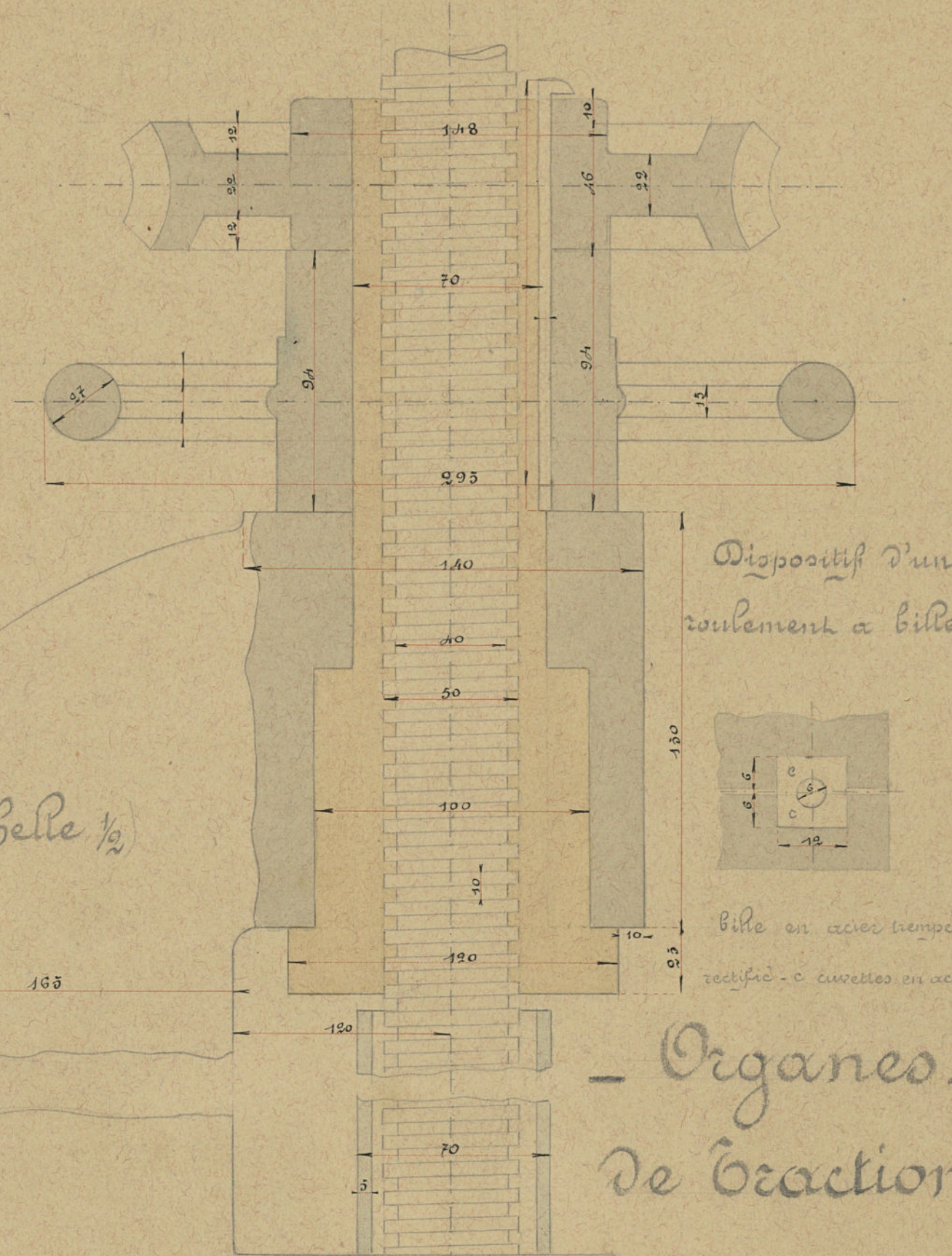
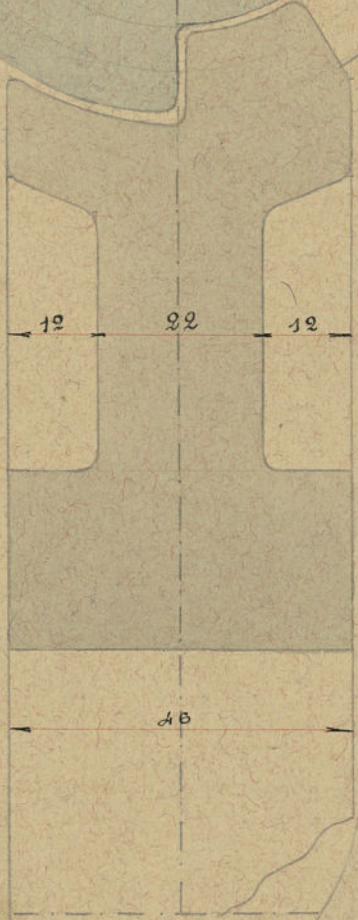
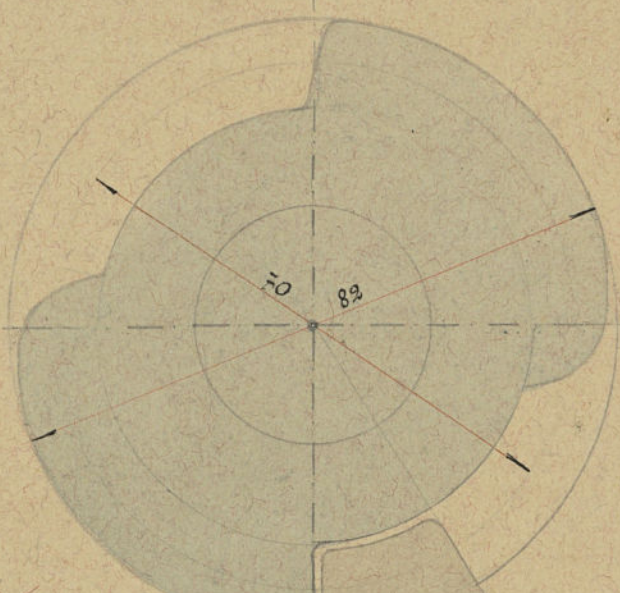
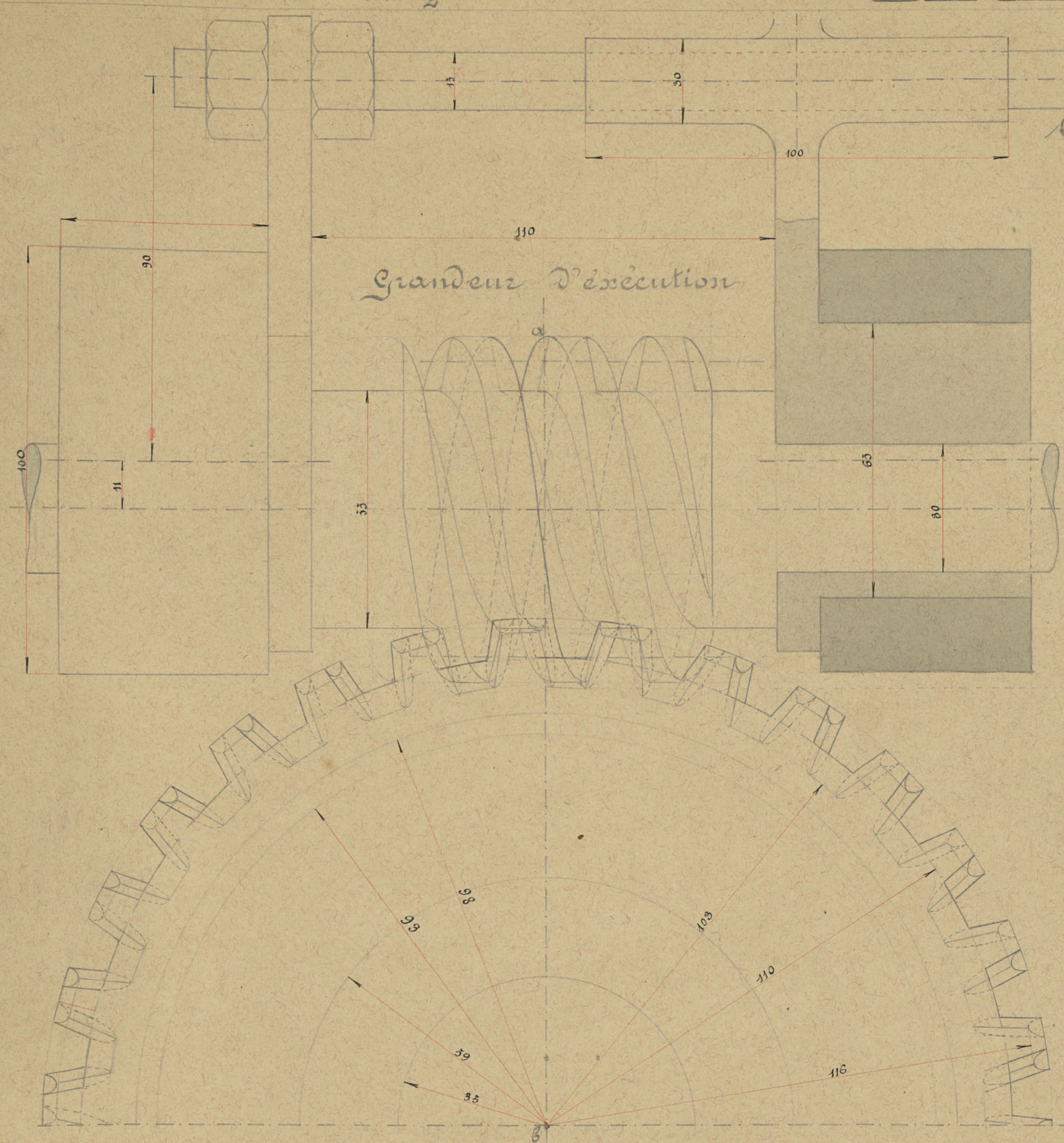
*Générat*



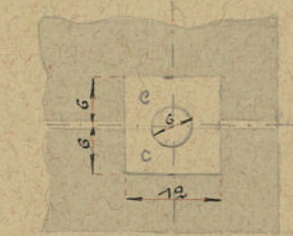
Machine à essayer  
— verticale de 10 tonnes —

Vis sans fin  
— 2 filets —

Coupe: ab

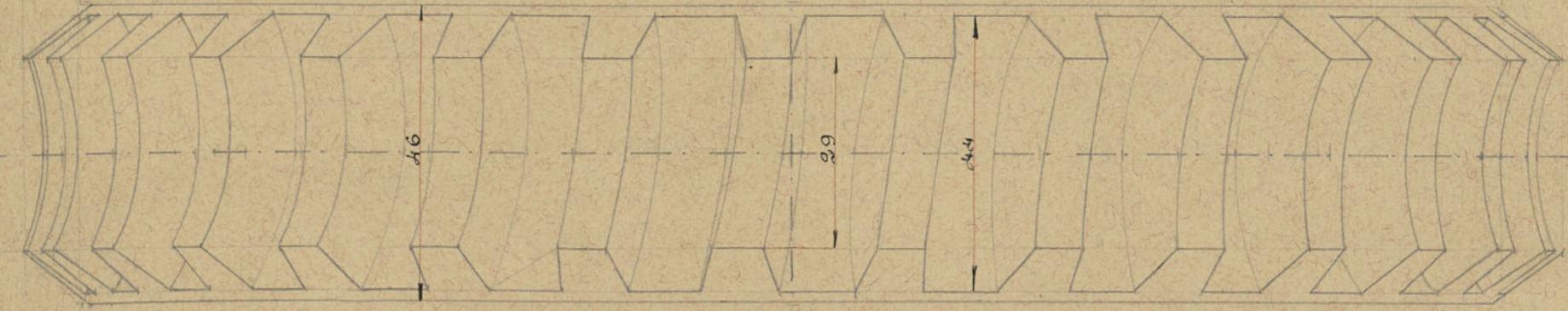
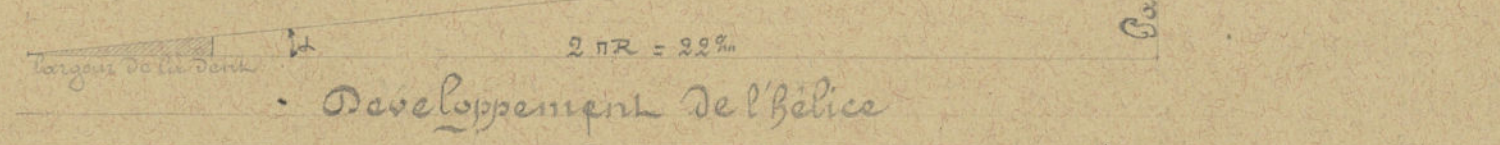


Dispositif d'un roulement à billes

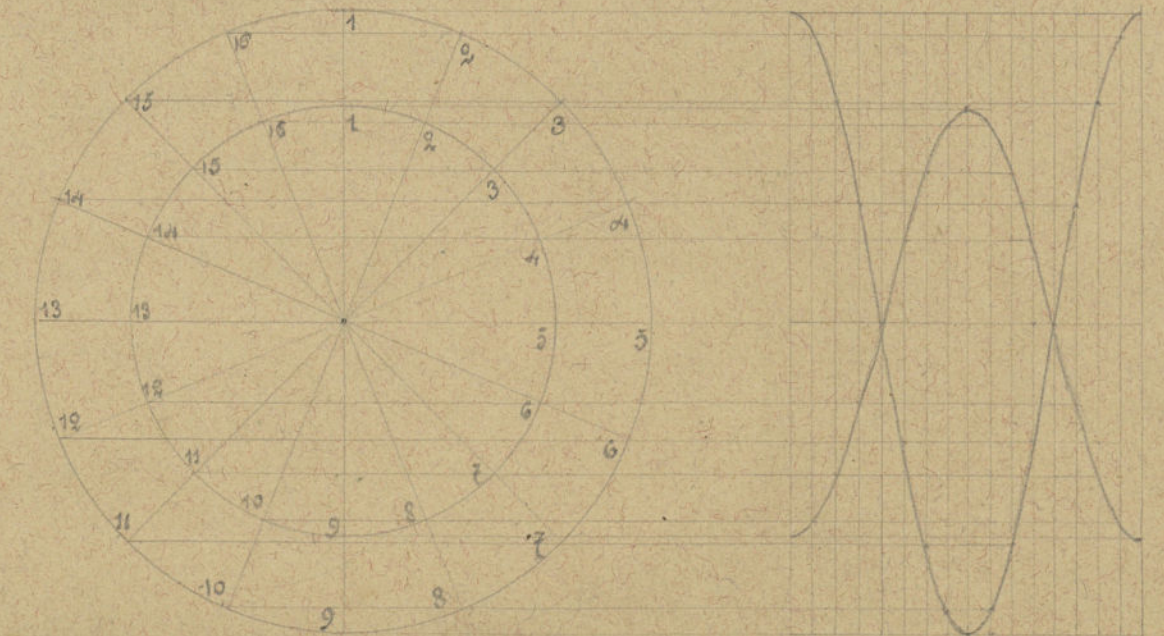


Bille en acier trempé rectifié - 6 cussettes en acier

— Organes de réaction —



Bracé des hélices



Forces en leviers

$P, L=50$

$P_1 = 10000 \text{ Vgo}$

$P_2 = 110$

$P_3 = 21$

Caractéristiques de la machine

25% avec bon graissage 40%

Grande vitesse faible effort 80%

Rendement

En prenant pour R  $\frac{1}{2}$  effort Pour chaque dent  $P_{\text{dent}} = 55 \text{ kg}$

$\omega$  vitesse angulaire =  $\frac{2\pi}{30}$  - Energie transmise ou puissance par seconde  $W = P \cdot v = P \cdot \omega \cdot r = P \cdot \frac{2\pi r}{30}$

$W = N \cdot \omega$  -  $W = N \cdot \frac{2\pi}{30}$

— Données —

Vis sans fin à 2 filets - filets: 11

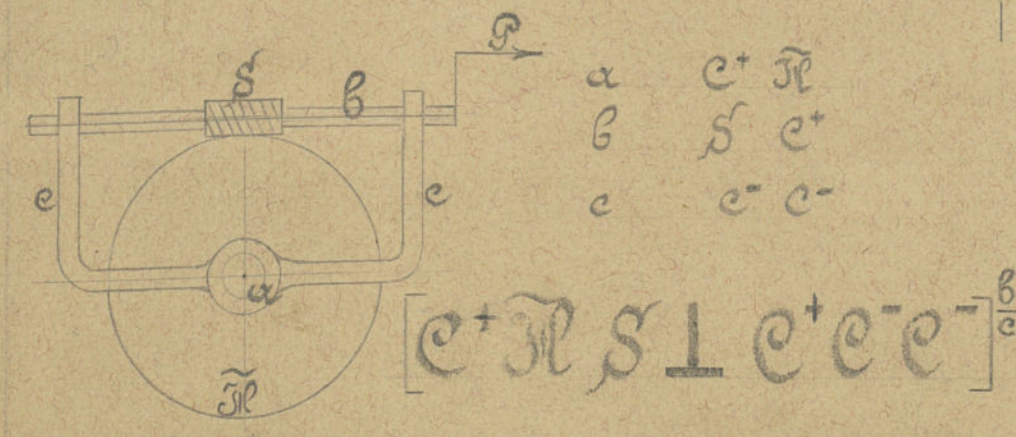
Diamètre primitif de la vis 70<sup>mm</sup> - creux: 12,3

Diamètre primitif de la roue 220<sup>mm</sup> - flanc: 7

Nombre de dents de la roue 30 - face: 6

Hauteur des dents 13<sup>mm</sup> - Couronne: 46<sup>mm</sup>

Ecs de la vis 17<sup>mm</sup> - pas de la denture 28,7<sup>mm</sup>



Lille le 20-12-09

Moroy

Moroy

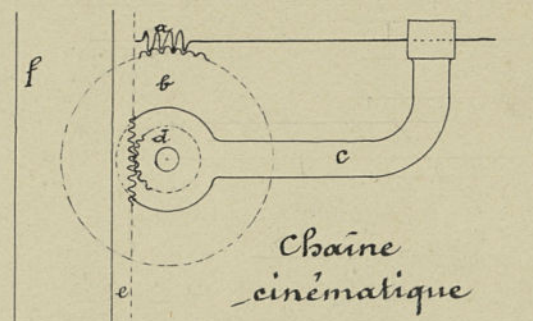


## ENGRENAGE A VIS SANS FIN

### Données

Nombre de filets de la Vis	1	Nombre de dents de la Roue	30
Diamètre primitif du cylindre de la Vis	70 <sup>m</sup> / <sub>m</sub>	Hauteur des dents	Face — 5 <sup>m</sup> / <sub>m</sub> Plane — 7 <sup>m</sup> / <sub>m</sub>
Diamètre primitif de la roue	180 <sup>m</sup> / <sub>m</sub>		

Nota : La vis sans fin et la Roue sont représentées en grandeur naturelle.



$$\left( \frac{H^+ C^+}{a} \parallel \frac{C^- H^-}{f} \parallel \frac{C^+ S^+}{f} \right) \frac{a}{c} + \left( \frac{C^+ H^+}{a} \parallel \frac{C^+ P^+}{f} \parallel \frac{P^- C^-}{f} \right) \frac{a}{c}$$

### Détails de la table porte pièces d'une perceuse (Echelle $\frac{3}{10}$ )

Vis de serrage de l'Etai

Arbre de la Roue

Vis de serrage (3 semblables)

Tignon de 13 dents

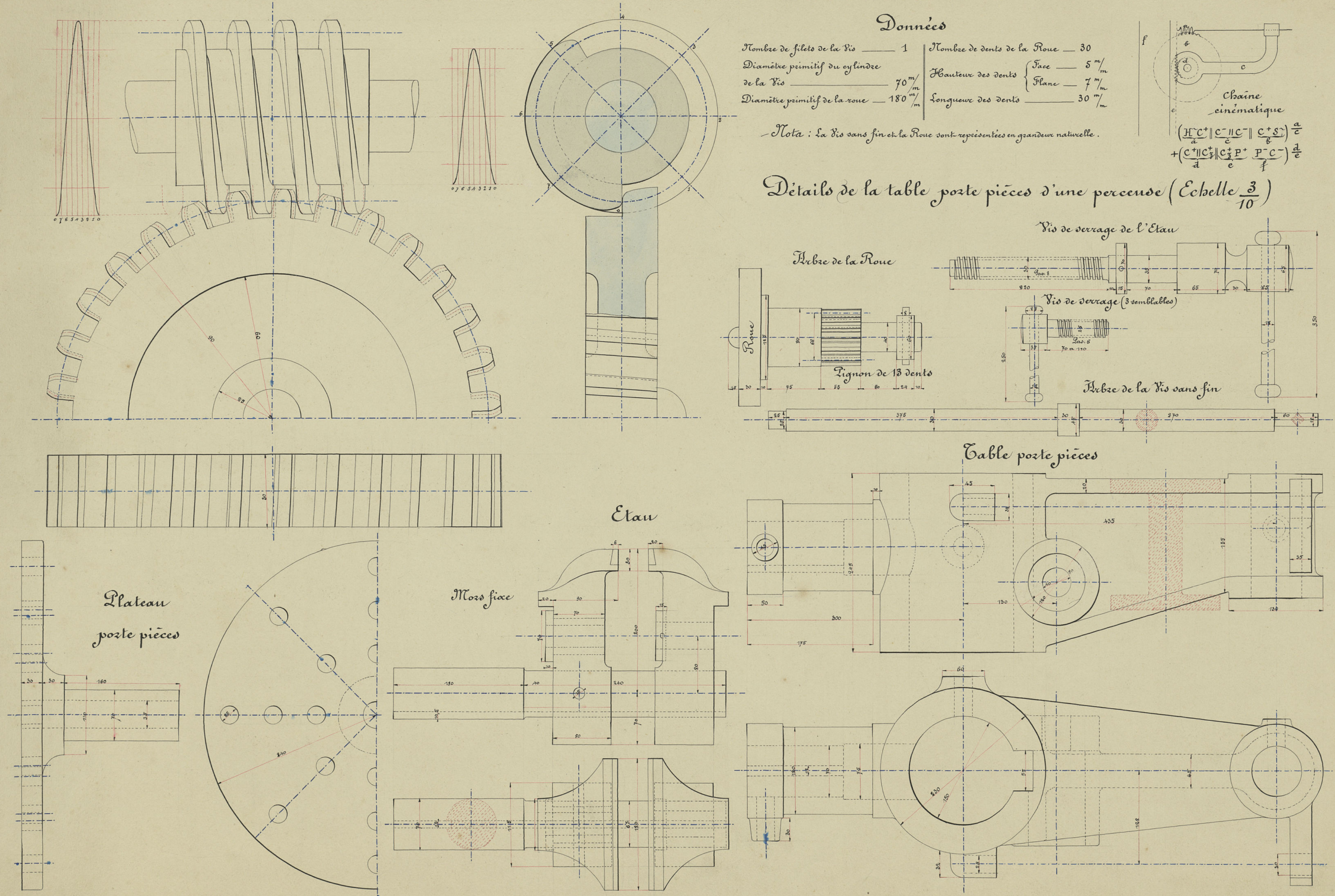
Arbre de la Vis sans fin

Table porte pièces

Etai

Mors fixe

Plateau porte pièces



Du par le Professeur :  
Sillé le 23 Janvier 1911.  
*Clodion*

*sol de kin*



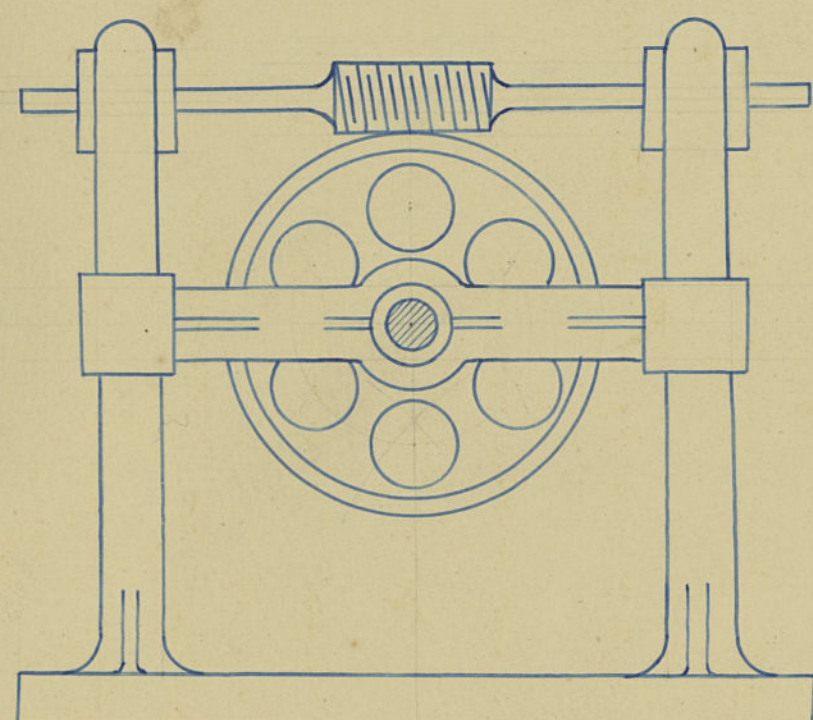
## Données.

Vis à filets = 1 dem. Engrenage = 52 dem  
 Rapport des vitesses =  $\frac{1}{32}$  . Pas de la denture 23,4  
 Epaisseur = 11,7 . Intervalle 12,7  
 Hauteur de la dent 14% de la face 6,5. du flanc 7,5  
 Distance des axes 155  
 Diamètre primitif de la vis 50%  
 Diamètre primitif de la roue 240%

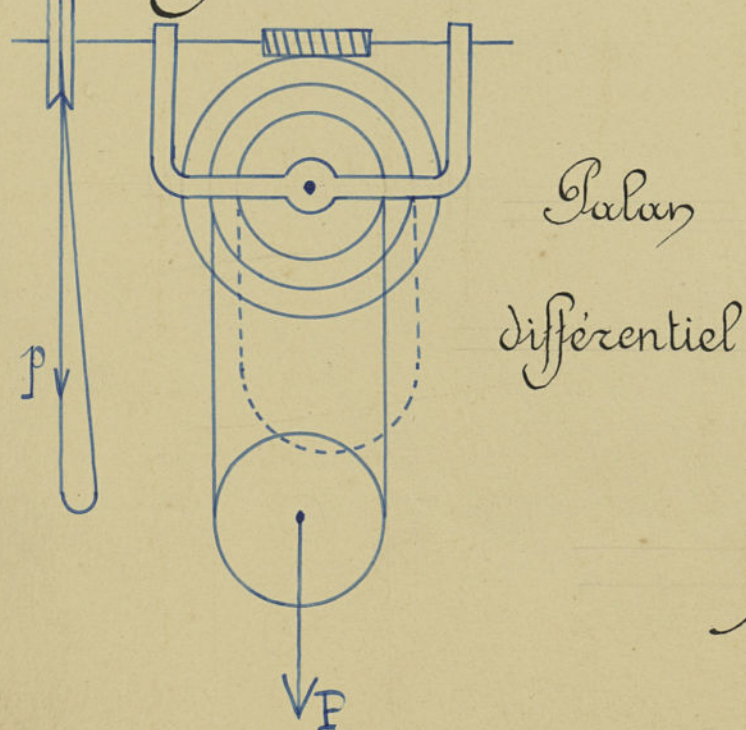
## Symbole

$$(C^+ H \tilde{S} I C^+ C^+ C^+)^{\frac{1}{2}}$$

## Schéma

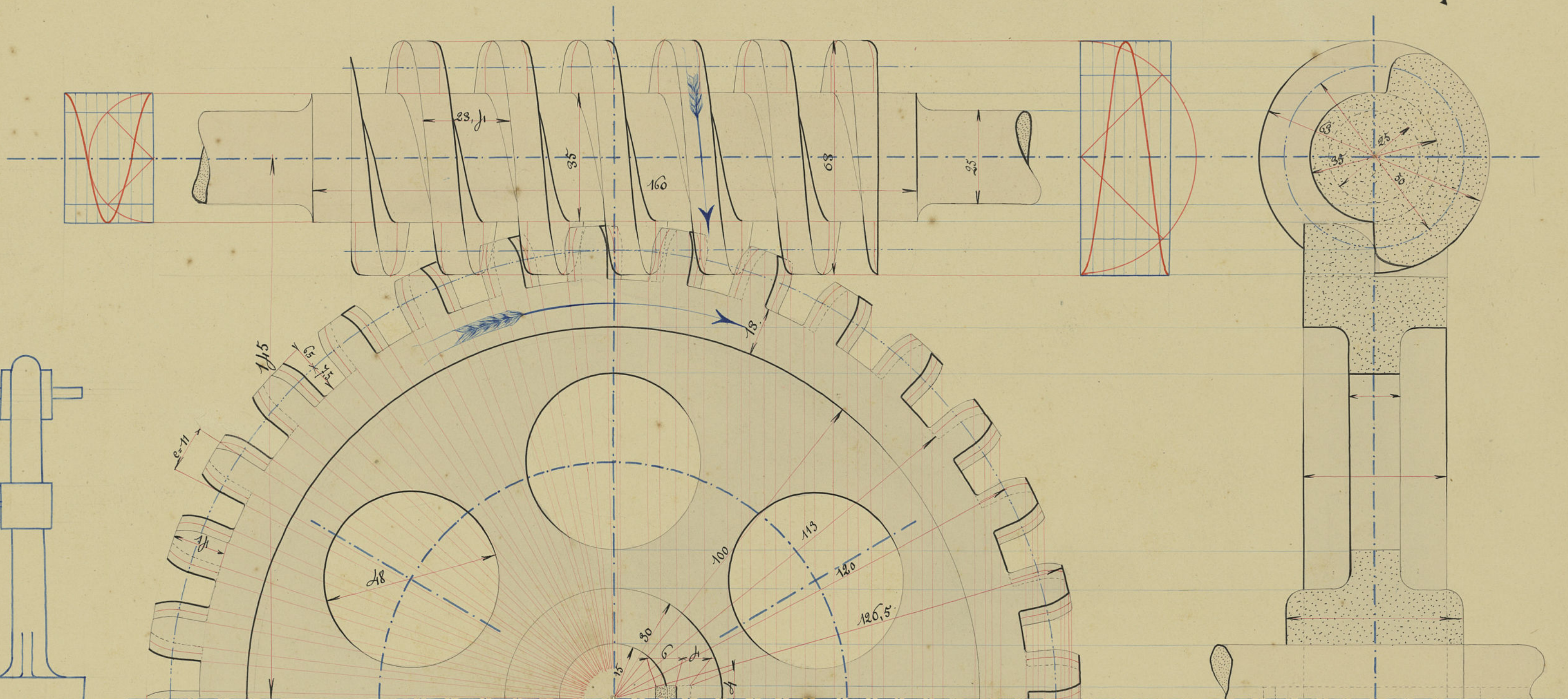


## Application

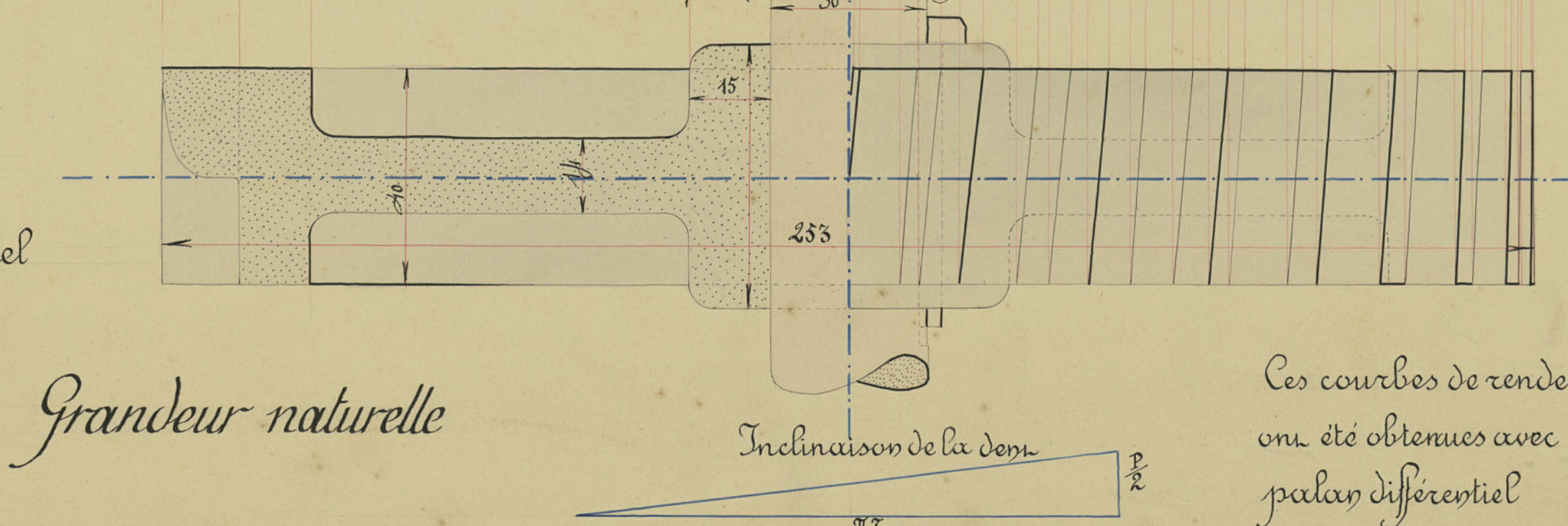


# VIS SANS FIN

## Elevation



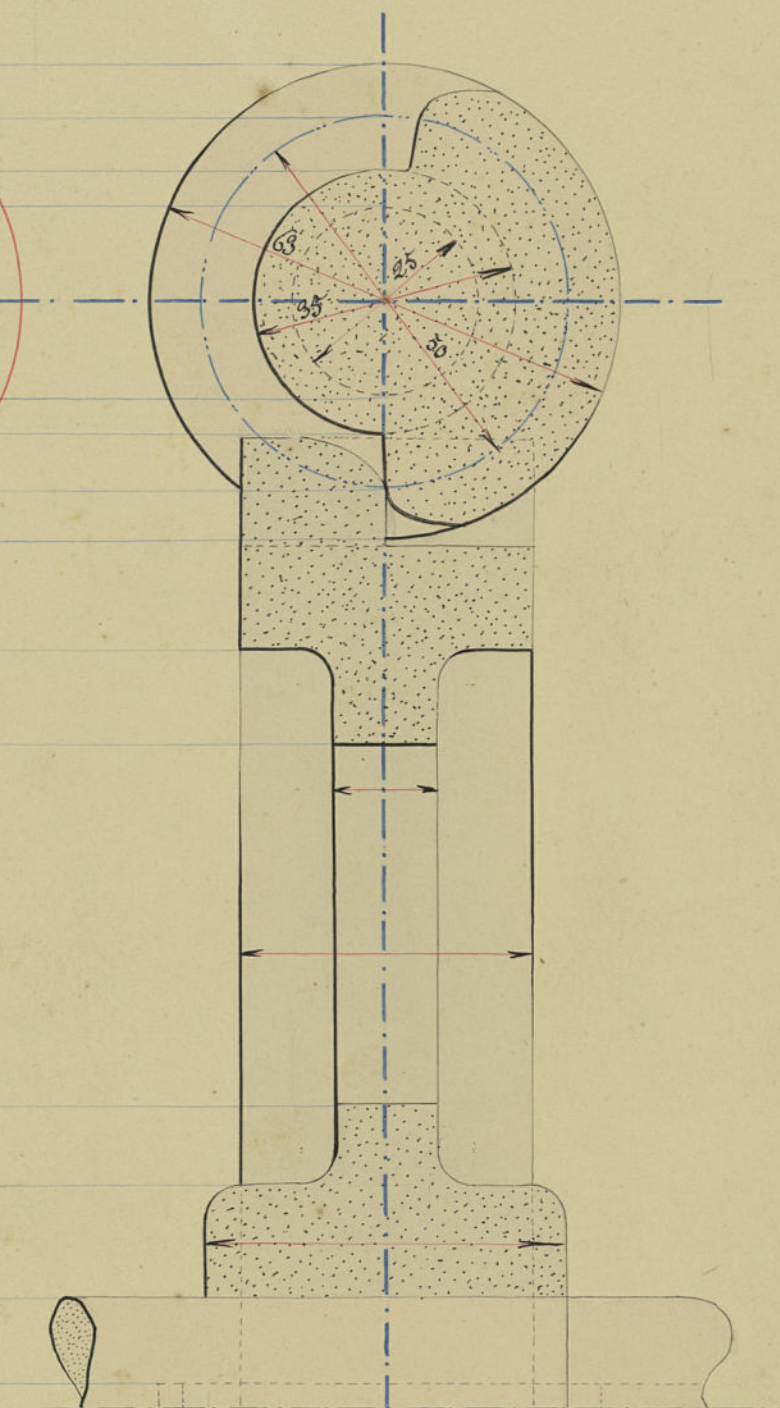
## Demi-coupe plan



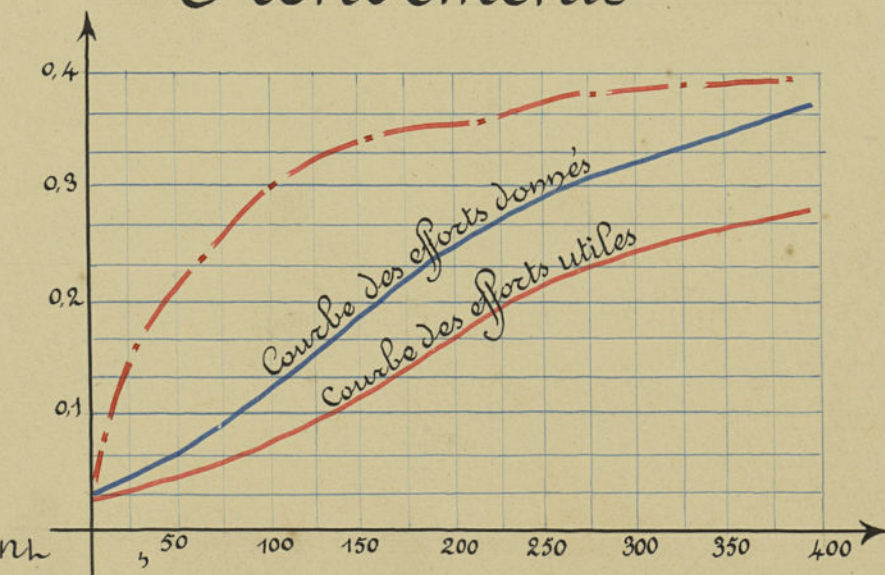
## Légende.

Les essais au palan différentiel si p est l'effort P la résistance et la vitesse de la roue et la vitesse de la vis, on a .  $M_t = p r$   
 $W = p V = p \omega r = M_t \omega = N \omega$   $p r = N r'$   
 $\frac{L}{l} = \frac{\omega'}{\omega} = \frac{r}{r'}$   $J = \sqrt{\frac{16 p r^2}{\pi R}}$

## Profil-coupe



## Rendements



Ces courbes de rendement ont été obtenues avec le palan différentiel

Vu par le professeur  
 Lille le 17 Janvier 1910.

*Clouy*

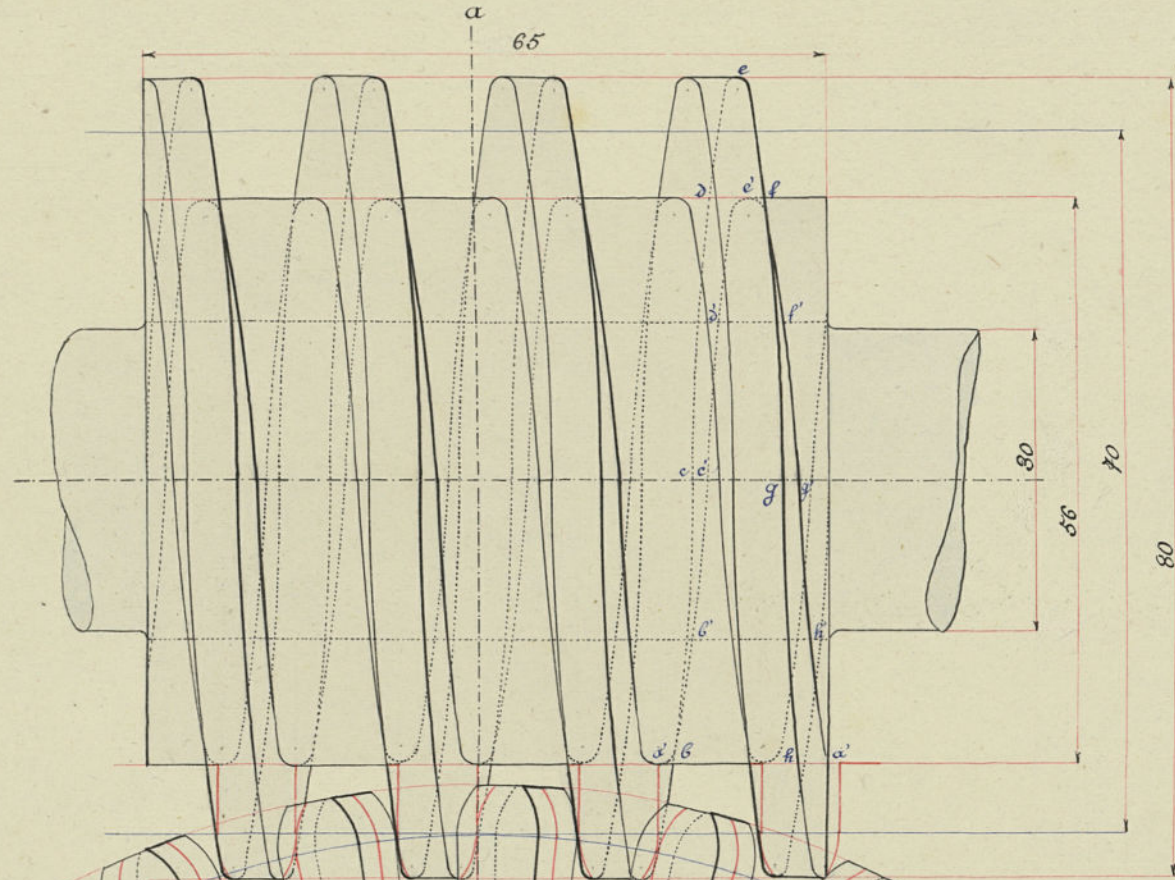
*Rene Schwander*



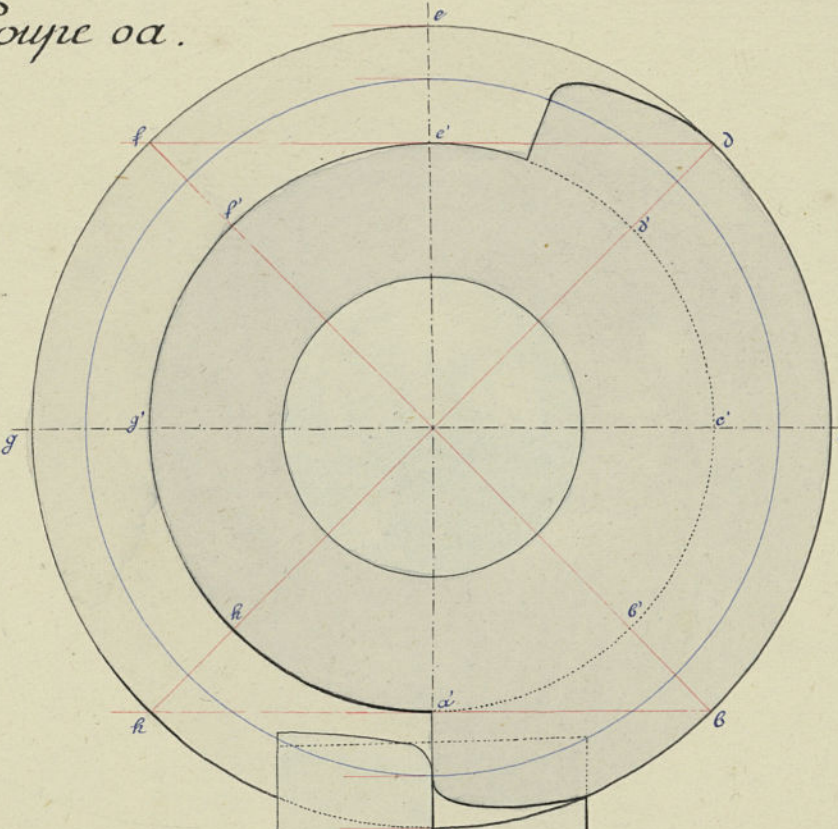
## ENGRENAGE A VIS SANS FIN

Tracé  
de la vis.

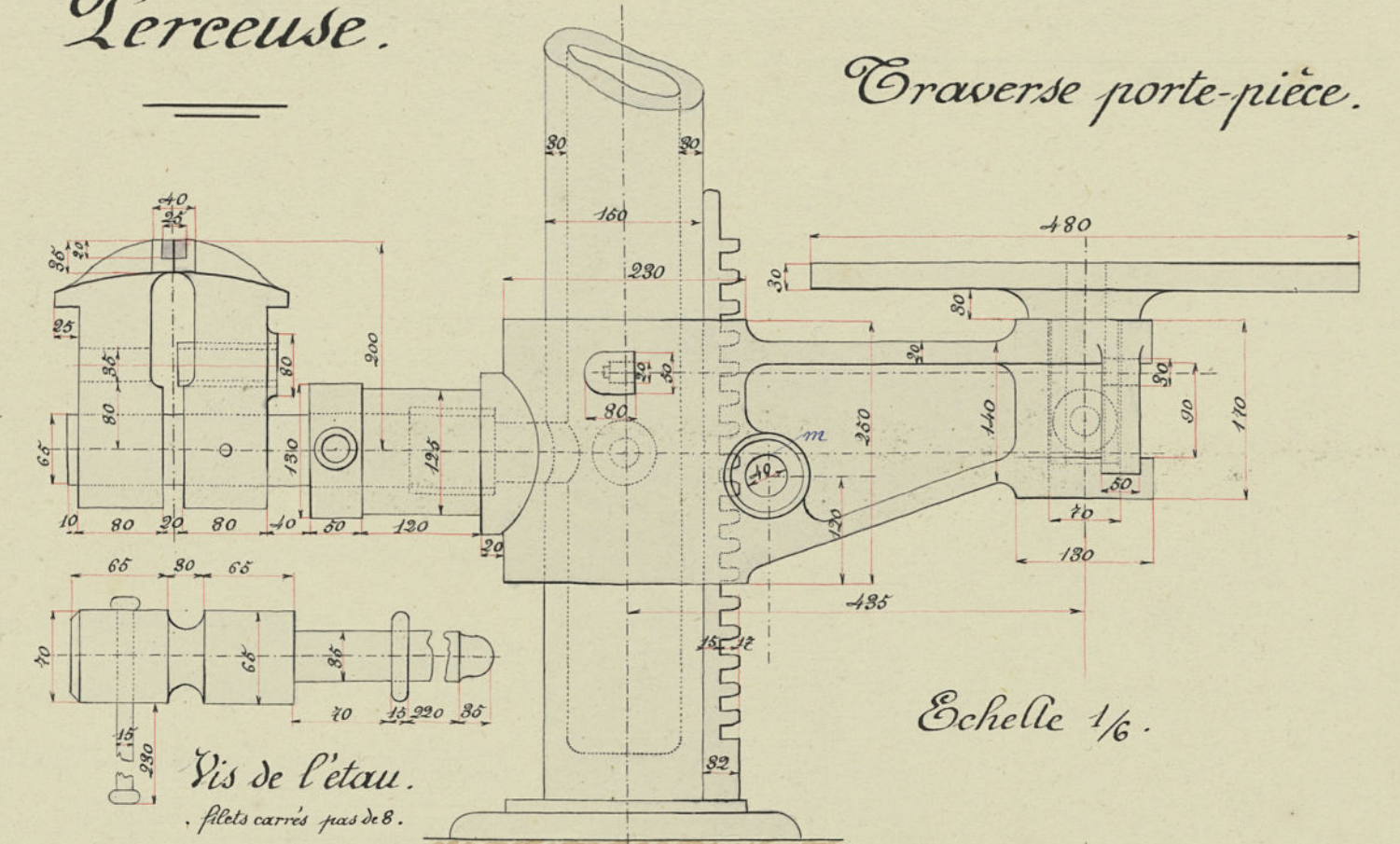
Echelle 4/3.



Coupe oa.



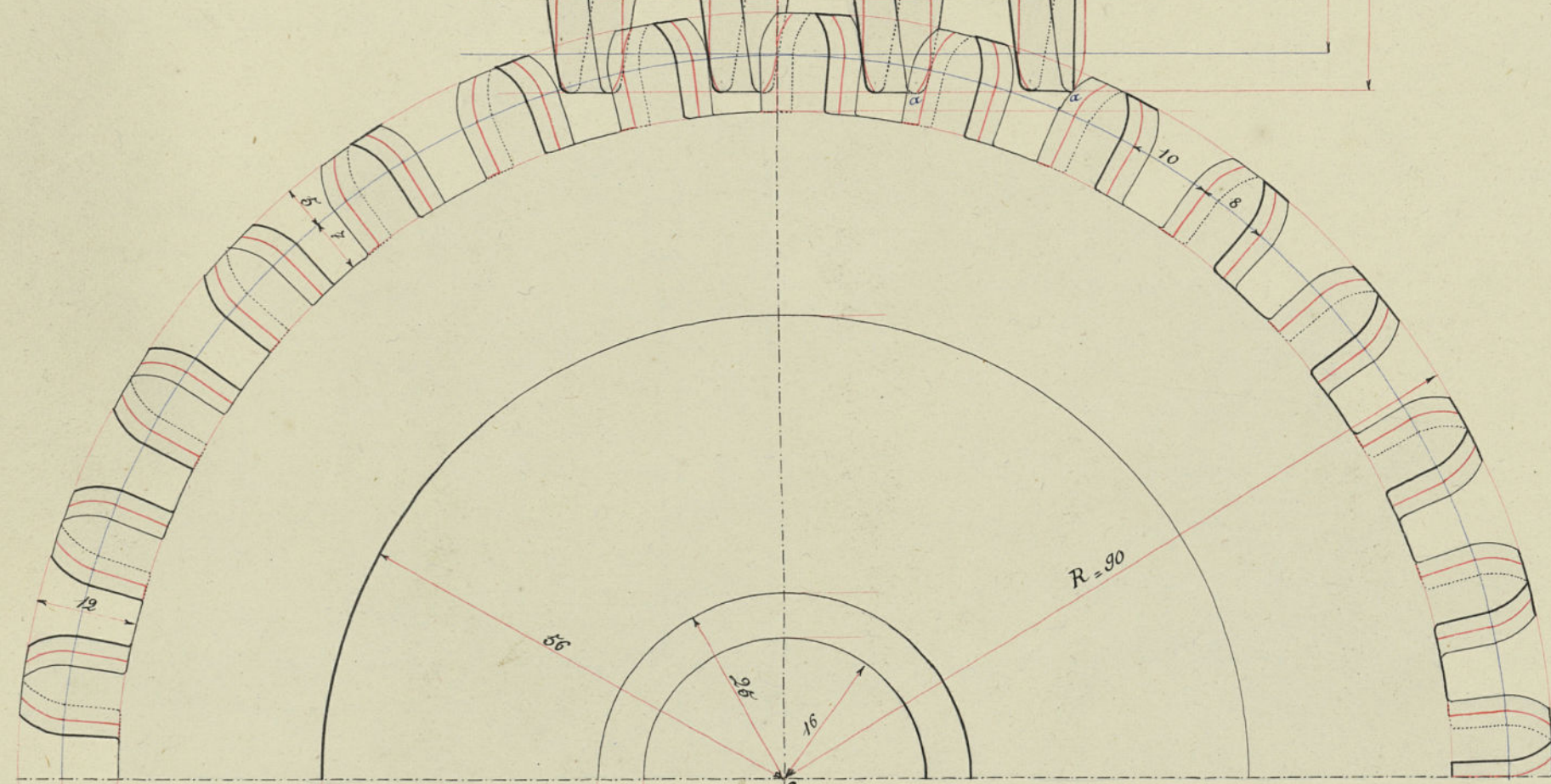
Perceuse.



Traverse porte-pièce.

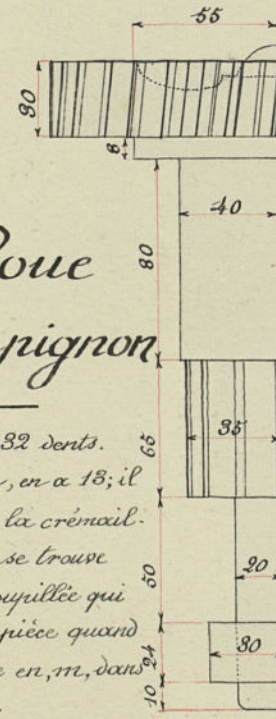
Echelle 1/6.

Vis de l'étau.  
fillets carrés pas de 8.



Roue  
et son pignon

La roue a 32 dents.  
Le pignon p, en a 18; il engraine avec la crémaillère. En c, se trouve une bague goussillée qui maintient la pièce quand elle est entrée en m, dans la traverse.



Rendement de la vis

Un premier essai fait à l'atelier nous a donné pour rendement de la crémaillère 90%; dans un suivant, nous avons obtenu 17% pour rendement de l'ensemble des mécanismes de la perceuse. De ces résultats, nous avons déduit le rendement de la vis sans fin.  
Voici comment on opère dans le second essai. Sur l'arbre de la vis on cale une poulie sur laquelle passe un fil qui sert à suspendre des poids P'. On détermine le déplacement ascendant de la traverse pour un tour de la poulie, on trouve 7 millimètres. On charge la table de poids P. Pour chaque poids P, on note le poids P' sous l'action duquel la poulie prend un mouvement de rotation uniforme. On construit la courbe des P' en fonction des P, cette courbe est une droite.

Rendement des Mécanismes. Si  $W_m$  désigne le travail moteur pour un tour de la poulie on a:  $W_m = P' \cdot l \cdot R \cdot 2\pi$ . Or  $W_u$  est le travail utile correspondant  $W_u = P \cdot l$ . Le rendement K des mécanismes est donc:

$$K = \frac{W_u}{W_m} = \frac{P}{P'} \cdot 0,0025. \text{ En donnant à P et P' des valeurs trouvées on ce: } K = 17\%.$$

Rendement de la vis. Soit K' la valeur du rendement de la vis, on a:  $K = 0,001 K'$  d'où l'on tire  $K' = 19\%$ .

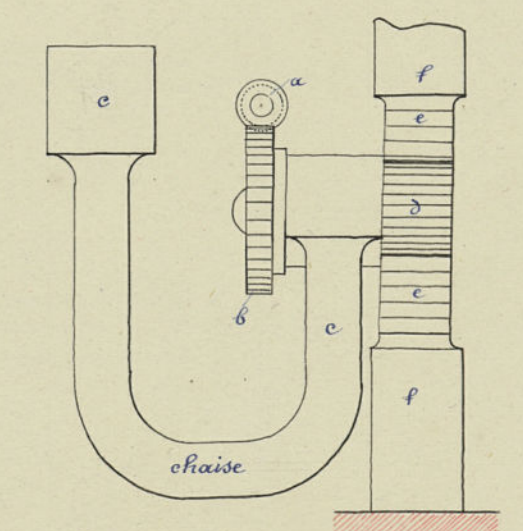
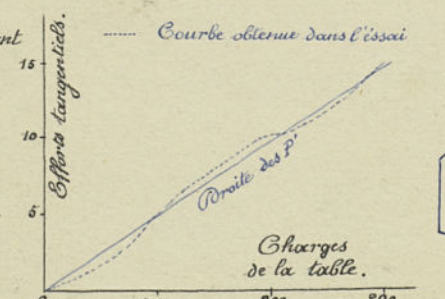


Schéma.

Chaîne cinématique.

$$\left[ \frac{a}{H} \cdot \frac{c}{C} \cdot \frac{b}{S} \right]^{\alpha} + \left[ \frac{c}{C} \cdot \frac{P}{P'} \cdot \frac{P}{C} \right]^{\beta}$$

Données

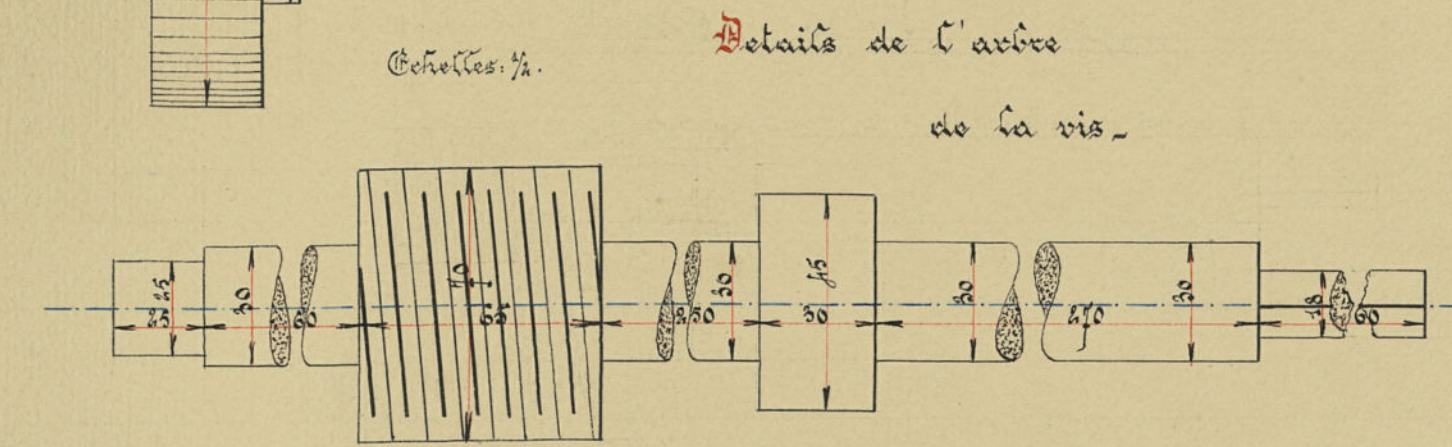
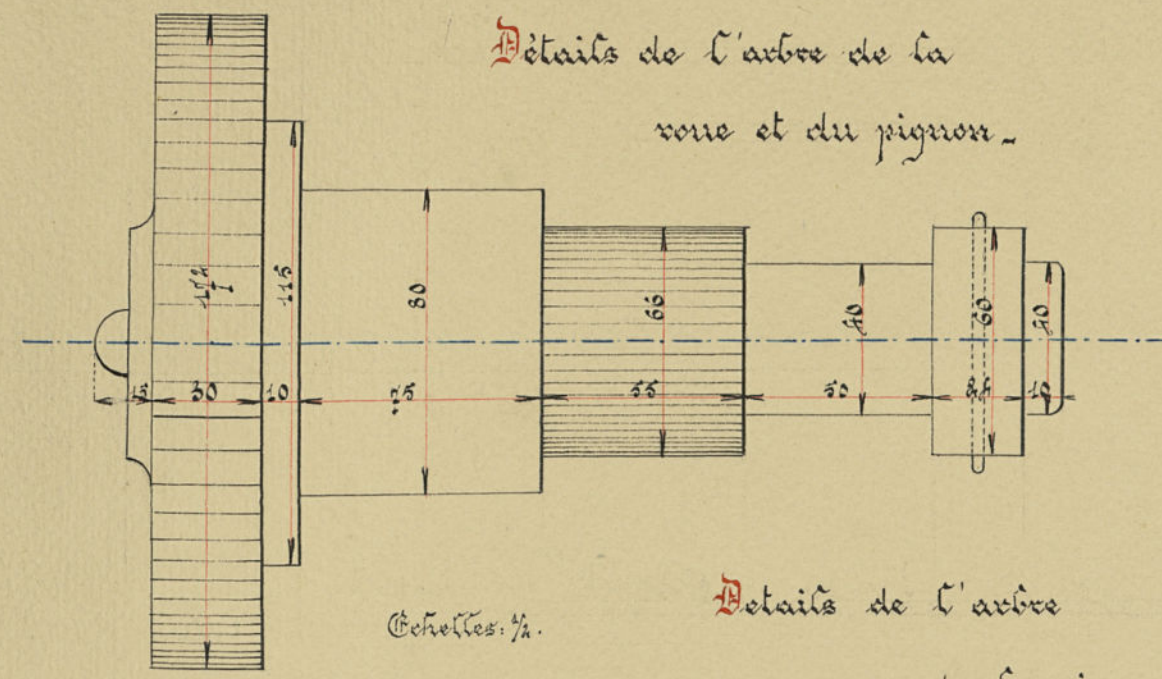
Diamètre du cylindre primitif de la vis.	70	Croix de la dent.	10
Diamètre primitif de la roue.	170	Hauteur de la dent.	12
Nombre de filets de la vis.	1	Hauteur du flanc.	7
Nombre de dents de la roue.	30	Hauteur de la face.	5
Pas de la denture.	18	Largeur de la dent.	80
Epaisseur de la dent.	8	Longueur de la vis.	65
		Diamètre de l'arbre de la vis.	30

Lille le 23 Janvier 1911.

Vu par le Professeur:

*Clodion*



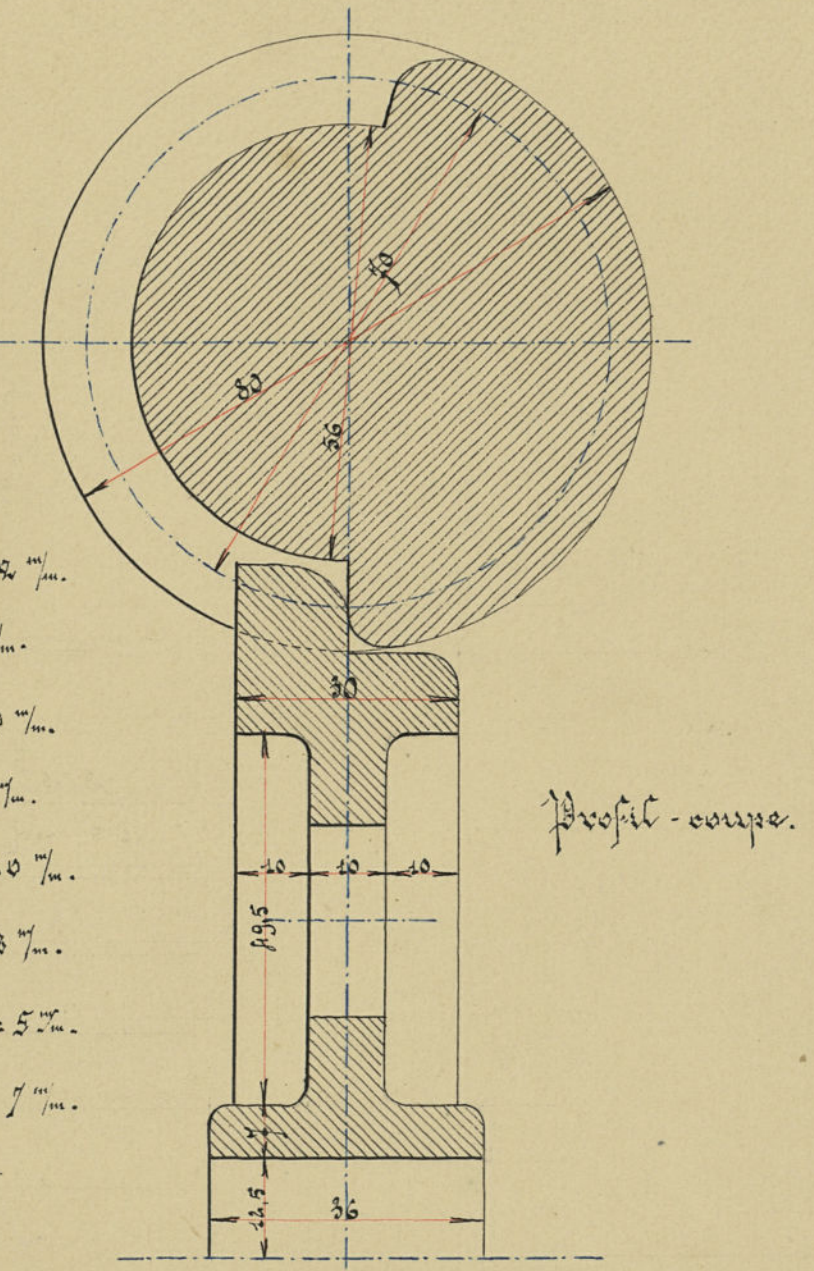
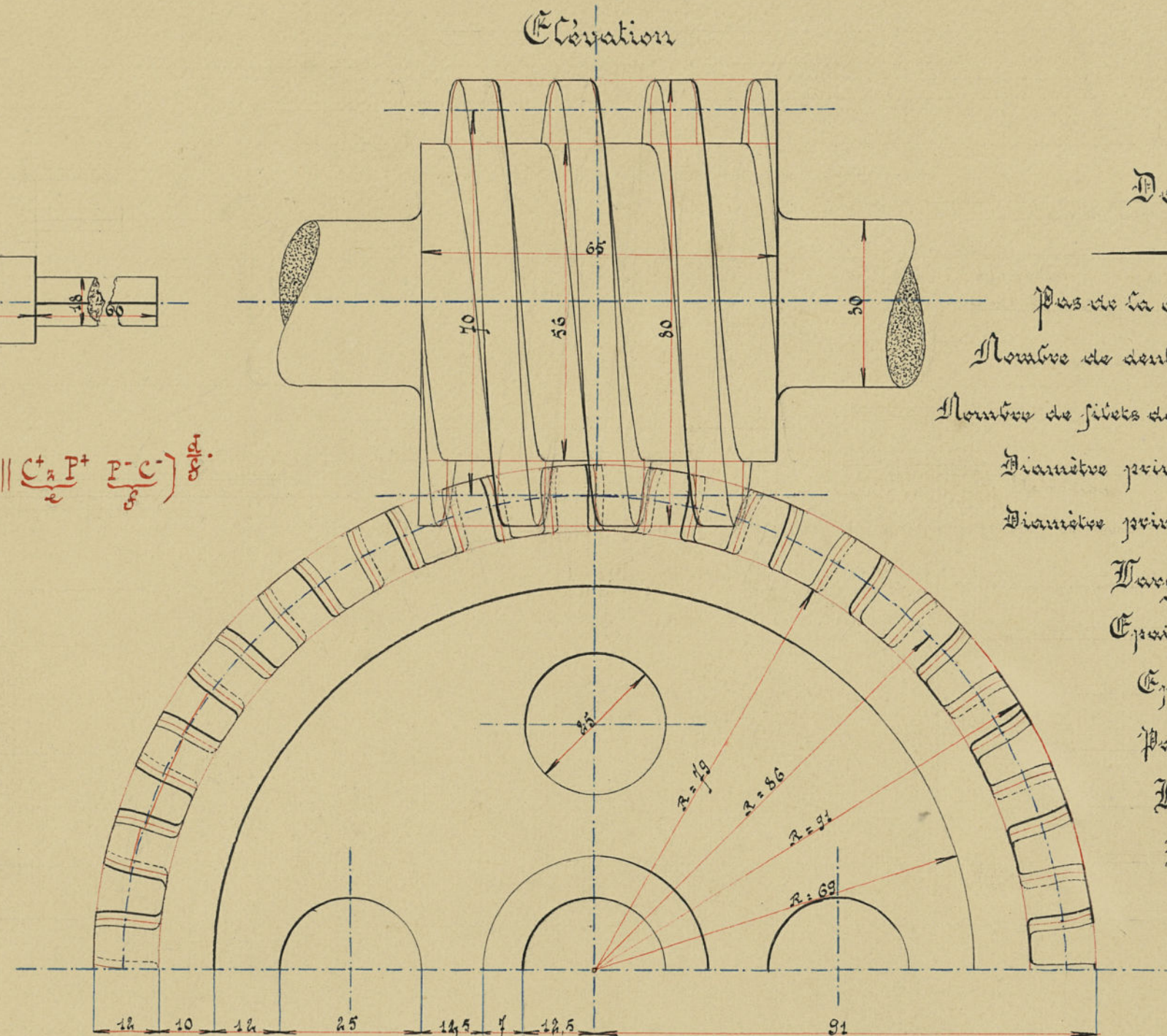


## VIS SANS FIN

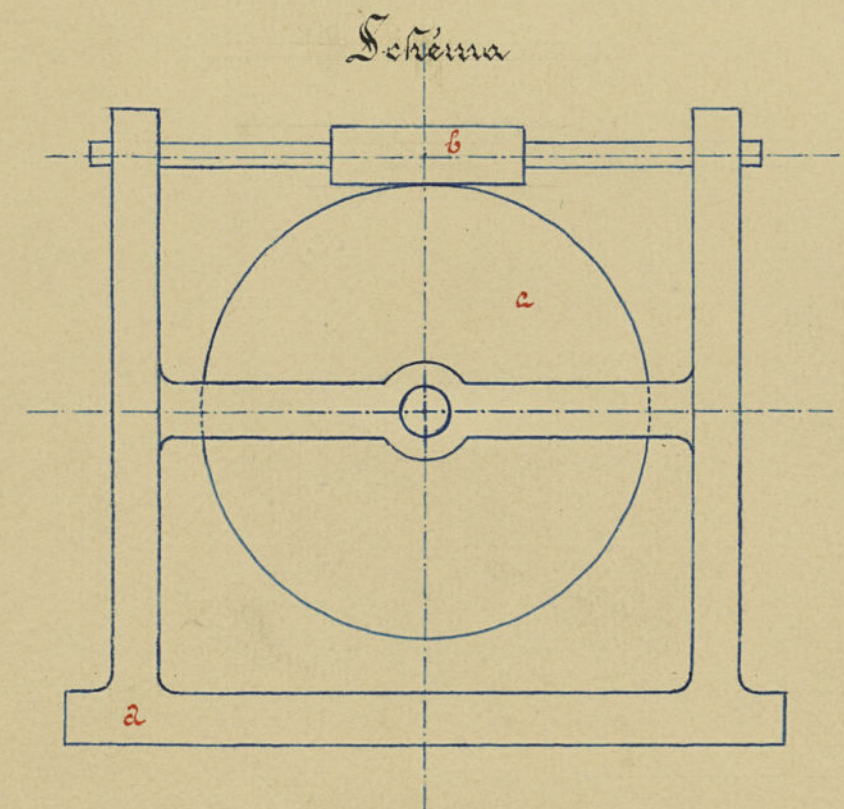
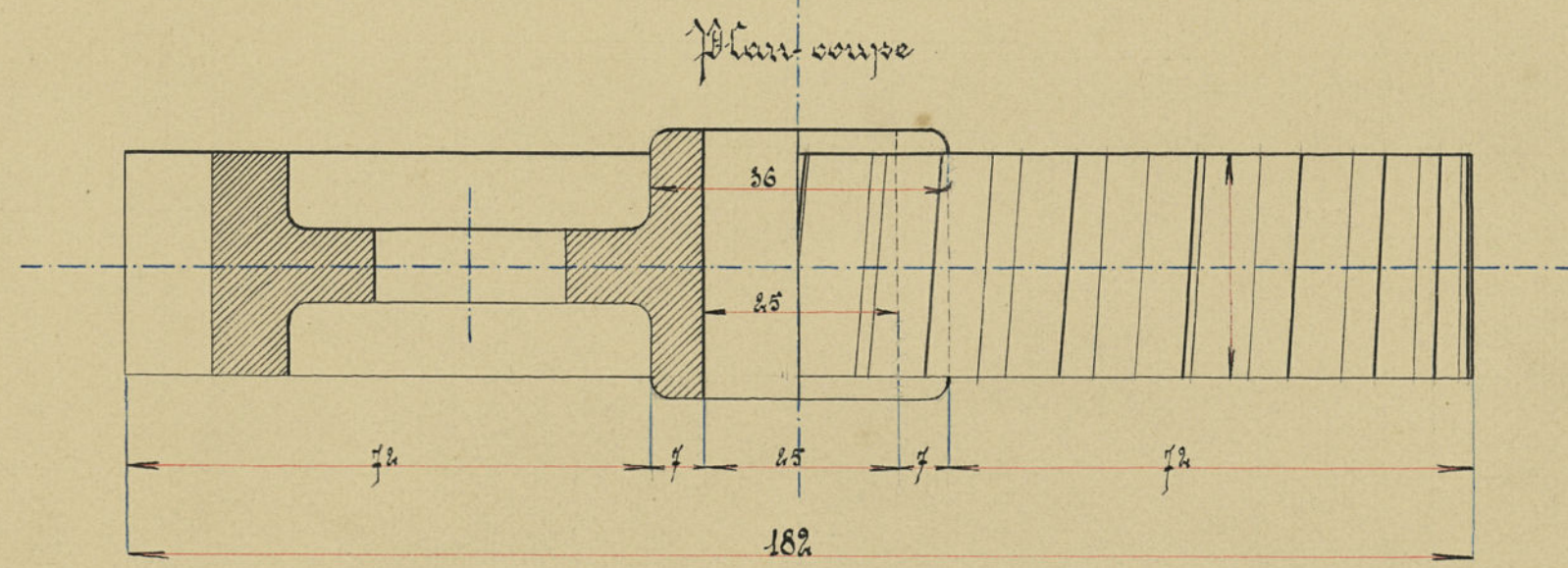
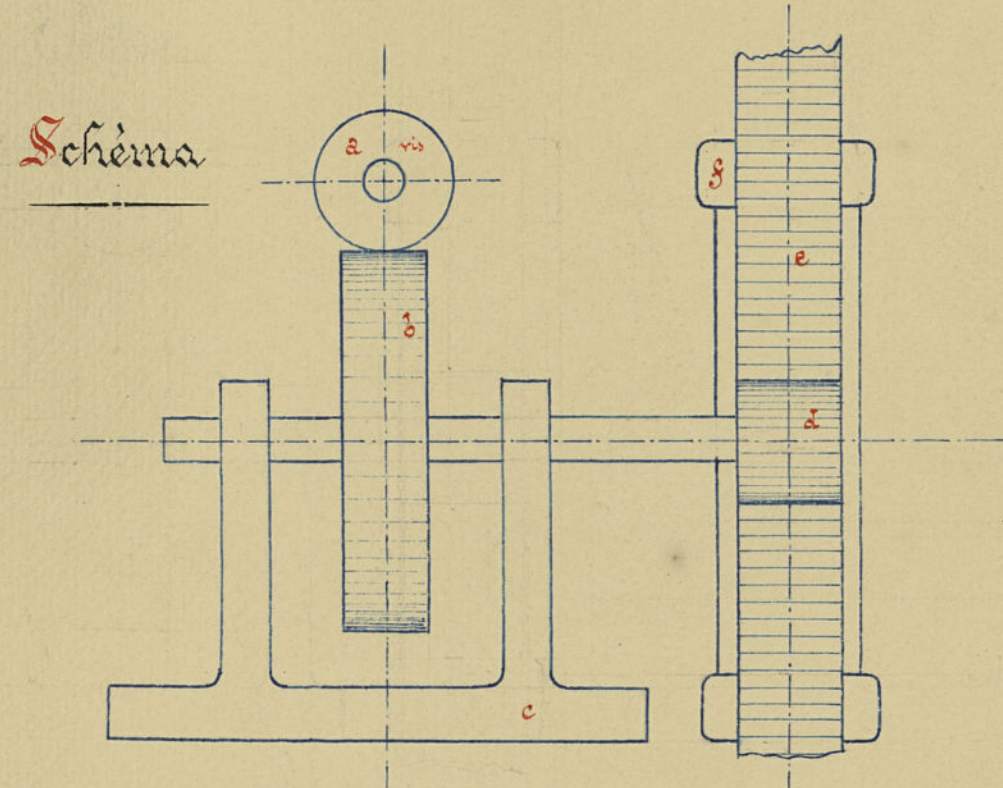
Chaîne cinématique:  $(C^+H \parallel S \perp C^+ \parallel C-C)^{1/6}$

**Légende**

Presque les axes sont situés dans des plans perpendiculaires et à une assez faible distance distance l'un de l'autre on emploie pour transmettre le mouvement une vis appelée vis sans fin, formée de quelques filets engrenant avec un pignon monté sur le deuxième axe. Il peut arriver comme dans le cas présent que la vis soit simple c'est à dire à un seul filet dans ce cas le pas de la roue dentée est égal au pas de la vis car il est égal au pas de la vis à double filet. Mais parfois on enroule sur le même rayon un certain nombre de filets (3 au plus). Le pas de la roue dentée est alors égale en un deux filets consécutifs à 2 au pas de la vis: nbs. des filets.



Chaîne cinématique:  $(\frac{F^+C}{2} \parallel \frac{C^+C}{2} \parallel \frac{C^+S}{2})^{1/6} + (\frac{C^+C}{2} \parallel \frac{C^+F^+}{2} \parallel \frac{F^+C}{2})^{1/6}$



Echelle: Grandeur naturelle.

Sur plan le professeur:  
Wille le 30 Janvier 1911.

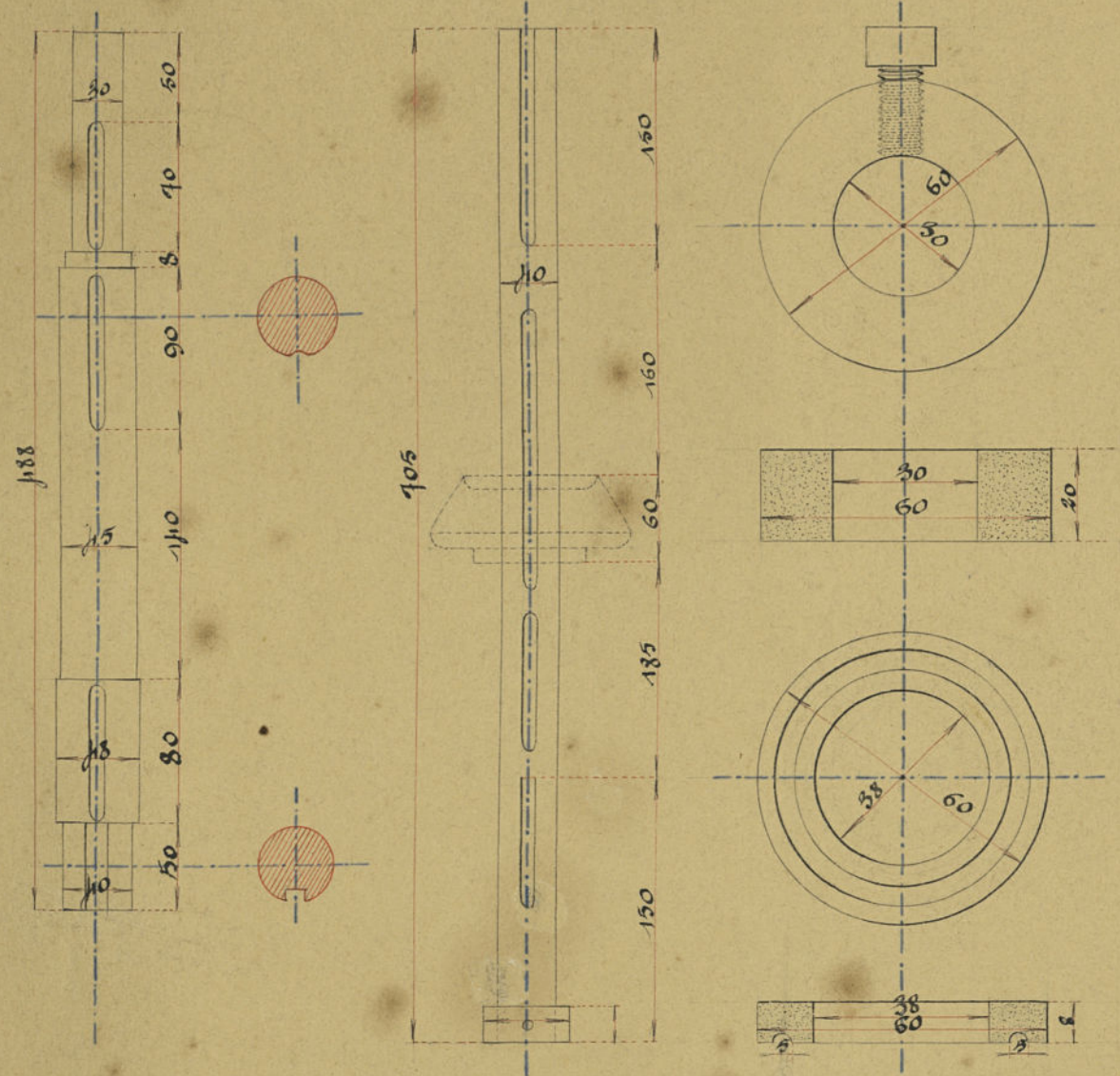
Blondel

Blondel



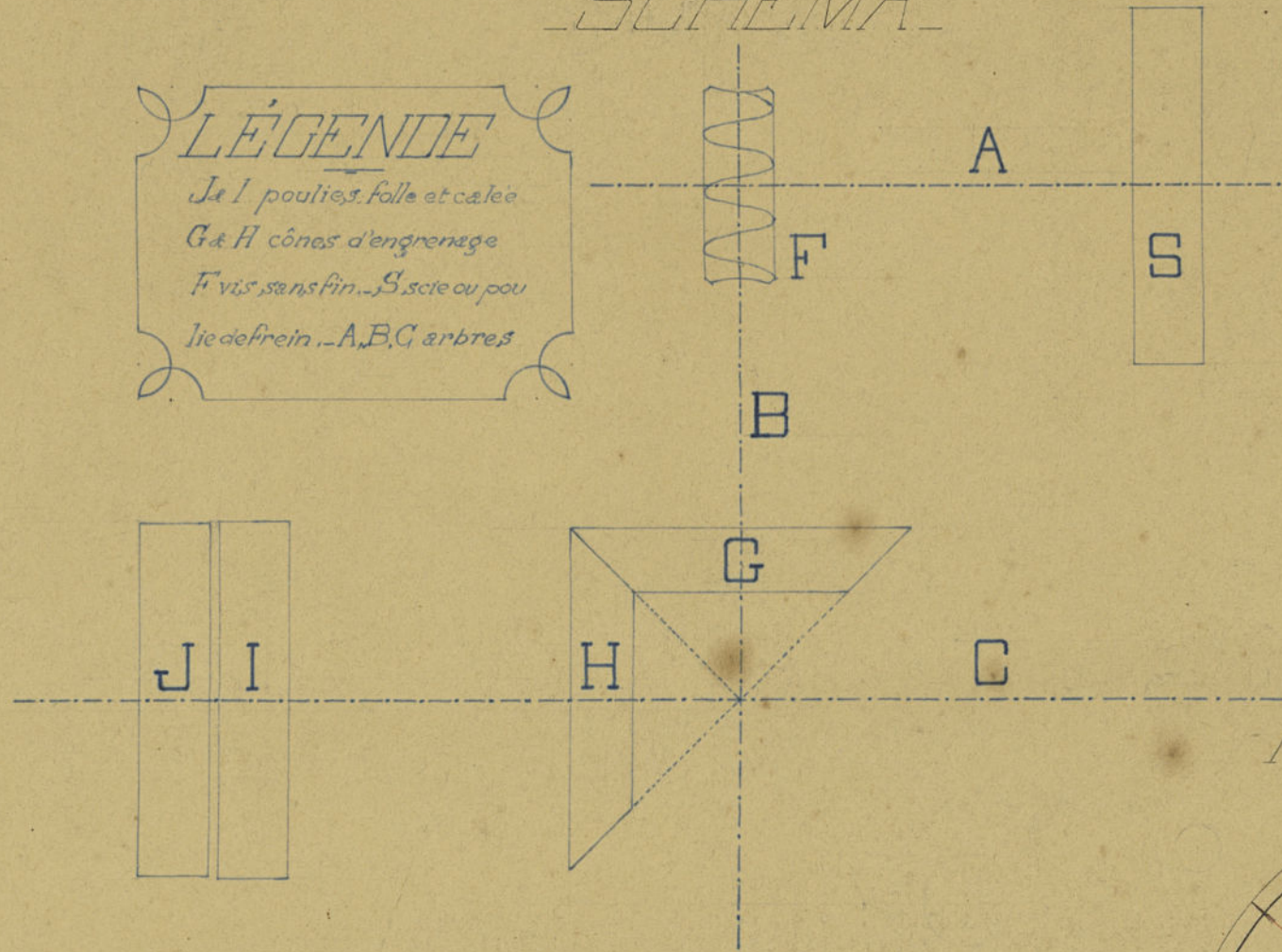
## ENGRENAGE A VIS SANS FIN

ARBRES B ET C BAGUES

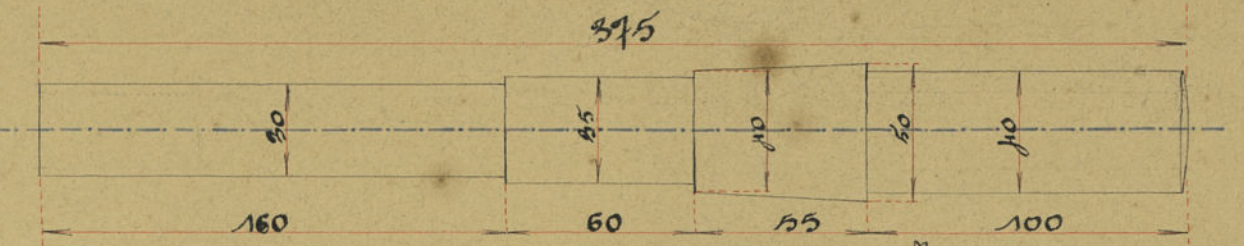


SCHEMA

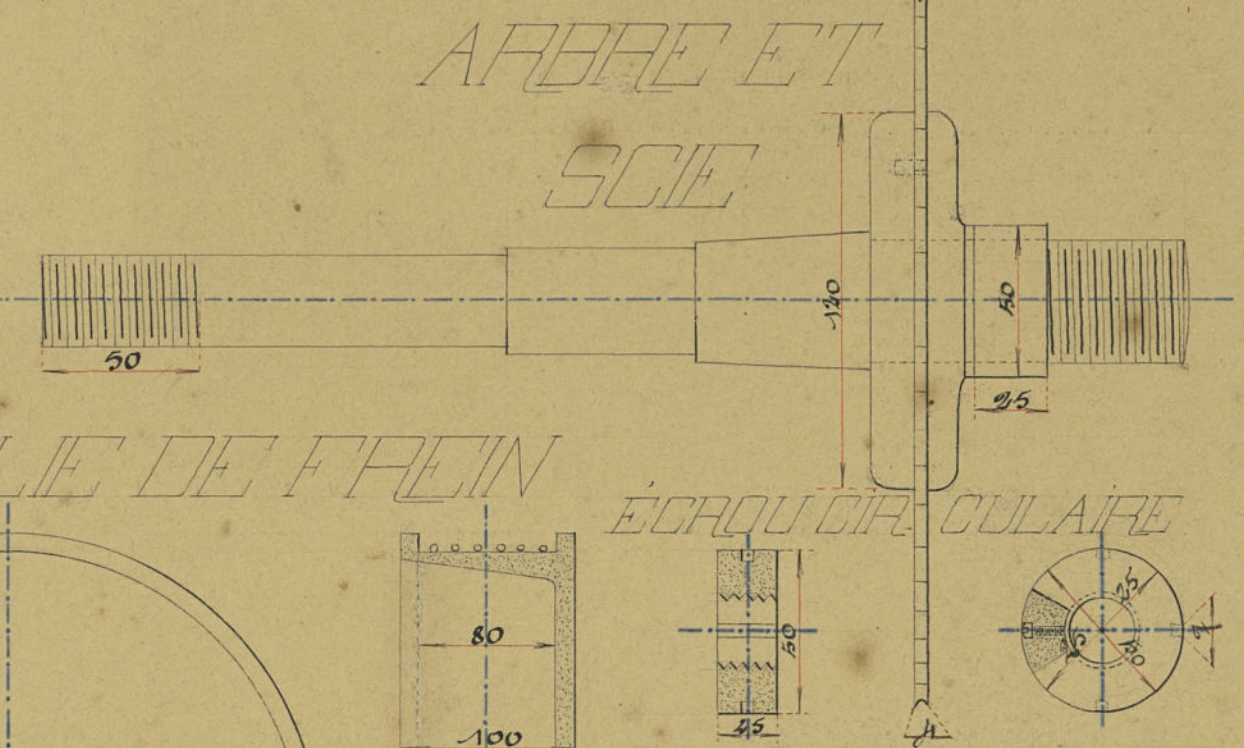
**LÉGENDE**  
 J, I, poulies, filets et cales  
 G, H cônes d'engrenage  
 F, vis sans fin, S, scie ou pou  
 de frein, A, B, C, arbres



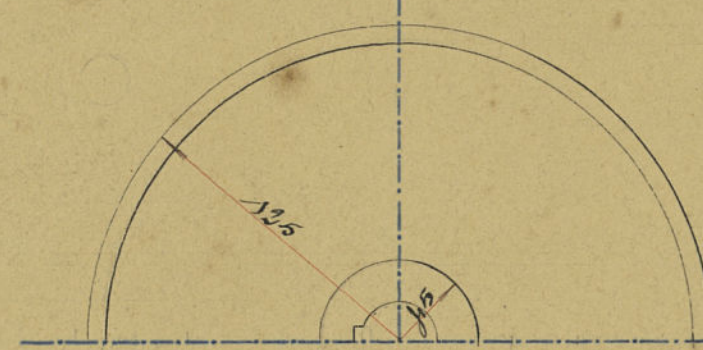
ARBRE A



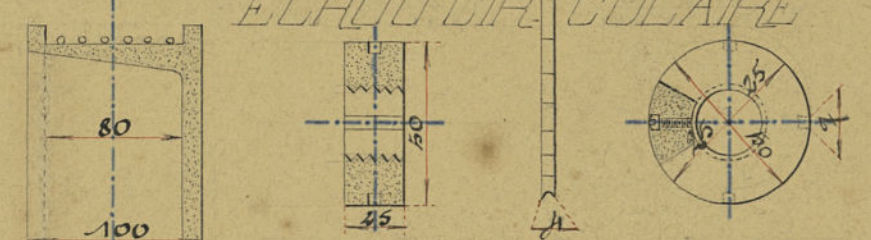
ARBRE ET SCIE



POULIE DE FREIN

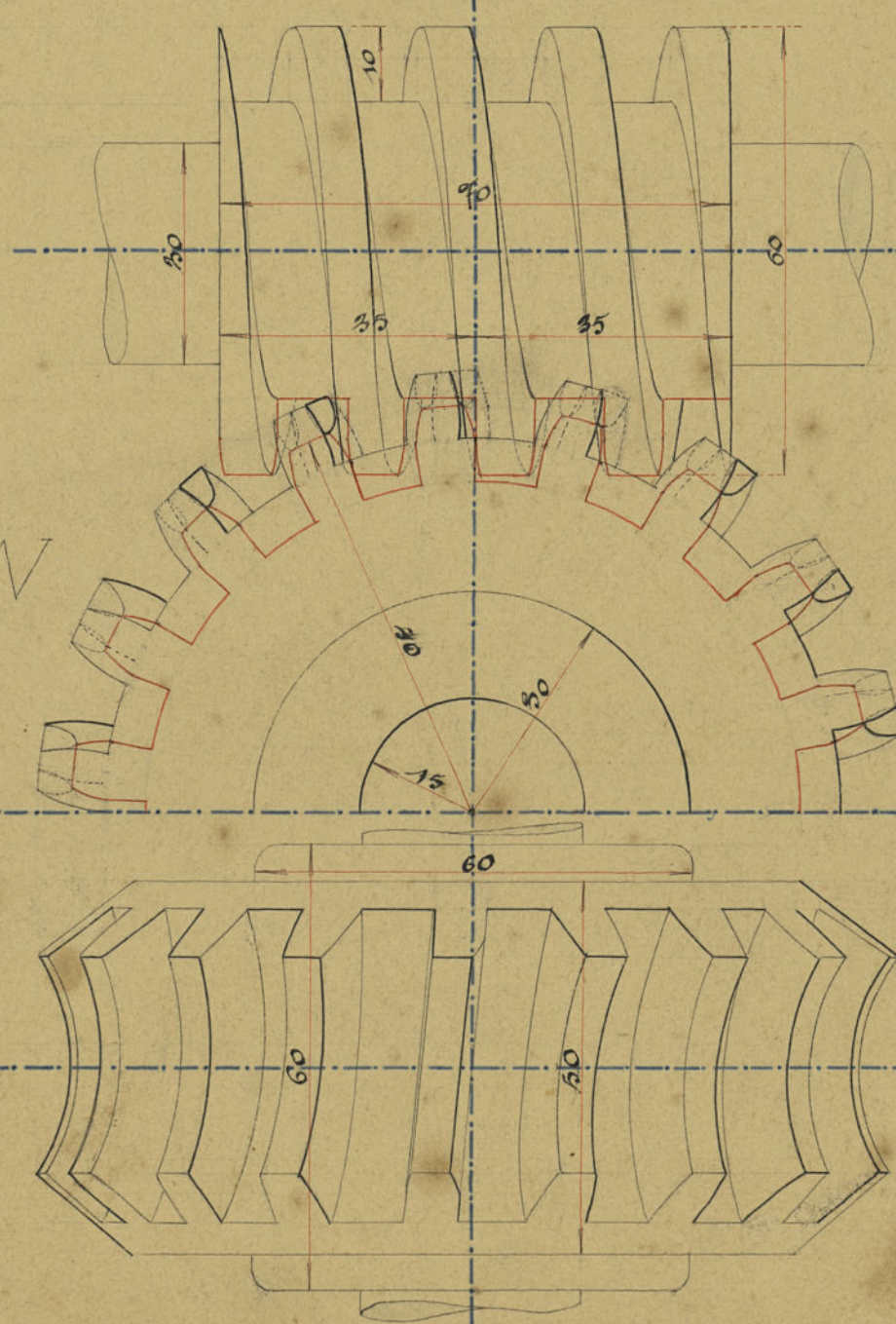


ÉCROU CIRCULAIRE

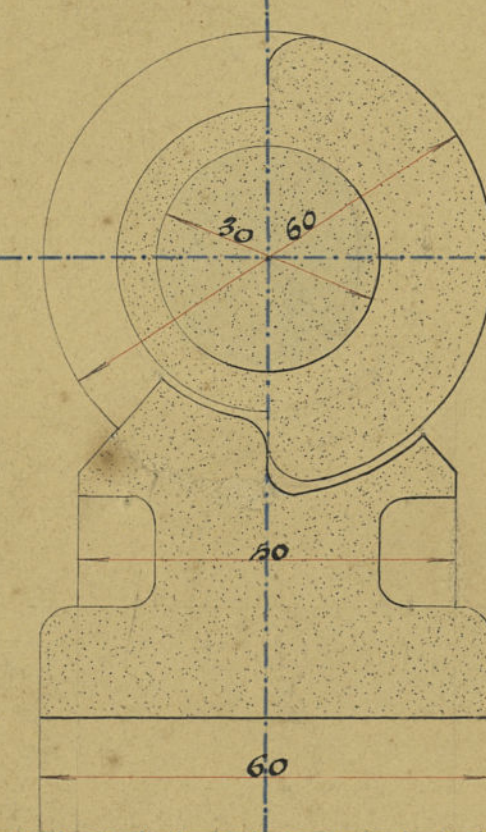


ROUE ET VIS

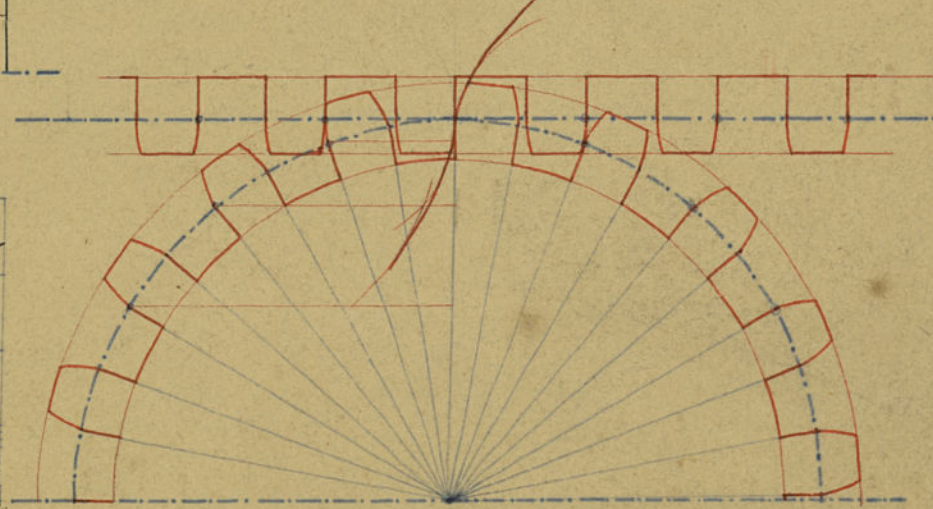
ELEVATION ET VUE EN PLAN DE LA ROUE



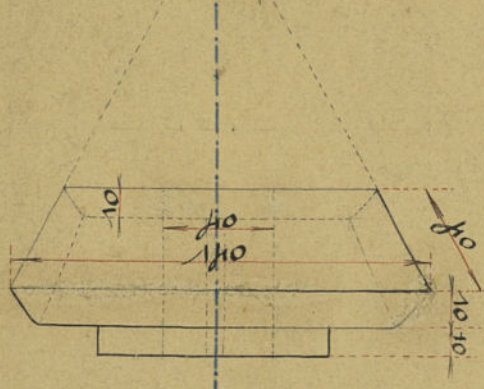
COUPE



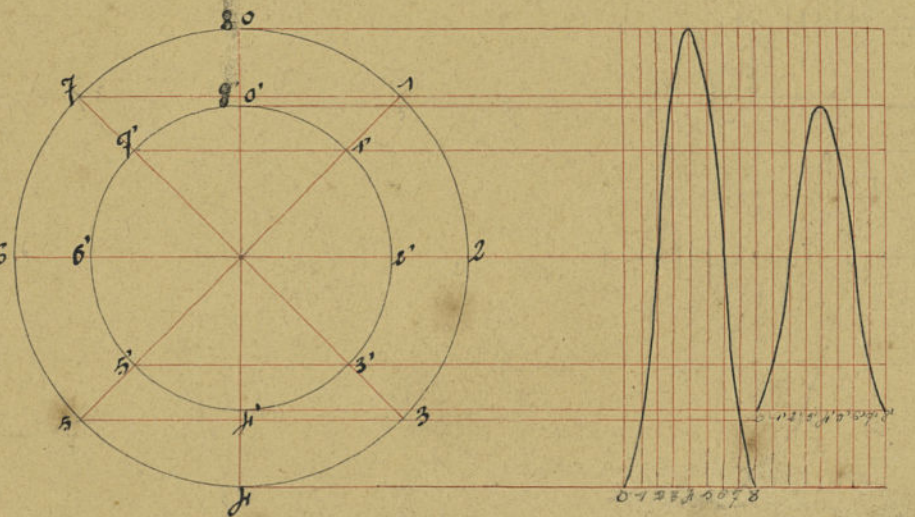
TRACE DU PROFIL



PIGNON CONIQUE



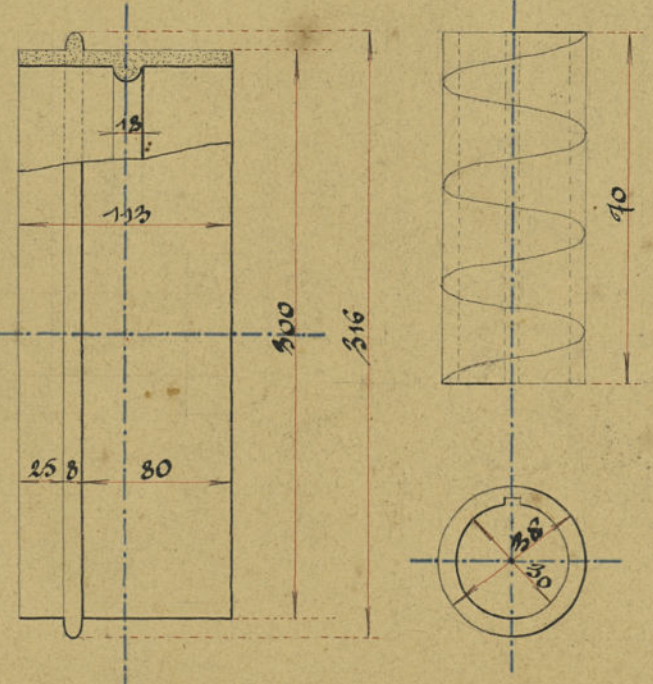
TRACE DE L'HELICE



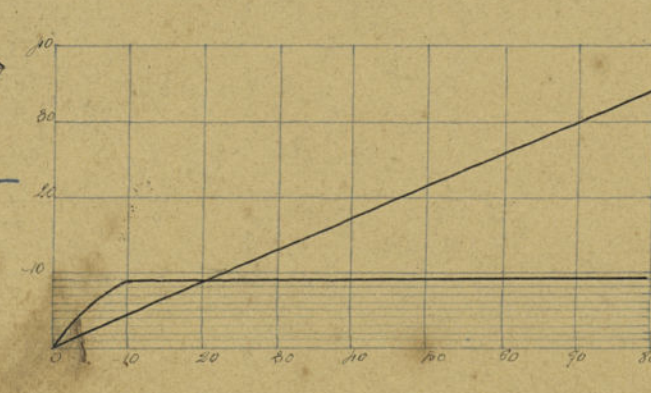
POULIE CALEE



VIS SANS FIN



Travail utile et rendement



Fait par le professeur:  
 Le 11 Janvier 1907.

10

L. Surmont



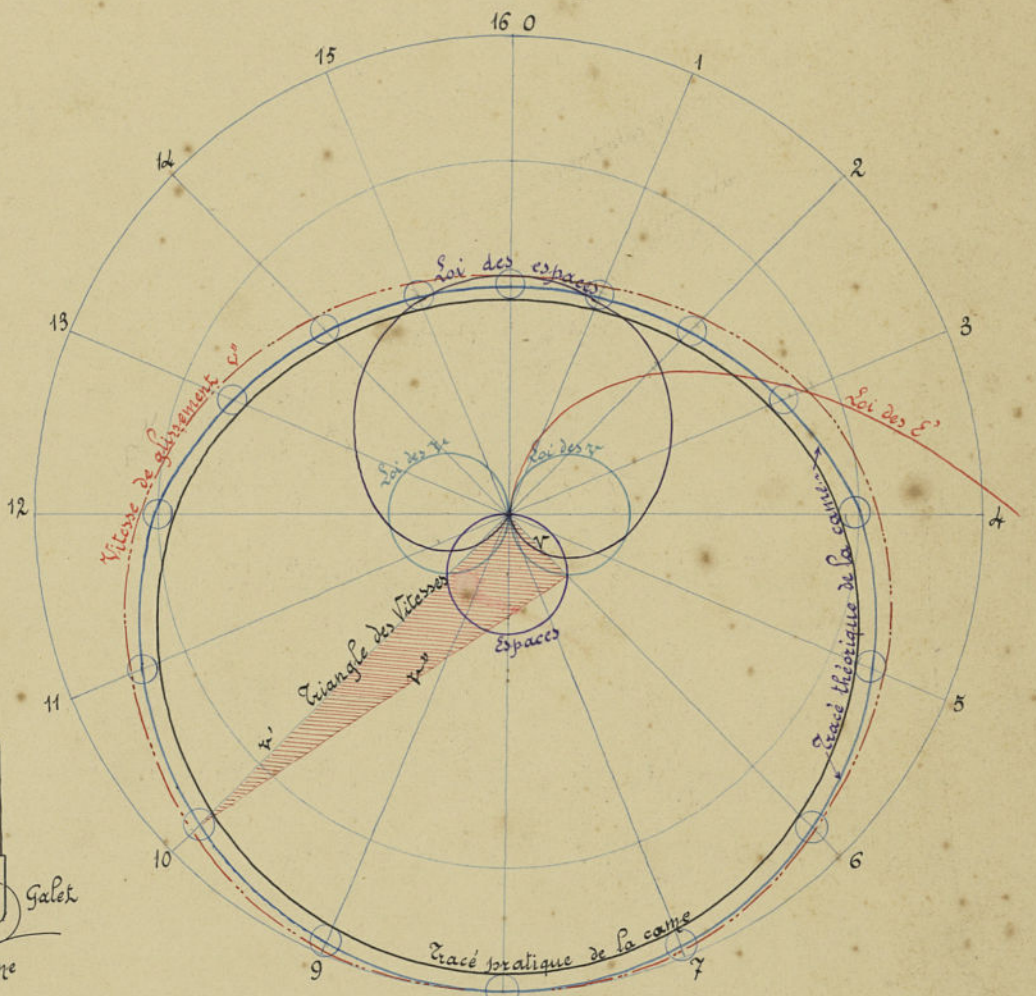
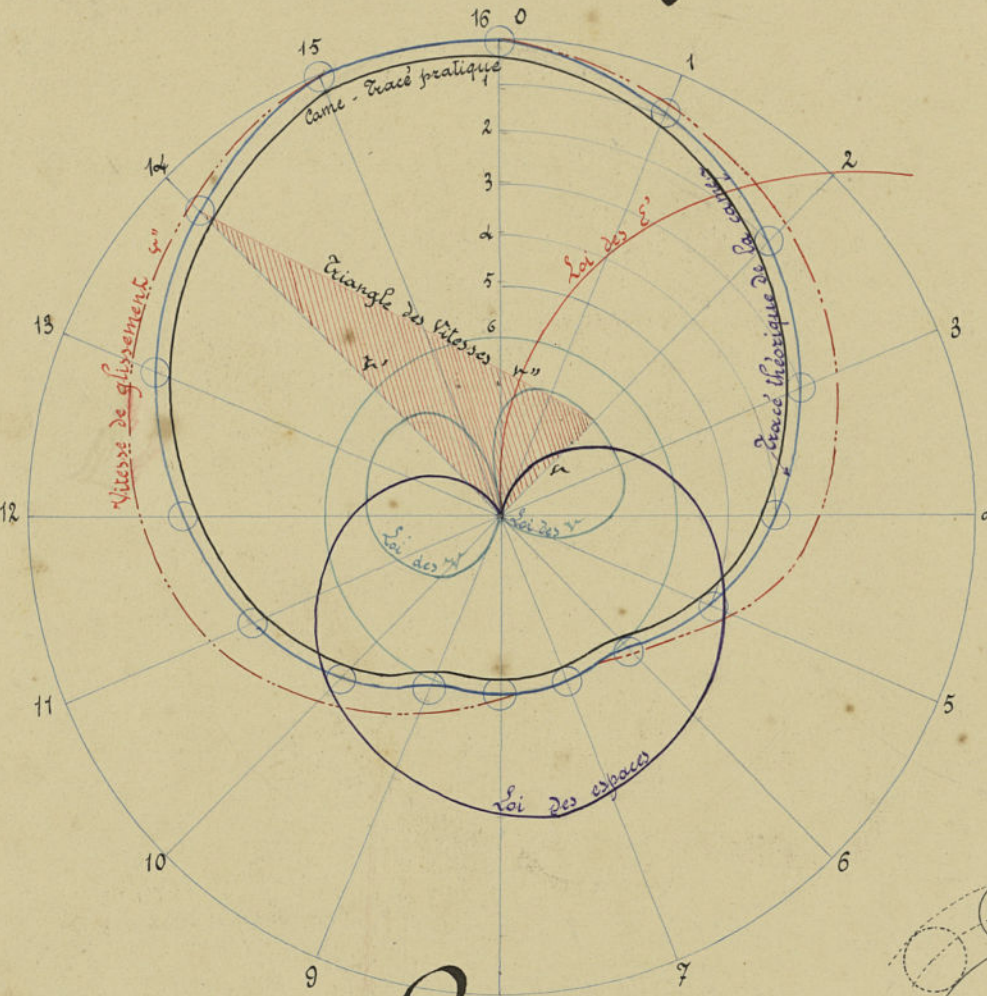
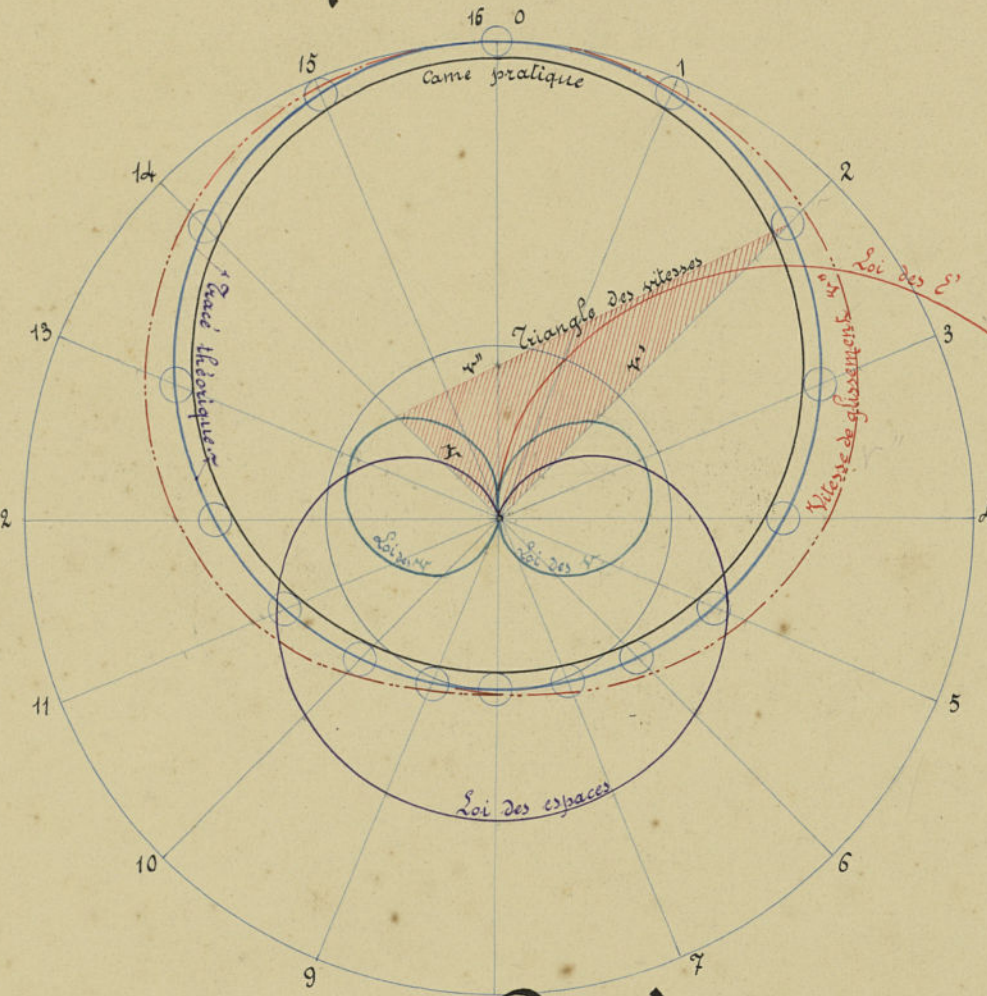
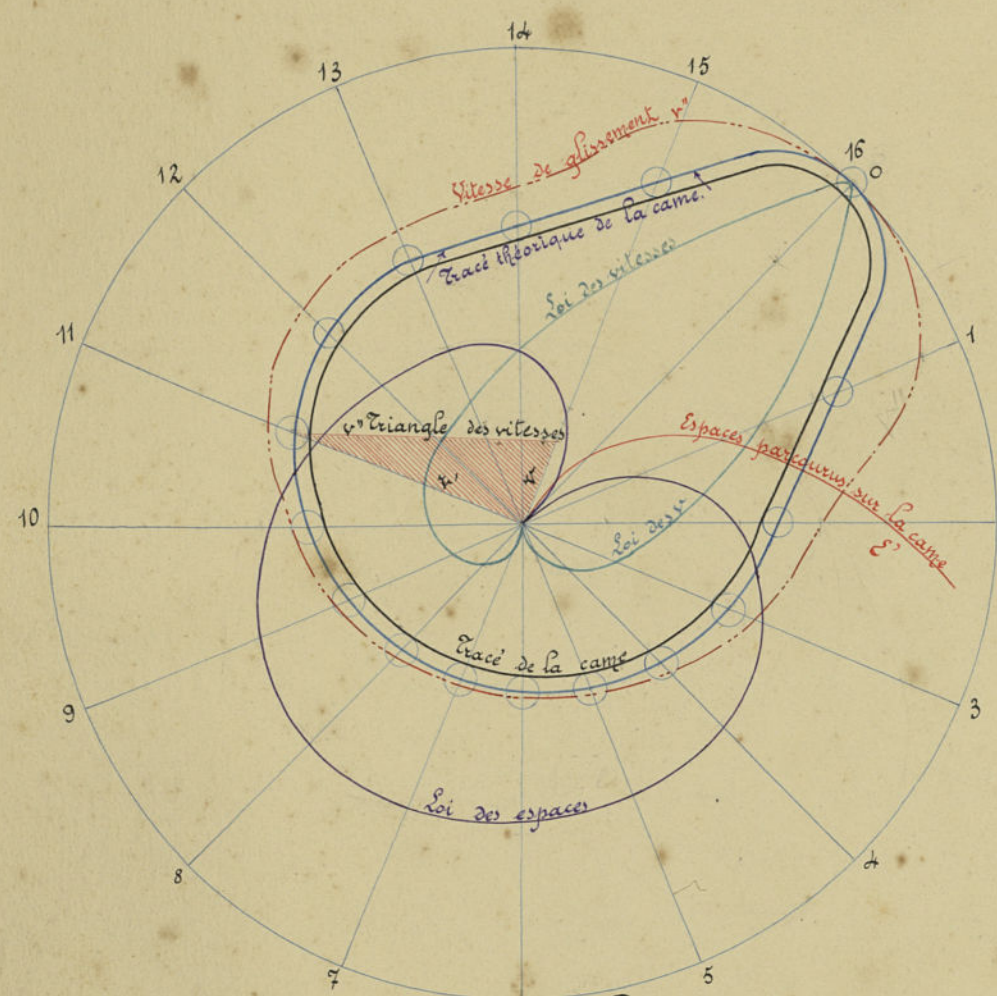
## Coordonnées polaires ~

# Etude cinématique des cames

## Came circulaire ~

## Came de Trézel ~

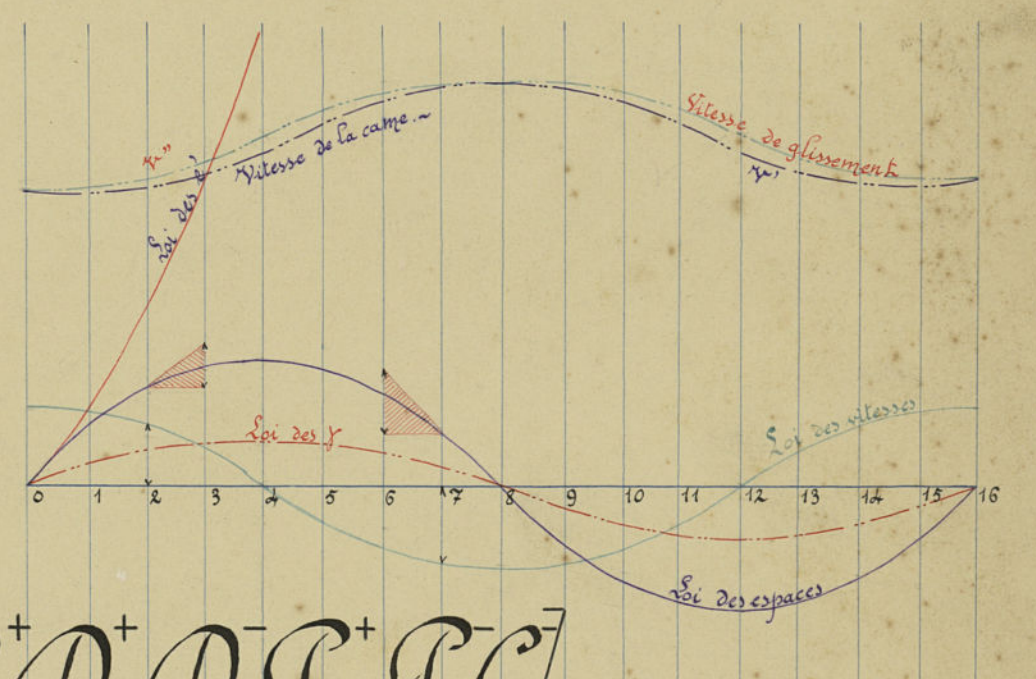
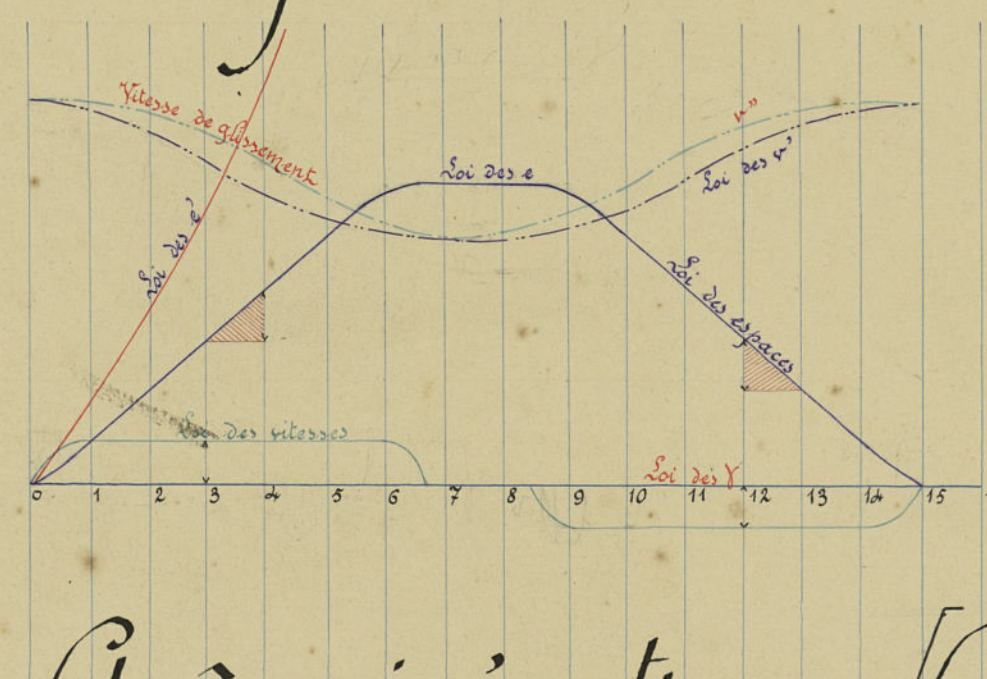
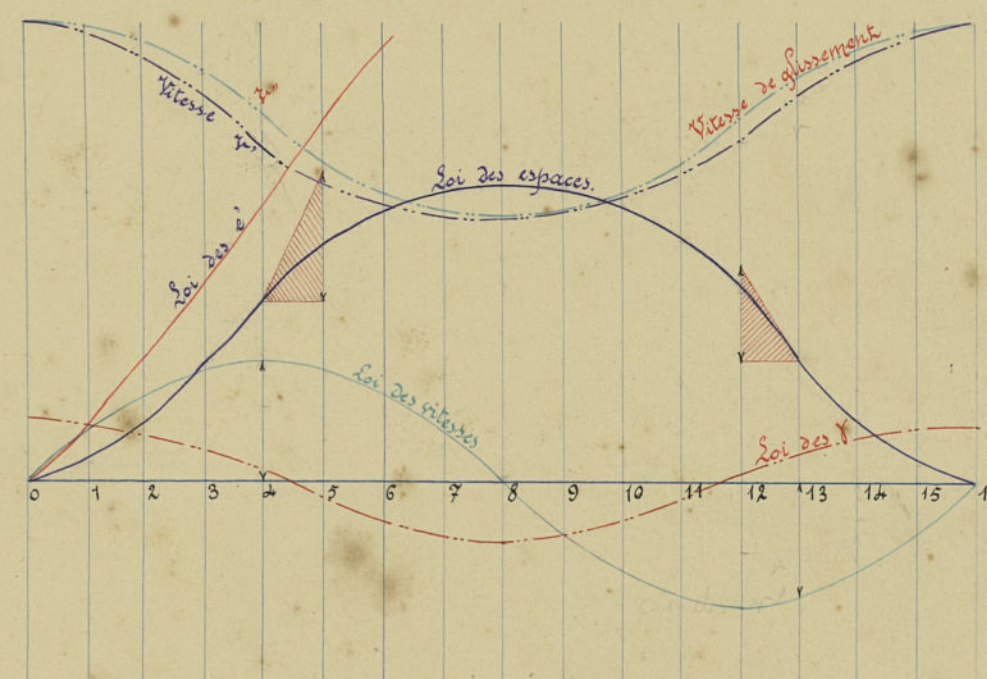
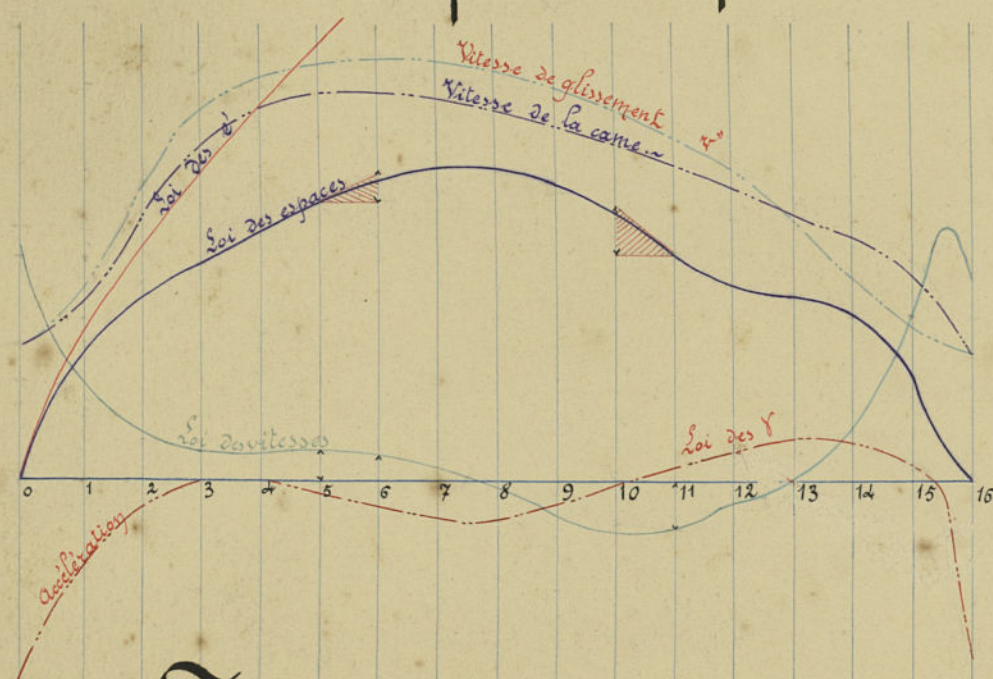
## Came conchoïdale ~



## Came quelconque ~

## Coordonnées rectangulaires ~

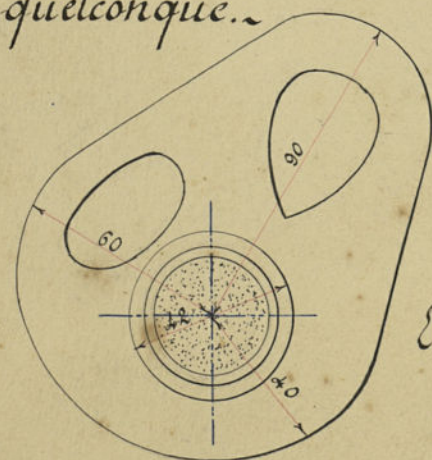
## Roulement du galet sur la came ~



## Tracés pratiques des cames ~

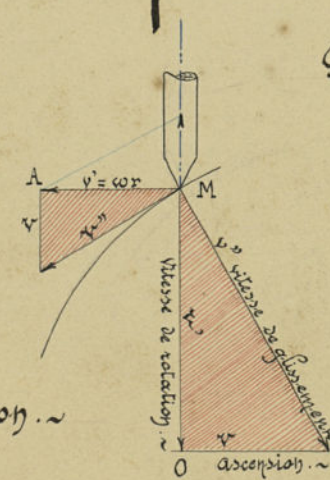
## Chaîne cinématique: [C<sup>+</sup> D<sup>+</sup> D<sup>-</sup> P<sup>+</sup> P<sup>-</sup> C]

### Came quelconque ~

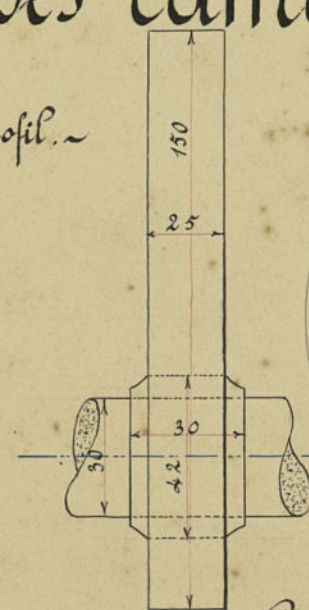


Elevation ~

### Profil ~



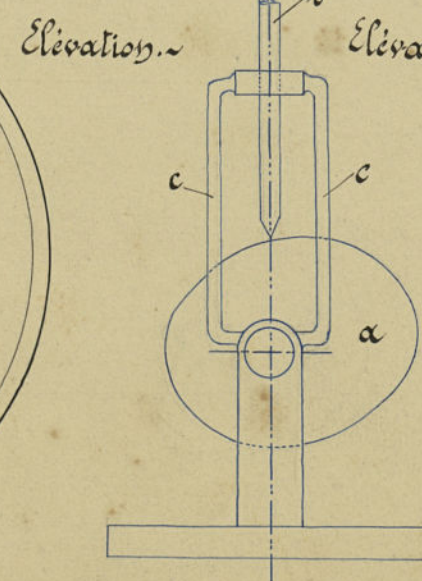
Elevation ~



Came circulaire ~

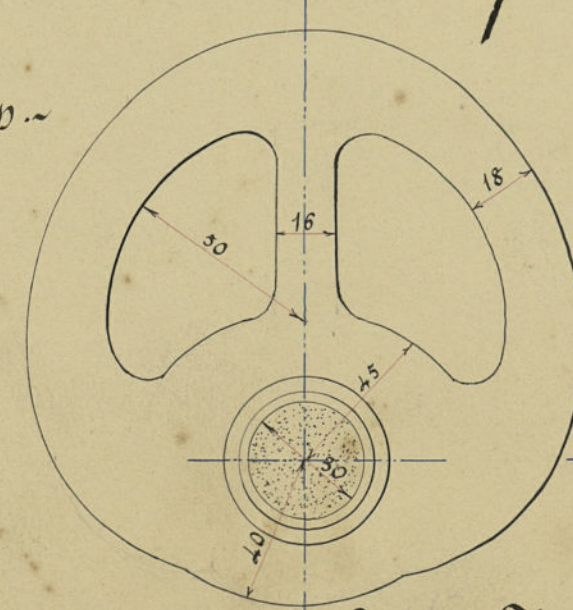


### Schéma ~

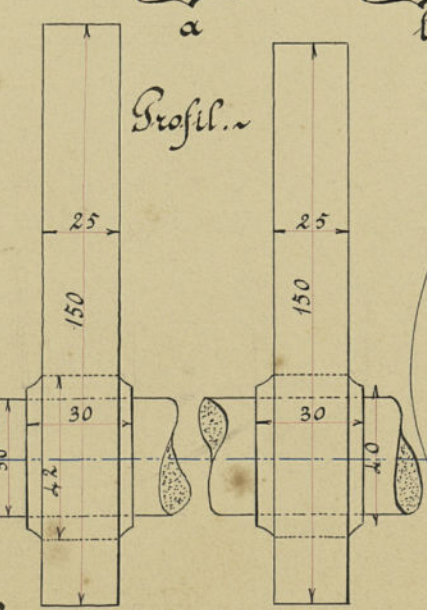


Elevation ~

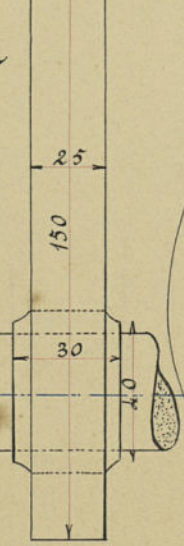
Elevation ~



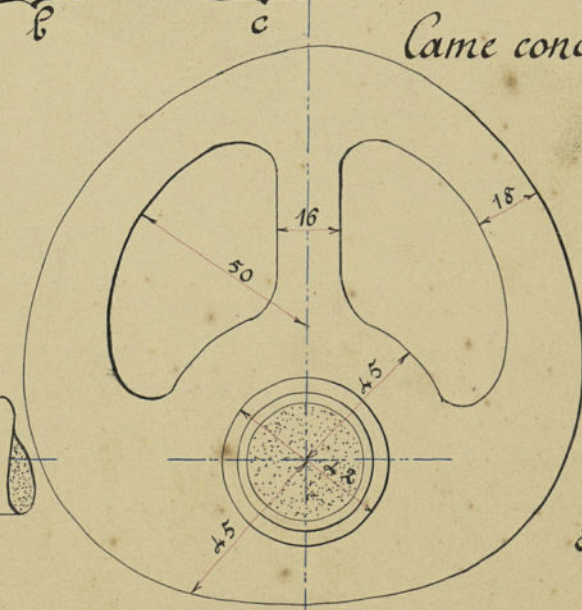
Came de Trézel ~



### Profil ~



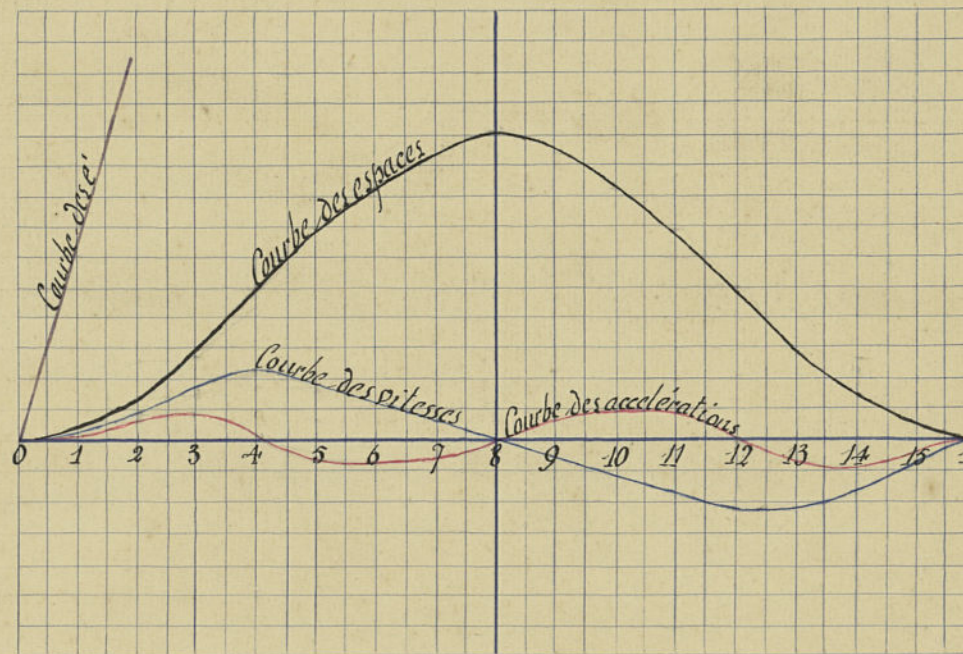
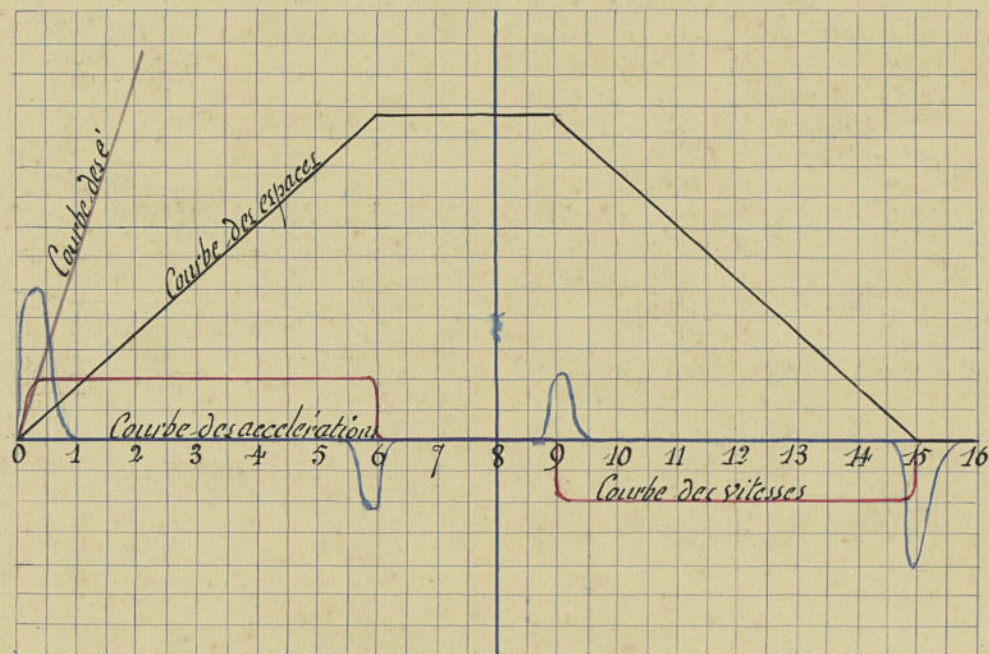
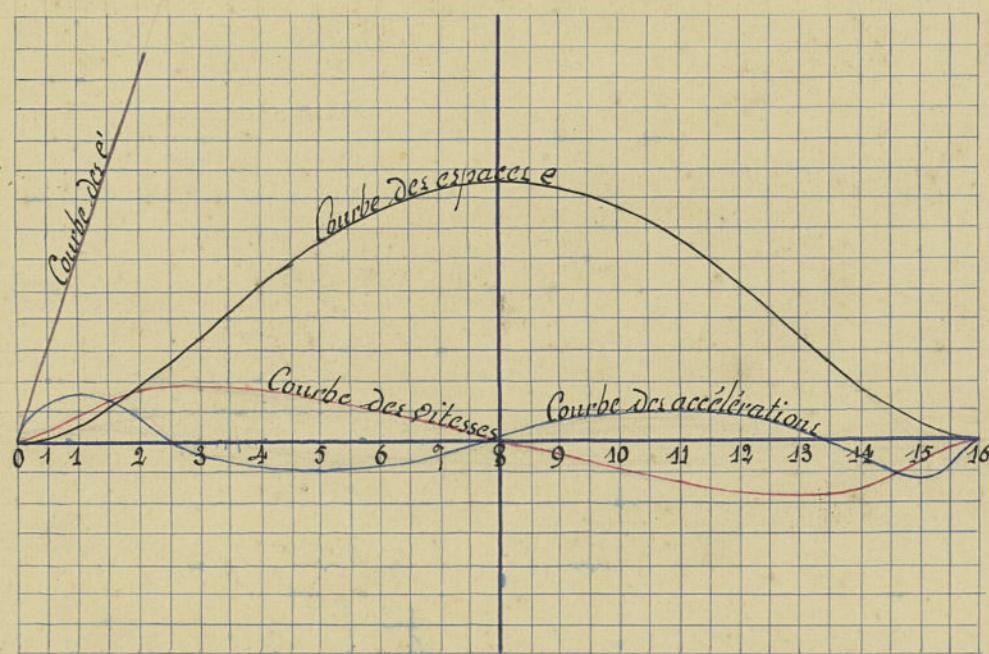
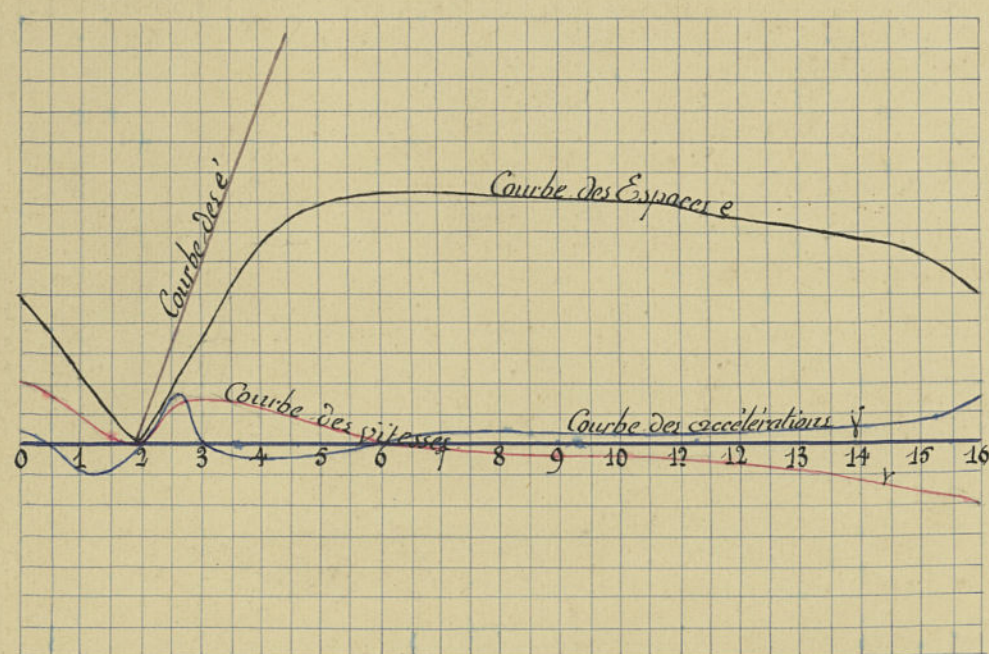
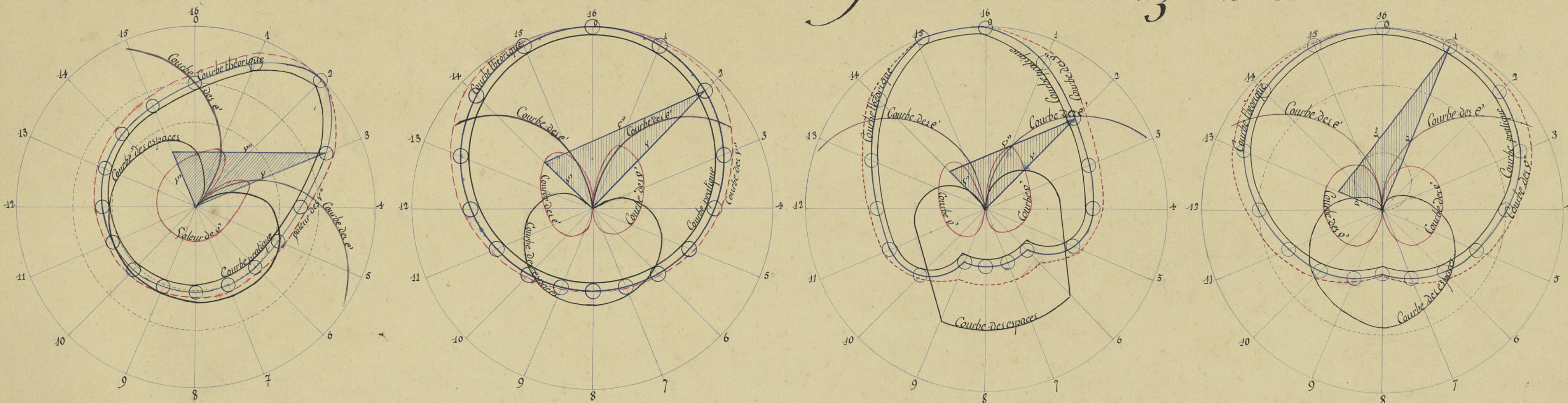
### Came conchoïdale ~



Elevation ~



## ETUDE DES CAMES *Lois du mouvement en coordonnées polaires et rectangulaires*



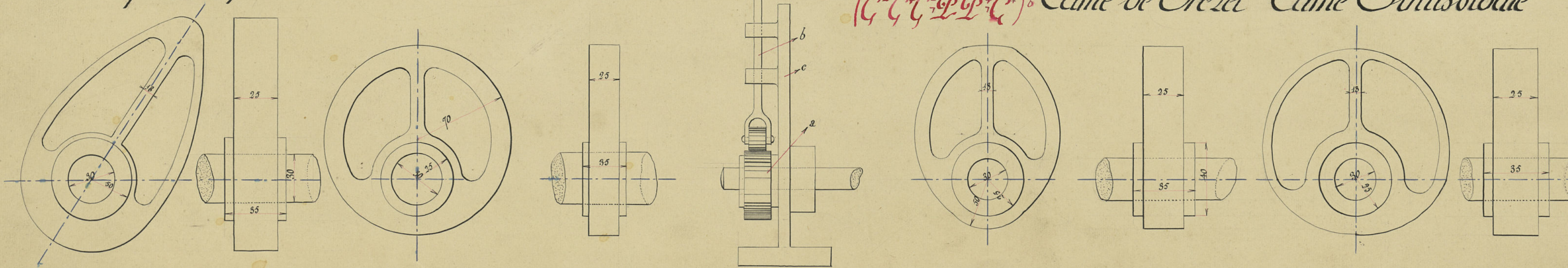
*Came quelconque*

*Came circulaire*

*Chaîne cinématique*

$(C^2 C^2 P P C^2)$

*Came de Trézet* *Came Sinusoïdale*



Vu par le Professeur  
Lille le 13 Février 1910

*Clodrey*

*Clodrey*

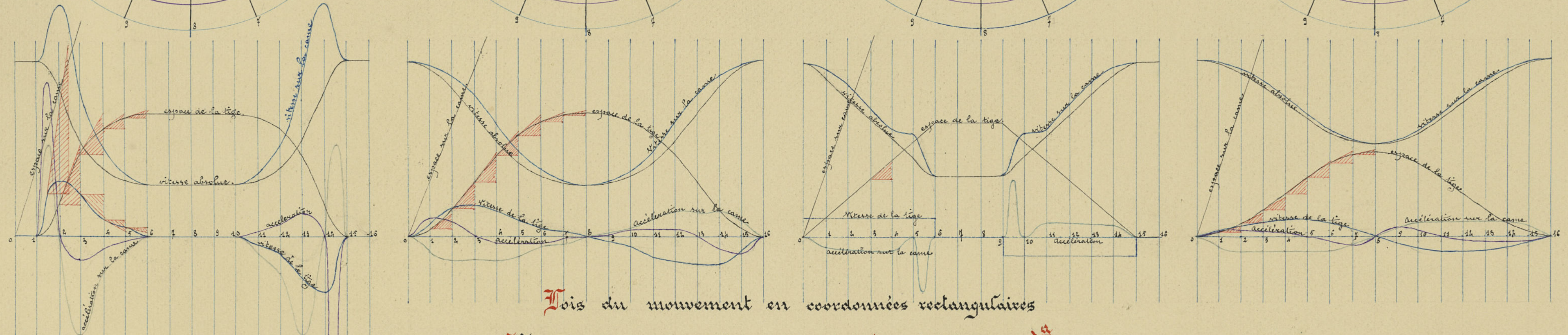
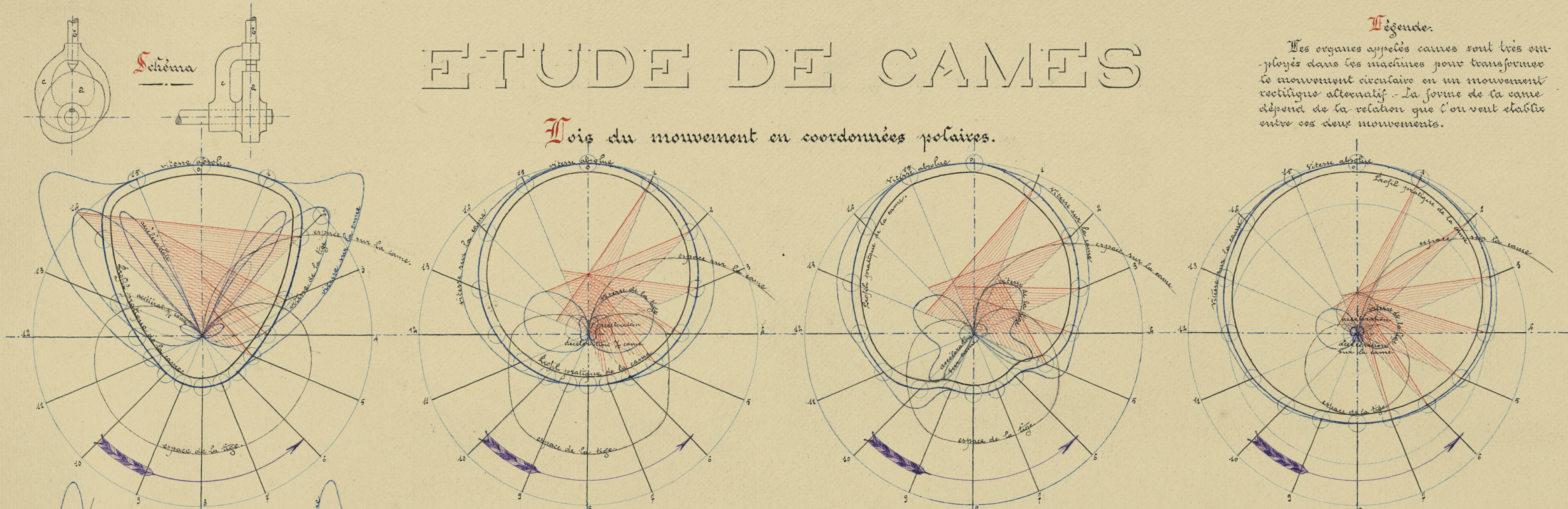


## ETUDE DE CAMES

### Légende.

Les organes appelés cames sont très employés dans les machines pour transformer le mouvement circulaire en un mouvement rectiligne alternatif. La forme de la came dépend de la relation que l'on veut établir entre ces deux mouvements.

### Trois du mouvement en coordonnées polaires.



### Trois du mouvement en coordonnées rectangulaires

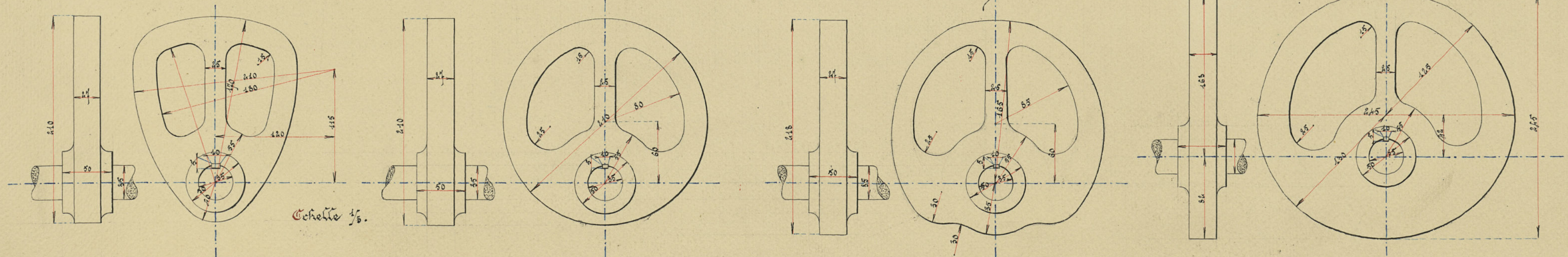
Came quelconque.

Chaîne cinématique:  $(C^+ D_0 D_0 P^+ P^- C)^{012}$

Came Teroux.

Came circulaire.

Came de Trézel.



Echelle 1/2.

Du par le professeur:  
Lille le 23 Février 1911.

*Blondel*

*Blondel*

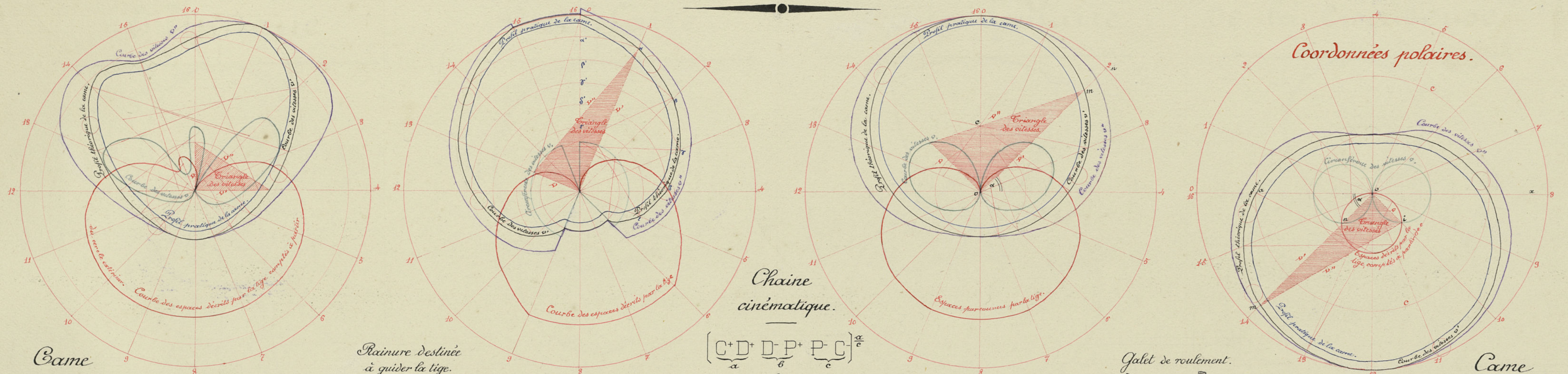


# CINEMATIQUE

E LEROUX M<sup>2</sup>.

PL N<sup>o</sup> IV.

## TRACE DES CAMES



Came quelconque.

Rainure destinée à guider la tige.

Came de Crézel.

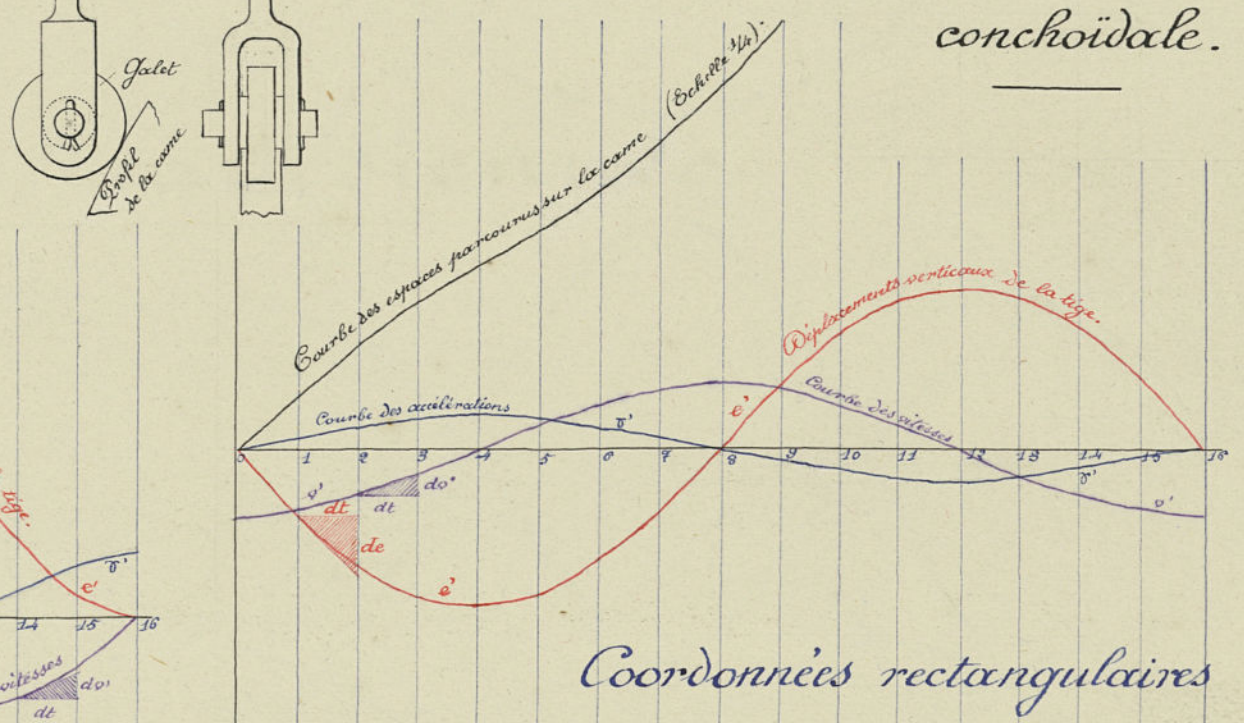
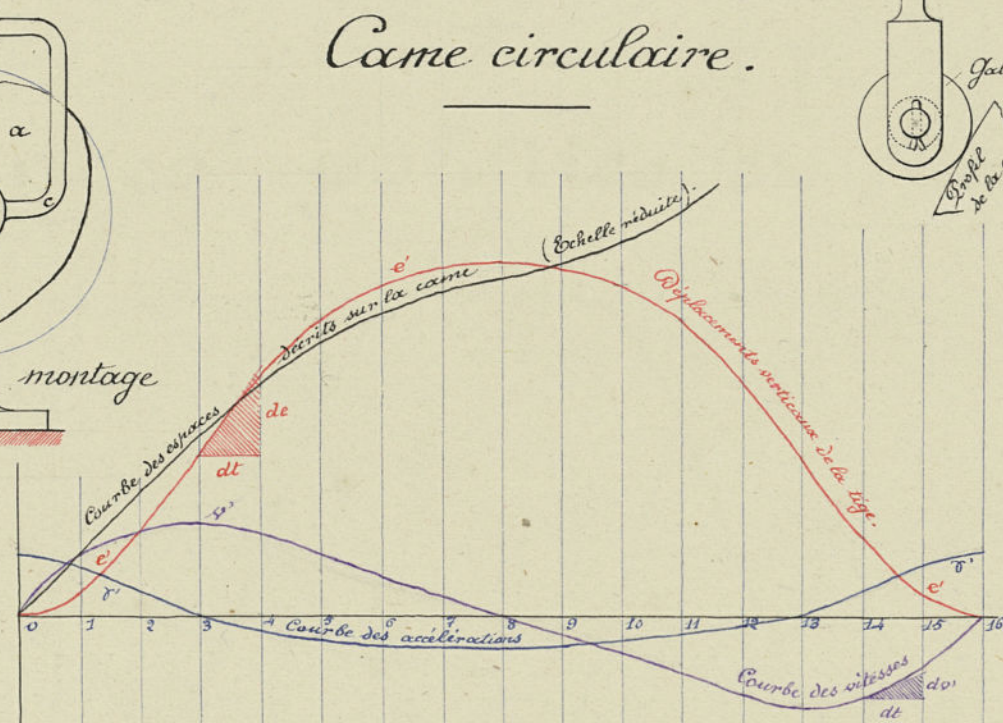
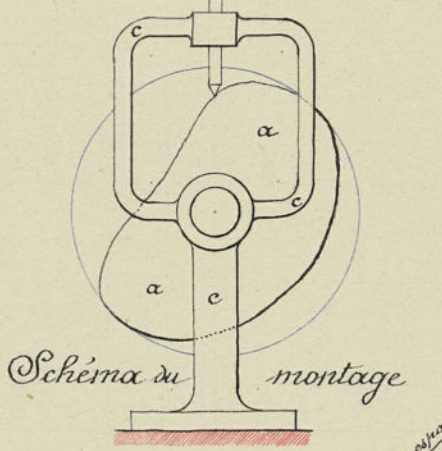
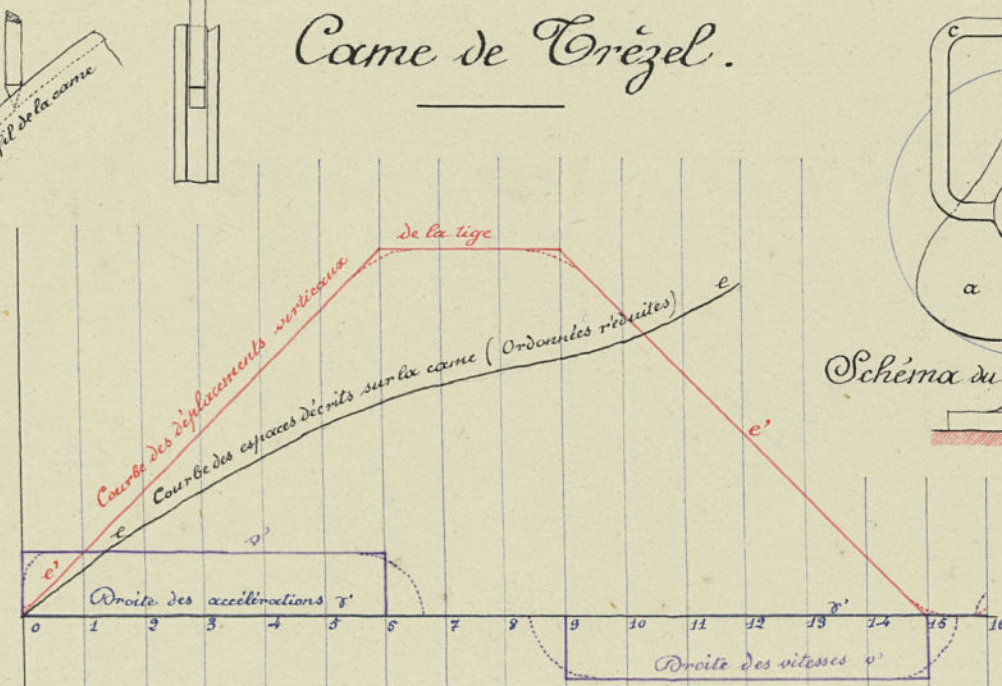
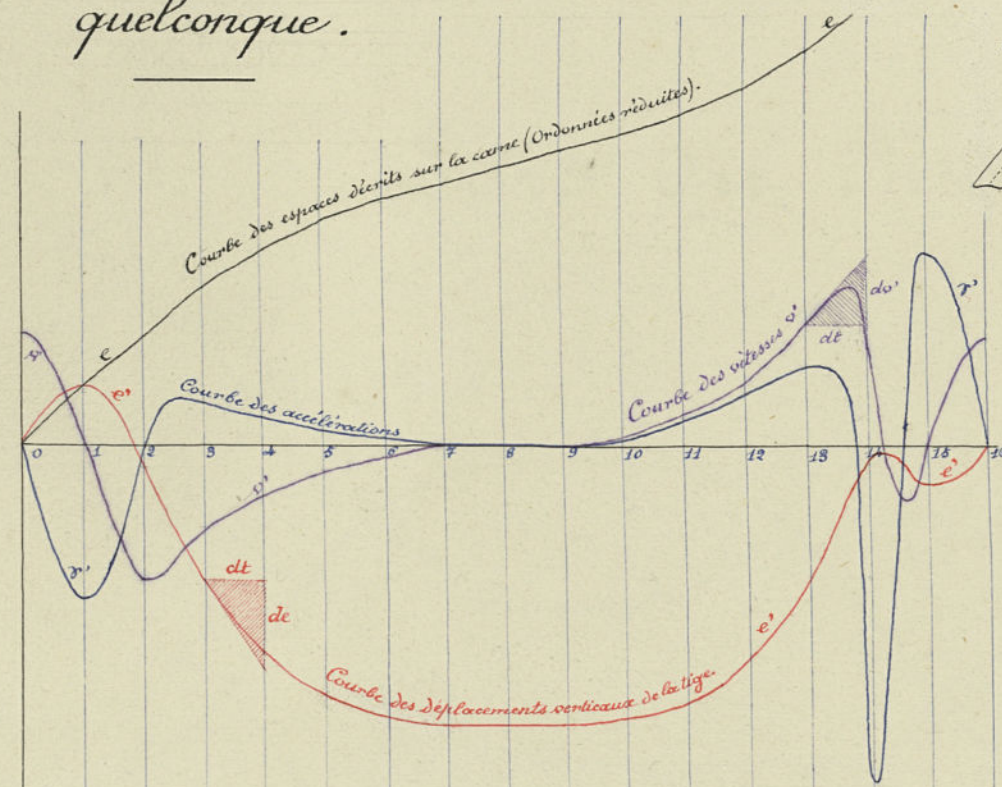
Chaine cinématique.

$$\left[ \begin{matrix} C^+ & D^+ & D^- & P^+ & P^- & C^- \end{matrix} \right]_{\frac{a}{c}}$$

Came circulaire.

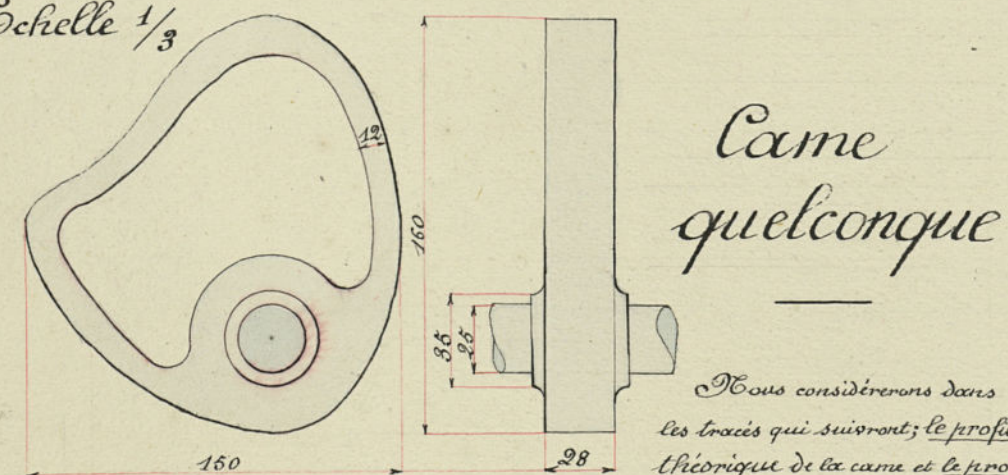
Galet de roulement.

Came conchoïdale.



Echelle 1/3

Echelle 1/3

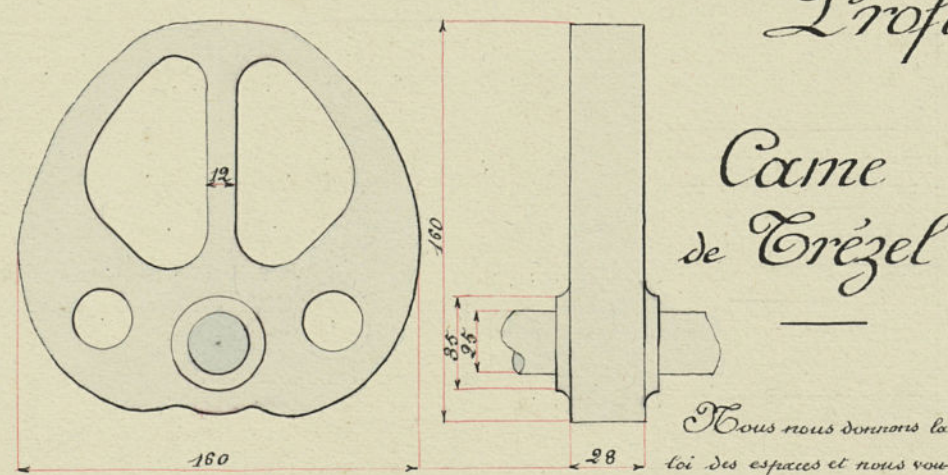


Came quelconque

Tous nous donnerons dans les tracés qui suivent; le profil théorique de la came et le profil pratique

Le profil pratique courbe dérivée réellement par la tige, le premier tracé en noir le second en bleu. La courbe des déplacements e' de b' que nous tracerons en rouge. Les différents triangles des vitesses qui nous serviront de tracer les courbes des v, v', v''. La première est tracée en vert; la seconde est le profil théorique même de la came; la troisième figure en violet.

En coordonnées rectangulaires nous tracerons la courbe des espaces parcourus sur la came (noir) la loi de mouvement de la tige e', sa vitesse v', son accélération a'.



Came de Crézel

Tous nous donnerons la loi des espaces et nous vous

laiserons en déduire le profil de la came. On voit que le rayon vecteur d'un point est proportionnel à son angle d'écart. L'équation polaire du profil de la came est de la forme  $\rho = r(1 + k\alpha)$ . Le profil est donc une spirale d'Archimède caractérisée par ce fait que sa sous-normale a une longueur constante, la normale des v est donc une portion de cercle. Le profil de la came ainsi tracé présente des points anguleux correspondants à de brusques variations de vitesse. Dans un profil pratique on arrondit le contour de la came en ces points.

Came circulaire

Le profil de la came est un cercle de centre c et de rayon r.

Soit r' le rayon du cercle enveloppe intérieure des positions successives de la came r' le rayon du cercle extérieur, la course de la tige est  $r - r' = a$   $a = oc$ . On a  $e = mn = on - mn'$  mais on a dans le triangle  $ocm$ ,  $om = ac \cos \alpha$   $\sqrt{r^2 - a^2 \sin^2 \alpha}$  par suite  $e = r - ac \cos \alpha - \sqrt{r^2 - a^2 \sin^2 \alpha}$ . On a  $e' = \frac{de}{d\alpha} = \frac{a}{\sin \alpha} \sin \alpha$  d'où  $e' = a \cot \alpha$ .

La vitesse v est égale à  $\frac{de}{dt} = \omega \frac{de}{d\alpha} = -a\omega \cot \alpha$   $\left( \alpha = \frac{a \cos \alpha}{\sqrt{r^2 - a^2 \sin^2 \alpha}} \right)$ . En outre de même  $v' = \frac{dv}{dt} = \omega \frac{dv}{d\alpha} = \frac{-a\omega^2}{\sqrt{r^2 - a^2 \sin^2 \alpha}} \left[ \cos \alpha \left( \sqrt{r^2 - a^2 \sin^2 \alpha} + a \cos \alpha \right) + a \sin \alpha \left( \frac{a \cos \alpha}{\sqrt{r^2 - a^2 \sin^2 \alpha}} - 1 \right) \right]$ .

Came conchoïdale

Tous nous proposons de construire la came dont le profil théorique

est la courbe d'équation polaire  $\rho = r(1 + k\alpha^2)$ . Nous prendrons le cercle de rayon  $roca$  et nous considérerons le cercle de rayon  $r$  tangent en o à  $oc$ . Soit m, un point du profil on a  $om = on + mn$ , or  $on = r \sin \alpha$ , on en déduit immédiatement le profil de la came, profil qui est une conchoïde de cercle.

Un calcul simple montre que la normale en m à cette courbe passe par i. Le triangle  $mo i$  est donc le triangle des vitesses. On a  $e' = r \sin \alpha$ ,  $v' = \frac{de}{d\alpha} = 2r \alpha \cos \alpha$ ,  $v'' = \frac{dv'}{d\alpha} = -2r \sin \alpha$  d'où les courbes trouvées.

Lille le 12 Février 1911

Fait par le professeur:

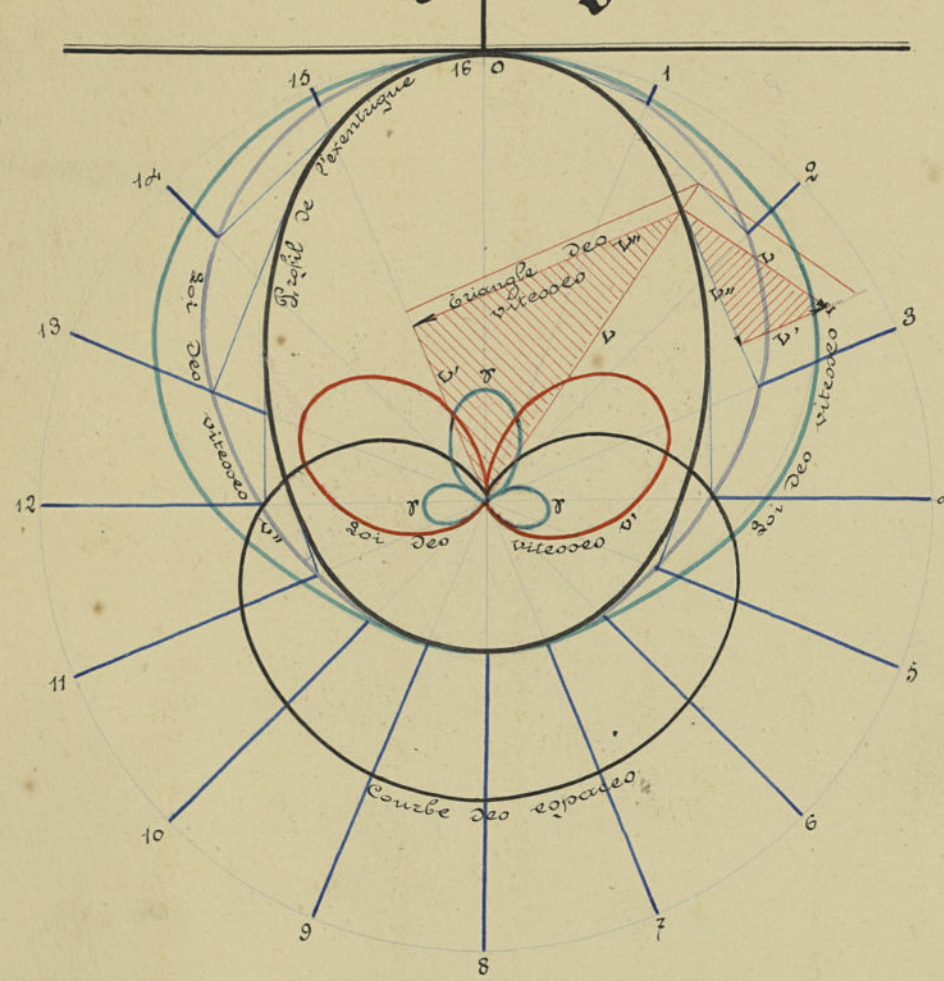
*Ernest Courson*

*Ernest Courson*

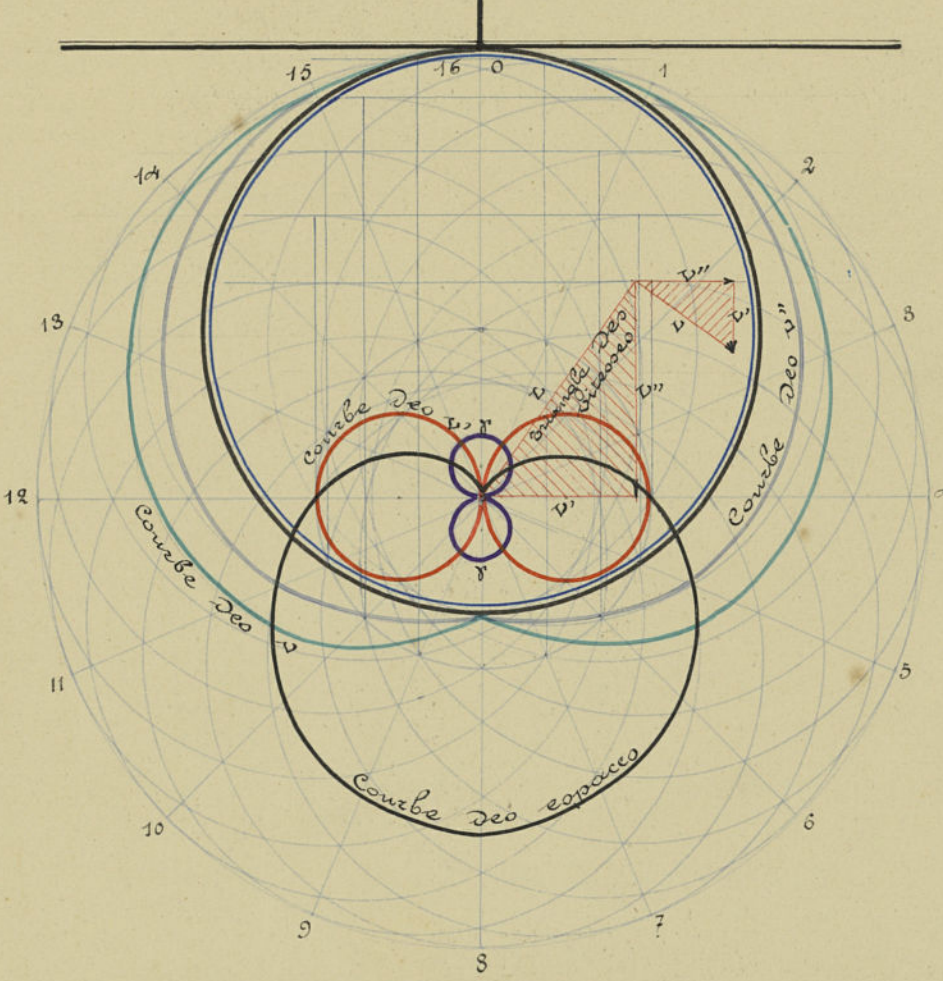


## Étude des Excentriques

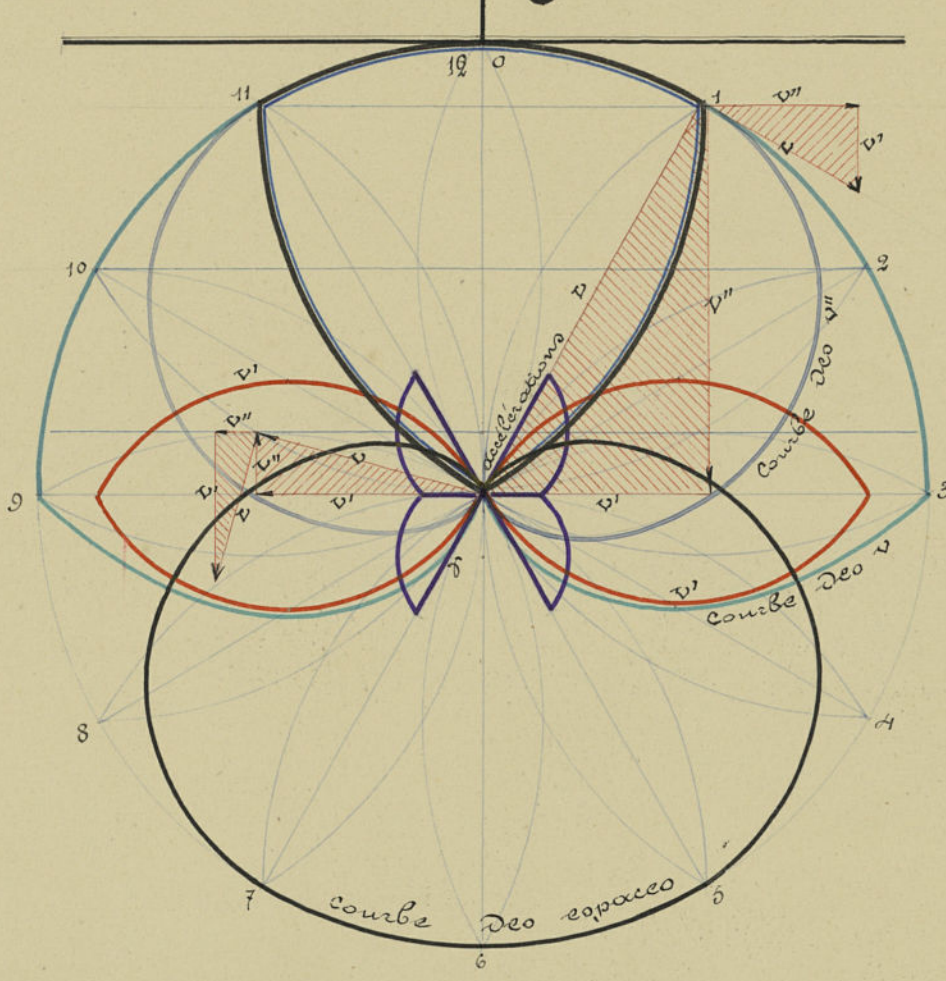
Elliptique



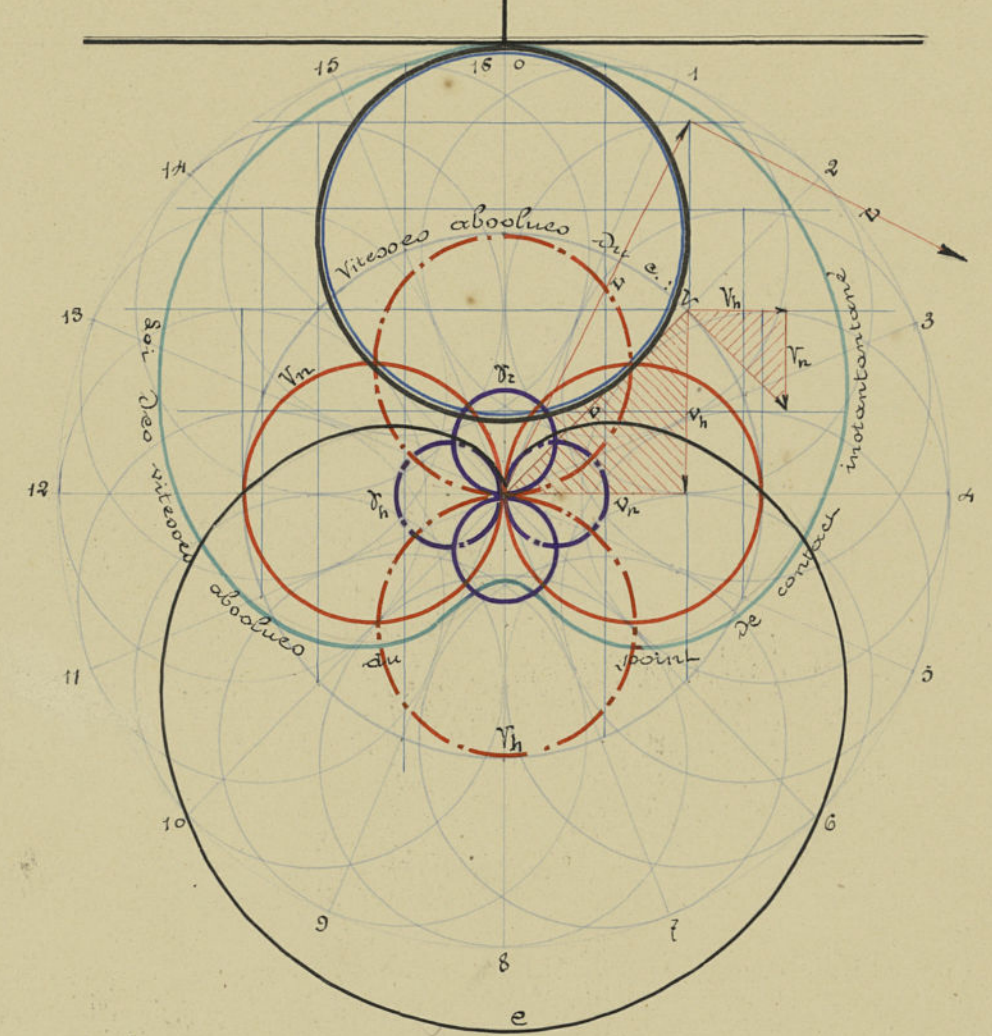
Circulaire



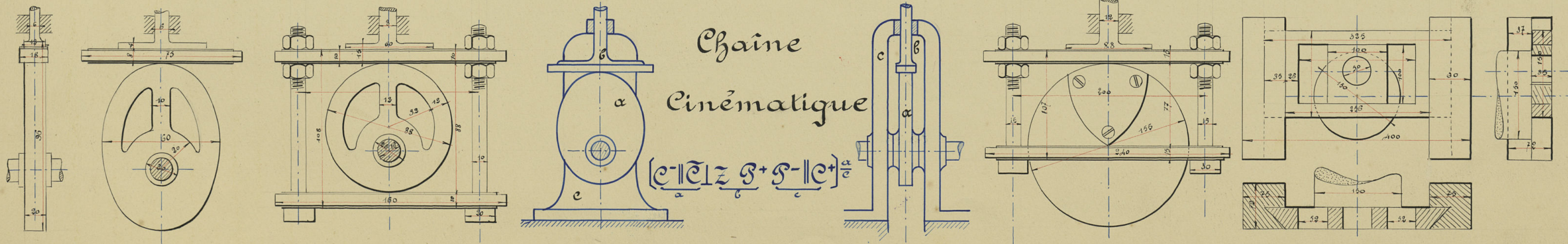
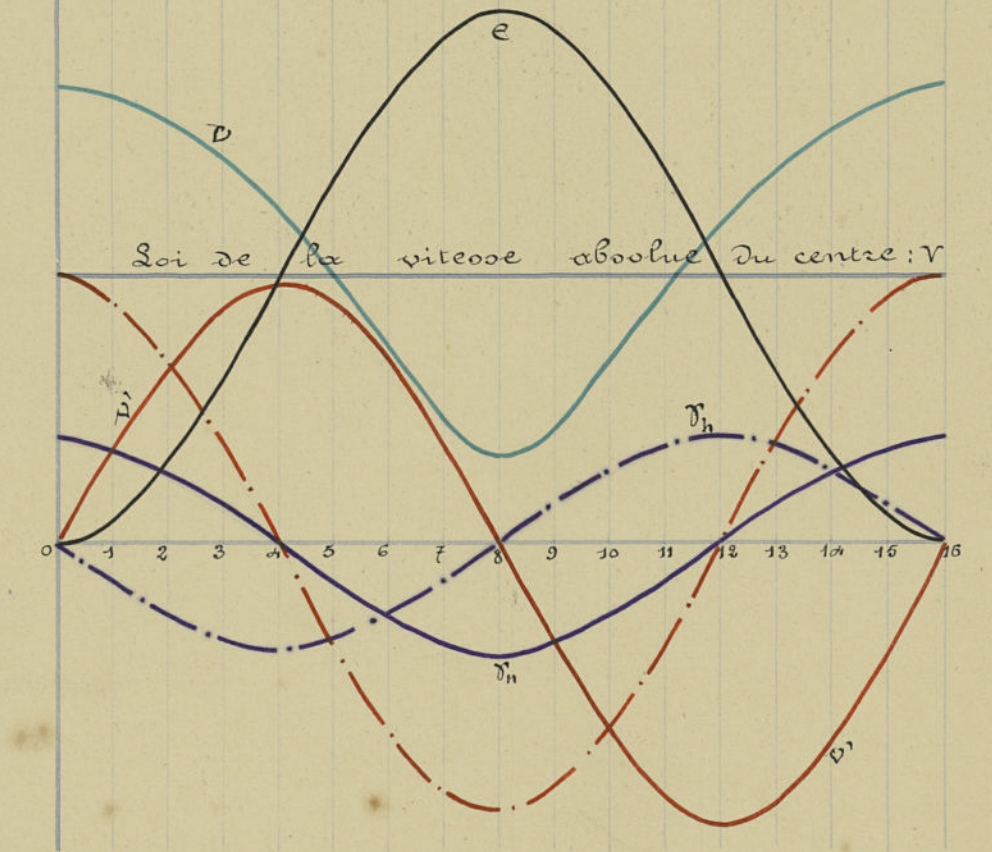
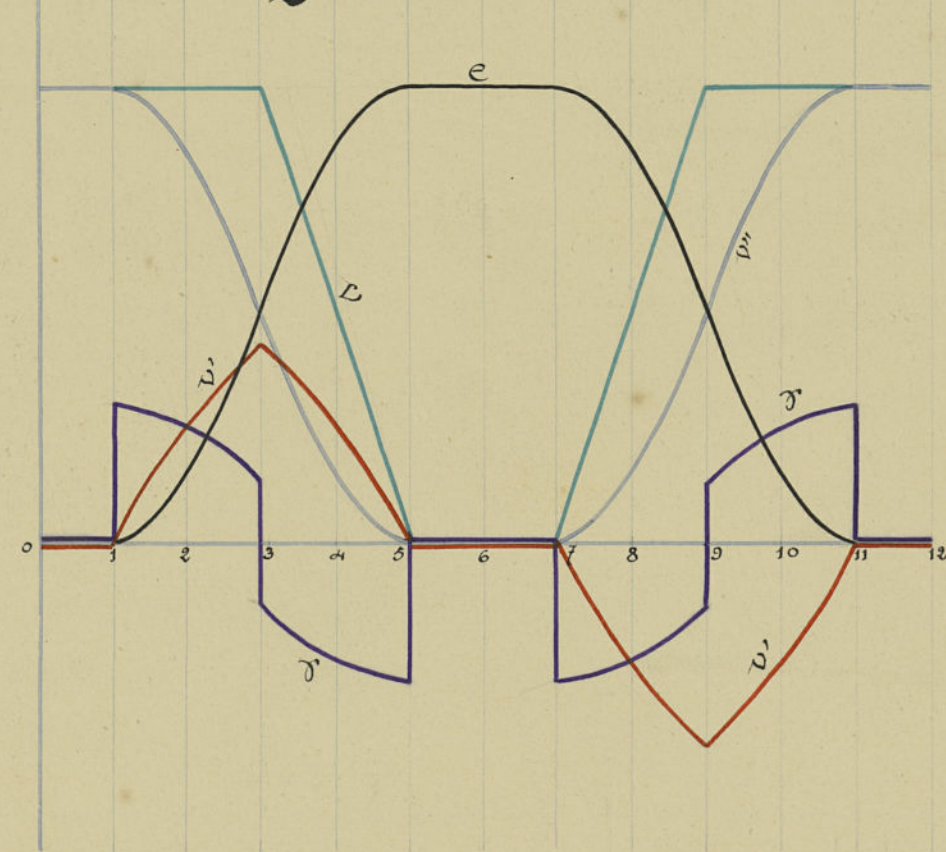
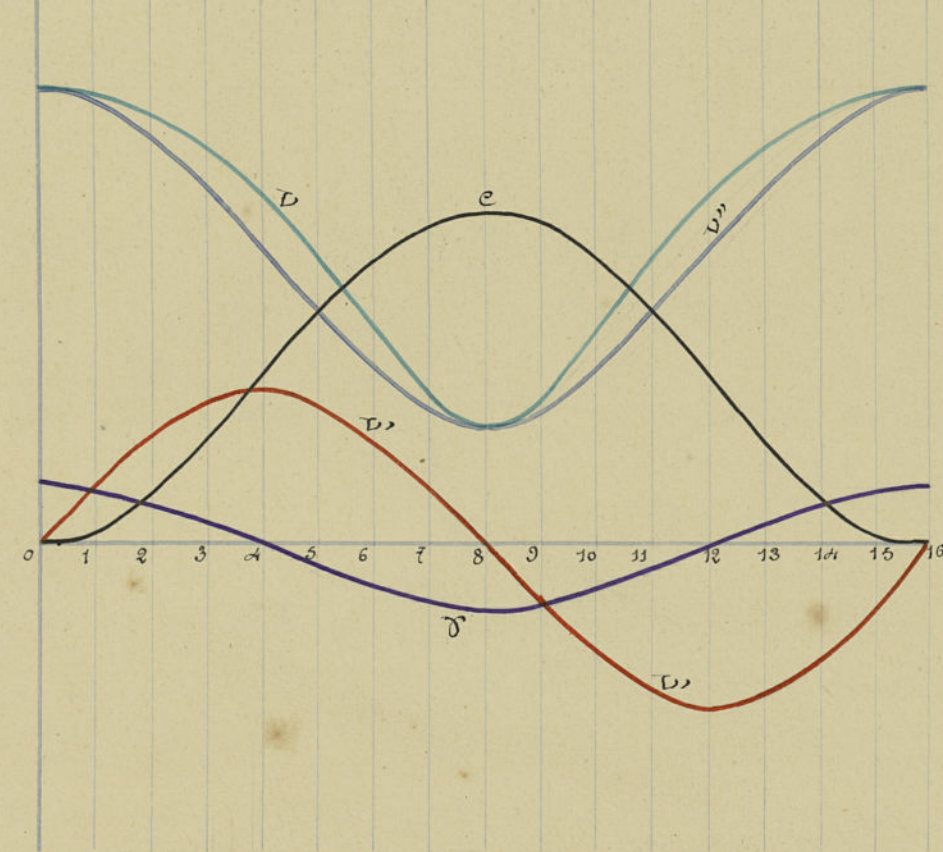
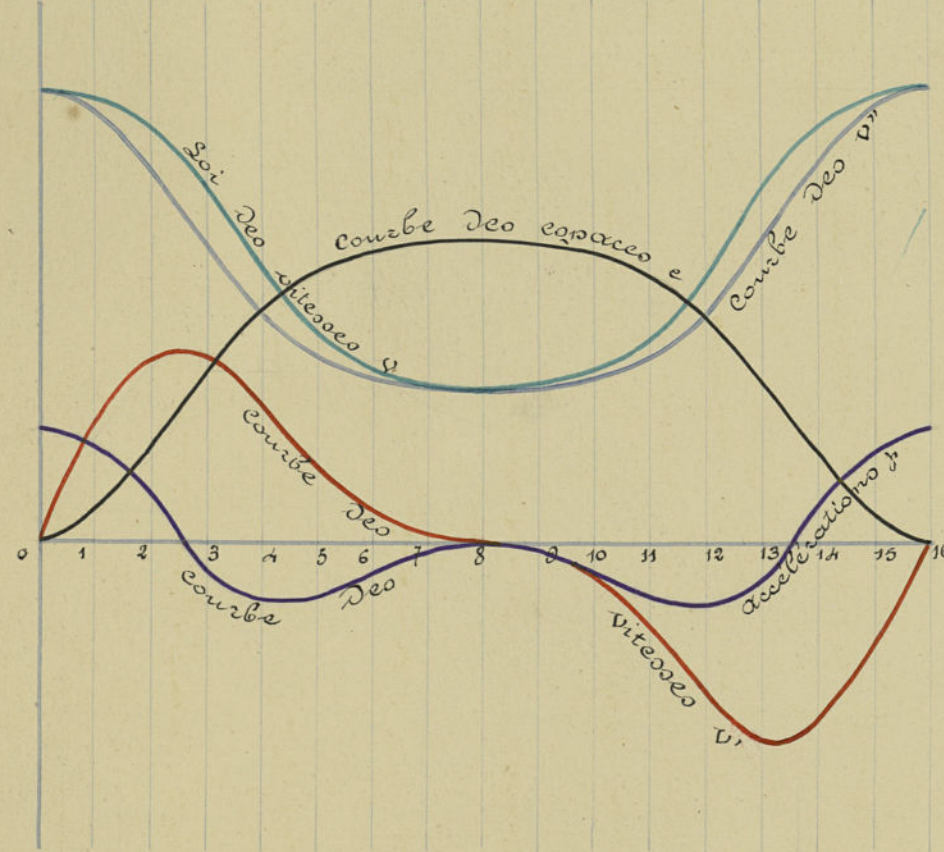
Triangulaire



de la Cioailleuse



### Lois du Mouvement en coordonnées polaires et cartésiennes



Lille 14 Mars 1910

*C. Hébert*

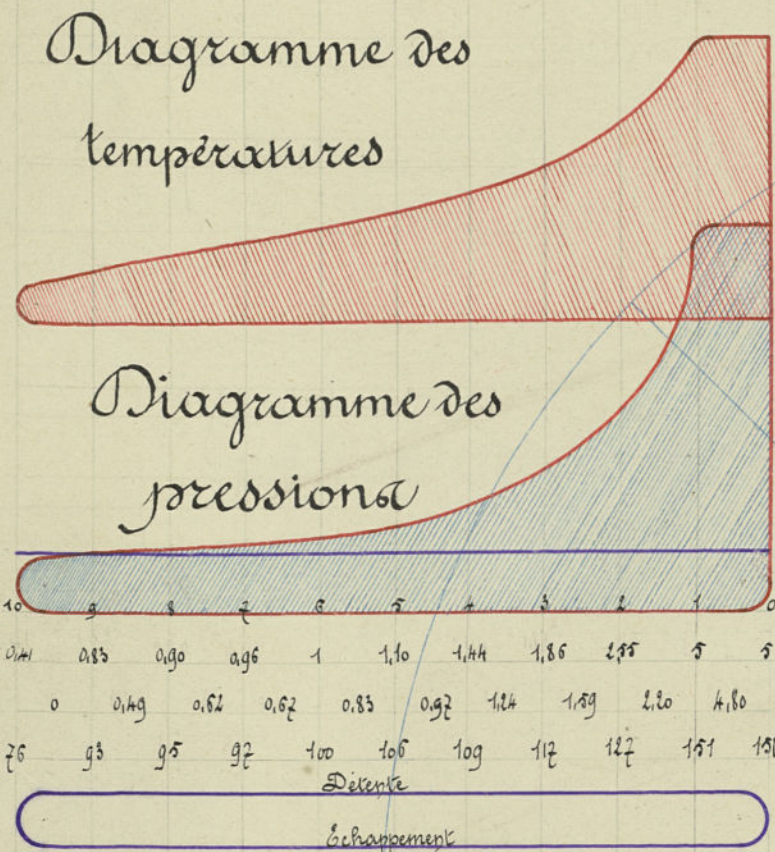
*J. Hébert*



## Etude graphostatique de la Machine à vapeur Lois des efforts en coordonnées polaires et rectangulaires Coup du fond

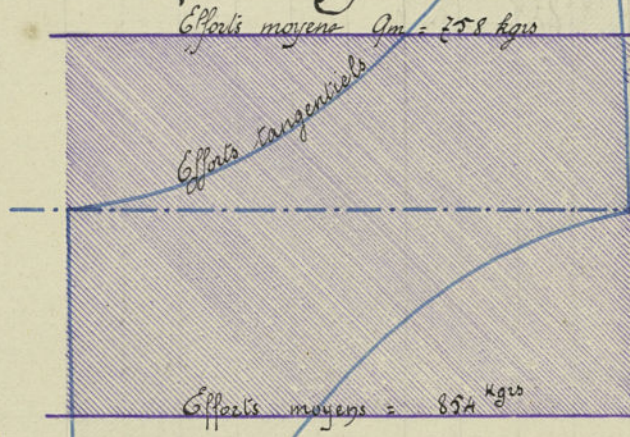
## Coup du fond

## Coordonnées rectangulaires



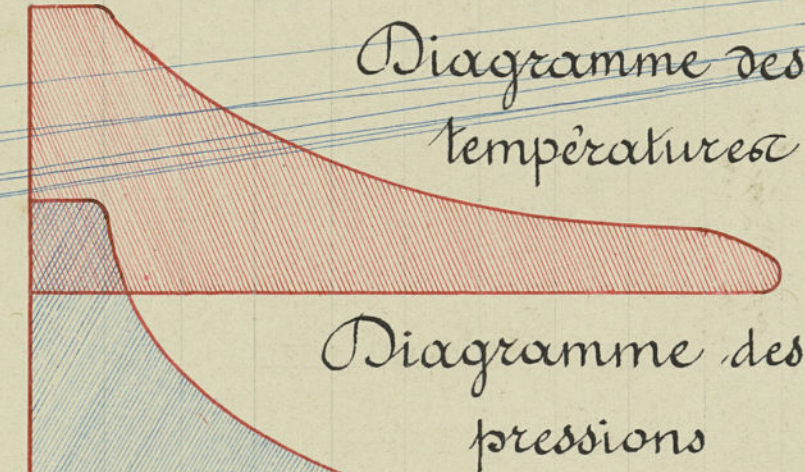
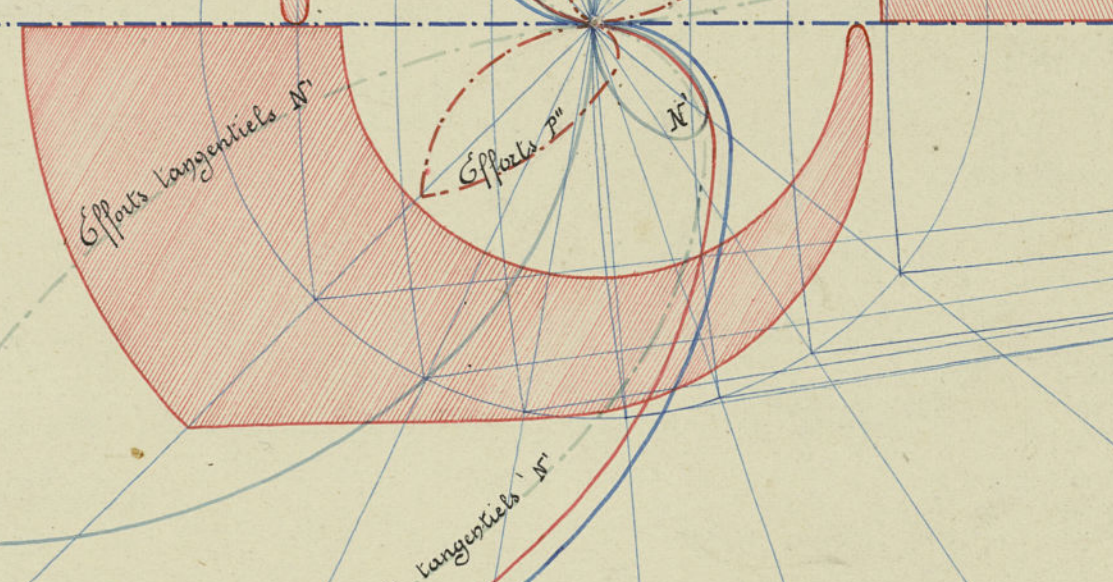
## Coordonnées polaires

## Travail tangentiel Coup du fond



## Coup du couvercle

## Diagramme des températures



## Coup du couvercle

## Coordonnées rectangulaires

## Coordonnées polaires

## Coup du couvercle

Ligne du vide

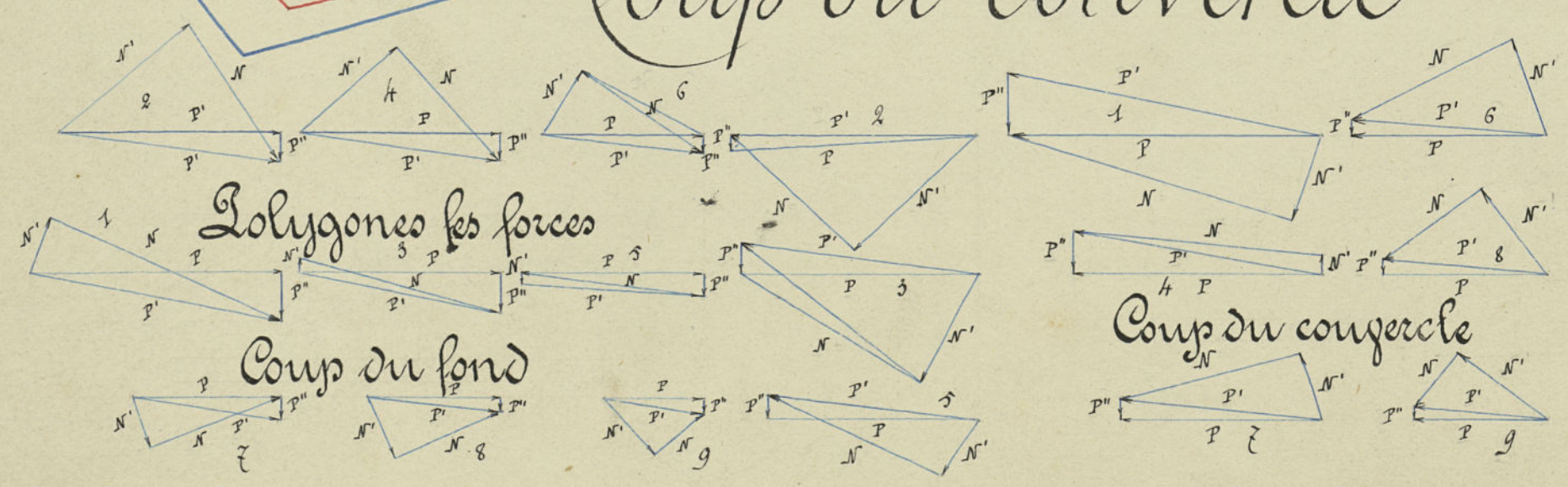
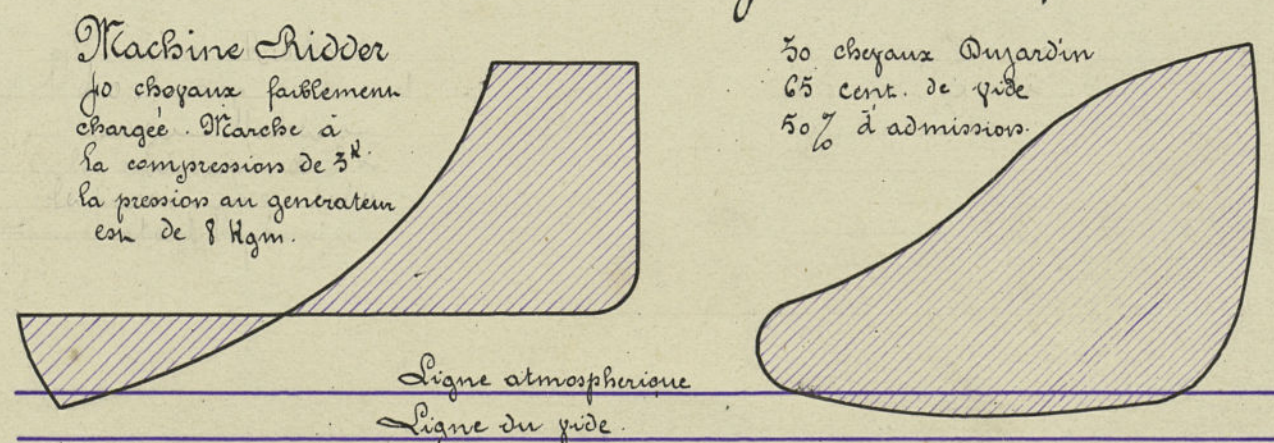
Coordonnées branches supérieures	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Coordonnées entre branches	0.75	1.21	1.45	1.64	1.85	2.05	2.24	2.41	2.57	2.71	2.85
Températures	151	151	124	115	105	96	84	71	56	44	35

Dilata

Echappement

Compression du à l'avance à l'admission

## Diagrammes particuliers



Fait par l'Ingénieur professeur  
Lille le 11 Mars 1910

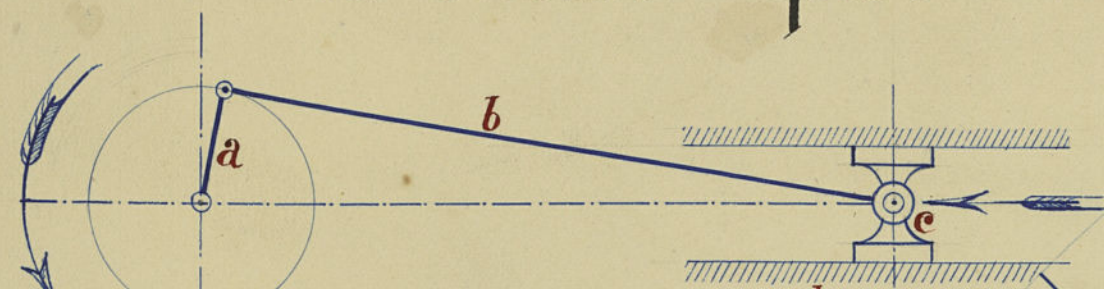
Clodion

Patin  
1910



## Mécanisme d'un moteur à vapeur. Lois du mouvement

Chaîne cinématique.



$(C|C^+C^-C^+P|P^-C)^{\frac{5}{2}}$

ou plus simplement:  $(3C|P)^{\frac{5}{2}}$

Données.

Pression maximum de la vapeur sur le piston:  $p = 5 \text{ kg. par cm}^2$

Degré d'admission de la vapeur dans le cylindre

en fonction de la course  $C$  du piston =  $\frac{C}{10}$

Diamètre du cylindre:  $D = 0^m 320$

Longueur de la manivelle:  $R = 350^m$

Course du piston =  $2R = 0^m 700$

Rapport de la course au diamètre =  $\frac{C}{D} = 2,18$

Rapport de la longueur de la bielle à la longueur de la manivelle =  $6$

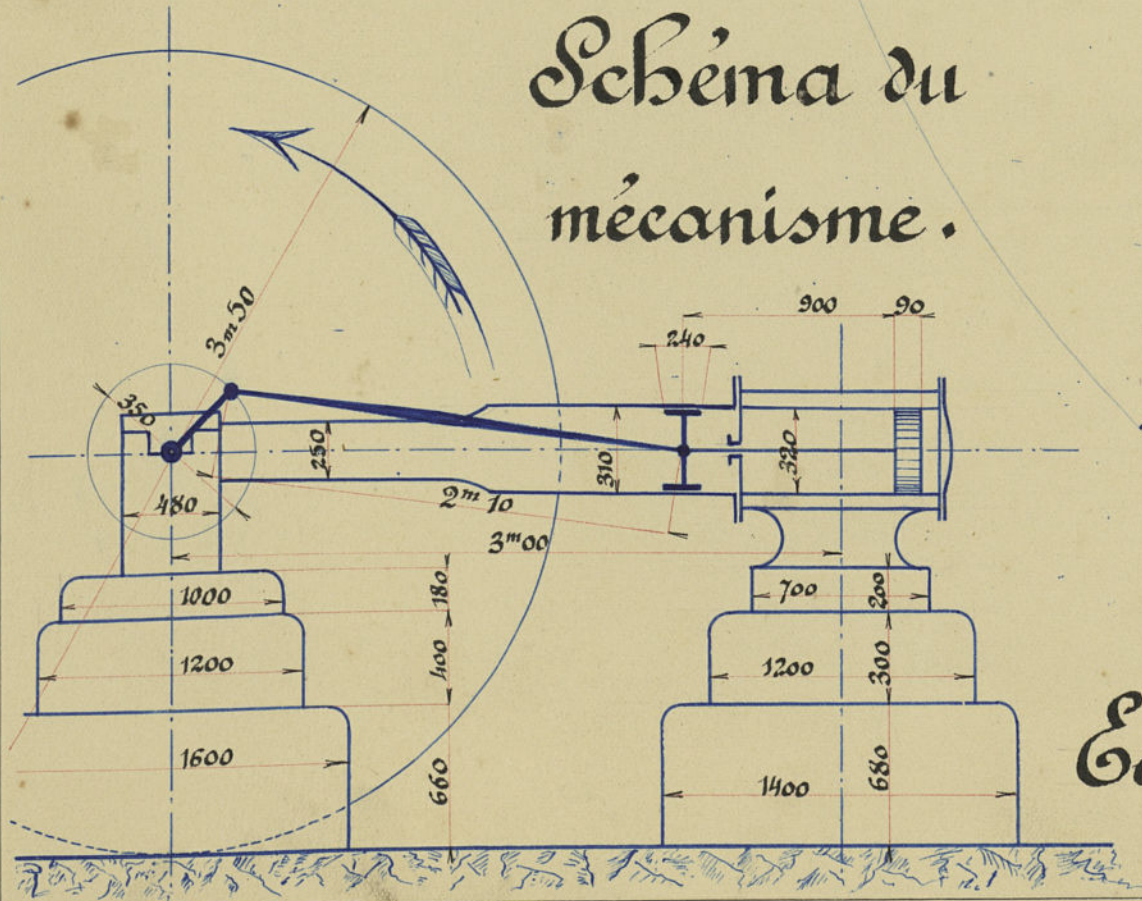
Longueur de la bielle =  $2^m 10$

Nombre de tours de l'arbre moteur par minute =  $60$

Puissance indiquée par les diagrammes:  $23$  chevaux

Energie transmise à l'arbre =  $23 \times 70\% = 16$  chevaux.

Schéma du mécanisme.



Echelle  $\frac{3}{100}$ .

Cercle de Moulles de centre  $O$  et de rayon =  $B+M$

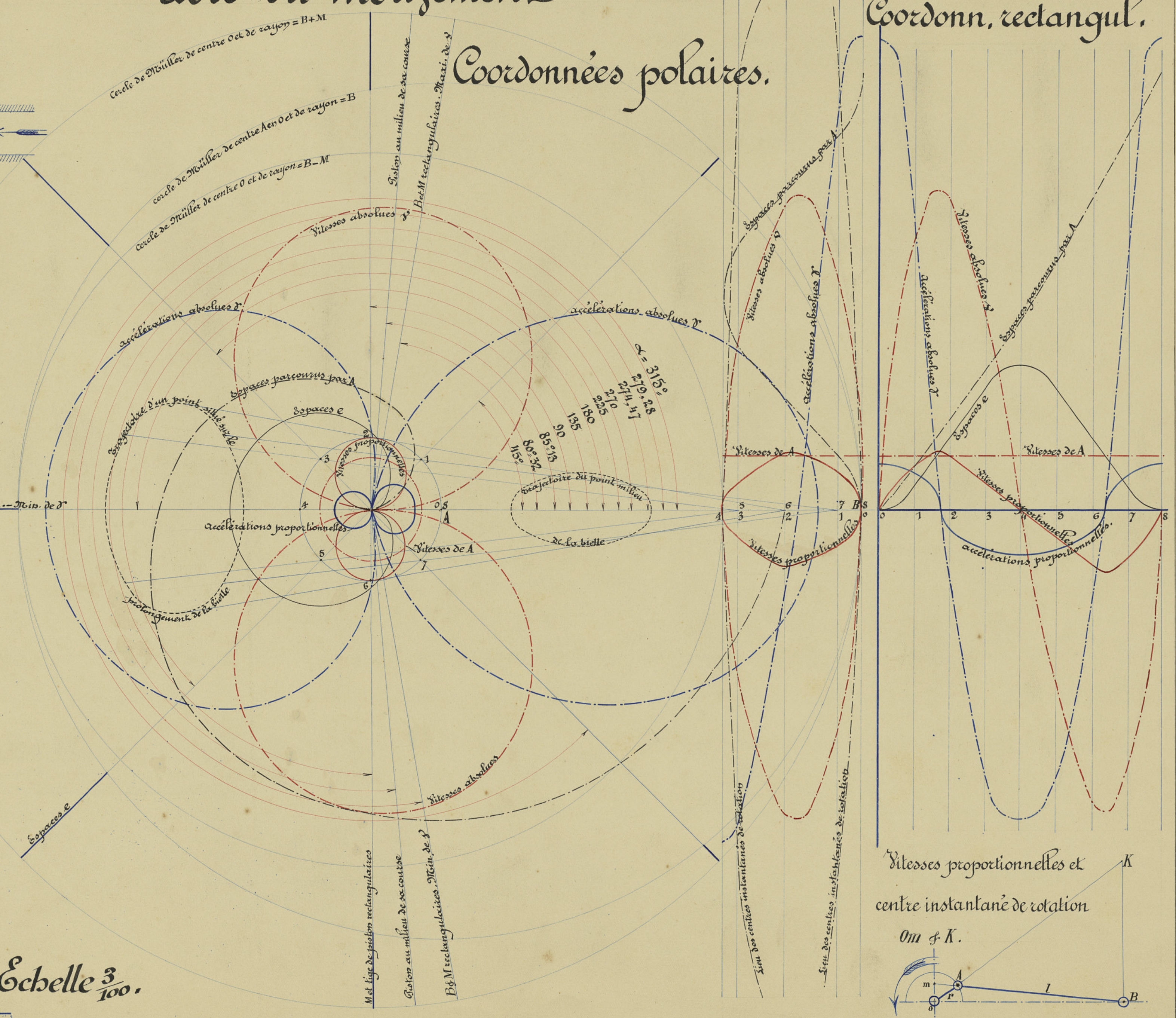
Cercle de Moulles de centre  $A$  et de rayon =  $B$

Cercle de Moulles de centre  $O$  et de rayon =  $B-M$

Système au milieu de sa course

Coordonnées polaires.

Coordonn. rectangul.



Vitesse proportionnelles et centre instantané de rotation  $Om \& K$ .

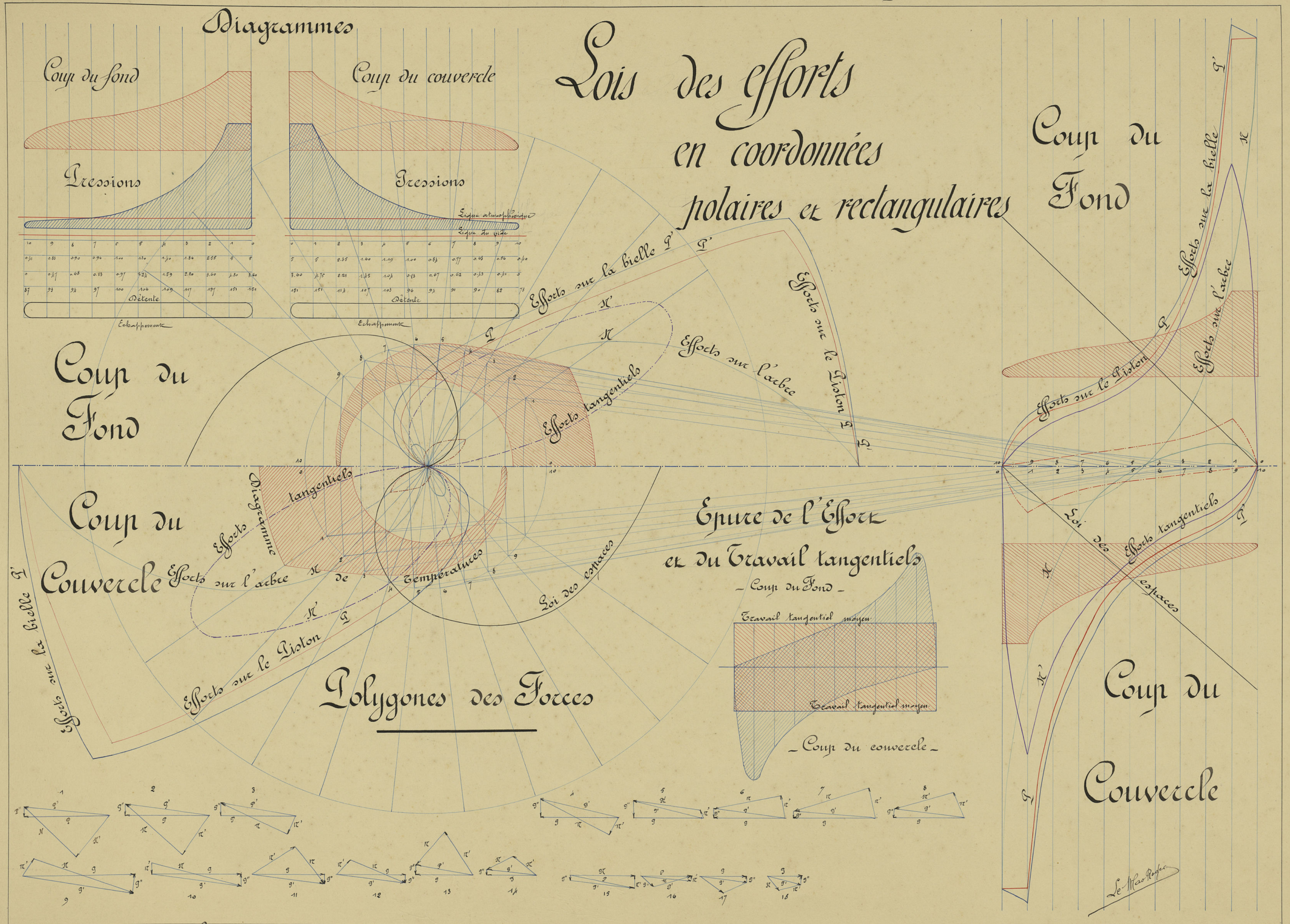


Fait par le Professeur de dessin:  
Lille, le 11 Avril 1910.

G. Roland



# GRAPHOSTATIQUE



De par l'Ingénieur professeur :  
 Sillé le 1<sup>er</sup> Mars 1910

*Y. Moroy*



## Tableau des éléments EFFORTS DEVELOPPES SUR LES ORGANES D'UNE MACHINE A VAPEUR

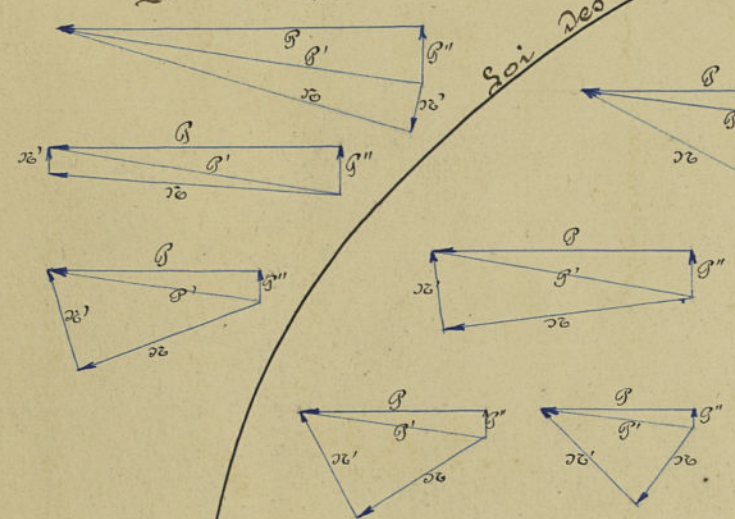
*Coup du fond*

26°	3'	3''	26°	26°	26°	3'	3''	26°	26°
0	3860	3860	0	0	3860	0	3860	3860	0
1	3860	3860	870	2990	1	3860	3860	2990	3860
2	1770	1780	230	1540	2	1830	1710	260	1152
3	1280	1290	190	1090	3	1110	1120	180	986
4	1000	1010	160	840	4	800	811	156	780
5	780	797	130	704	5	630	644	105	611
6	670	680	116	655	6	630	657	86	555
7	560	567	90	500	7	470	480	72	462
8	500	508	70	382	8	370	373	46	315
9	390	397	42	216	9	240	243	30	205
10	0	0	0	0	10	0	0	0	0

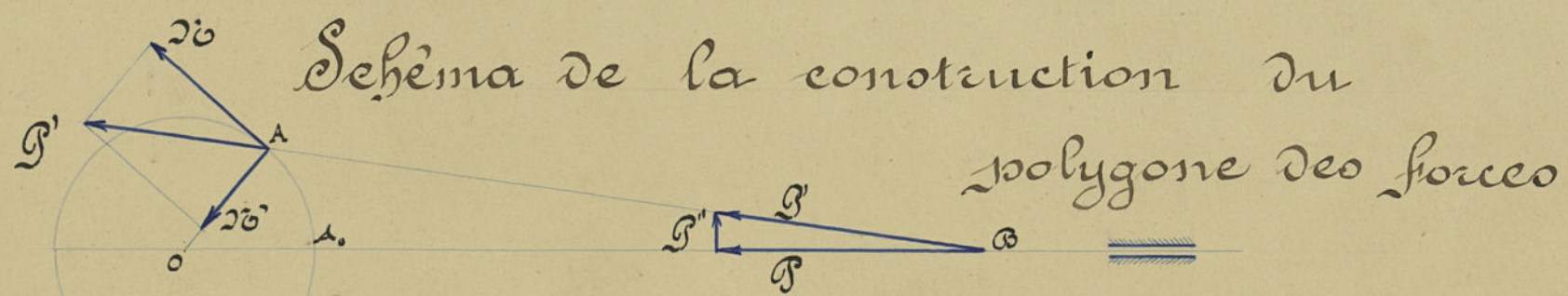
LOIS EN COORDONNEES POLAIRES ET RECTANGULAIRES

COUP ARRIERE OU COUP DU FOND

### Polygones des forces Coup du fond



COUP DU COUVERCLE OU AVANT



Machine E. Boyer 16 HP

### Périodes de la Distribution

1. Avance à l'admission
2. Admission
3. Détente
4. Avance à l'échappement
5. Echappement
6. Contre-pression

### Diagramme des Températures

Température du condensat: 60°

### Diagramme des Pressions

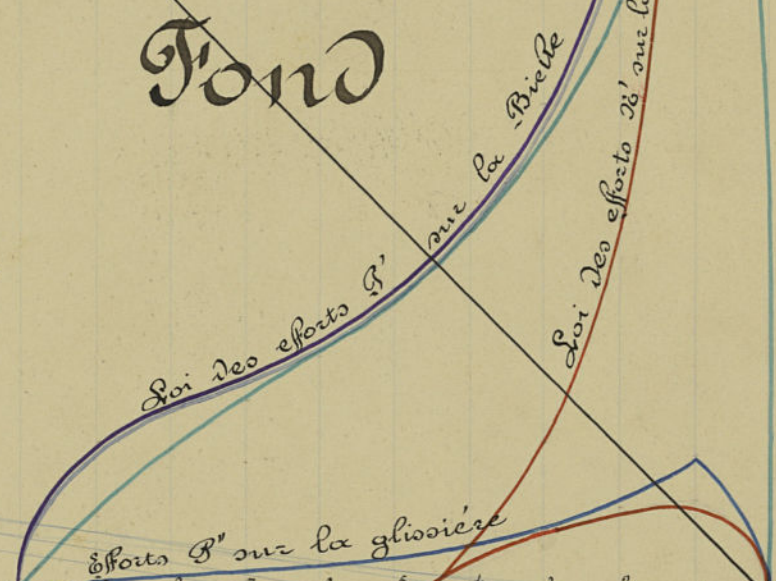
Pression atmosphérique

Signe du vide

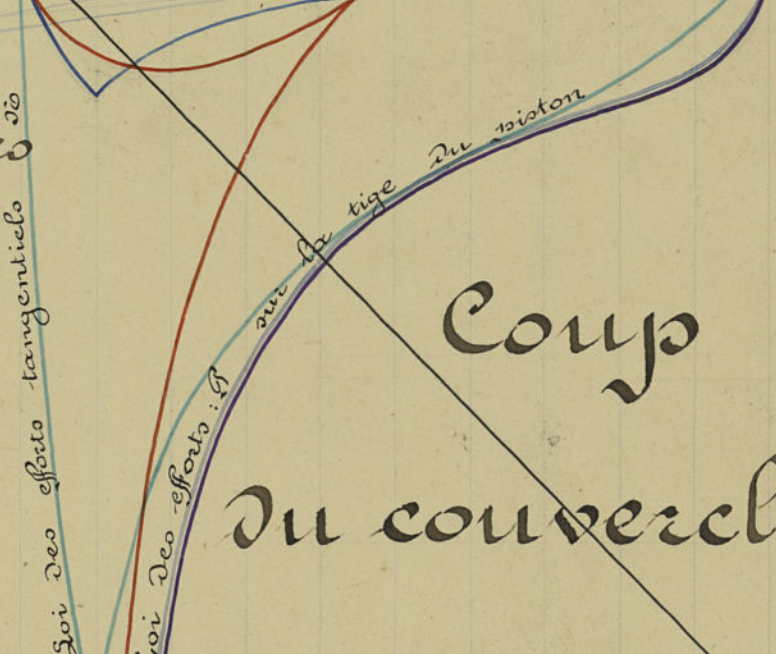
Données entre branches

Données de la Branche supérieure

### Coup du Fond



### Coup du couvercle



Données de la Branche supérieure

Pression atmosphérique

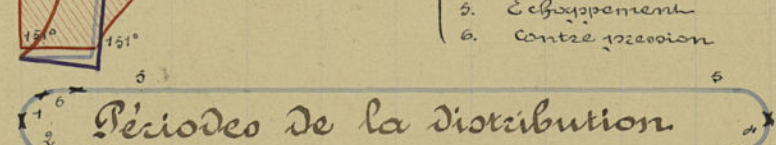
### Diagramme des Pressions

Température du condensat: 60°

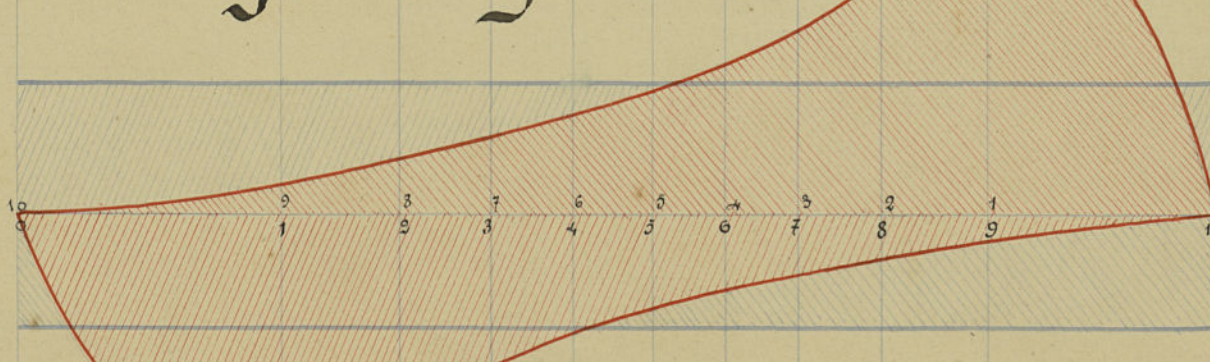
### Diagramme des Températures

1. Avance à l'admission
2. Admission
3. Détente
4. Avance à l'échappement
5. Echappement
6. Contre-pression

### Périodes de la Distribution



### Travail tangentiel Coup du fond



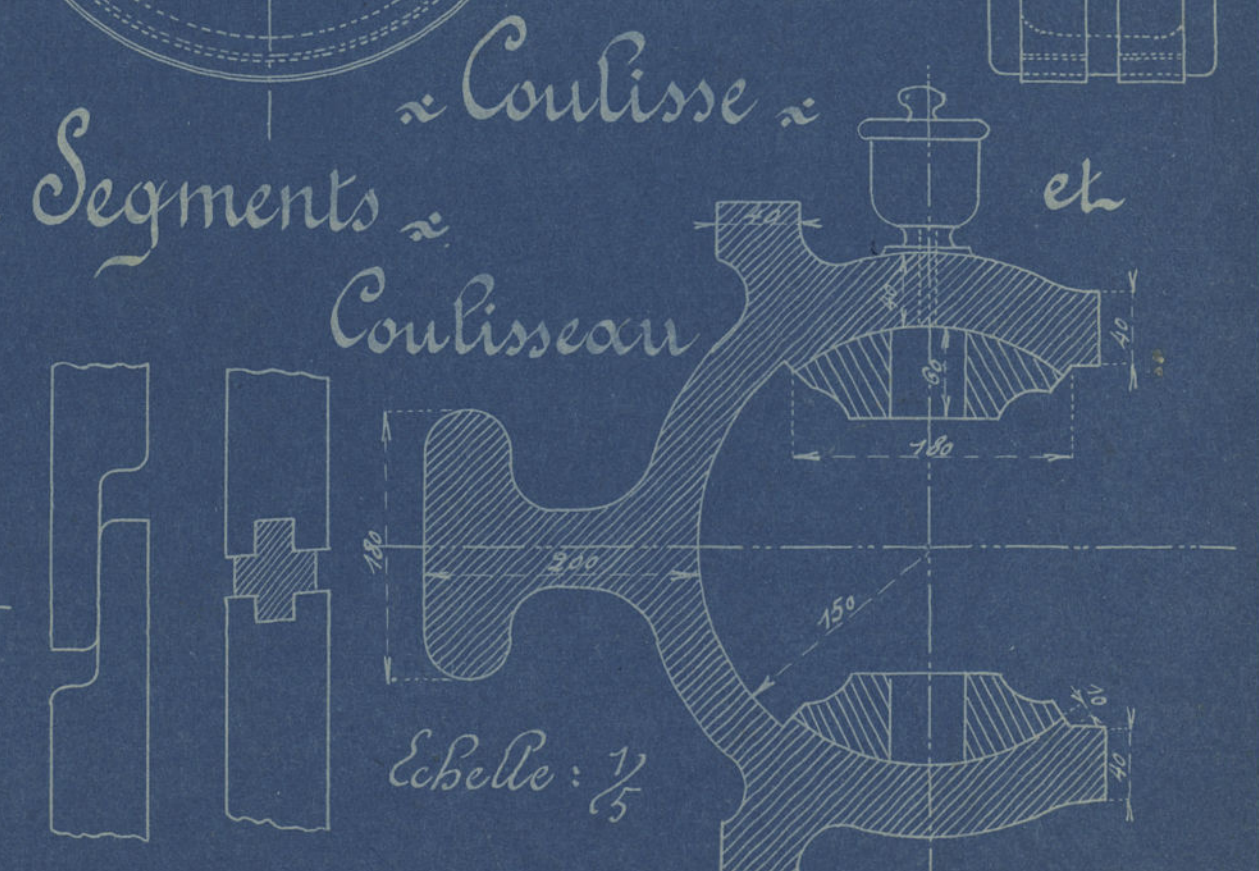
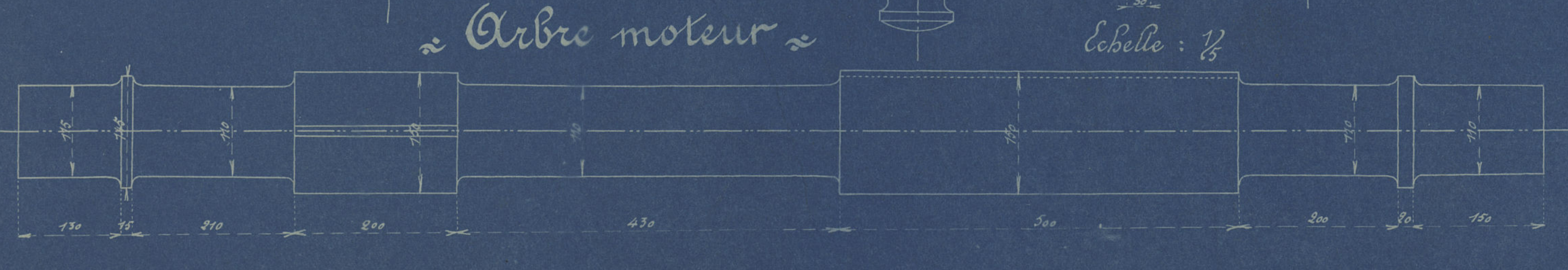
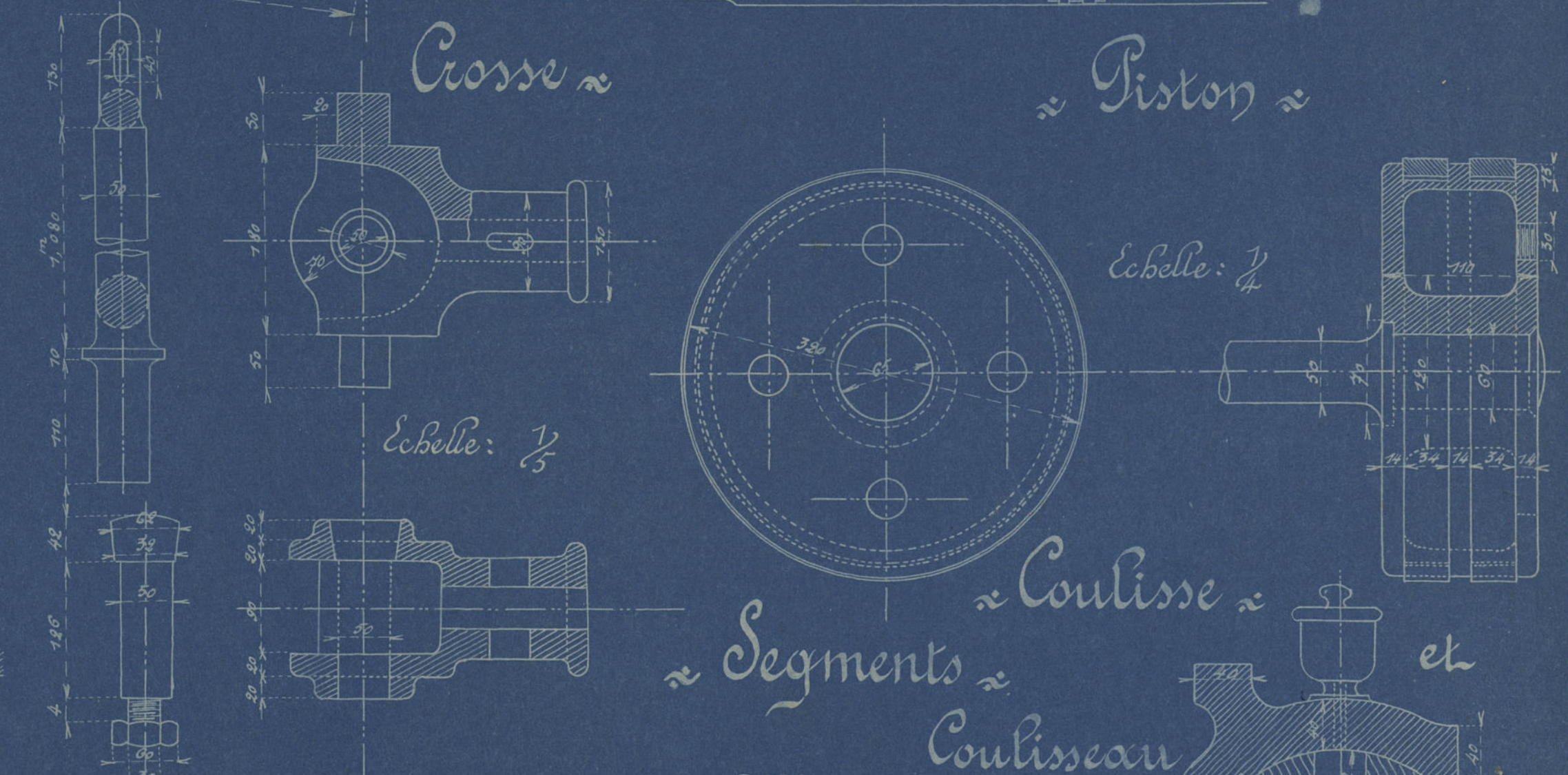
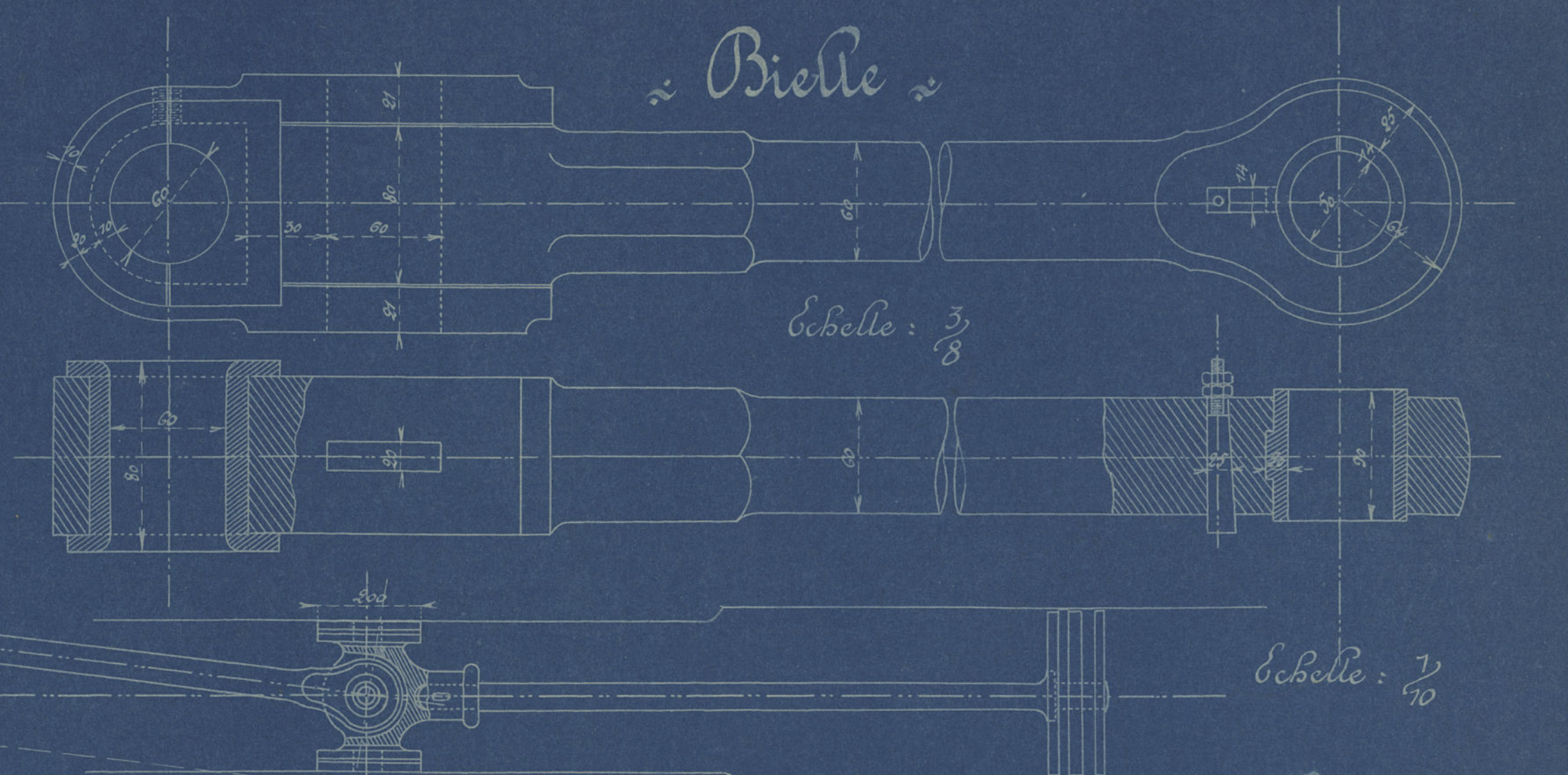
### Coup du couvercle

*Moénétrel*

*Moénétrel*



~ Organes de la machine à vapeur ~



Du par le professeur, Lille, le 29 Mai 1911

Giron

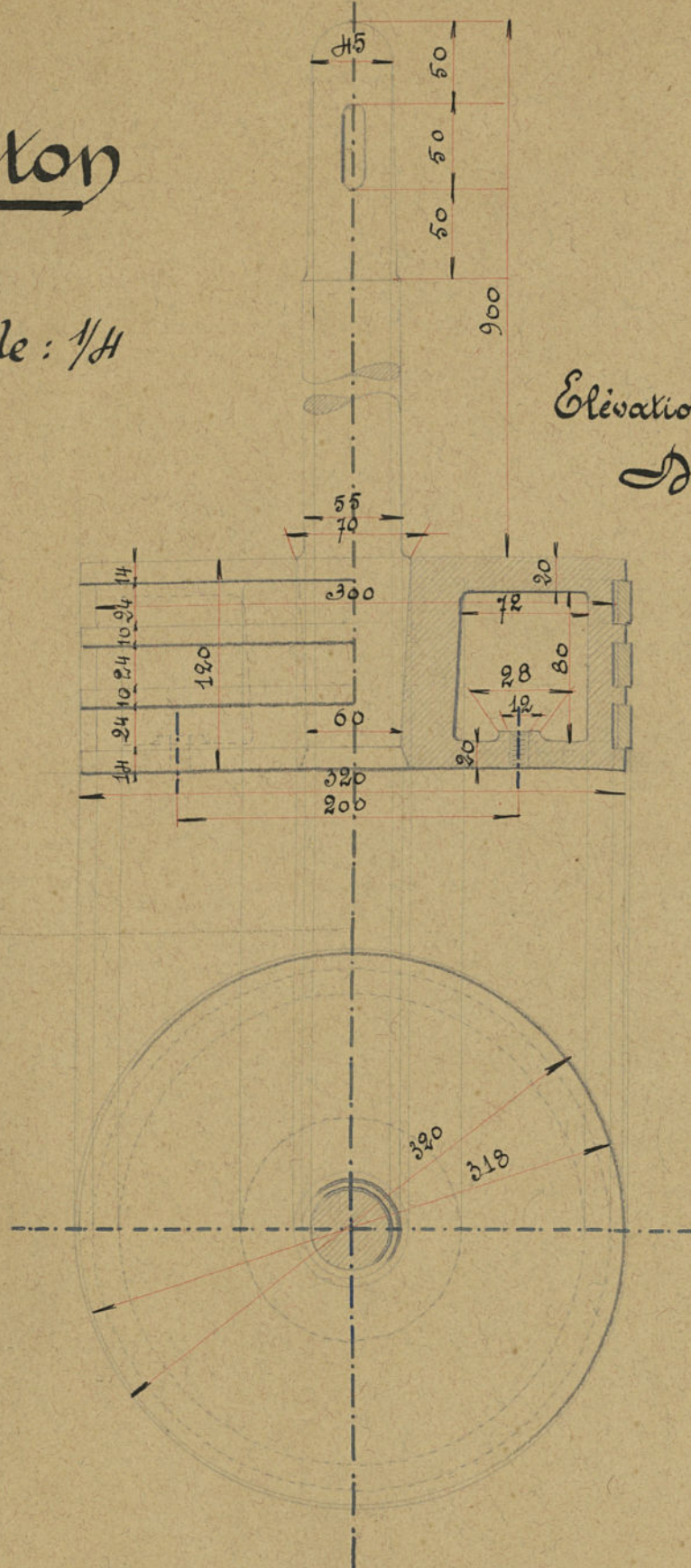






Liston

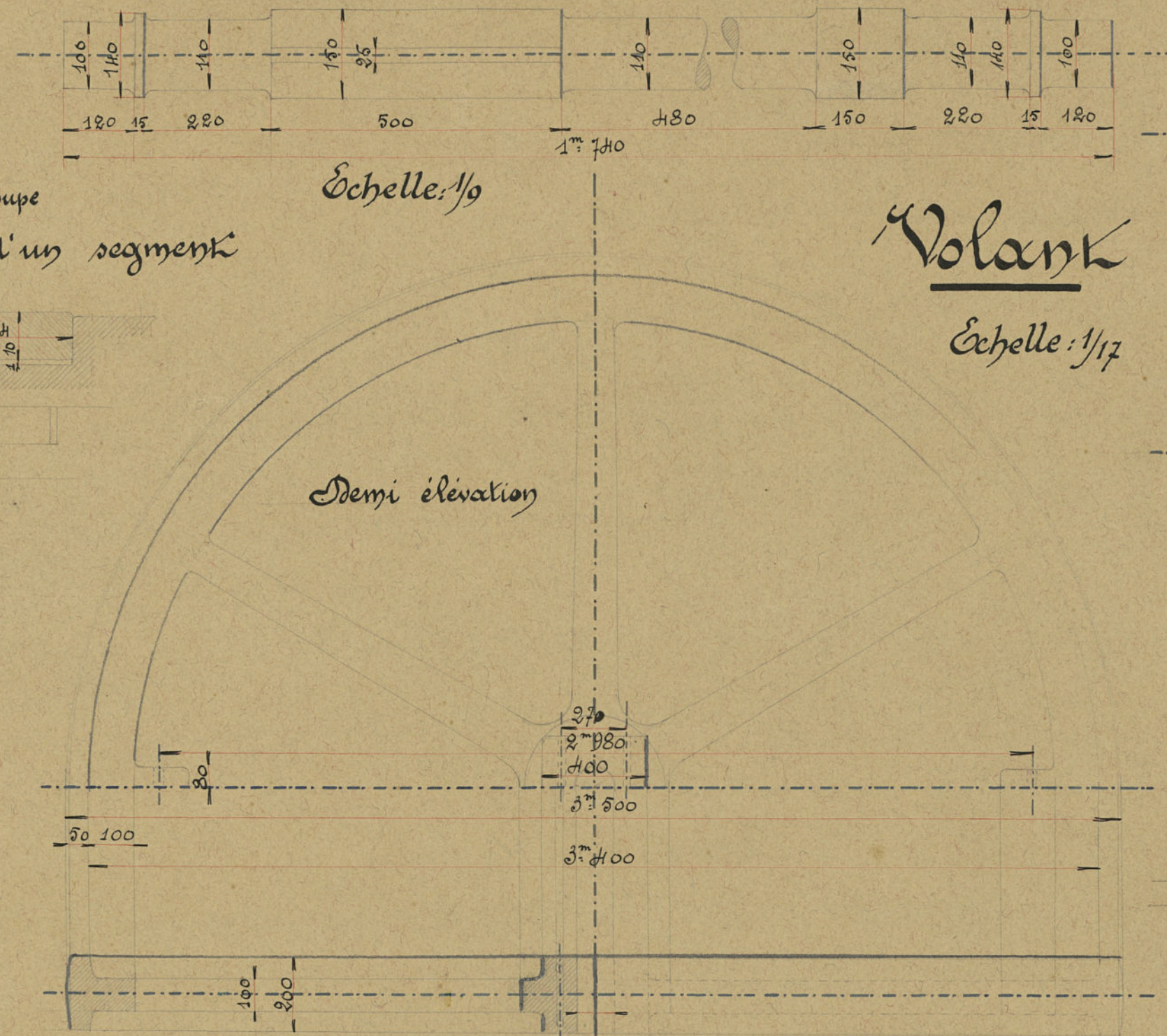
Echelle : 1/4



Elevation demi-coupe  
 Détails d'un segment

Arbre moteur

Echelle: 1/9

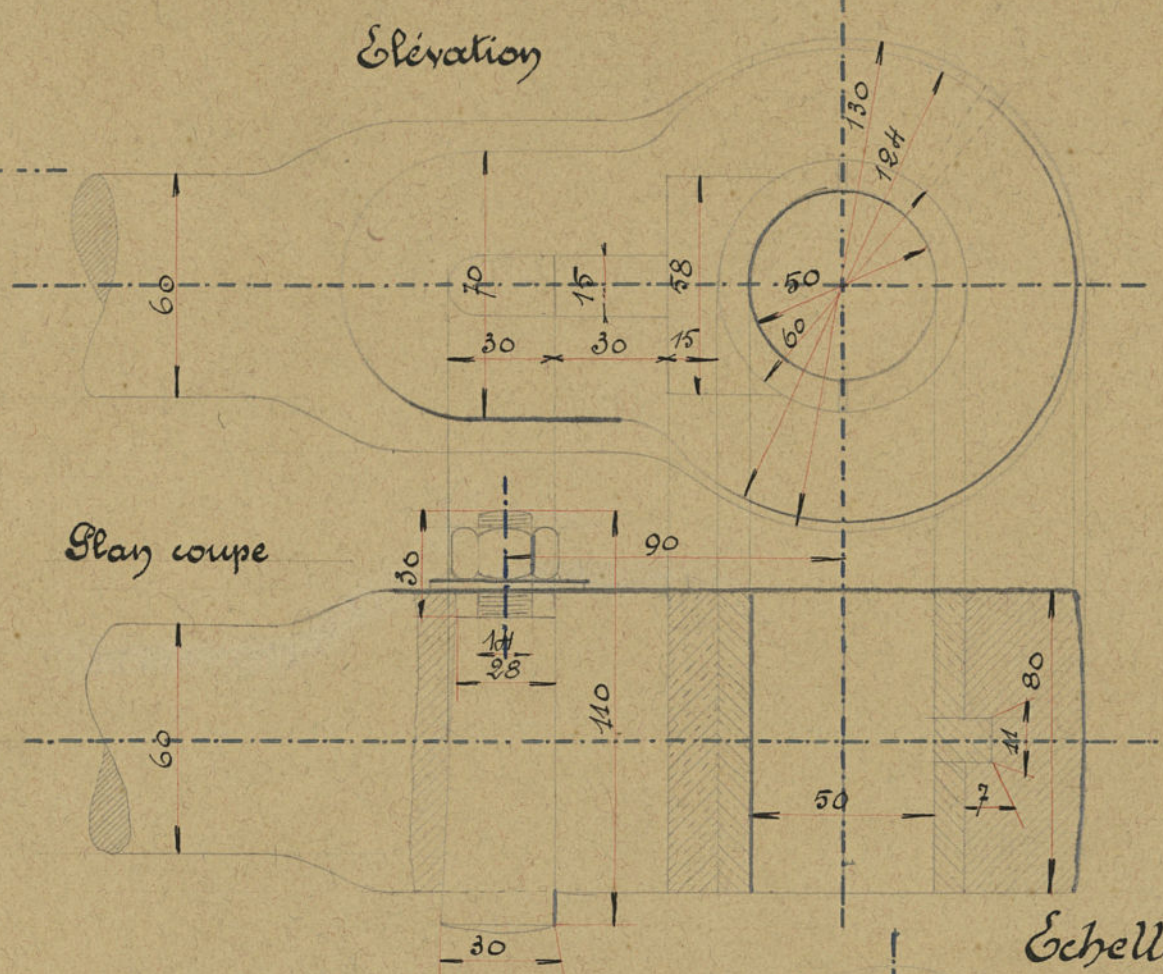


Volant

Echelle: 1/12

Lied de bielle

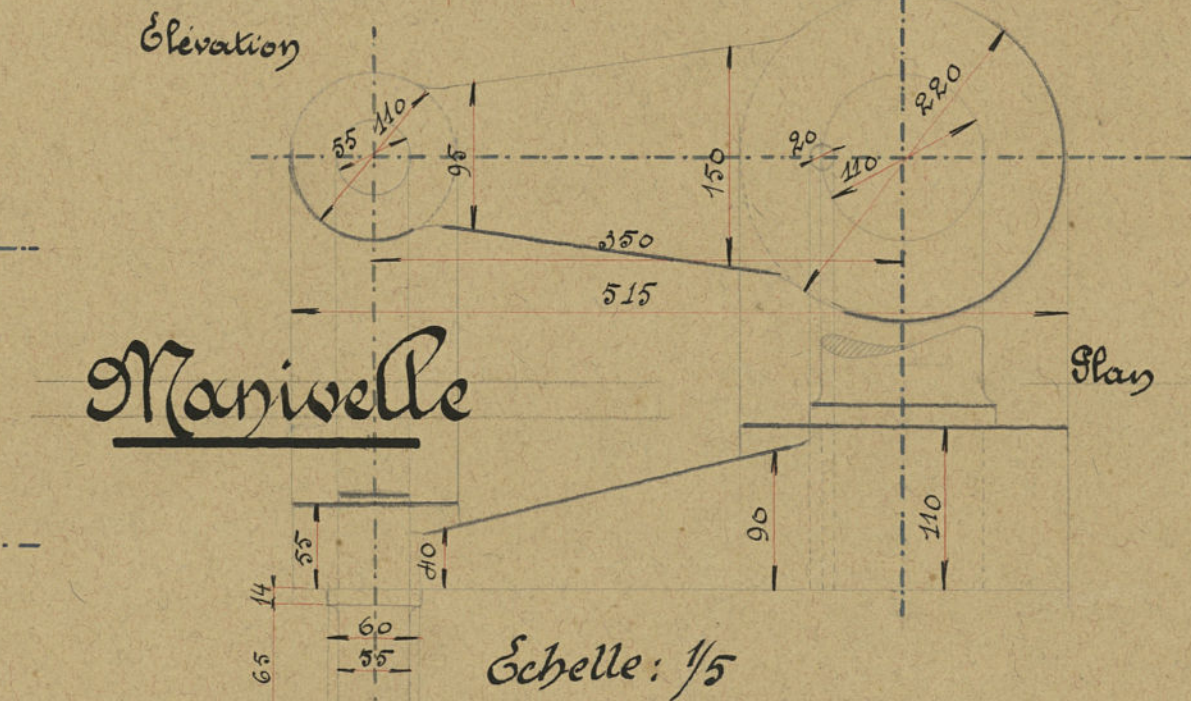
Elevation



Echelle: 1/2

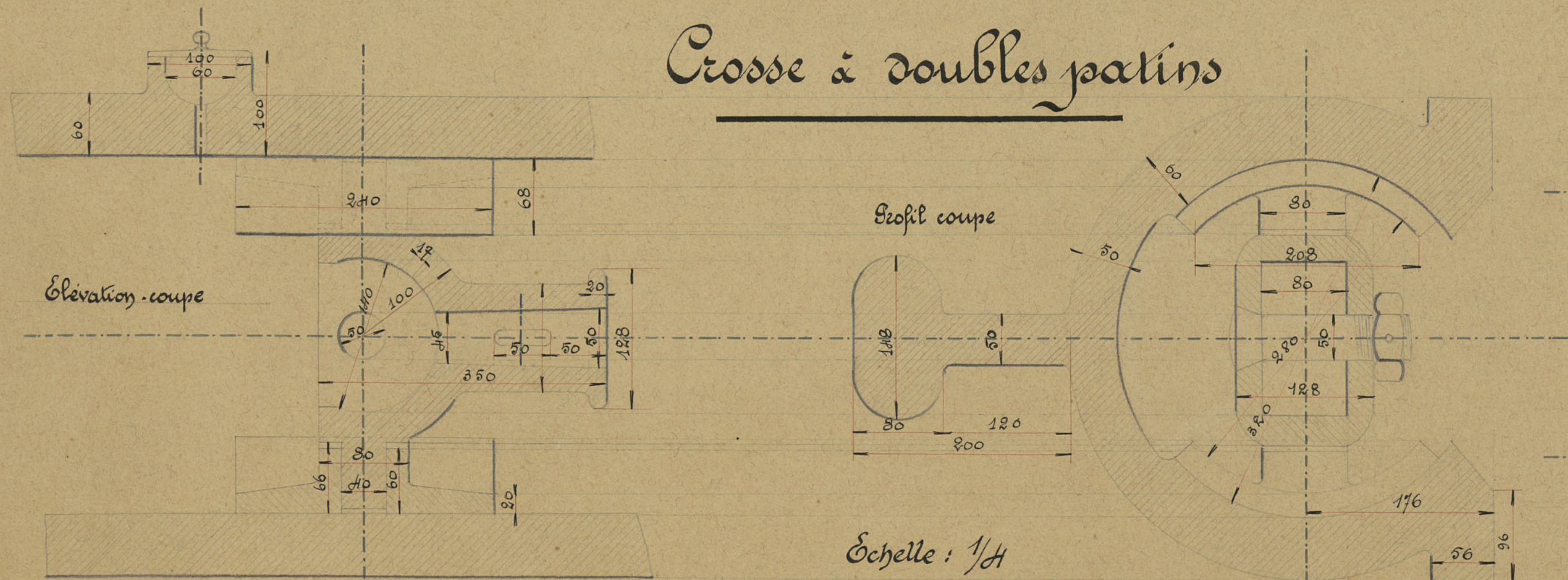
Manivelle

Echelle: 1/5



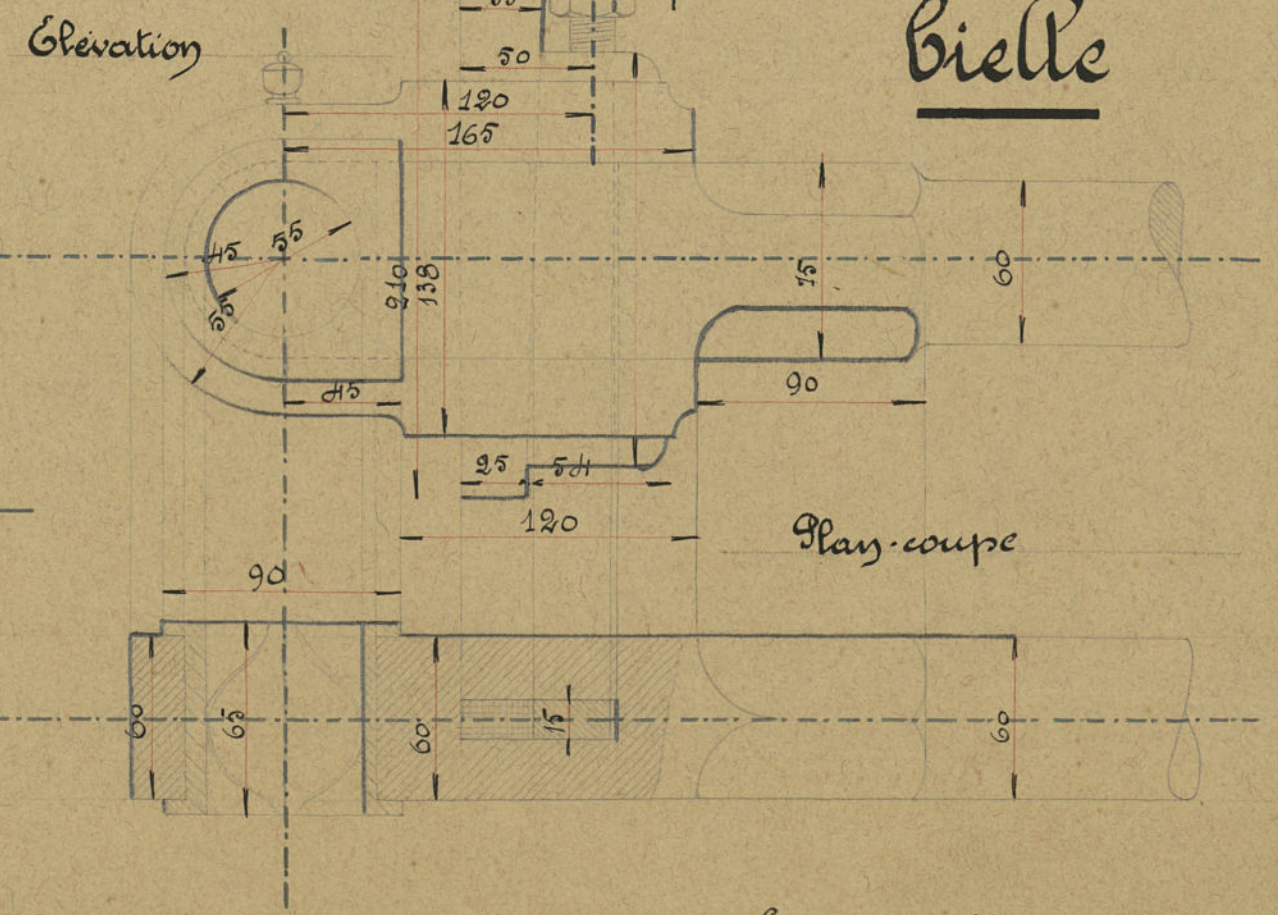
Crosse à doubles patins

Echelle: 1/4



tête de bielle

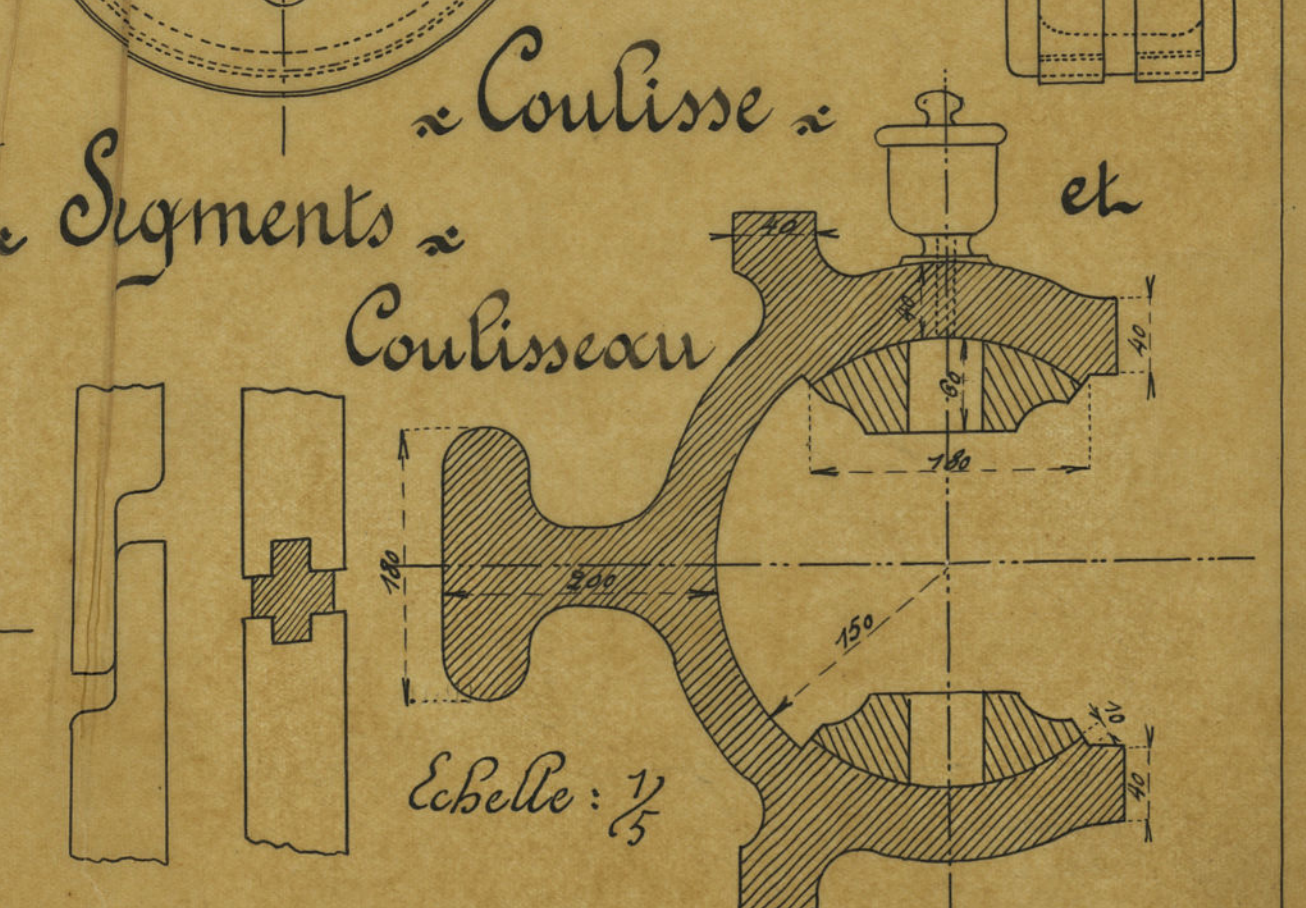
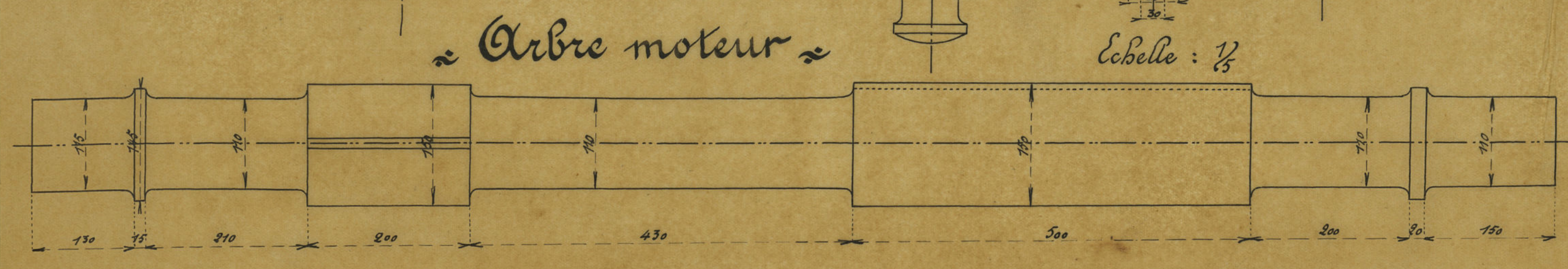
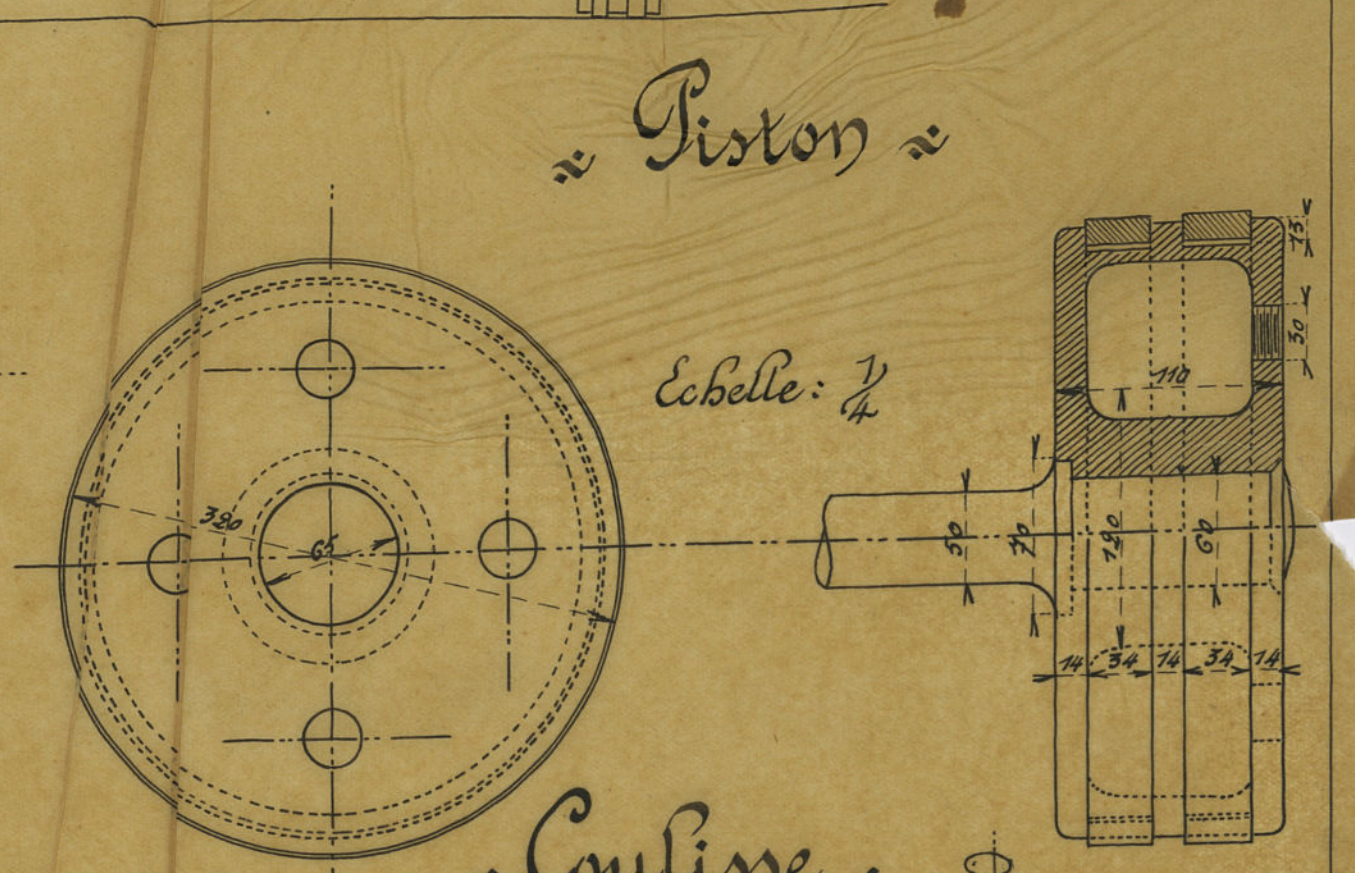
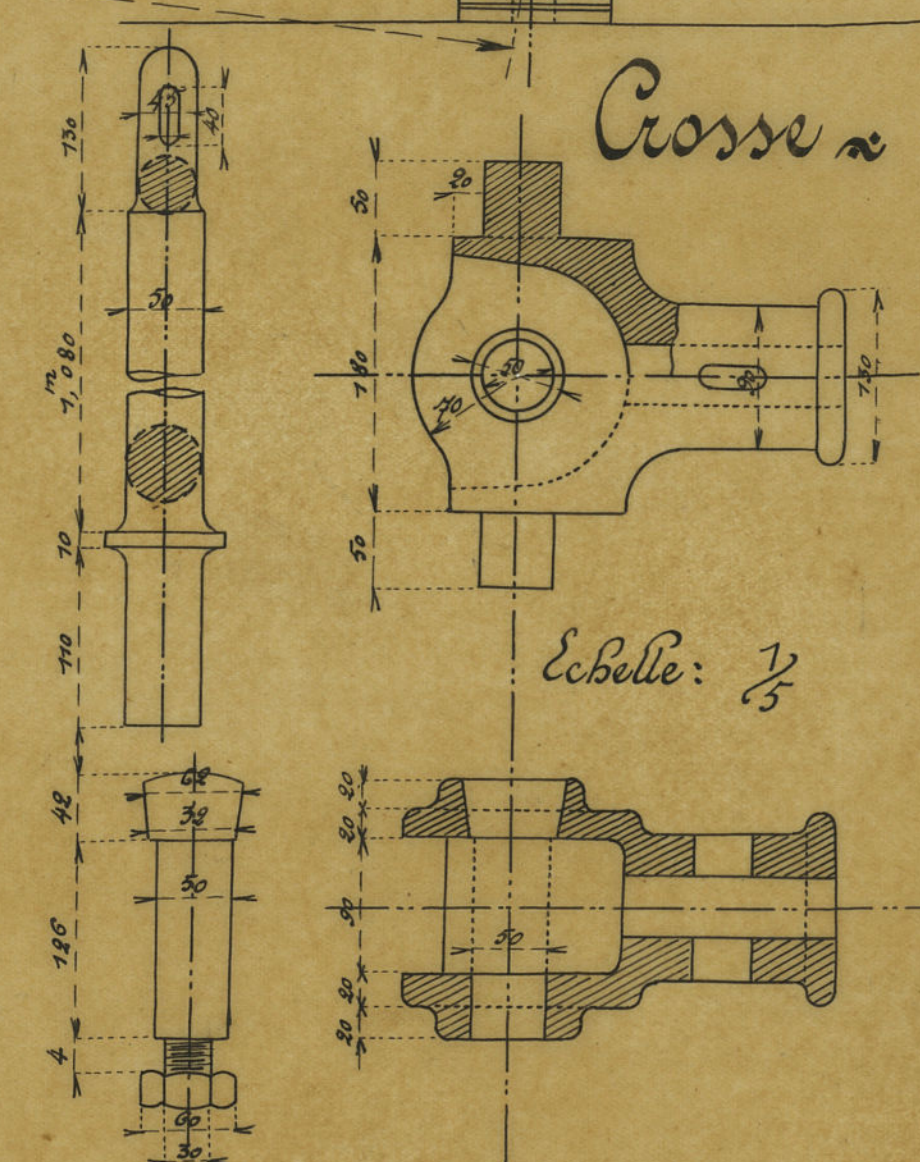
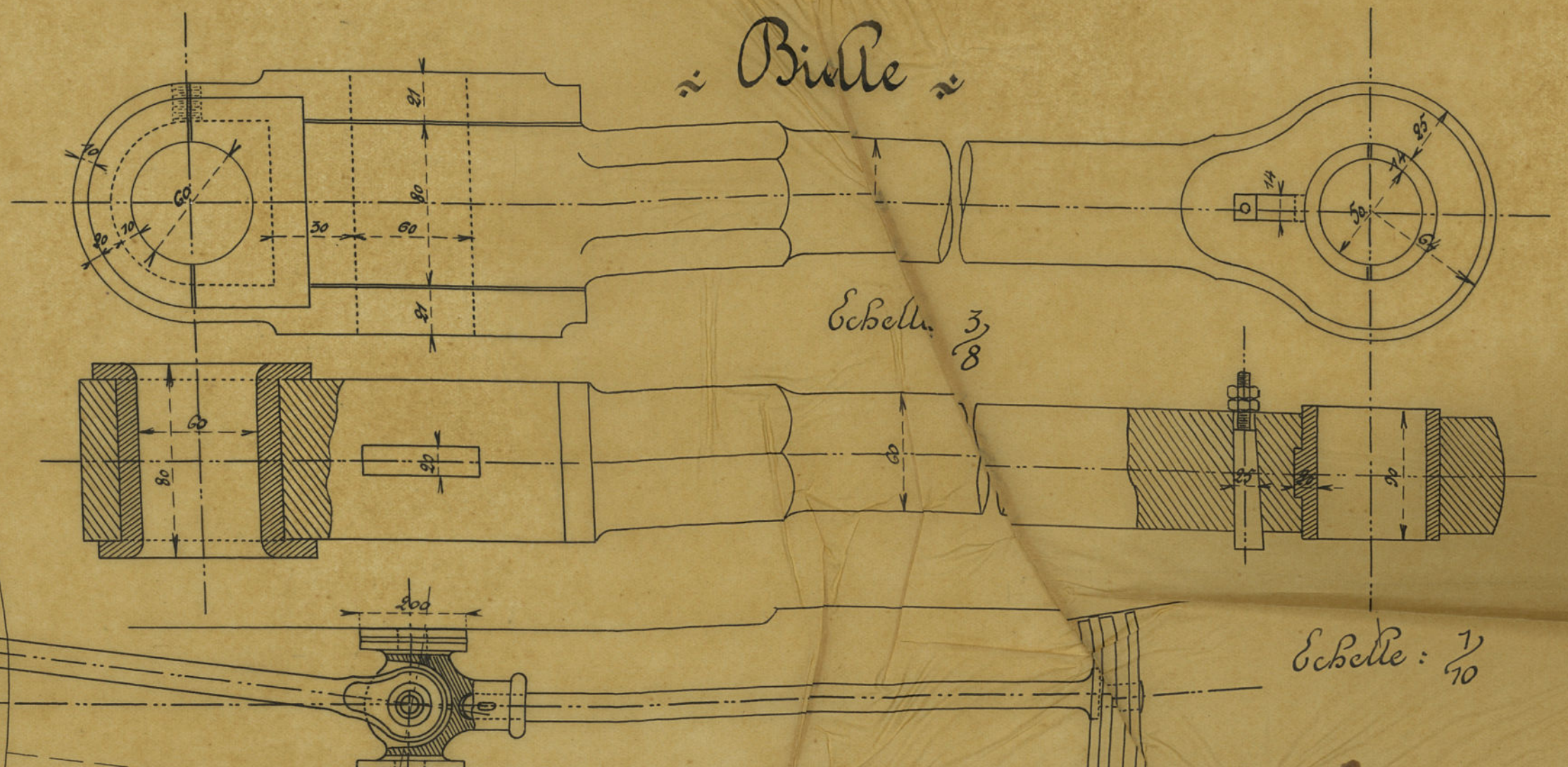
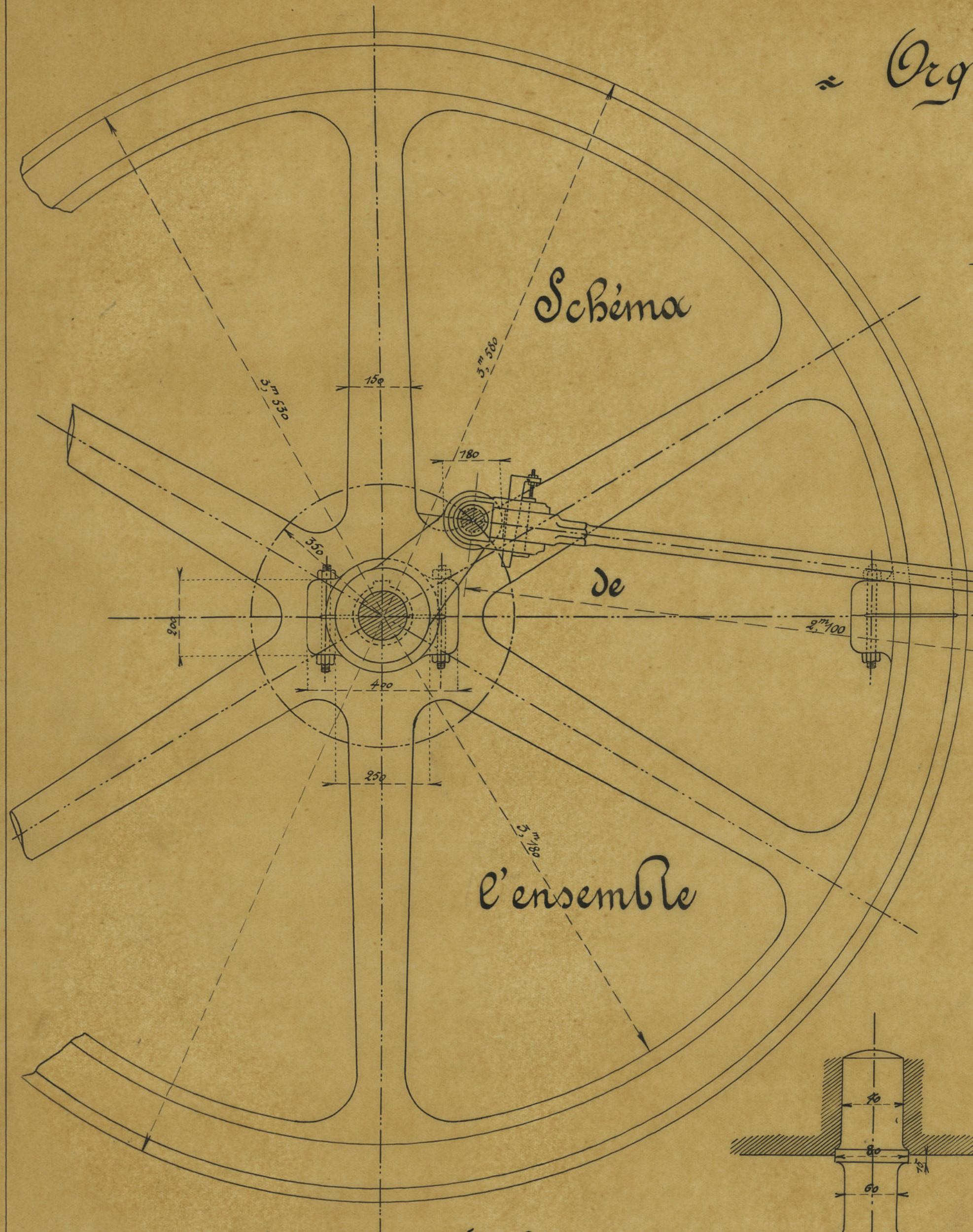
Echelle: 1/3



Du par le professeur  
 Lille, le 30 Mai 1910  
 Campeus



## ~ Organes de la machine à vapeur ~



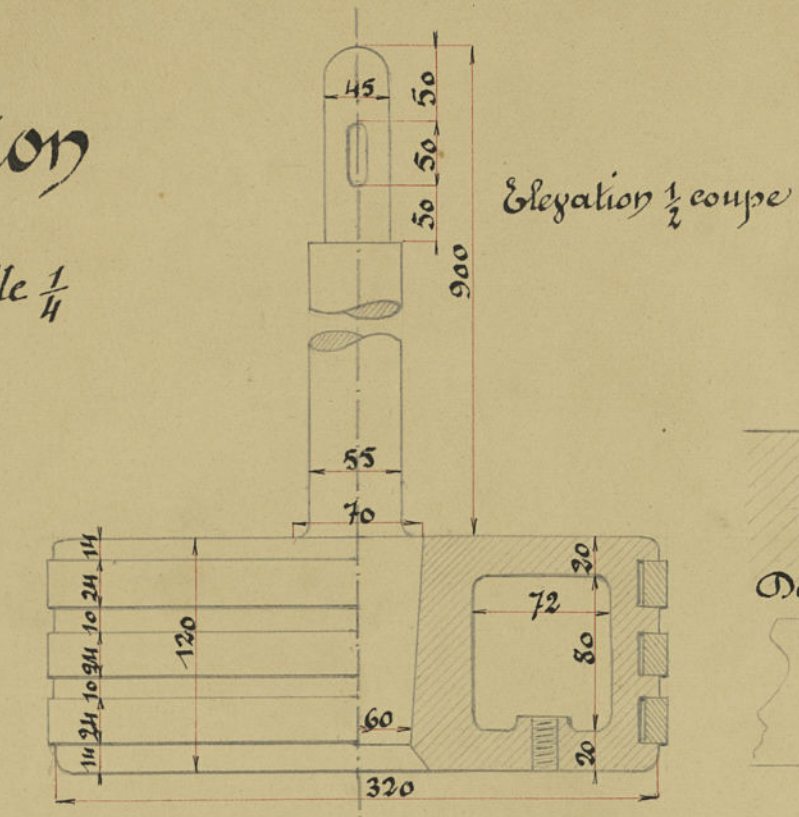
Vu par le professeur, Lille, le 29 Mai 1911

Giron



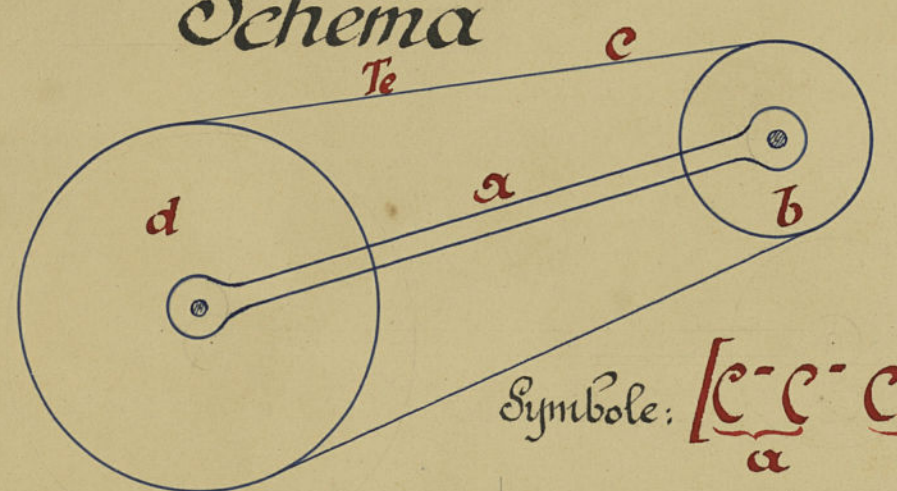
Piston

Echelle 1/4



Plan.

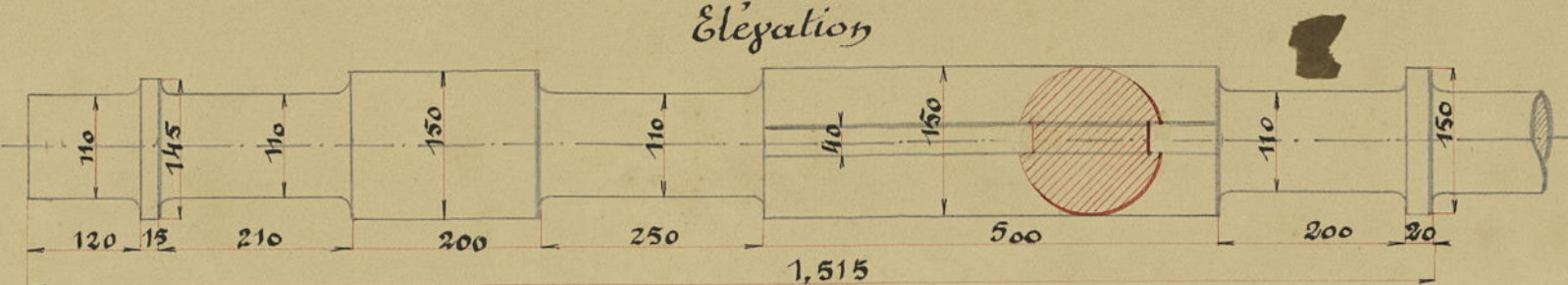
Schema



Symbole: [C-C-C+R Tc-T-R+C] a

Arbre moteur

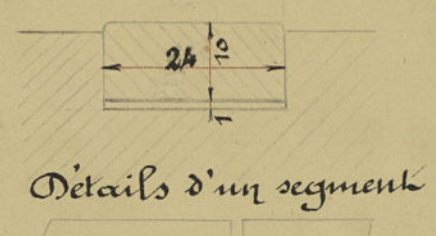
Elevation



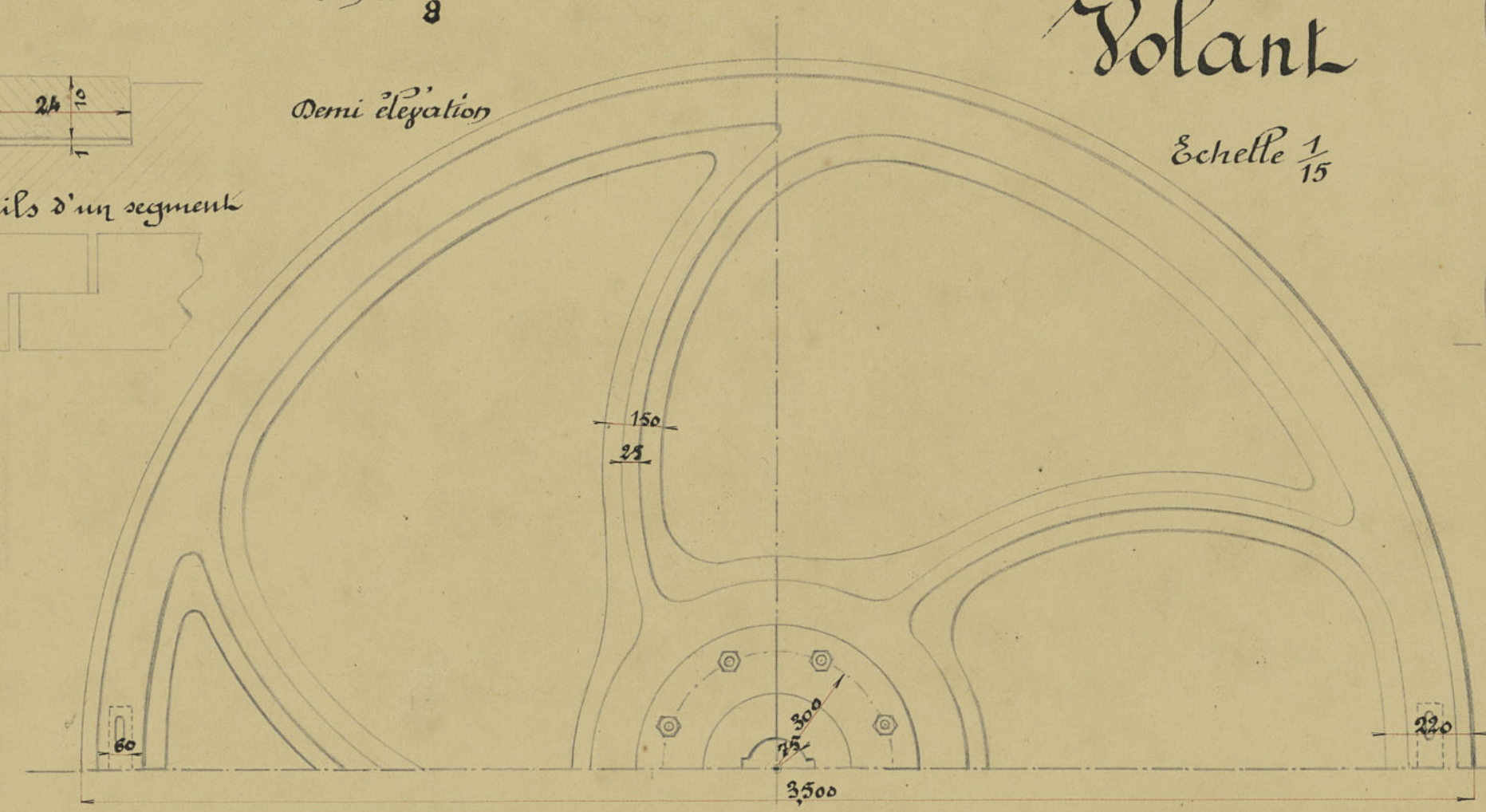
Echelle 1/8

Volant

Echelle 1/15



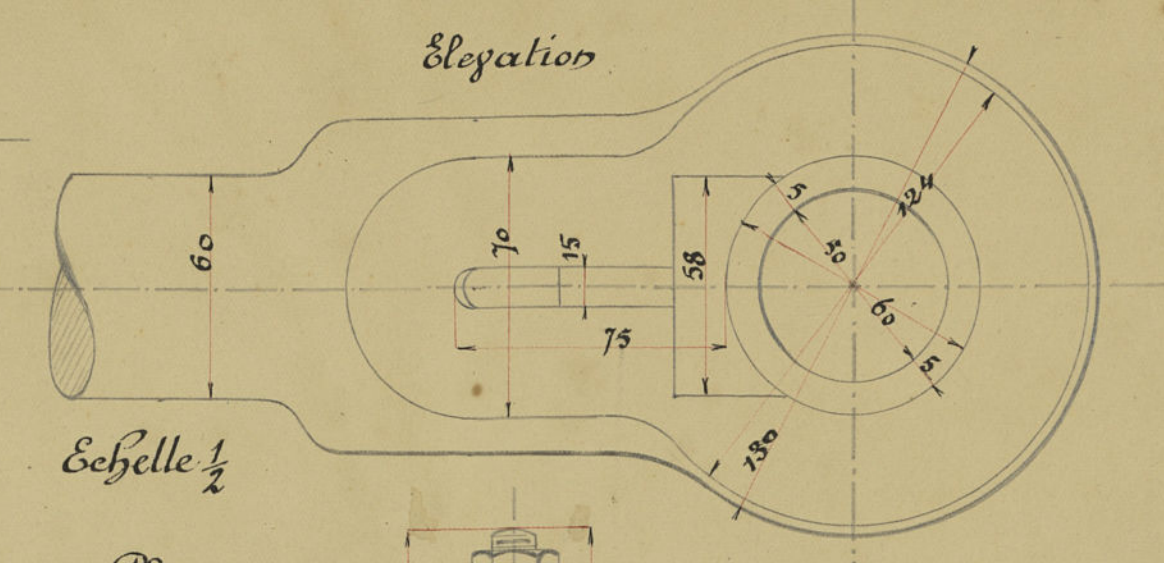
Détails d'un segment



Plan 1/2 coupe.

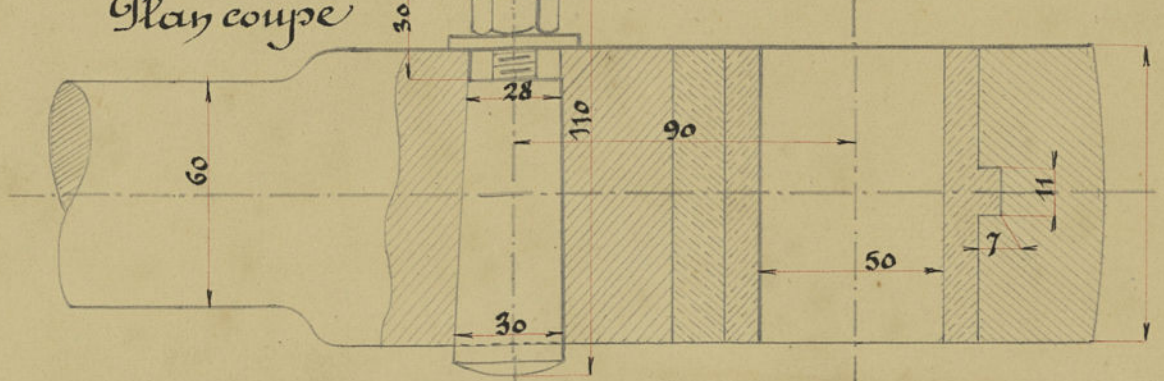
Pied de bielle.

Elevation

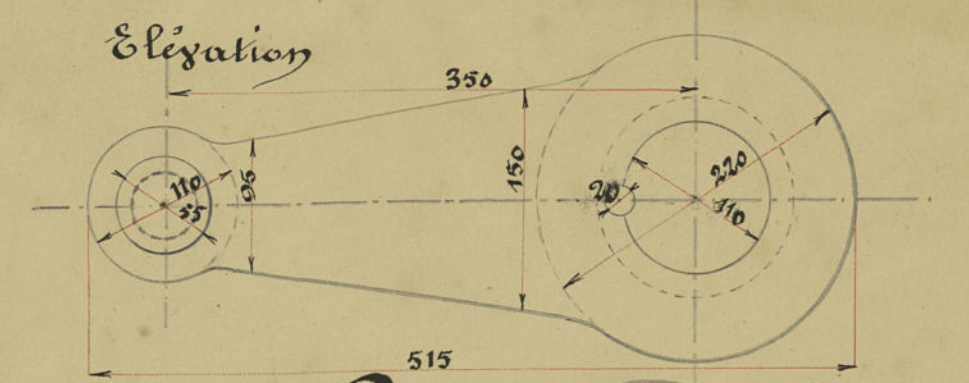


Echelle 1/2

Plan coupe



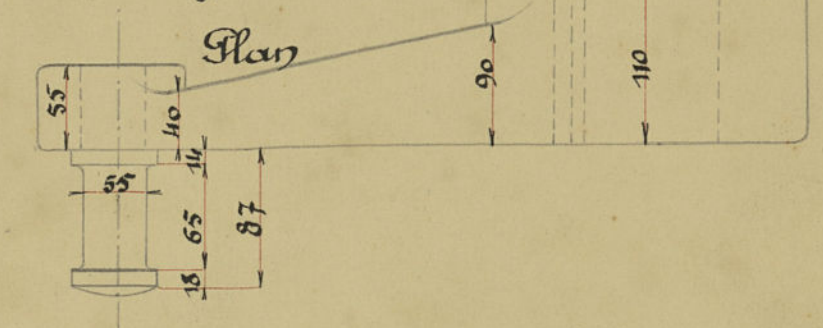
Elevation



Echelle: 1/3

Manivelle.

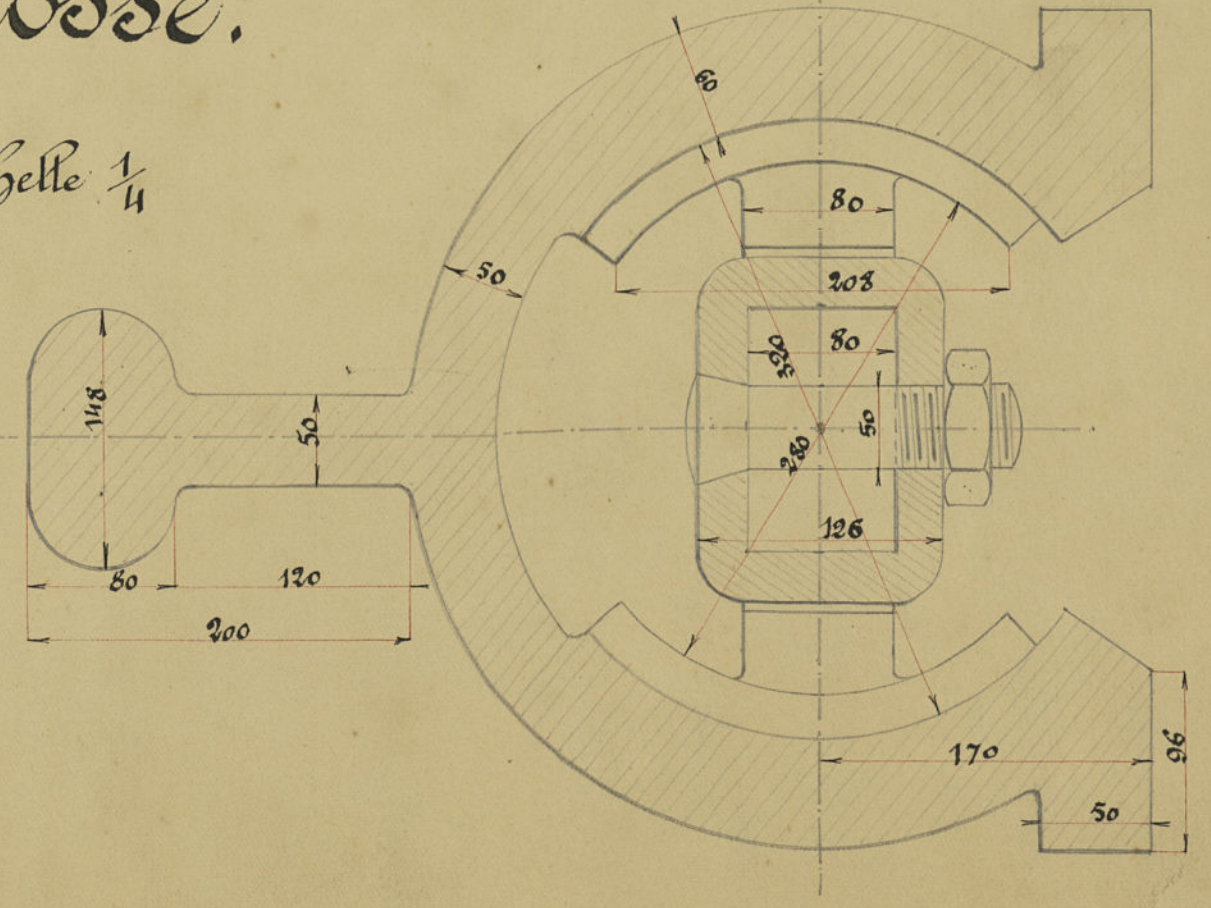
Plan



Crosse.

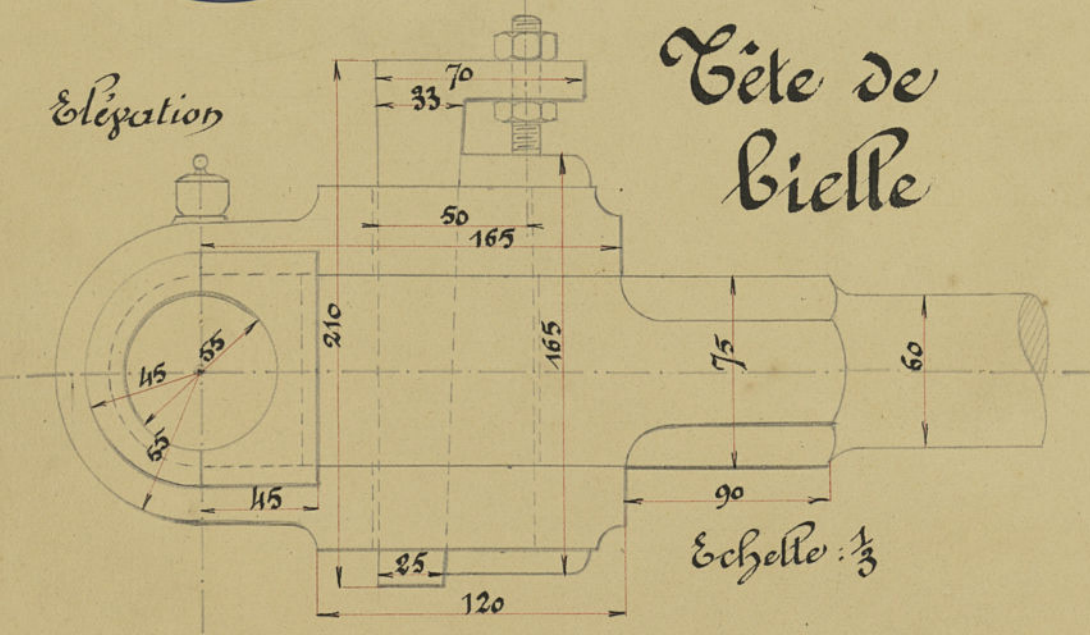
Echelle 1/4

Profil coupe.



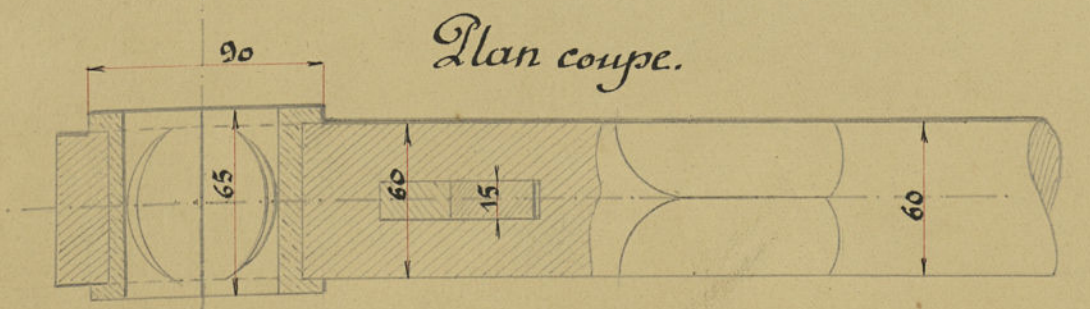
Tête de bielle

Elevation



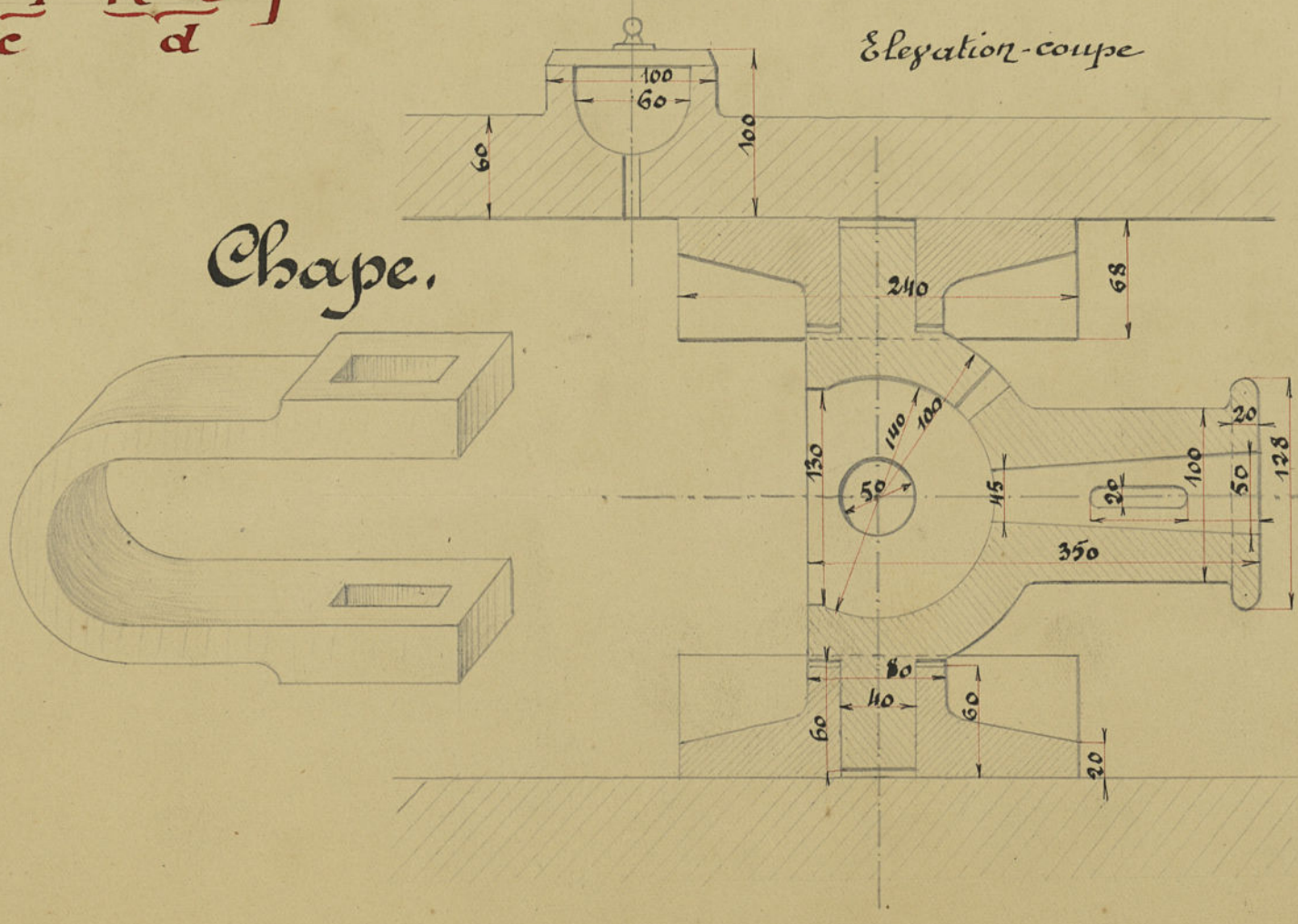
Echelle: 1/3

Plan coupe.



Chape.

Elevation-coupe



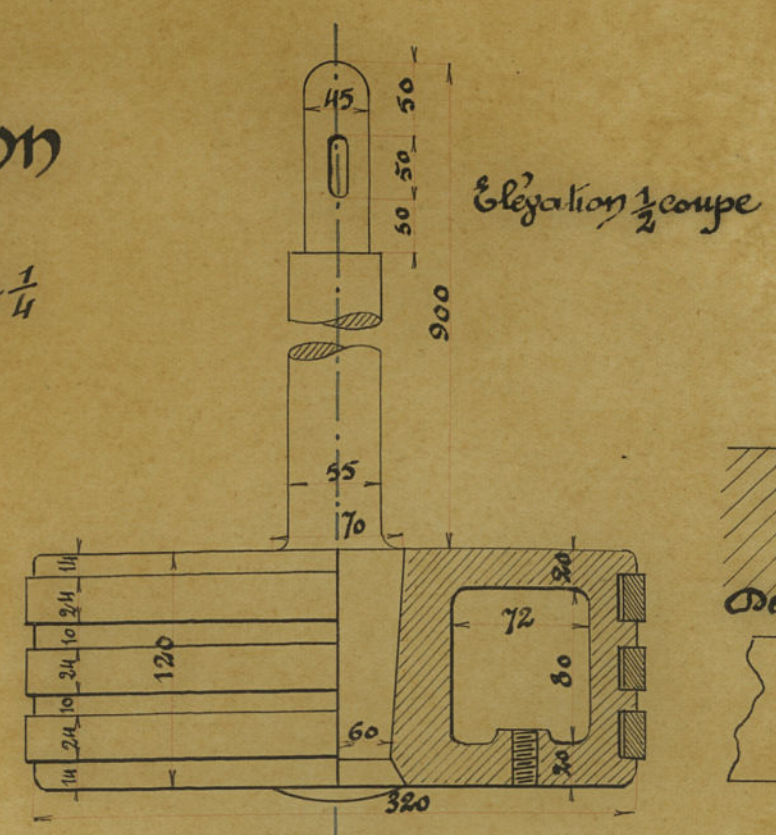
Fait par le Professeur de dessin: Lille, le 30 Mai 1910.

G. Roland



Piston

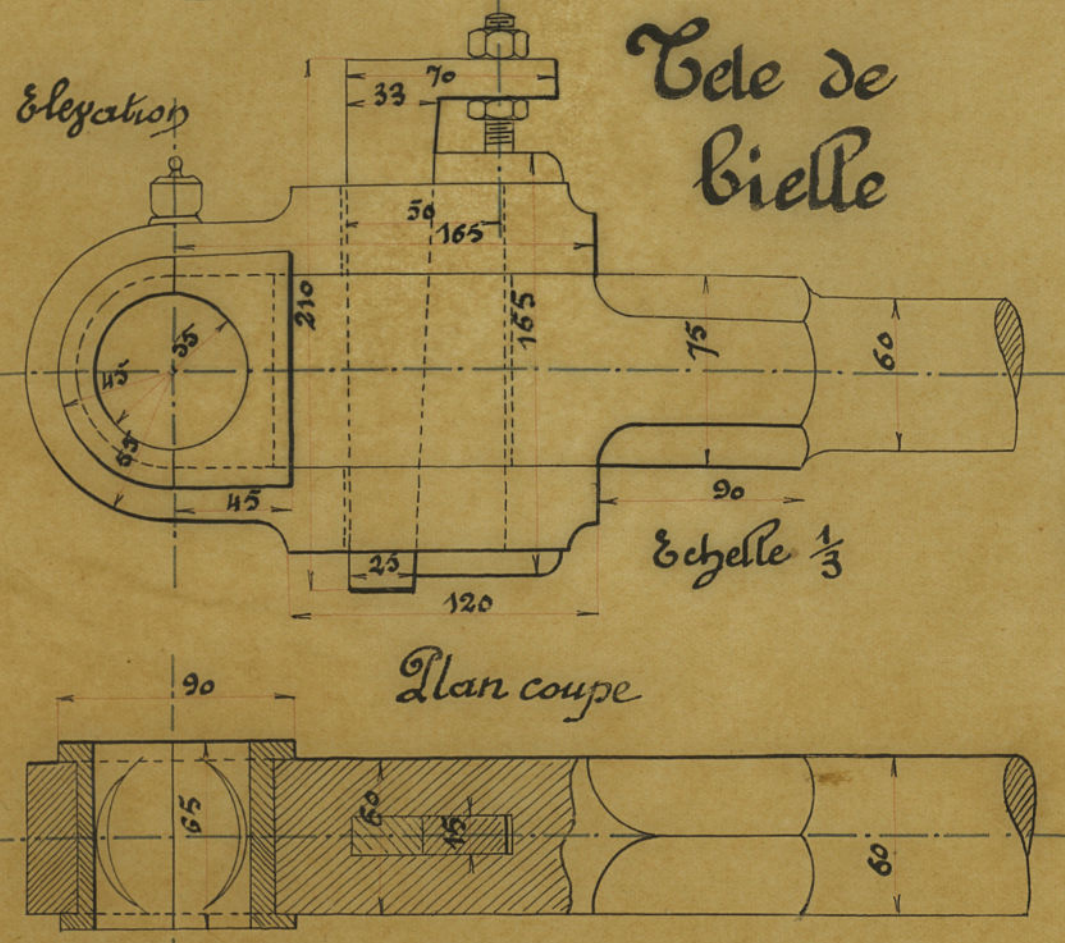
Echelle 1/4



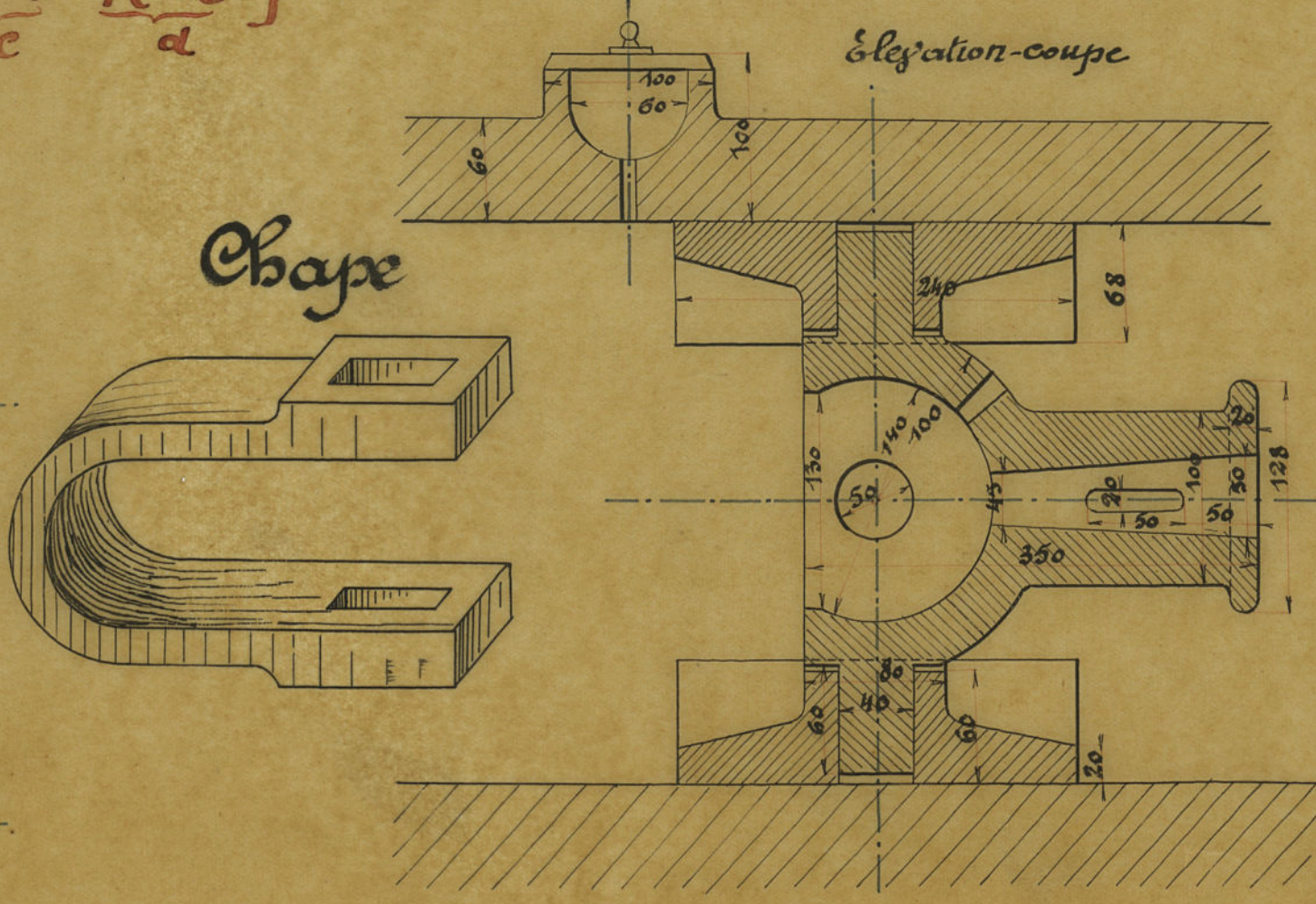
Schema



Tete de bielle

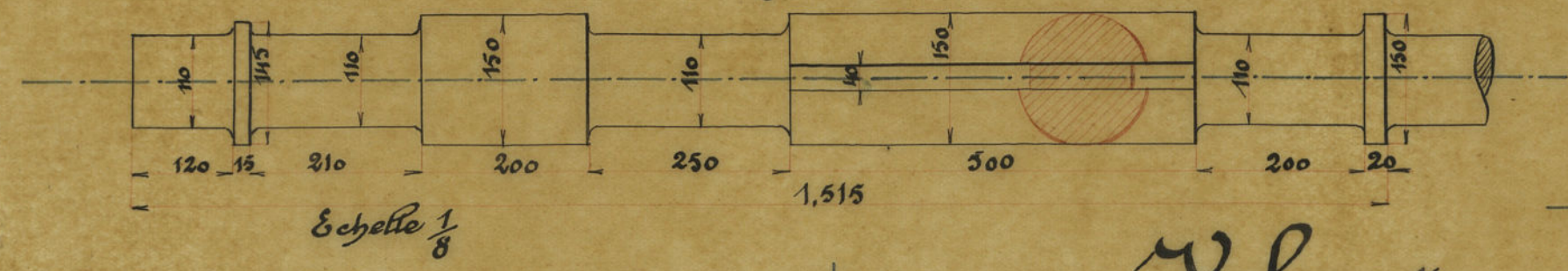


Chape



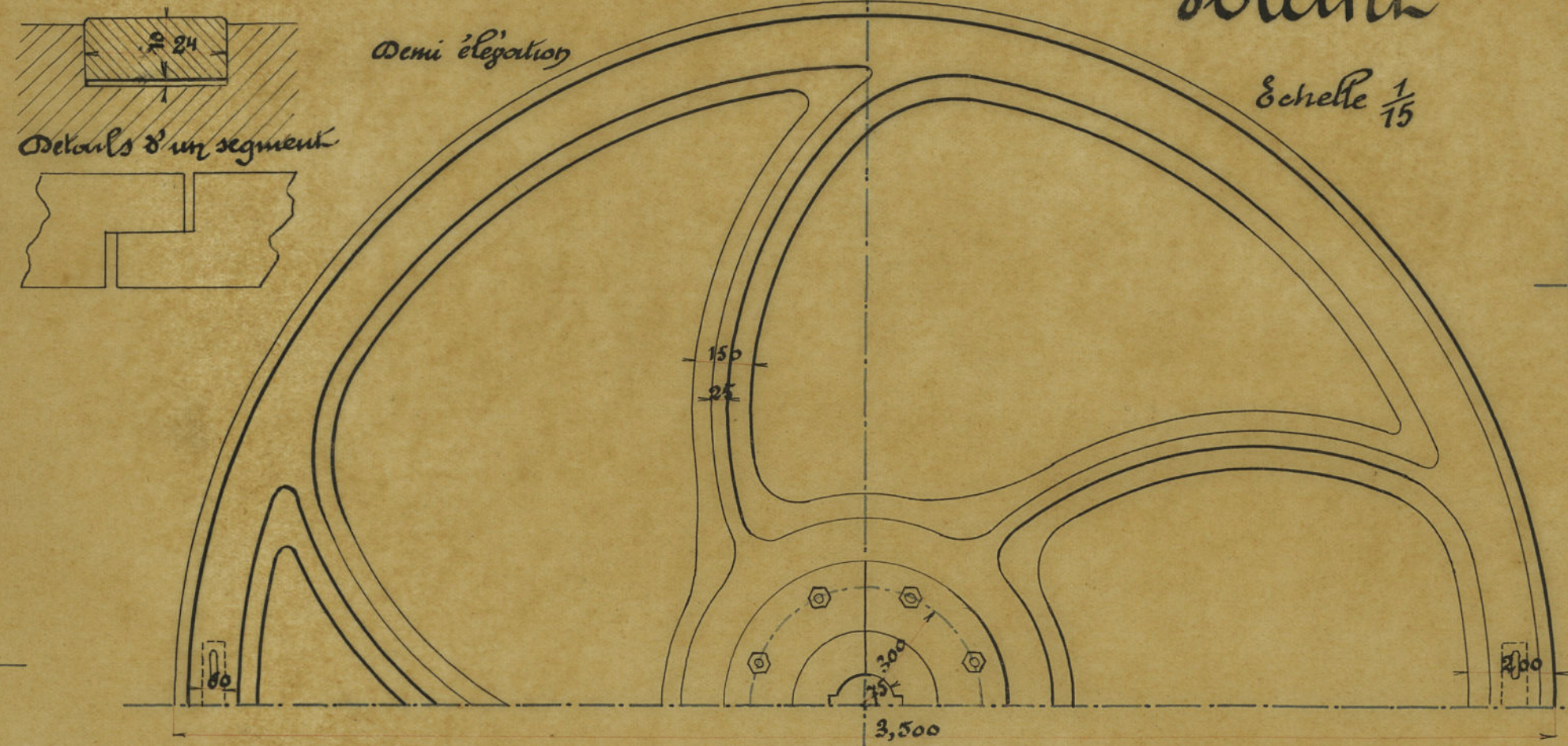
Arbre moteur

Elevation



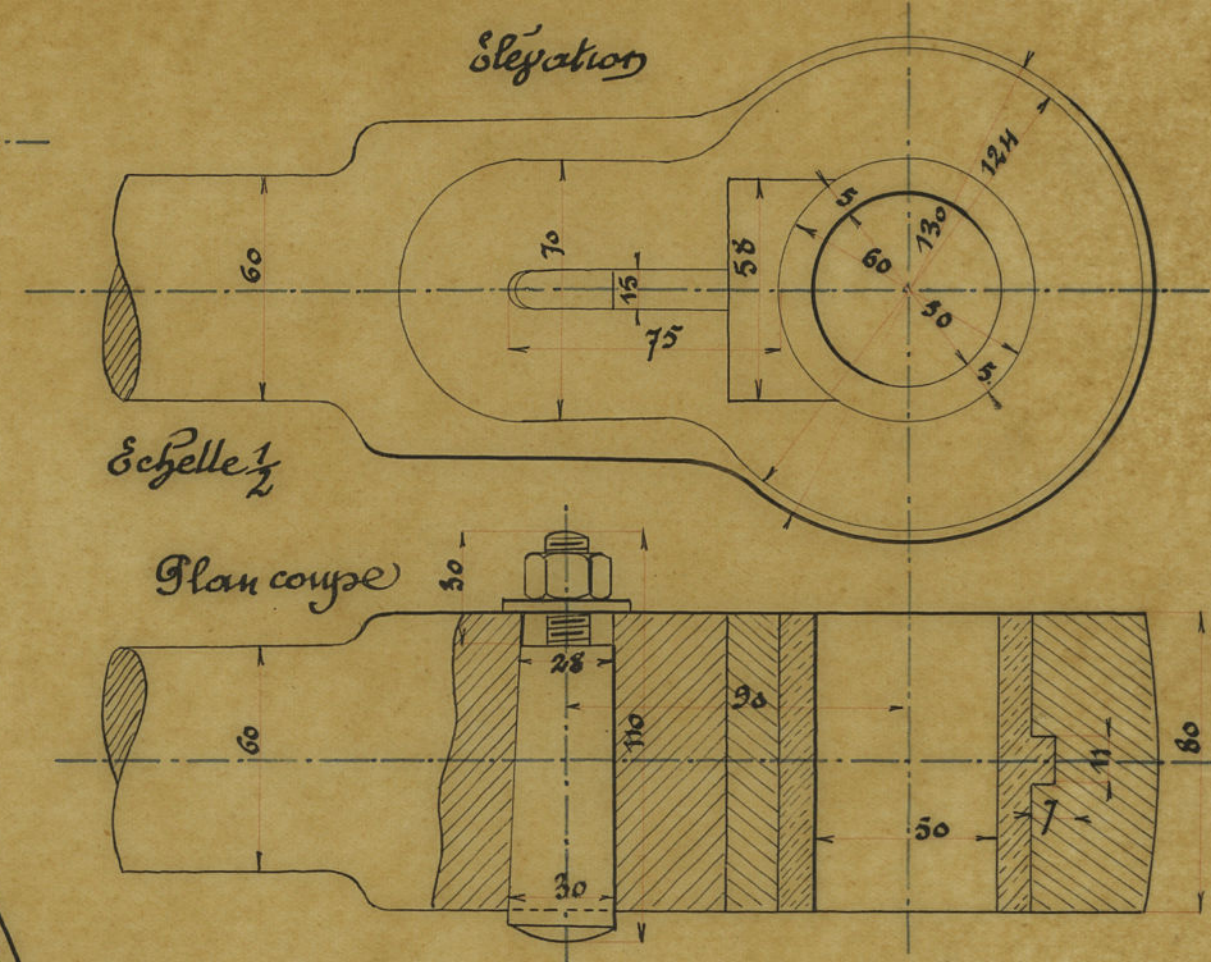
Volant

Echelle 1/15



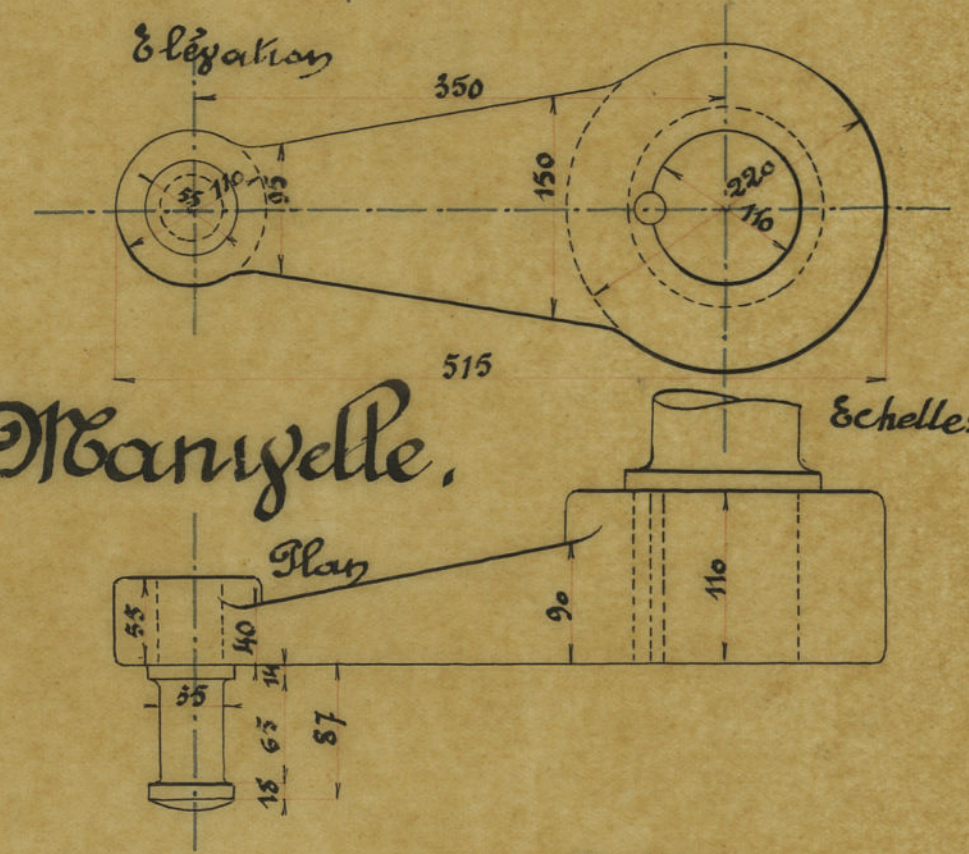
Pied de bielle.

Elevation



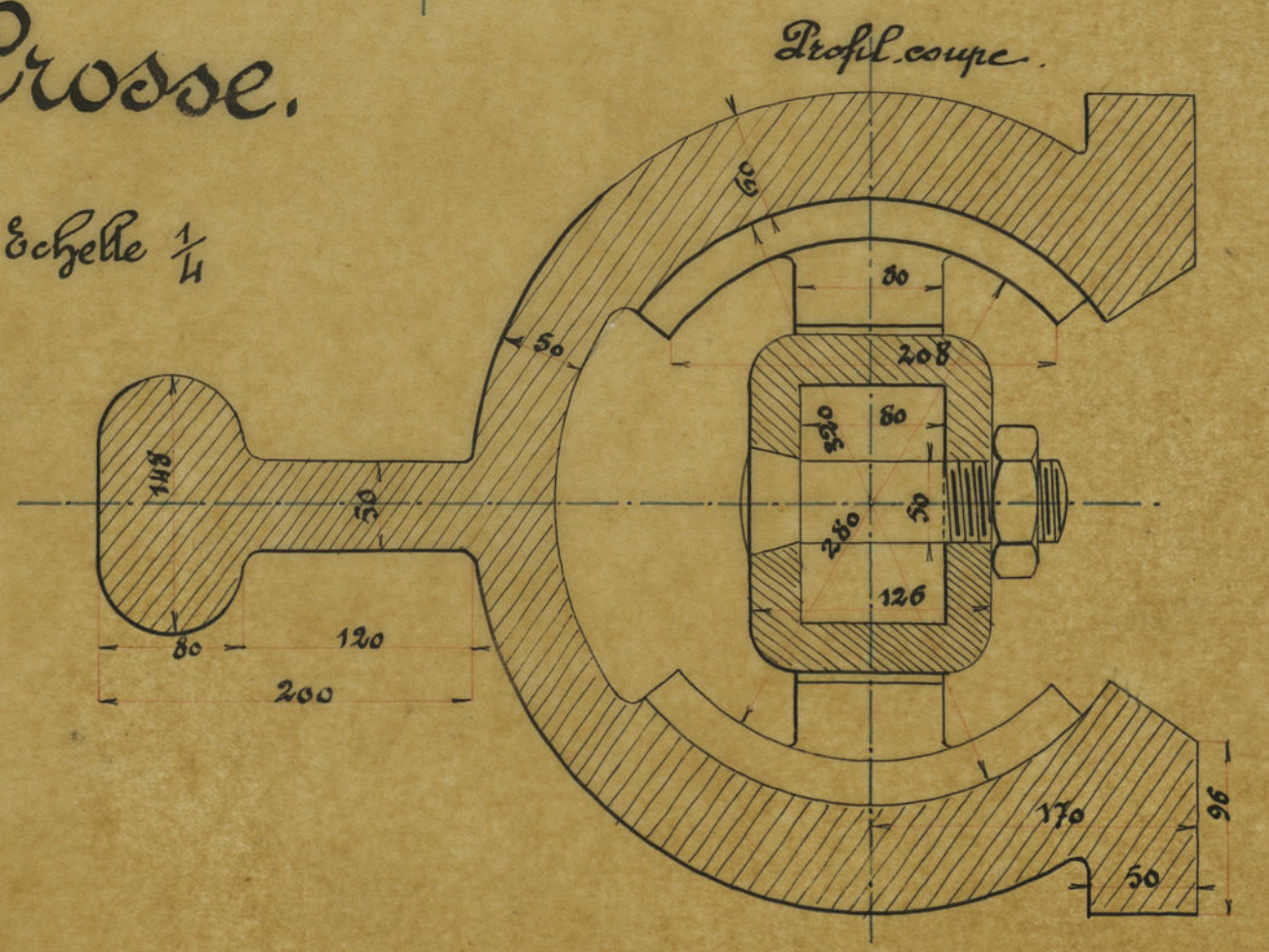
Manivelle.

Echelle: 1/5



Crosse.

Echelle 1/4



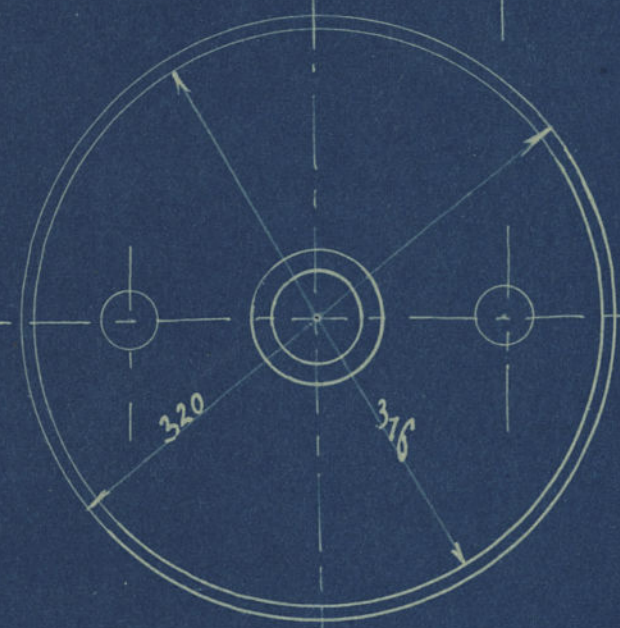
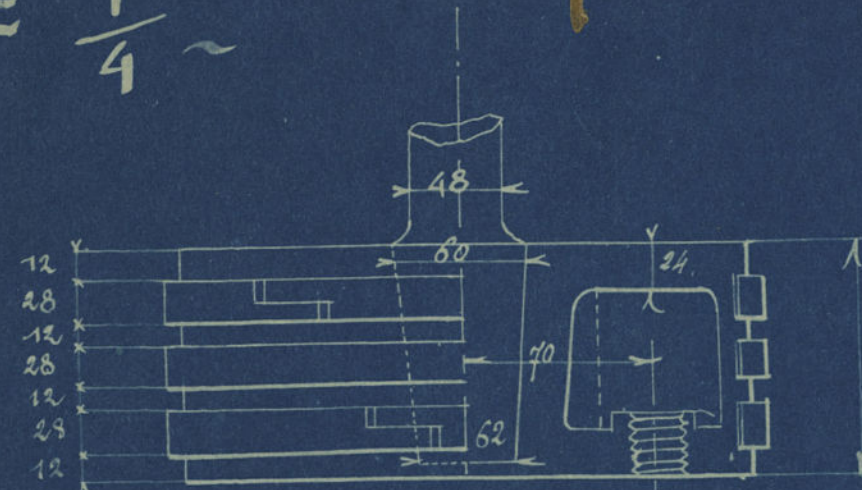
In par le Professeur: Lille, le 30 Mai 1910.

G. Roland



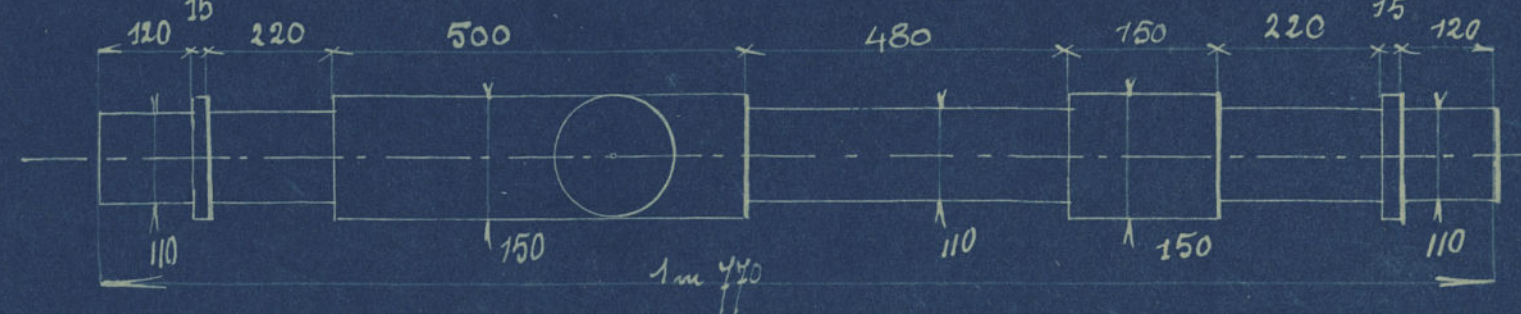
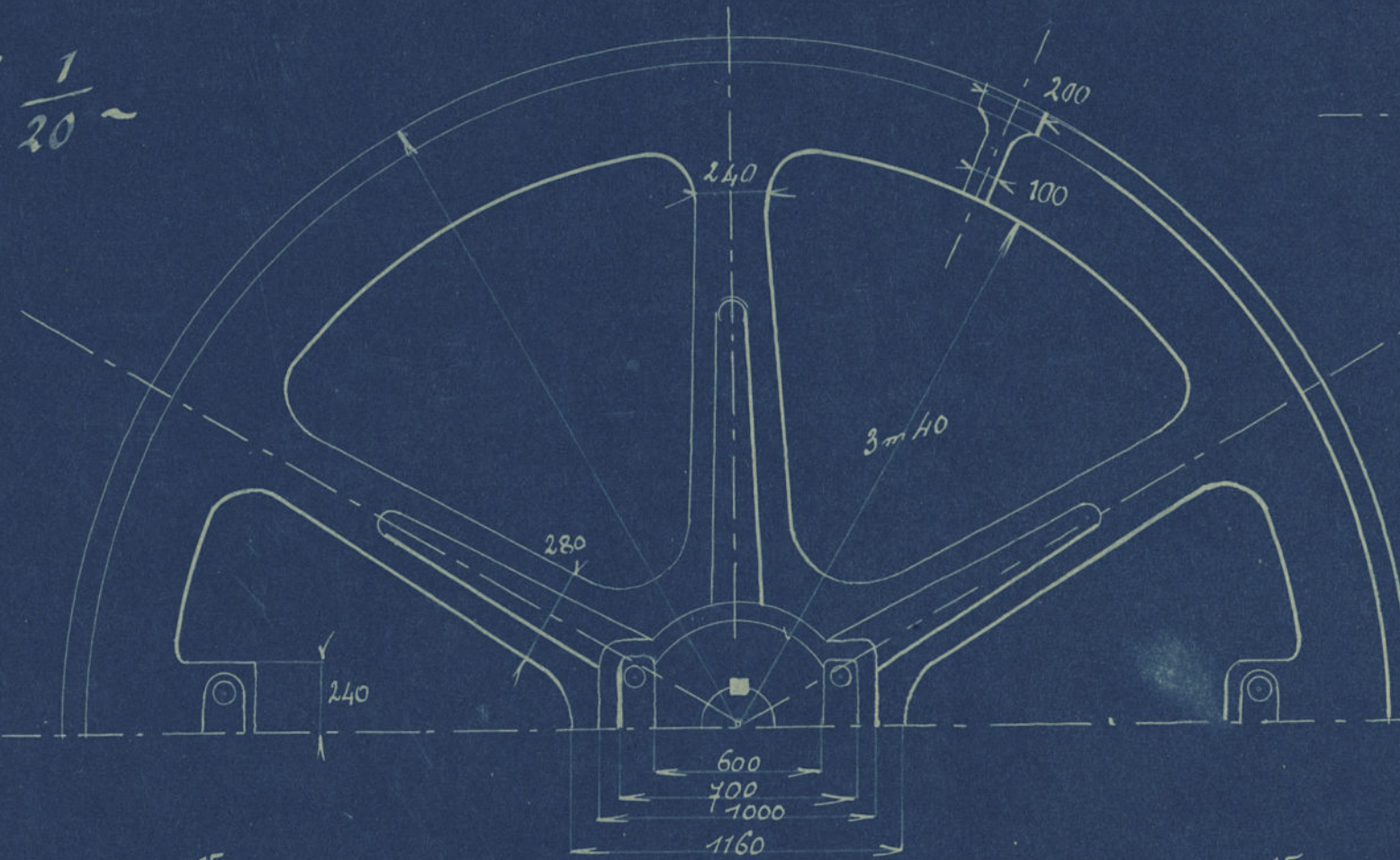
## Piston

~ E 1/4 ~



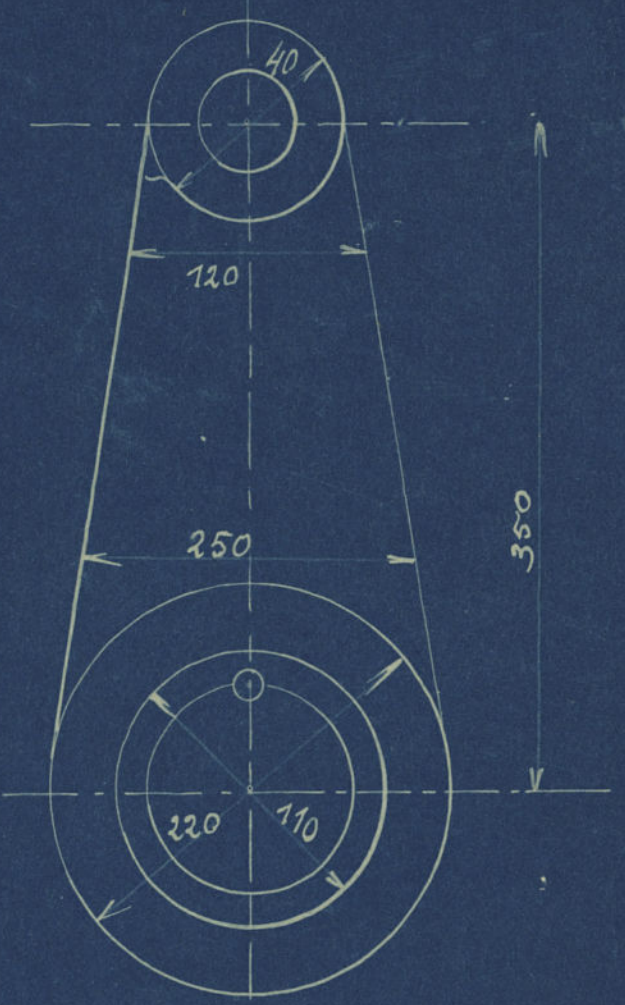
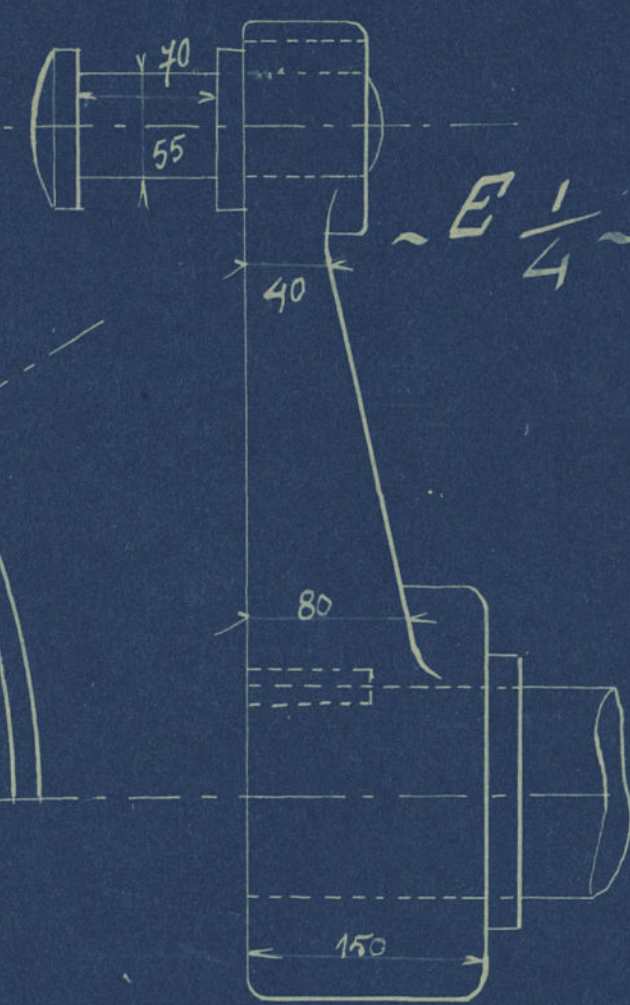
## Volant et arbre

~ E 1/20 ~



## Manivelle

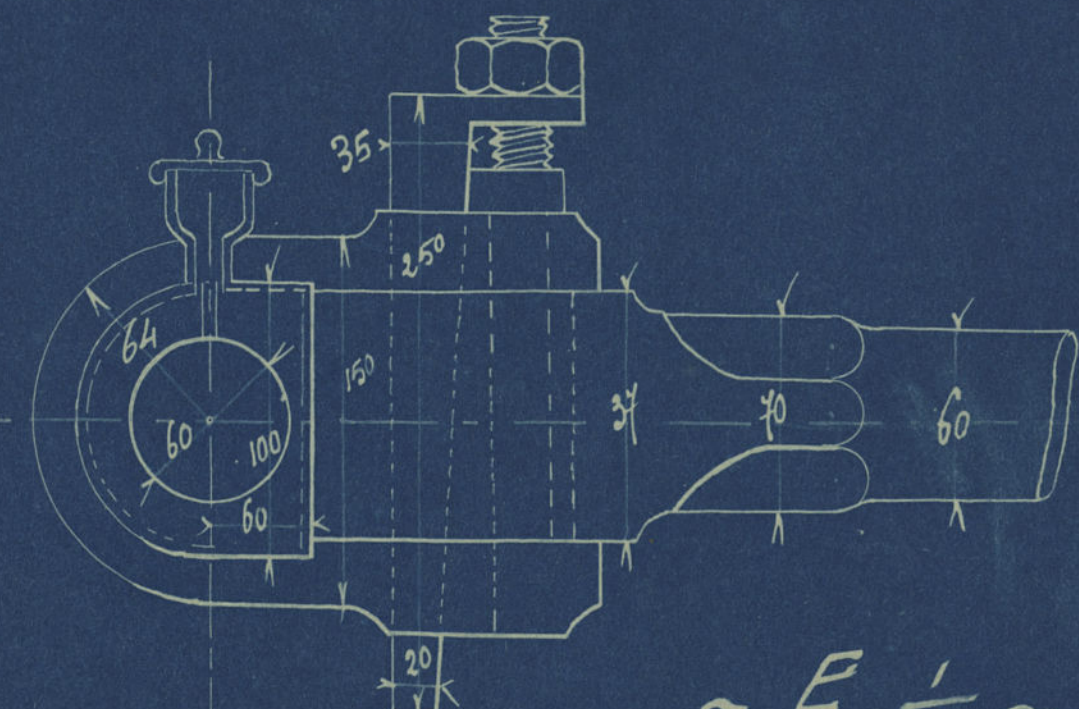
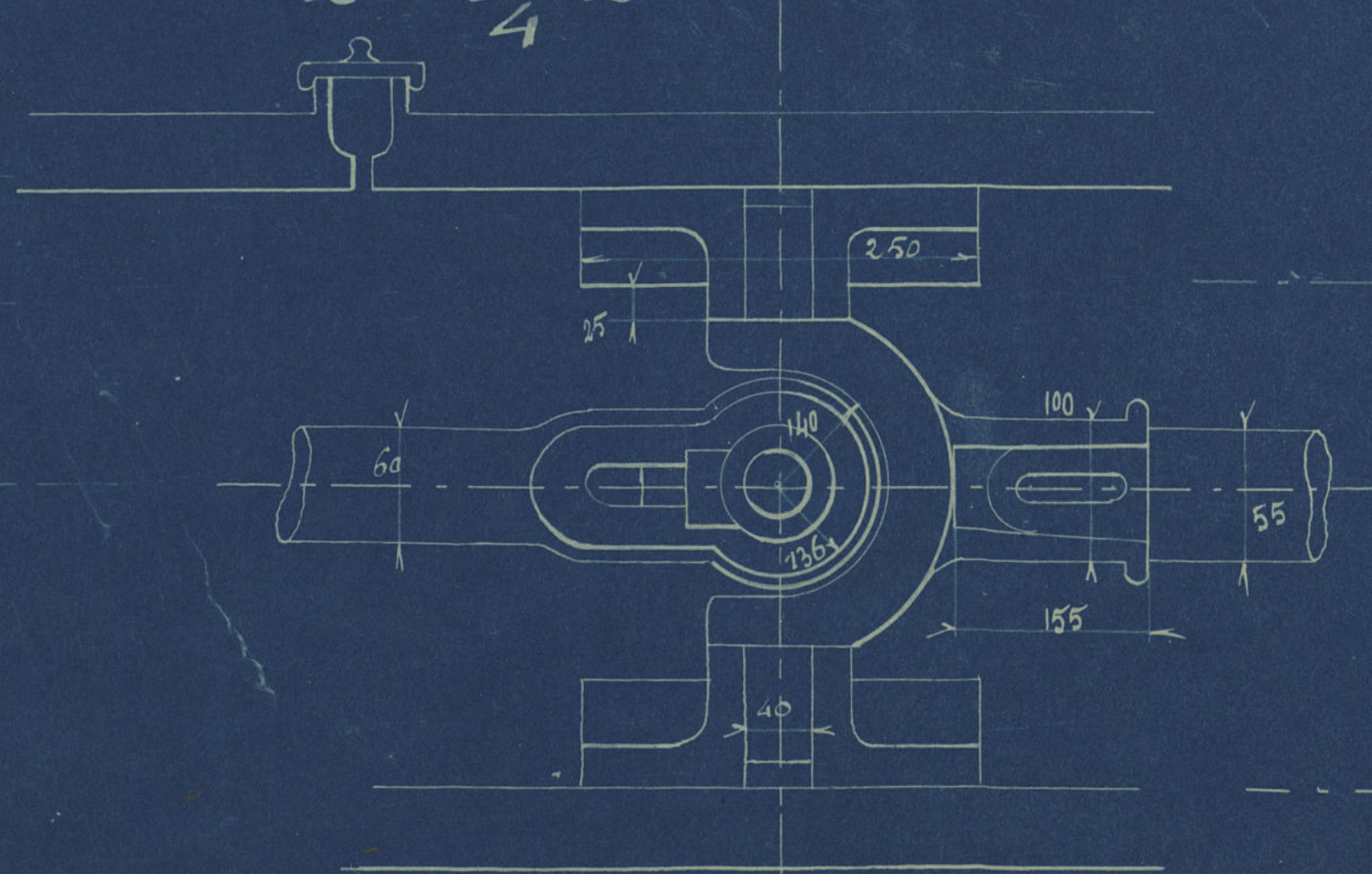
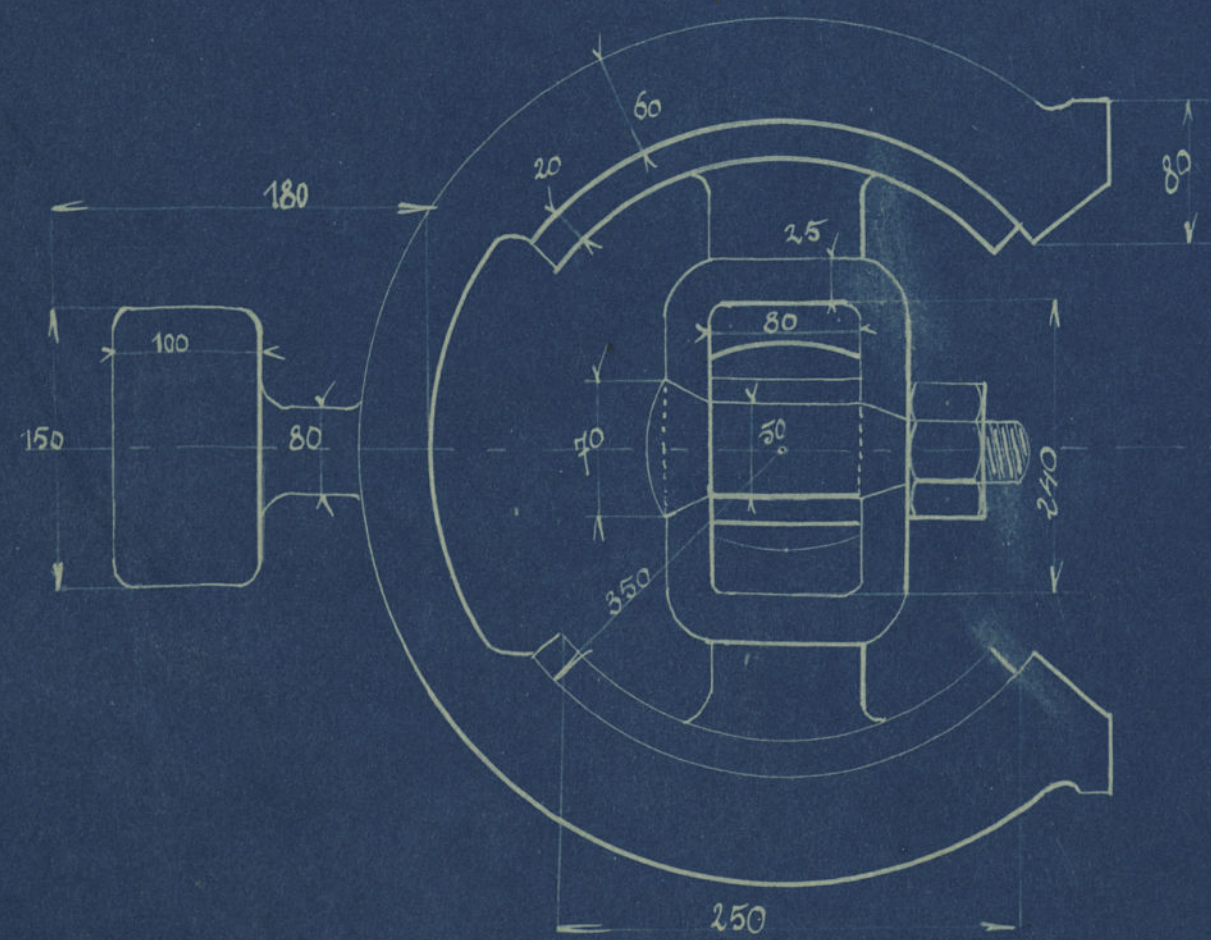
~ E 1/4 ~



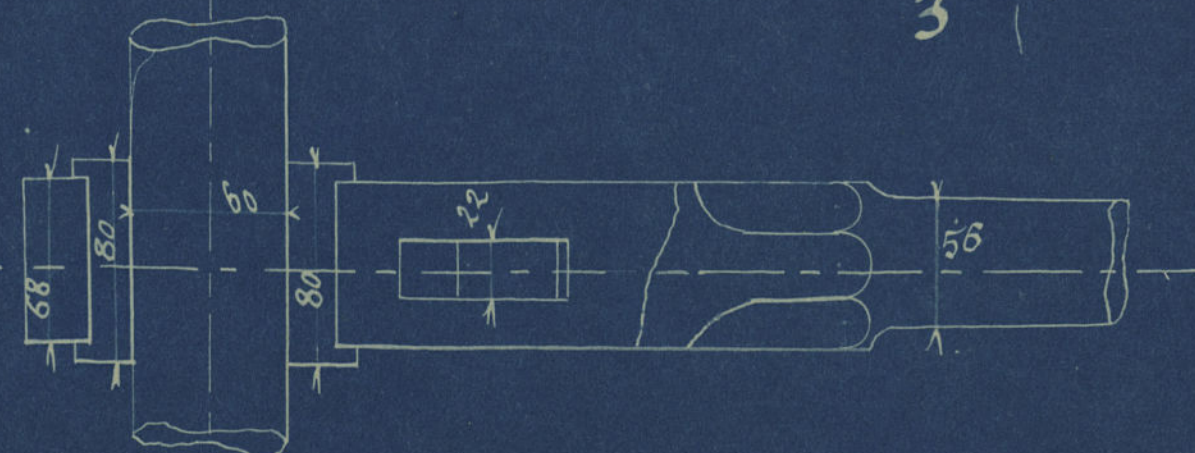
## Tête de Bielle

## Crosse

~ E 1/4 ~



~ E 1/3 ~



Lille le 15 mai 1910 ~

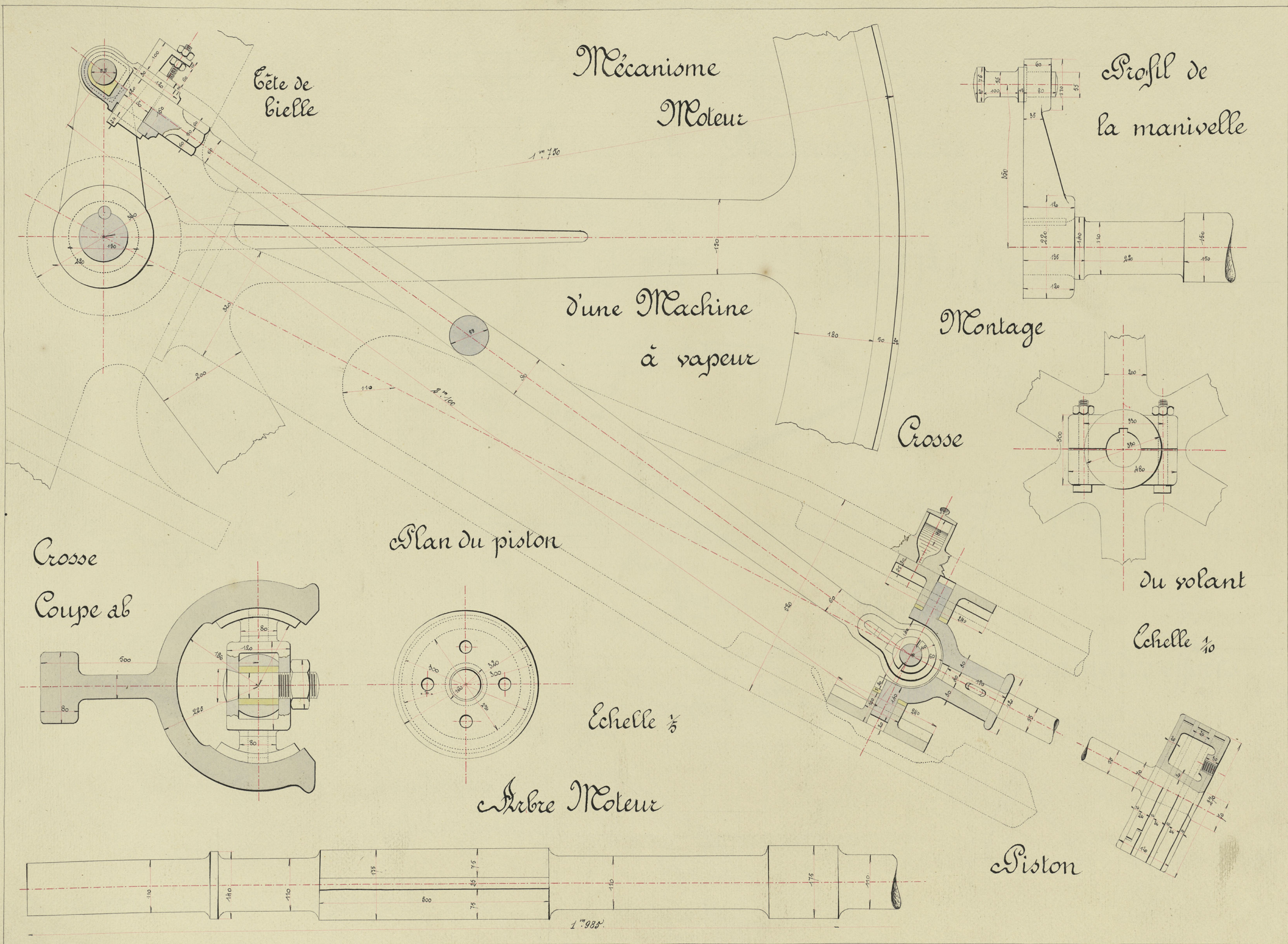
*Georges Lelebre*

*Lelebre*









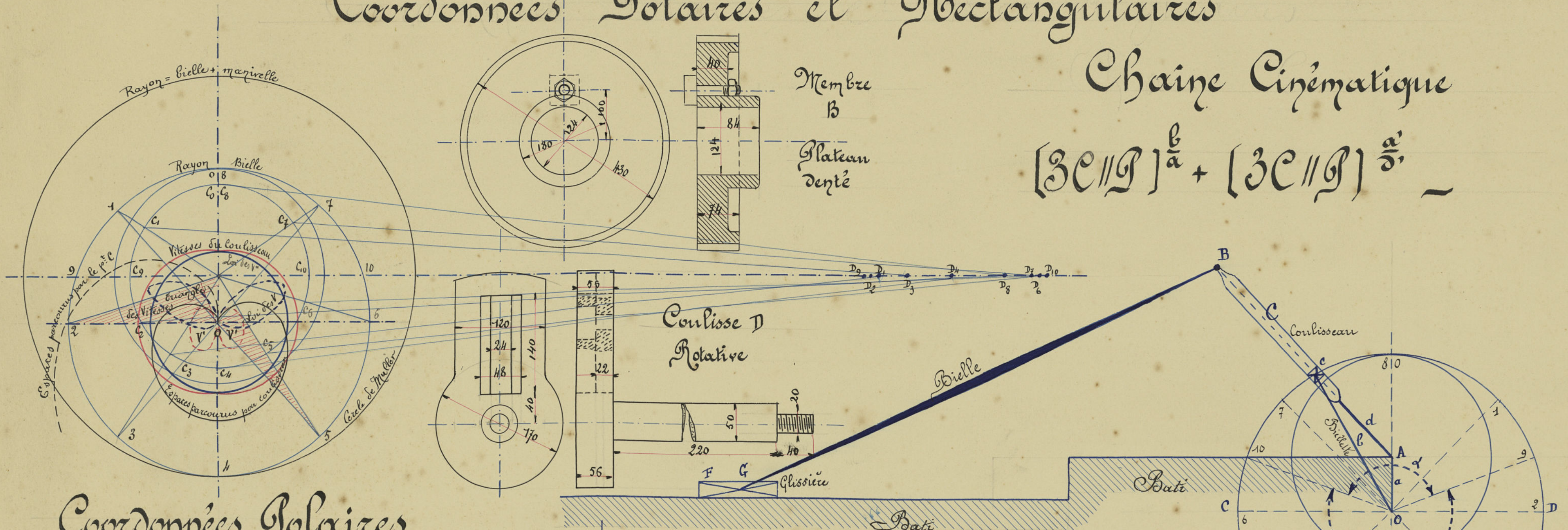
Antony



## COULISSE ROTATIVE

Coordonnées Solaires et Rectangulaires

Chaîne Cinématique  
 $[3C//P]^a + [3C//P]^s$



Coordonnées Solaires

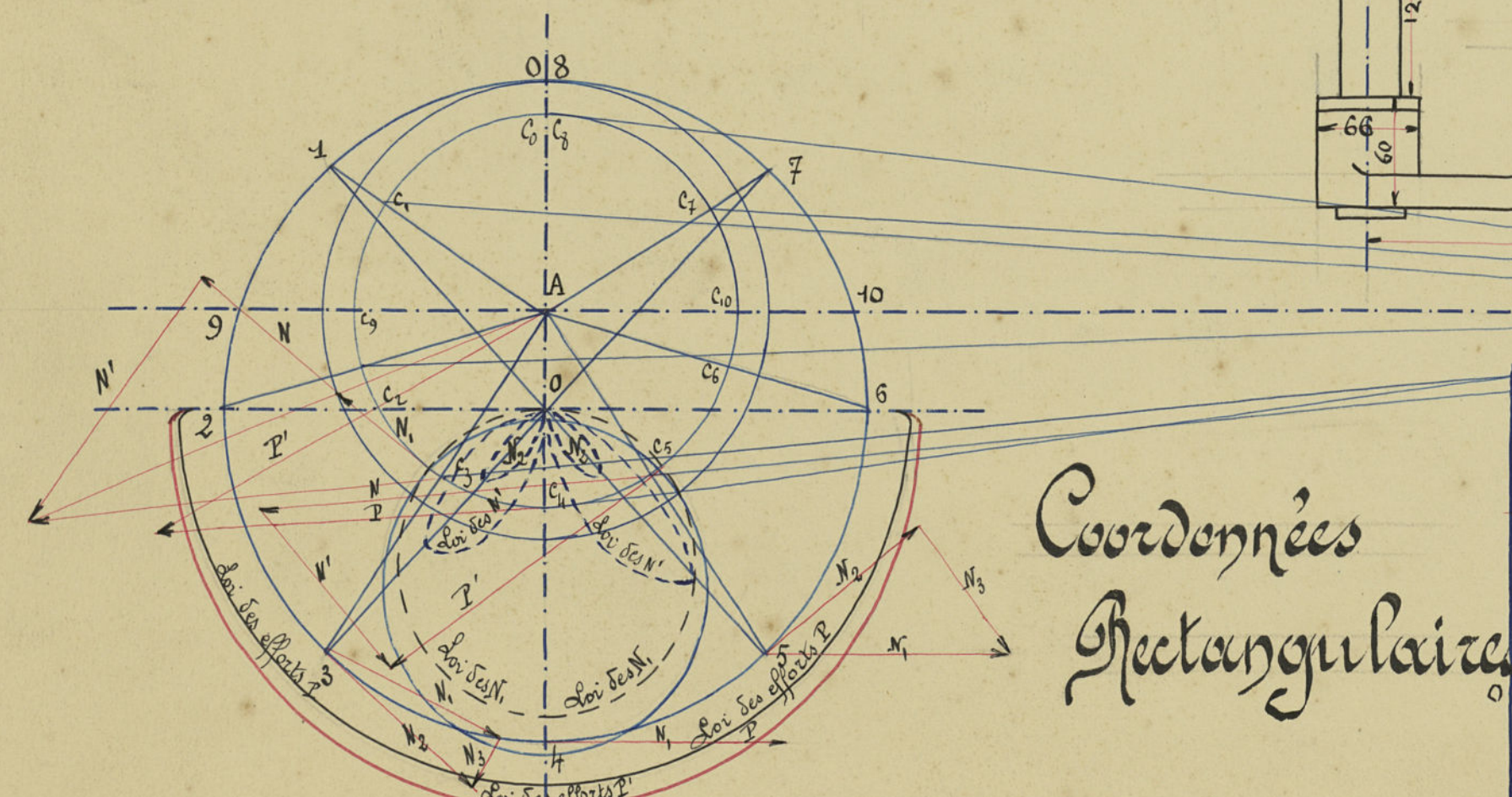
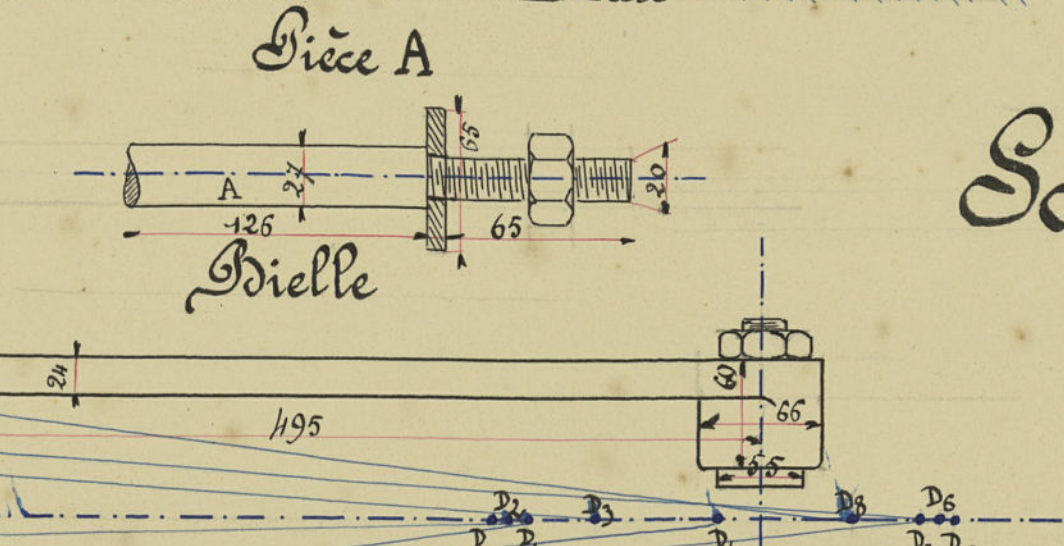
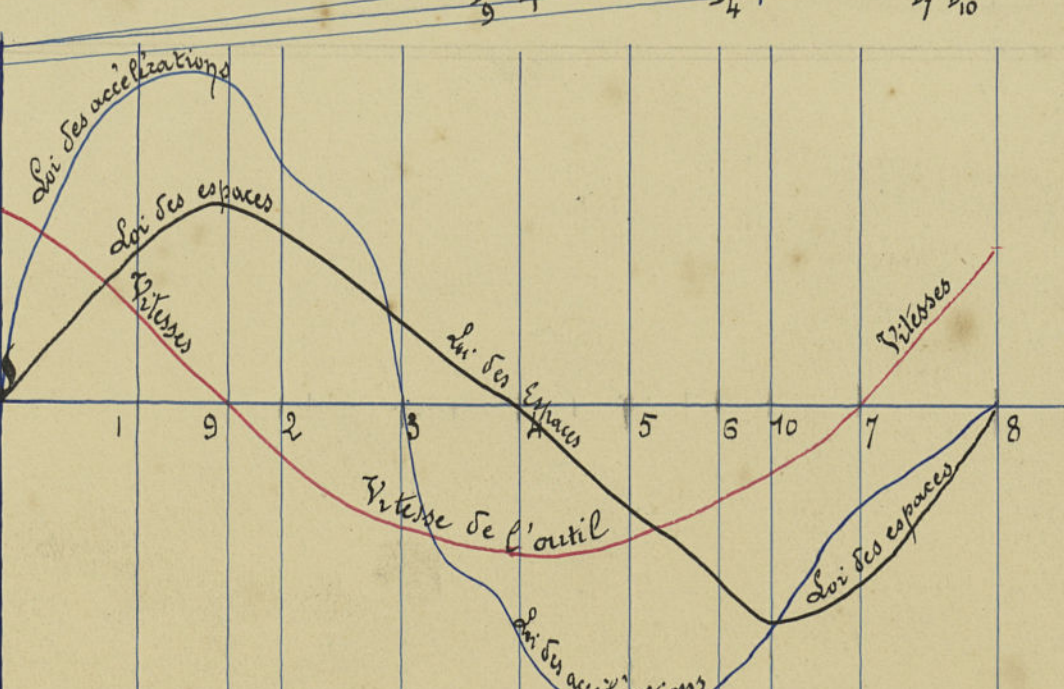


Diagramme relatif à la marche de l'outil

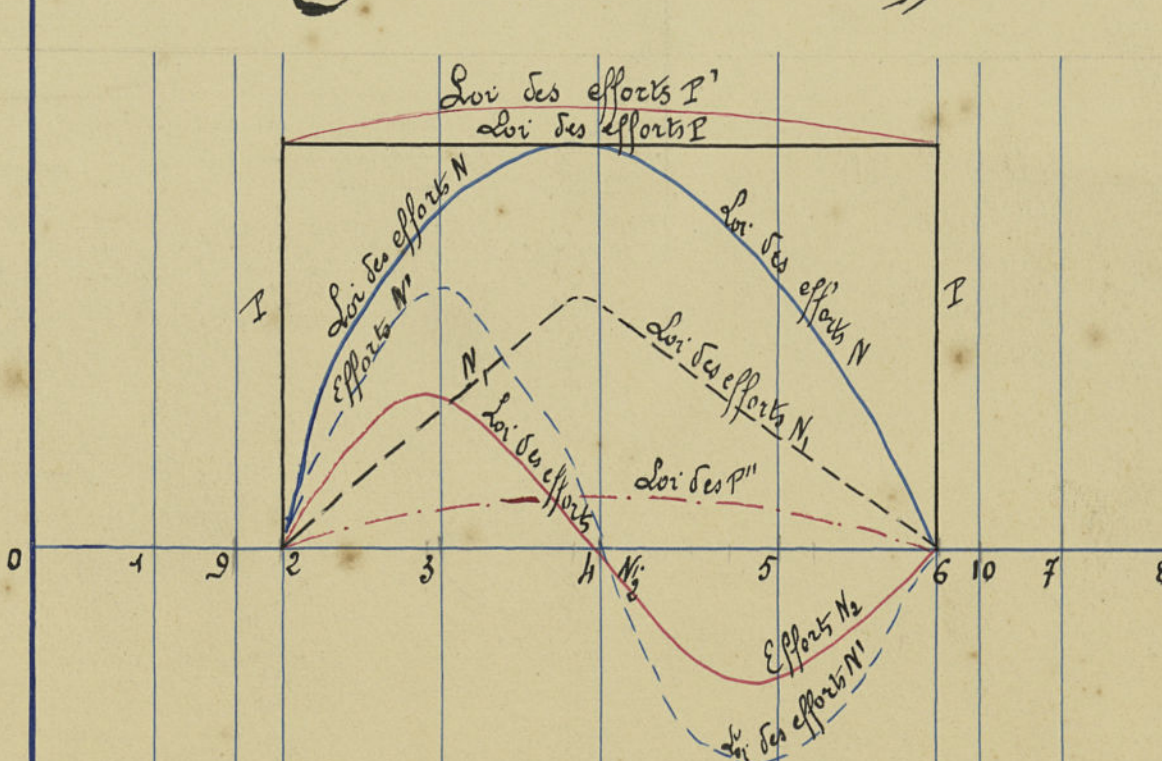


Coordonnées Rectangulaires



Schéma

Diagramme des efforts

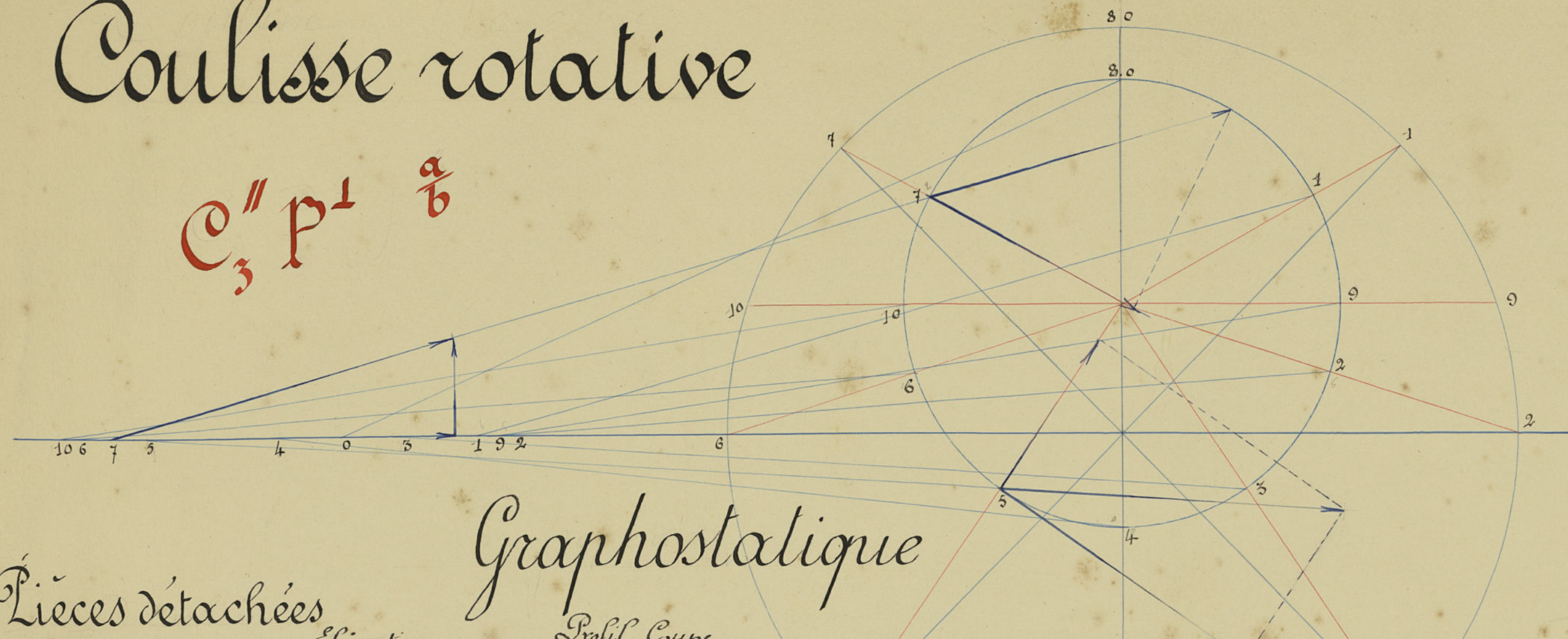


Fait par le Professeur  
Lille, le 20 Juin 1910  
*Chodron*



## Coulisse rotative

$C_3 P^1 \frac{2}{3}$



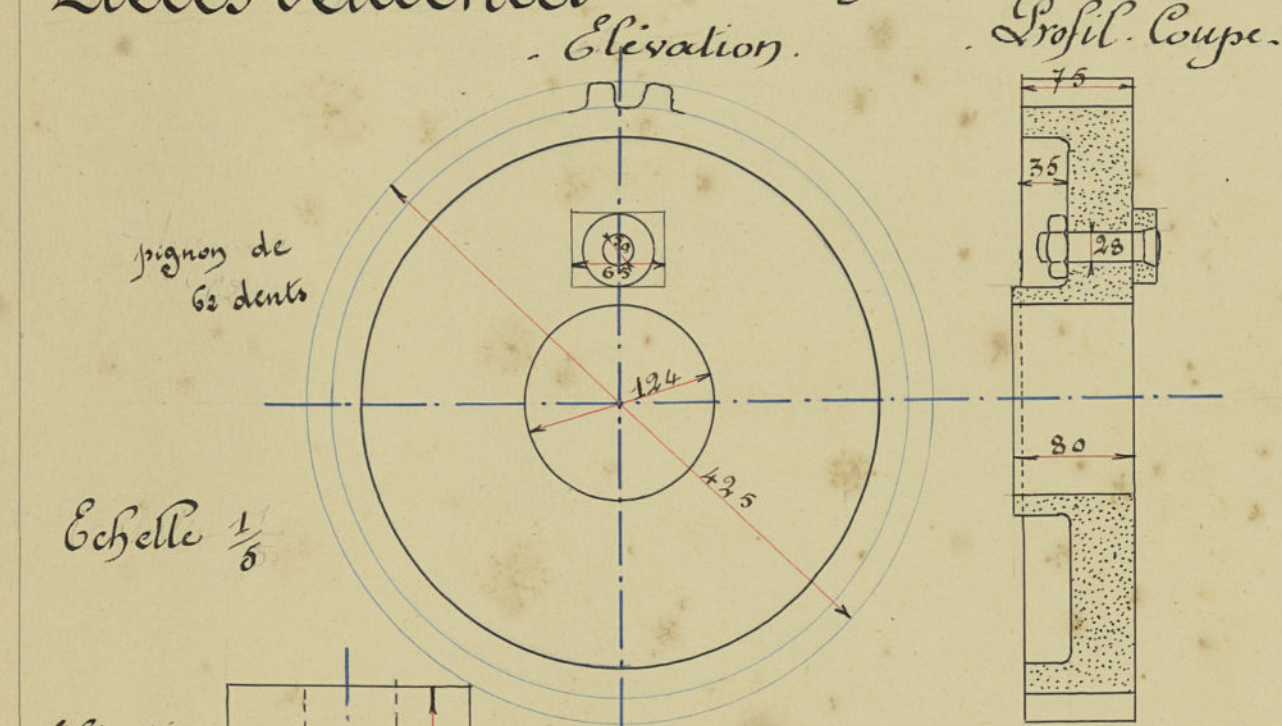
## Coordonnées Rectangulaires



## Pièces détachées

## Graphostatique

## Coordonnées Polaires

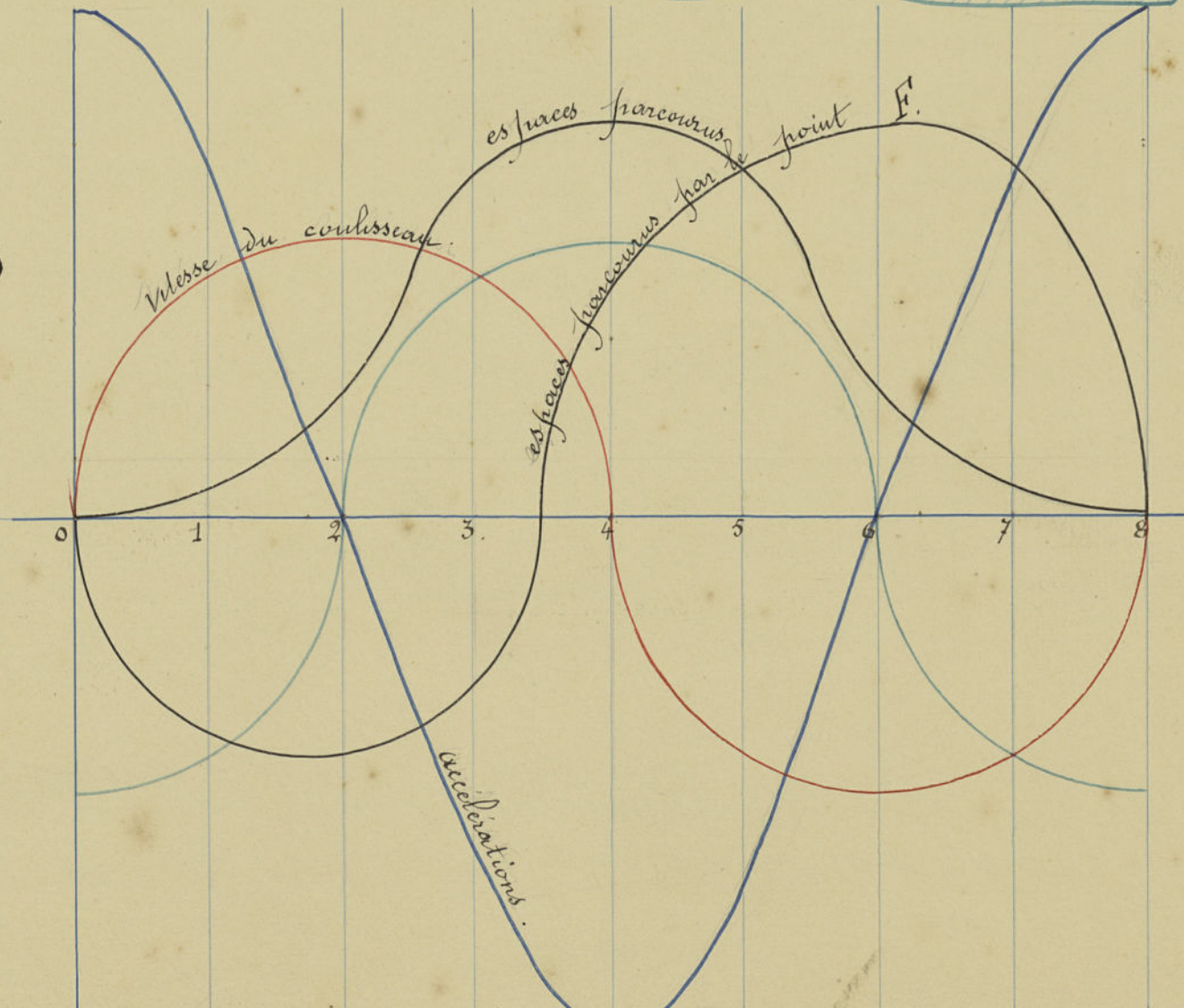
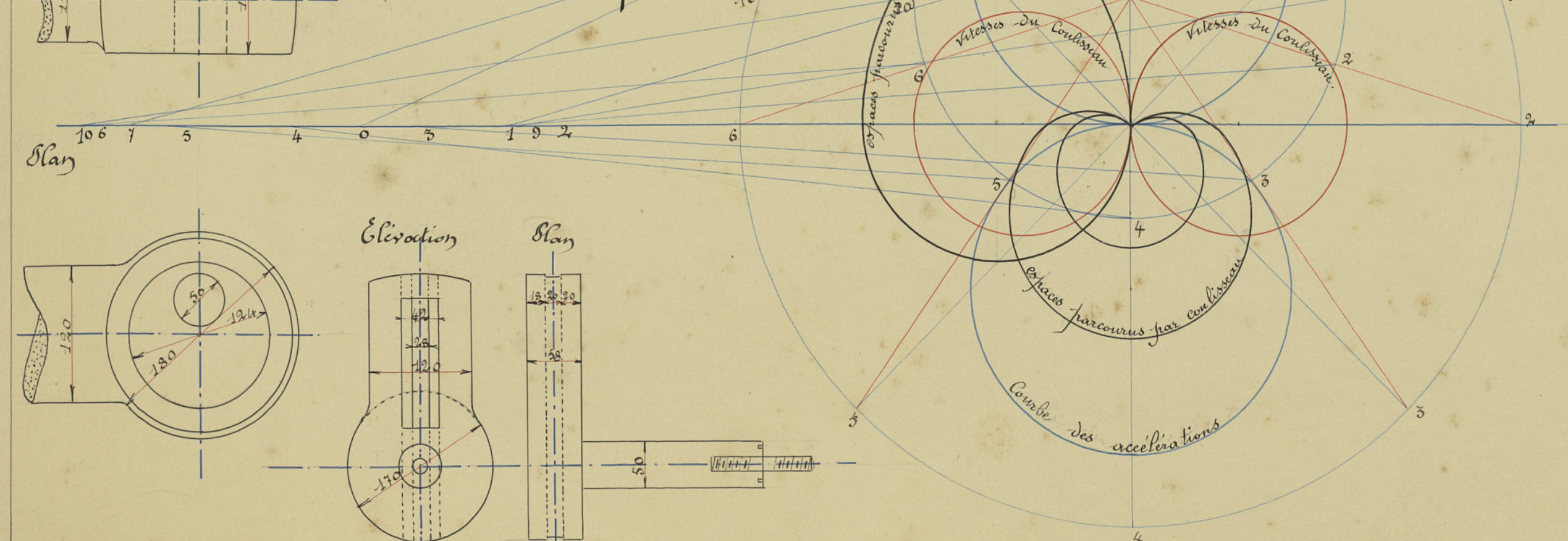


## Schéma Théorique



## Cinématique

## Coordonnées Polaires



## Coordonnées Rectangulaires

Fait par l'ingénieur-professeur:  
Lille le 20 juin 1910.

*H. Le Sénéchal*



. Légende .

Nombre de lames de barre : 2 tours  
11 barres de 1mm5 sur 15mm de haut  
sont mis en parallèle ce qui fait  
un conducteur unique dont la section  
est égale à 2 cm<sup>2</sup> 7.

La densité maximum de courant dans  
la barre est donc  $\frac{600}{270} = 2 \text{ amp. } 2$

AMPEREMETRE

. N° 18 . Echelle  $\frac{2}{3}$  .

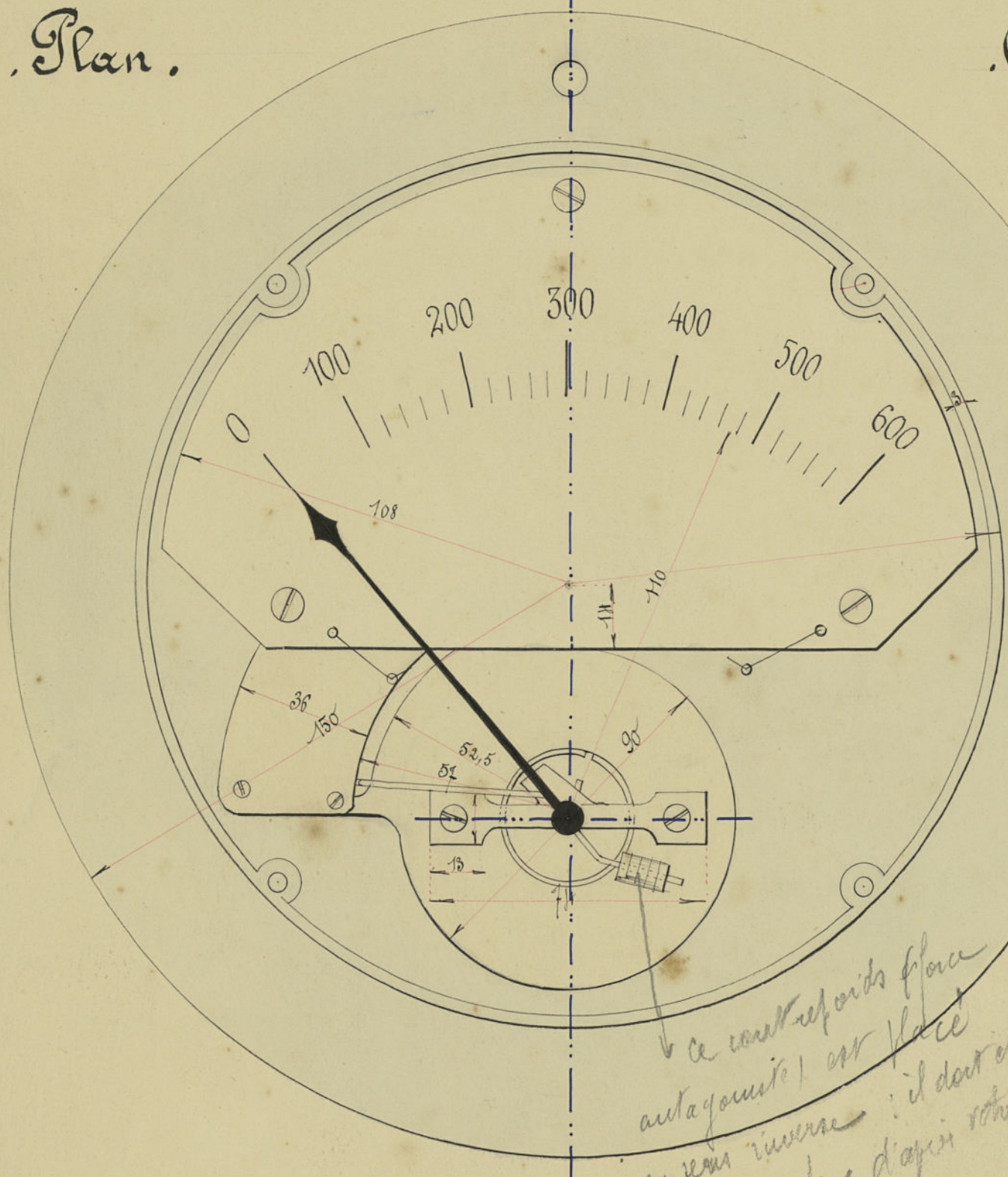
. 600 ampères . Bobine fixe . Equipage mobile .

. Légende .

Longueur de bande 110 cm . Résistance de  
l'appareil  $3 \times 10^{-5}$  ohms . Chute de  
tension 0,018 . Energie dissipée  $10^{11} 5$   
Surface de refroidissement 105 cm<sup>2</sup> 5  
Ampères-tours magnétisants amenant  
la déviation complète 1200 .

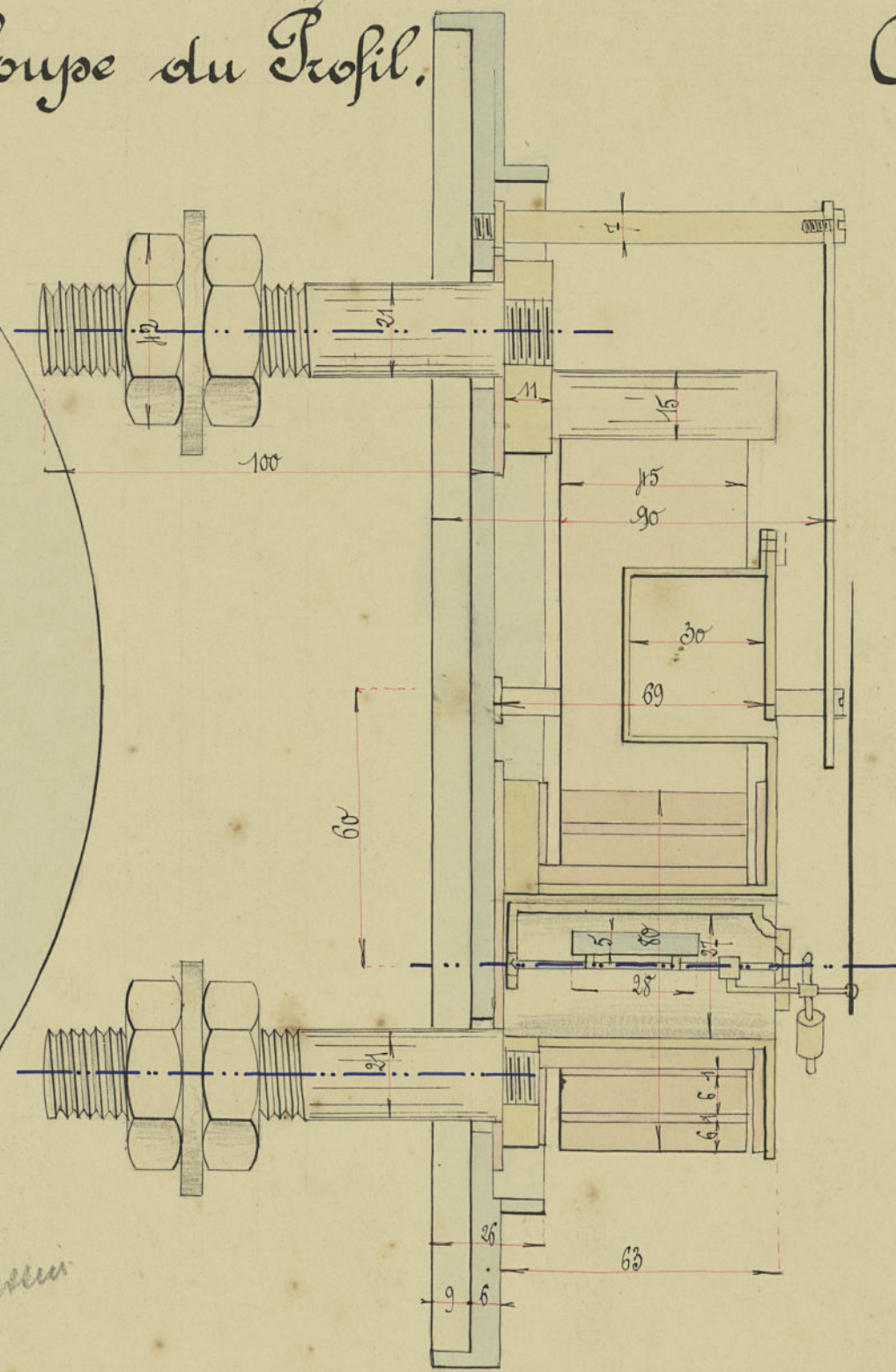
Il y aura une élévation de temp. négligeable .

. Plan .



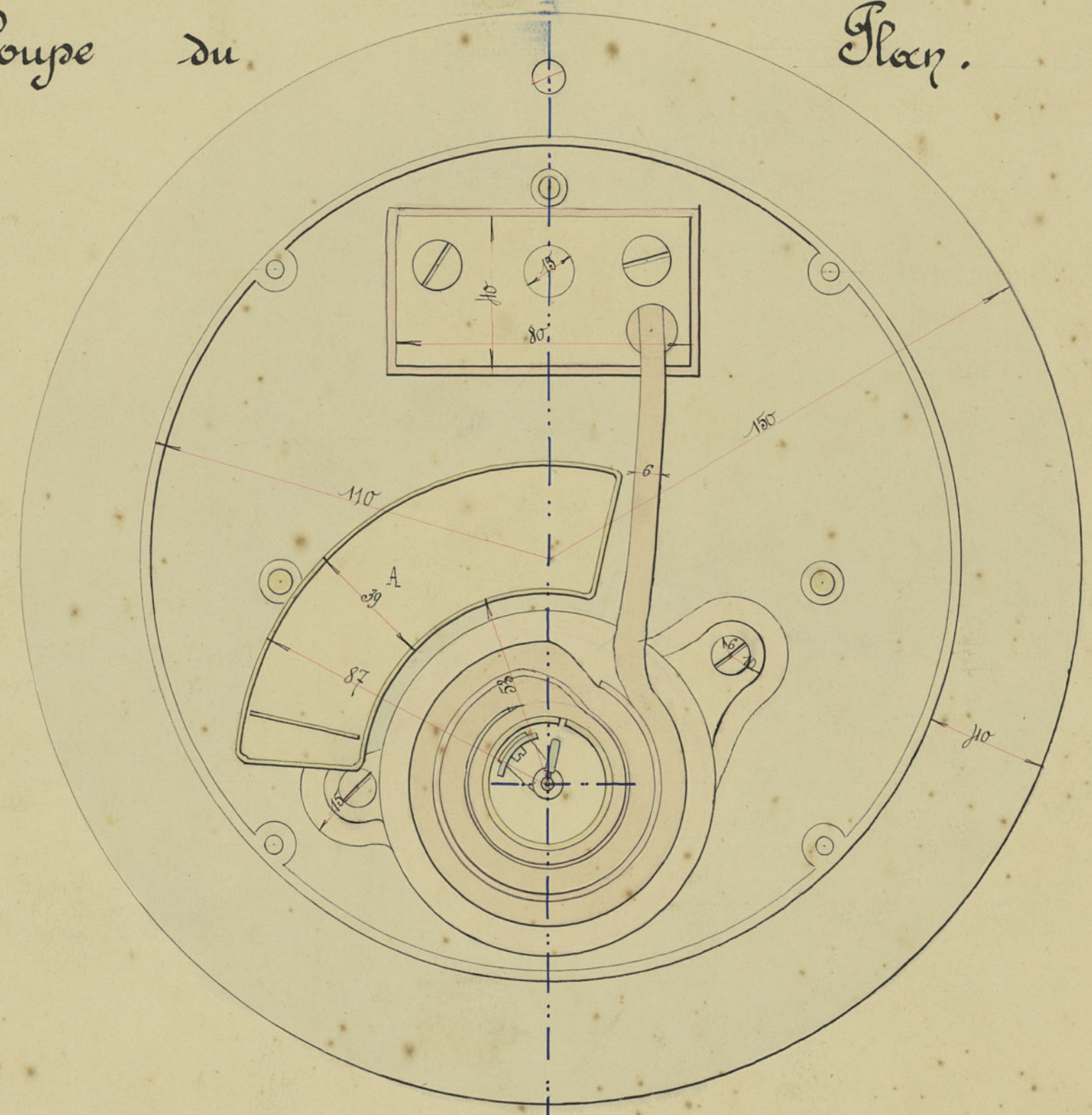
*ce contre-poids placé  
antagoniste) est placé  
en sens inverse : il doit être  
à gauche d'après rotation*

. Coupe du Profil .



. Coupe du

. Plan .



. Bobine .

La bobine est constituée par 2 tours de bande de  
cuivre rouge donc la section est de 270 mm<sup>2</sup> . Afin  
de faciliter l'enroulement on a pris 11 bandes de 1mm5  
Entre chaque couche il y a 1 mm. de fibre .

. Détails sur la construction .  
. Amortisseur .

L'amortisseur est constitué par une palette se déplaçant dans une boîte de laiton A dont les entrées et sorties d'air sont rigoureusement calculées . On a ainsi un amortissement puissant et une bonne sensibilité .

. Généralités .

Cet appareil électromagnétique nécessite une très faible dépense de courant . Il est construit avec enveloppe de fonte zainée et nickelée . Les pivots sont montés sur rubis et afin d'éviter les effets de rémanence , le fer subit une préparation spéciale .

Fu à Lille par les Professeurs :

*Desmet*

*Desmet*



## VOLTMETRE DESPRETZ CARPENTIER

Aimant et Bobine fixes.

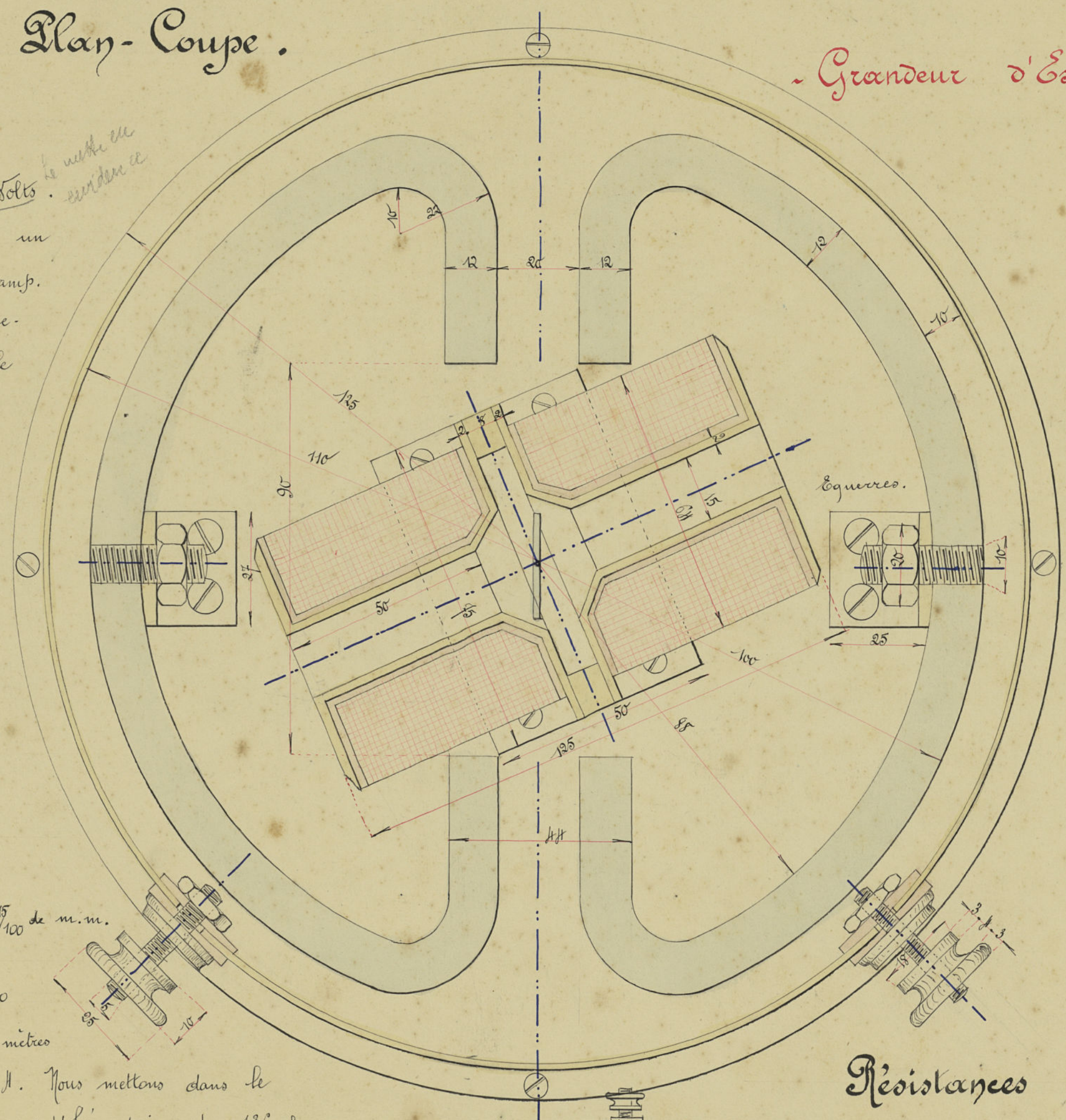
Quelle tension ?

Profil - Coupe.

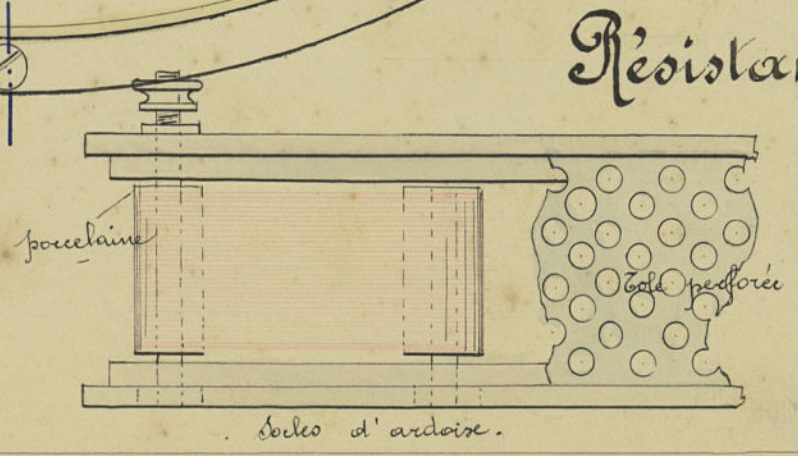
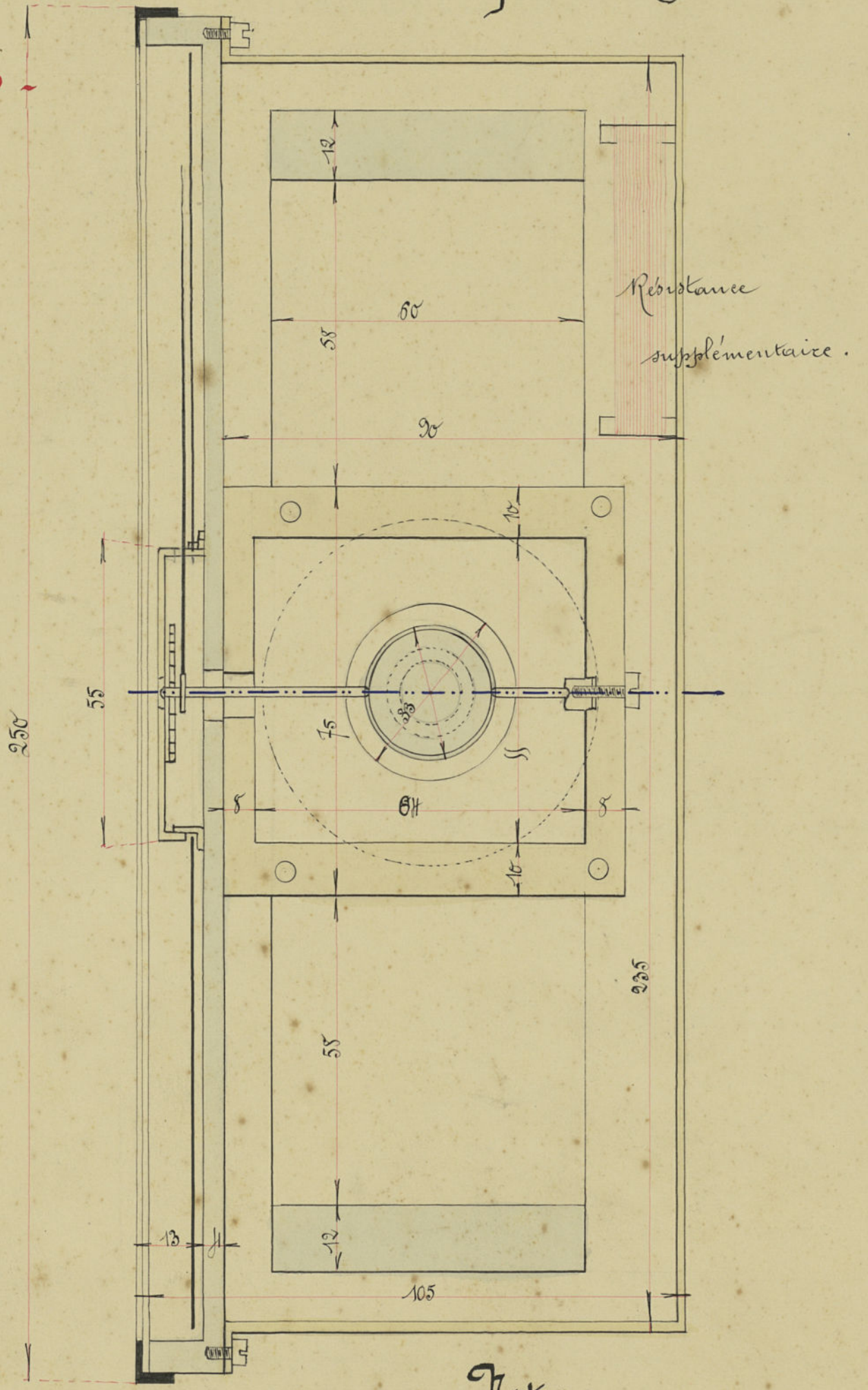
Plan - Coupe.

Légende.

Donnée :  $E = 1200$  Volts.  
 Nous faisons passer un courant de  $\frac{1}{25}$  d'amp.  
 Nous mettons une résistance supplémentaire de façon à n'avoir que 120 Volts aux bornes du voltmètre. Elle absorbera donc 1080 Volts. La résistance sera  $1080 \times 25 = 27.000$  ohms à partager en 5 bobines de 5.400 ohms chacune.  
 Énergie dissipée : 11 W dans le Voltmètre.  
 Résistance : 3000 ohms.  
 Fil conducteur  $m = \frac{15}{100}$  de m.m. isolé :  $\frac{30}{100}$ .  
 Nombre de tours : 22.000  
 Longueur totale : 3.080 mètres.  
 Résistance : 2851 ohms. Nous mettons dans le voltmètre une résistance supplémentaire de 130 ohms.  
 Surface de refroidissement : 550 cm<sup>2</sup>. Élévation de température :  $\frac{500 W}{s} = 7^\circ$   
 Champ maximum des bobines  $H = \frac{4\pi NI}{10L} = 1254$   
 Champ coercitif des aimants :  $H_c = 509$ .



Grandeur d'Exécution



additionnelles  
27.000 .w.

Nota.

Les aimants sont en acier à 5,5% de Carbone.  
 Les résistances sont en maillechort de  $\frac{1}{10}$  de mm. de diamètre.

Lille, le 1<sup>er</sup> Juillet 1910.  
 Vu par le Professeur:

S. Sureau



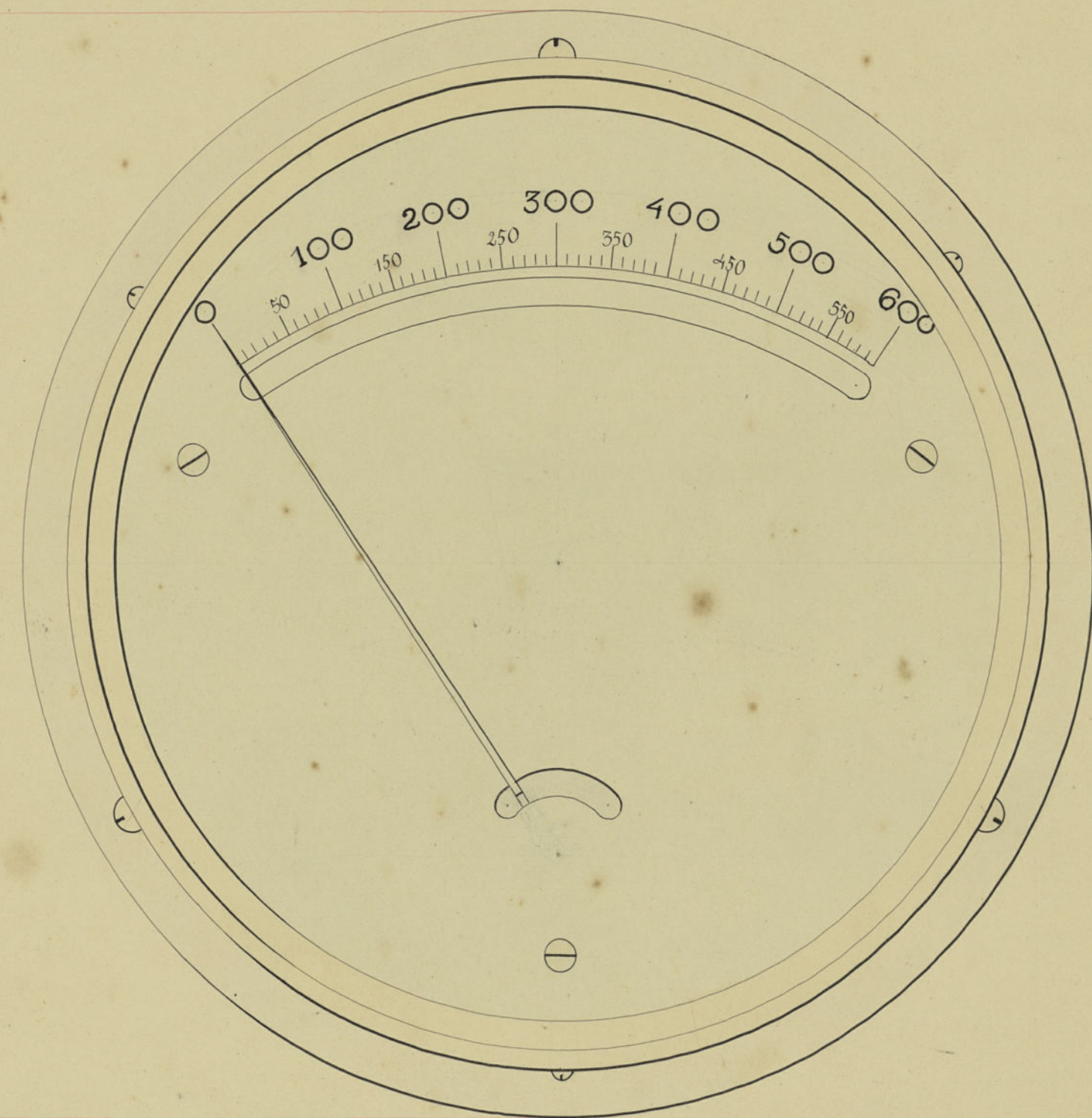
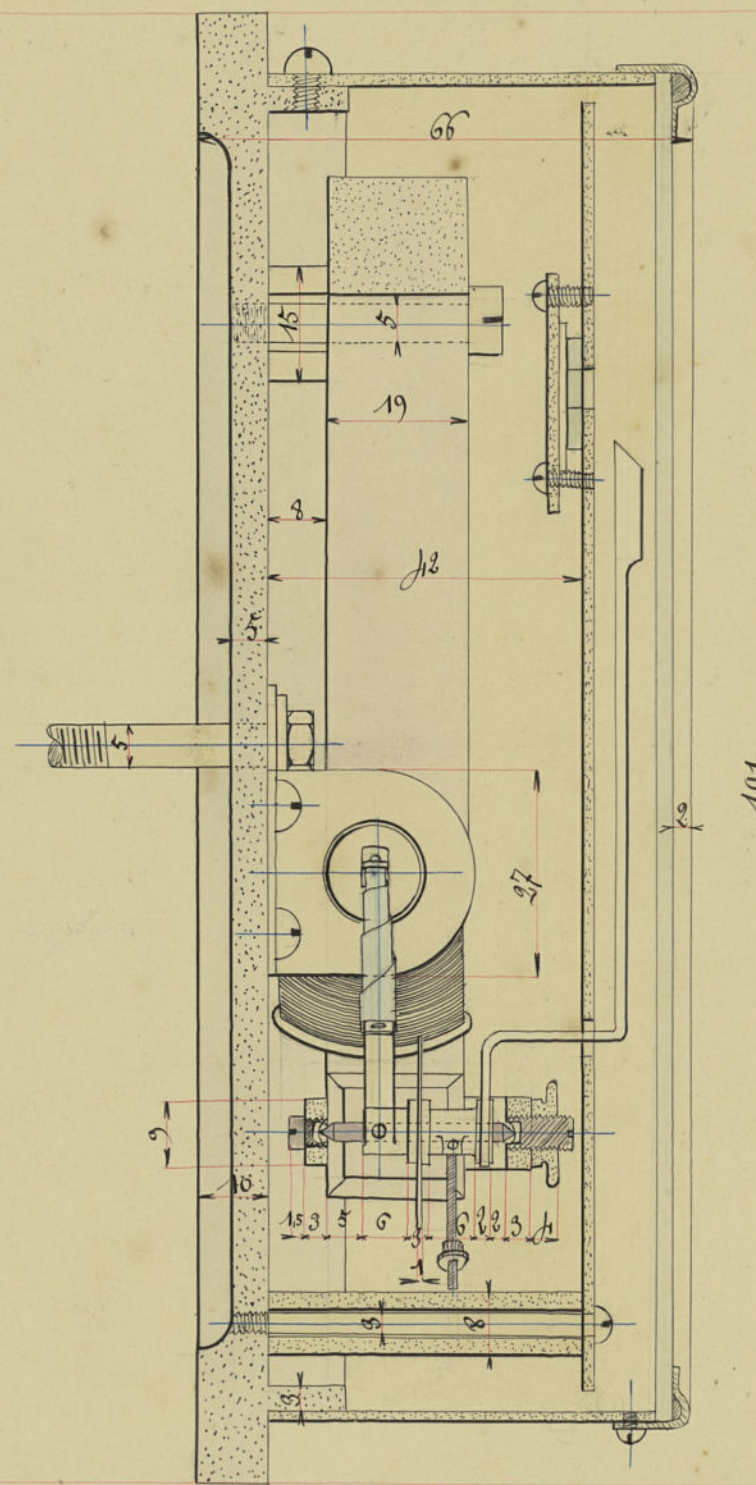
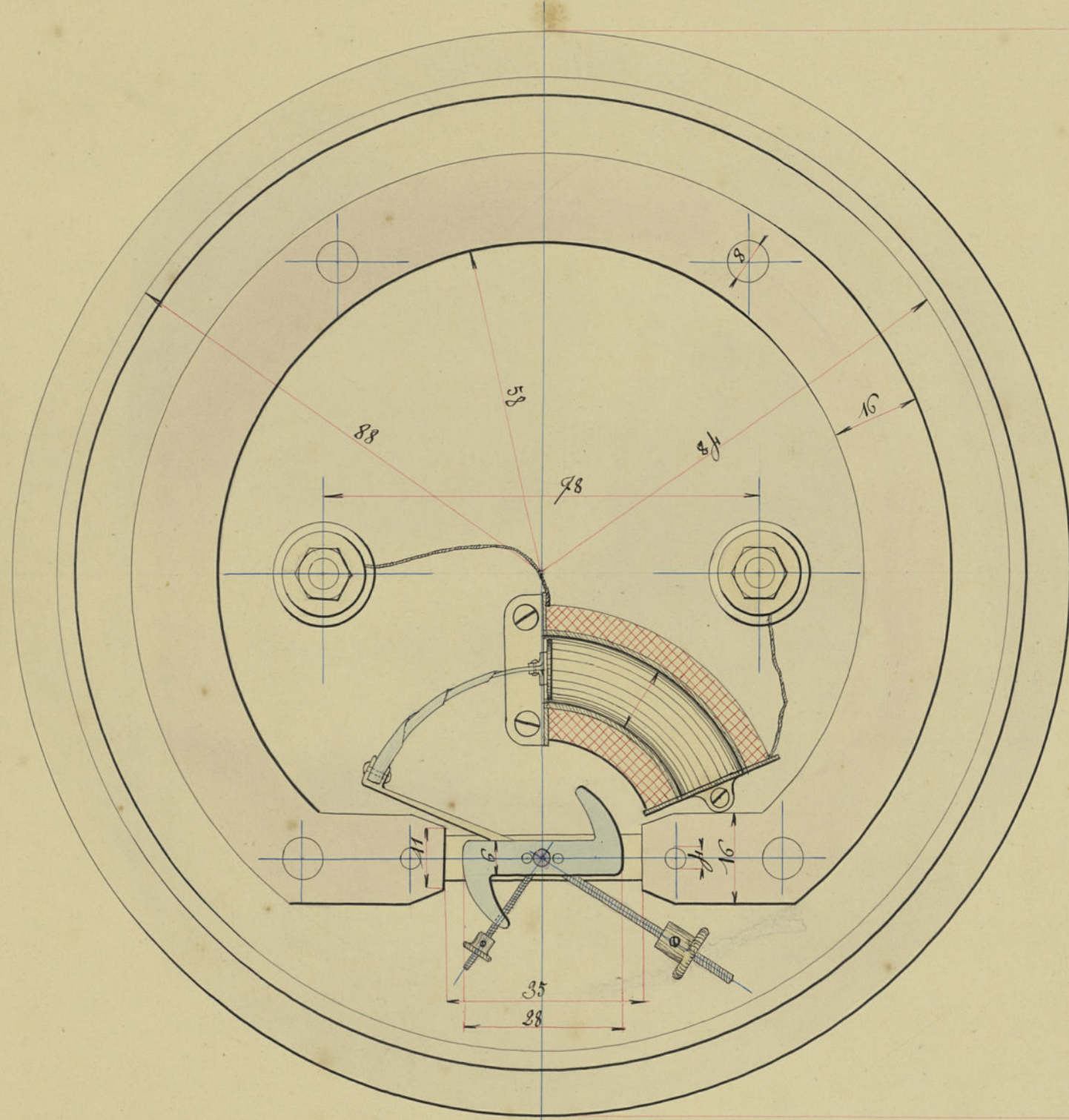
## APPAREIL DE MESURES.

### Ampèremètre aperiodique de 0 à 600 ampères

Détail de l'équipage

Profil

Elevation

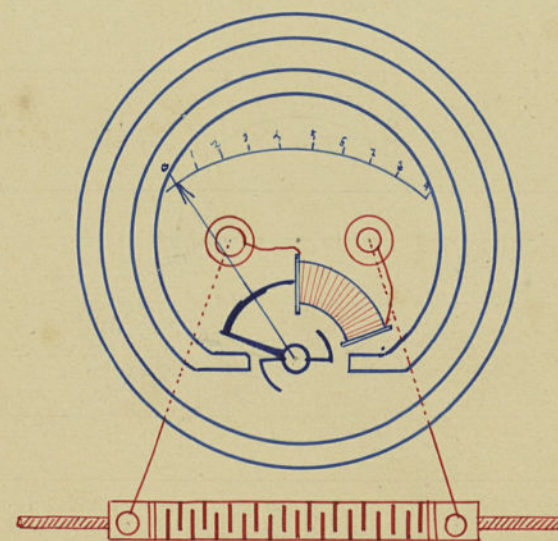


Légende

Schema

Légende

L'équipage de cet appareil est parfaitement équilibré par 2 contre poids placés sur des tiges à angle droit ce qui permet de placer le centre de gravité exactement sur l'axe de rotation. L'aiguille est ramenée au zéro par une palette en fer doux p.; cette palette en forme d'S forme le couple antagoniste car elle allonge le chemin des lignes de force par sa rotation. Le couple agissant est formé par un solénoïde enroulé sur un secteur annulaire surmonté un noyau incurvé n. de section croissante, en modifiant par expérience la forme de la palette, p. on pourra obtenir sur la graduation les déviations de l'aiguille proportionnelles aux courants, l'apériodicité est due



à un petit piston placé à l'extrémité du noyau n. en formant frein à air dans le secteur annulaire. Les déviations de cet appareil seront les mêmes dans toutes les positions puisqu'elles ne sont pas fonction de la pesanteur. Données: 150 spires en 5 couches de 30 formant une longueur de 77,80. Fil, 0,78 de diamètre 0,5mm de section. Résistance 0,26 ohm. Nous admettons que pour le courant maximum il passera 0,5 ampère dans l'appareil, d'où: Diff. de pot.  $e = \pi i = 0,5 \times 0,26 = 0,13$ . Mais il va passer dans le shunt  $600 - 0,5 = 599,5$  ce qui nous donnera comme résistance de shunt en supposant nulle la résistance des connexions  $R_{sh} = \frac{0,13}{599,5} = 0,000216$  ou 216 microhms.

Vu par le professeur  
Lille le 4 Juillet 1910

*Handwritten signature*



## Ampermètre Electro dynamique

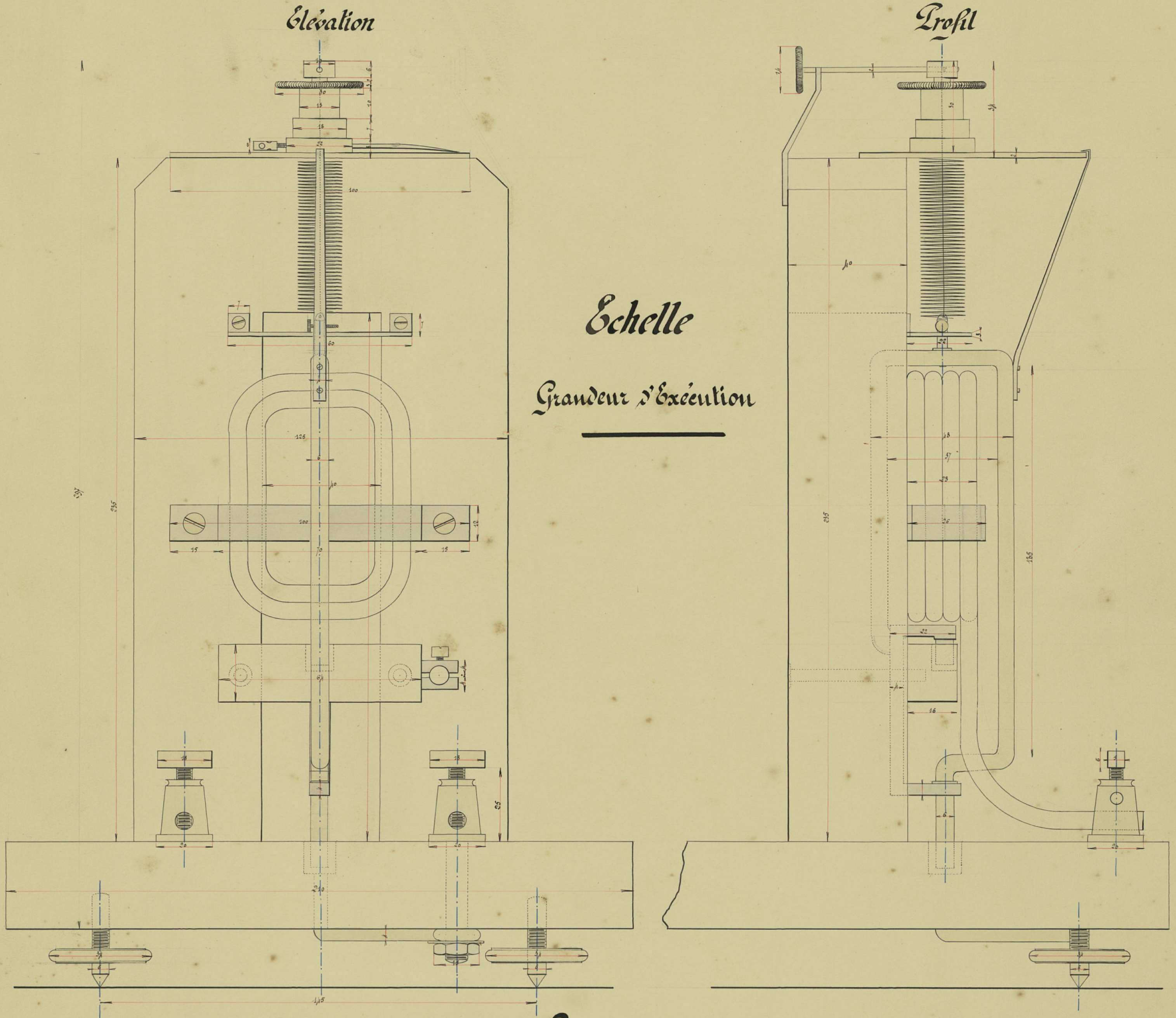
Graduation de 0 à 75

Elevation

Profil

### Echelle

Grandeur d'Execution



### — Légende —

Nous nous sommes proposé une densité de courant dans le fil voisine de 2. Tout un fil de 6<sup>m</sup> de diamètre, nous obtenons 28,7 de section et une densité de courant de 2,06. Longueur moyenne de la spire 2,7<sup>m</sup>. Nombre de spires 8. Longueur du fil: 218 = 192<sup>m</sup>. Nous allons maintenant calculer la résistance du fil dans la bobine:  $R = \rho \frac{l}{S}$ , en remplaçant:  $1,7 \times 192 = 326,4$  ce qui donne  $R = 0,001175$  ohm. Puissance absorbée:  $R I^2 = 0,001175 \times 75^2 = 6,6$  watts. Dans cet appareil le sens du courant ne change pas le sens de l'action, ce qui permet son emploi pour l'étude des courants alternatifs. Constantes de l'appareil. On déterminera, une fois l'appareil terminé, à angle de torsion 1g, l'intensité du courant capable de déposer 1 gr. de cuivre en 1 heure et dans un vase. On a 1gr NVA.

Description. — Cet appareil est du type Siemens et Halsk, se compose d'un montant en bois, le ressort est fixé à une vis pontée d'un index qui se meut au-dessous d'un limbe gradué, le nombre de degrés marqués par cet index indique la torsion donnée au ressort, à la bobine mobile est adapté un autre index qui atteint le bord du limbe gradué. La communication électrique des bobines est assurée au moyen de godets pleins de mercure dans lesquels plongent les extrémités du cadre mobile. Le ressort se compose de 34 spires de fil d'acier de 1<sup>m</sup> de diamètre et le cadre mobile est suspendu par un fil de coco qui côtoie toute communication et qui au moyen d'un petit treuil monte ou descend le cadre. L'arc est d'autant moindre que l'angle de torsion a une valeur plus grande.

J. Le Cam

Vu par le Professeur à Lille le 2 Juillet 1910.

Chodron

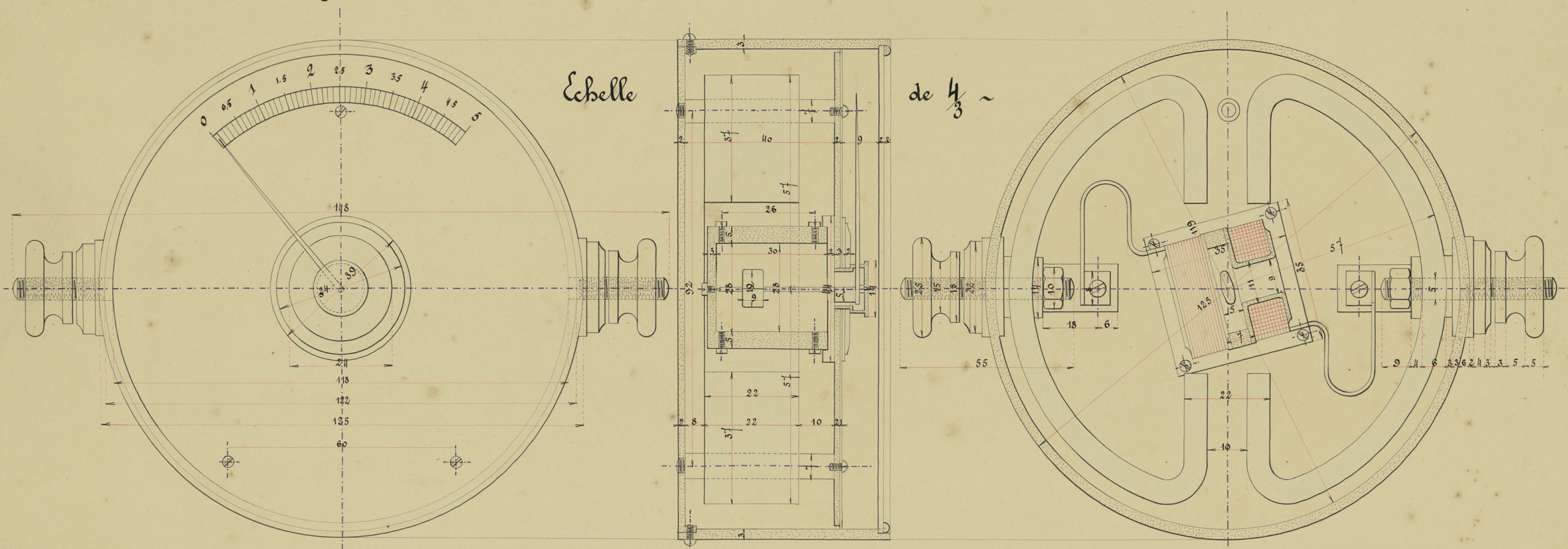


## Ampèremètre à aimant et à bobine fixes Graduation de 0 à 5 ampères

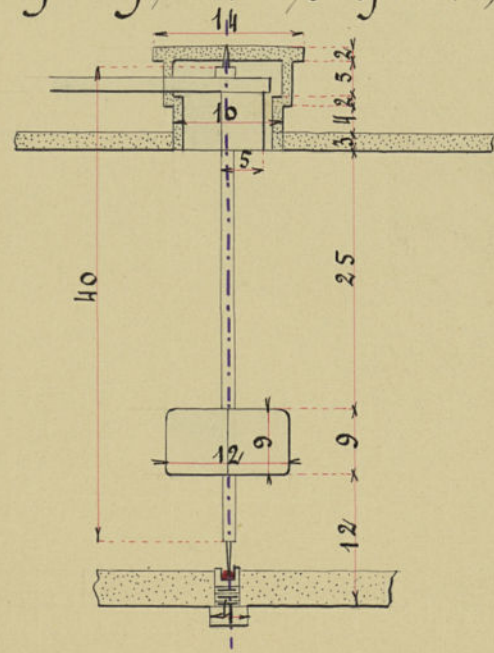
Vue de l'appareil monté

Profil coupe

Elevation coupe



Dispositif de la suspension



Légende

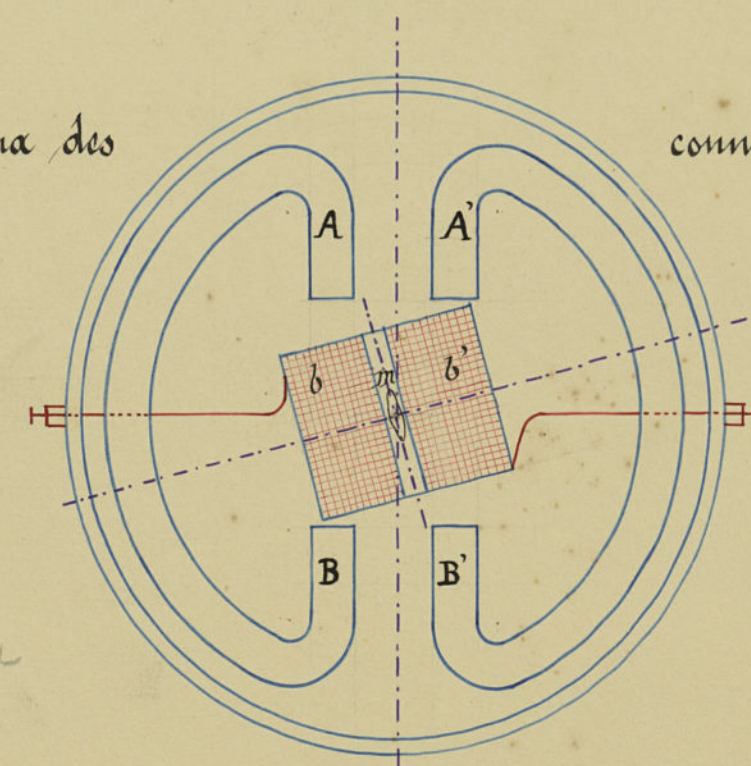
Cet instrument se compose de 2 bobines b et b' entre lesquelles se trouve un petit barreau de fer doux dont la direction constante est assurée par 2 aimants puissants A, B, A', B', recouverts en fer à cheval et qui donne un champ magnétique intense. Le passage du courant dans le cadre modifie les lignes de force du champ magnétique: la pièce de fer doux mobile, m, est déplacée et comme elle porte une aiguille seule visible à l'extérieur sur un cadran gradué le déplacement de l'aiguille indique l'intensité du courant produit.

Comme nous avons un ampèremètre nous devons employer du gros fil. Je prends comme densité de courant 1 ampère par  $\text{mm}^2$ . Comme le courant maximum est de 5 ampères, la section sera  $5 \text{ mm}^2$  ce qui correspond à un diamètre de fil égal à  $2.75$ . La résistance correspondante est de:  $0.0024$ . La chute de tension correspondante sera de  $0.012$ . Si l'on calcule la perte de puissance on trouve en appliquant la formule  $p = ei$  que  $p = 0.017 \times 5 = 0.085$ .

15 de spires longueur de fil

Schéma des

connexions





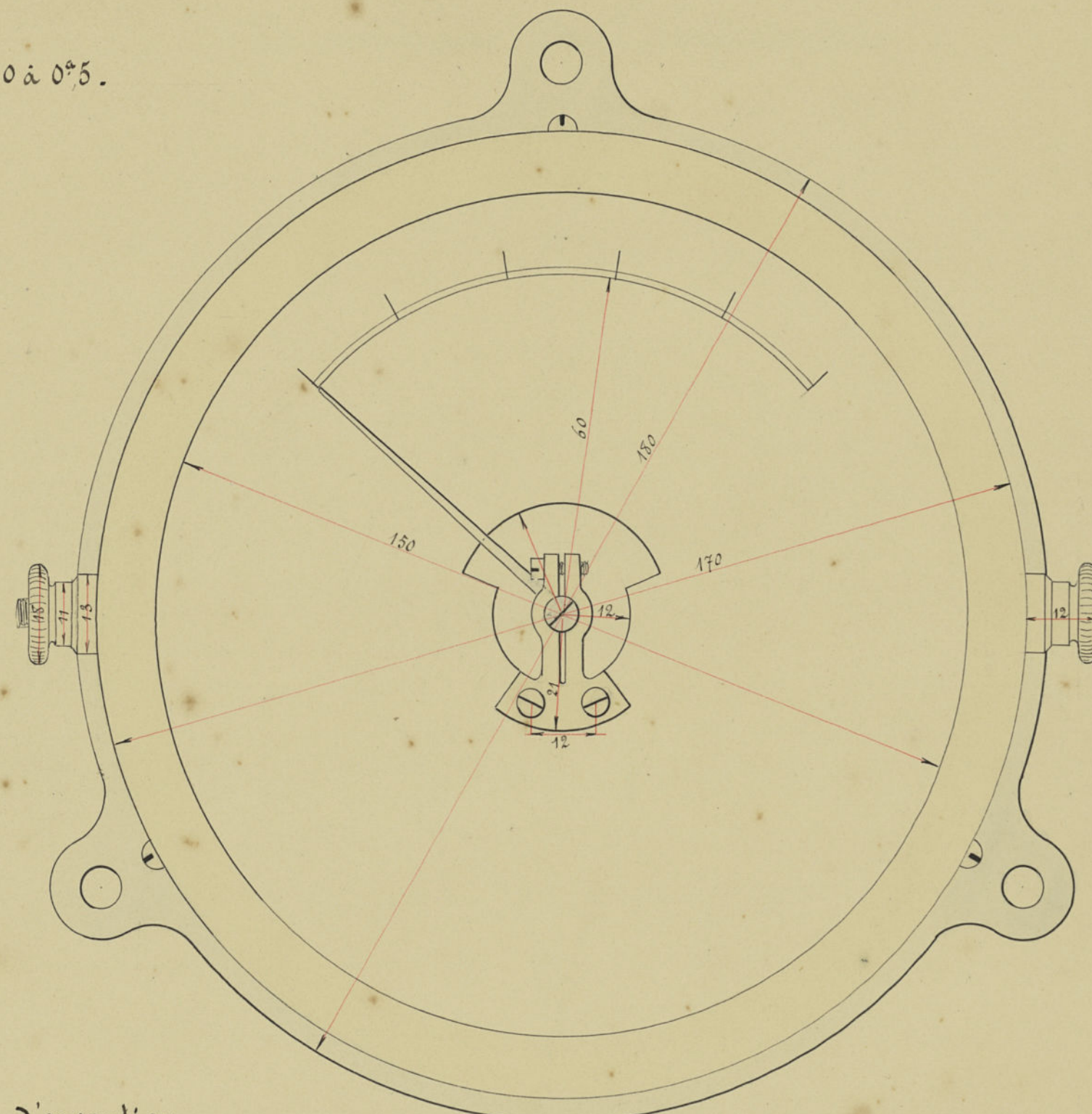
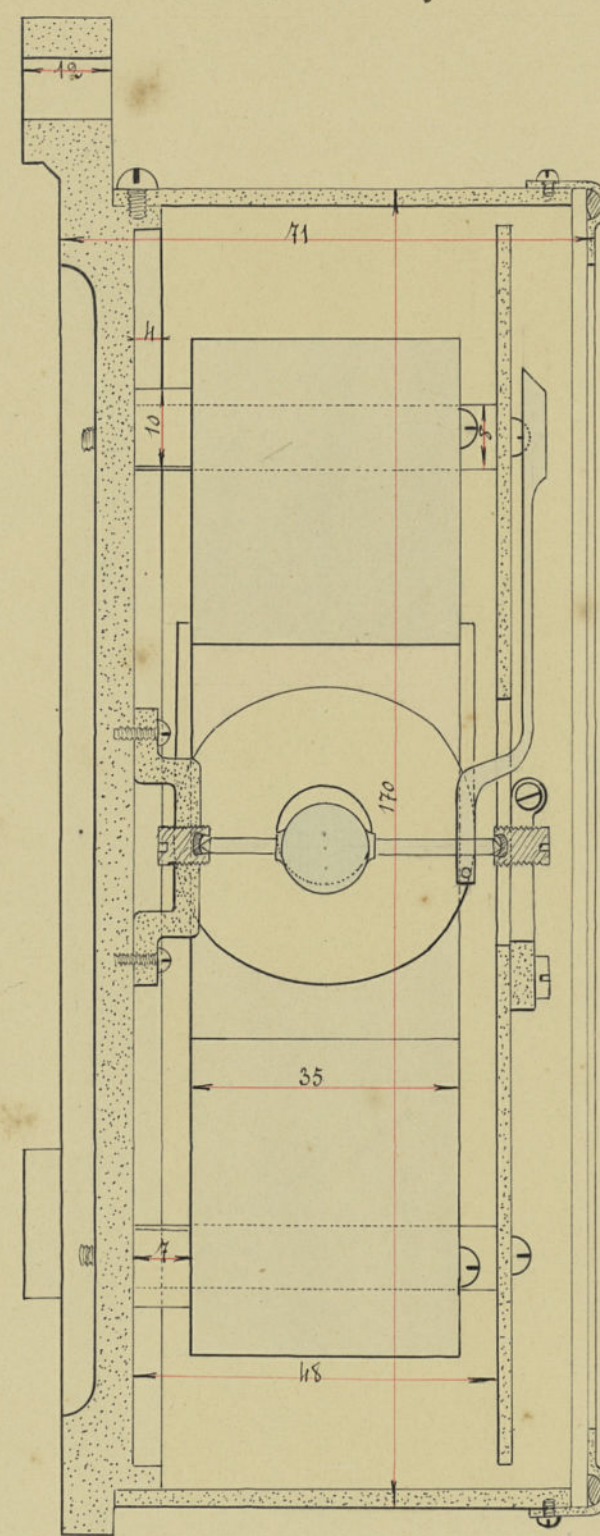
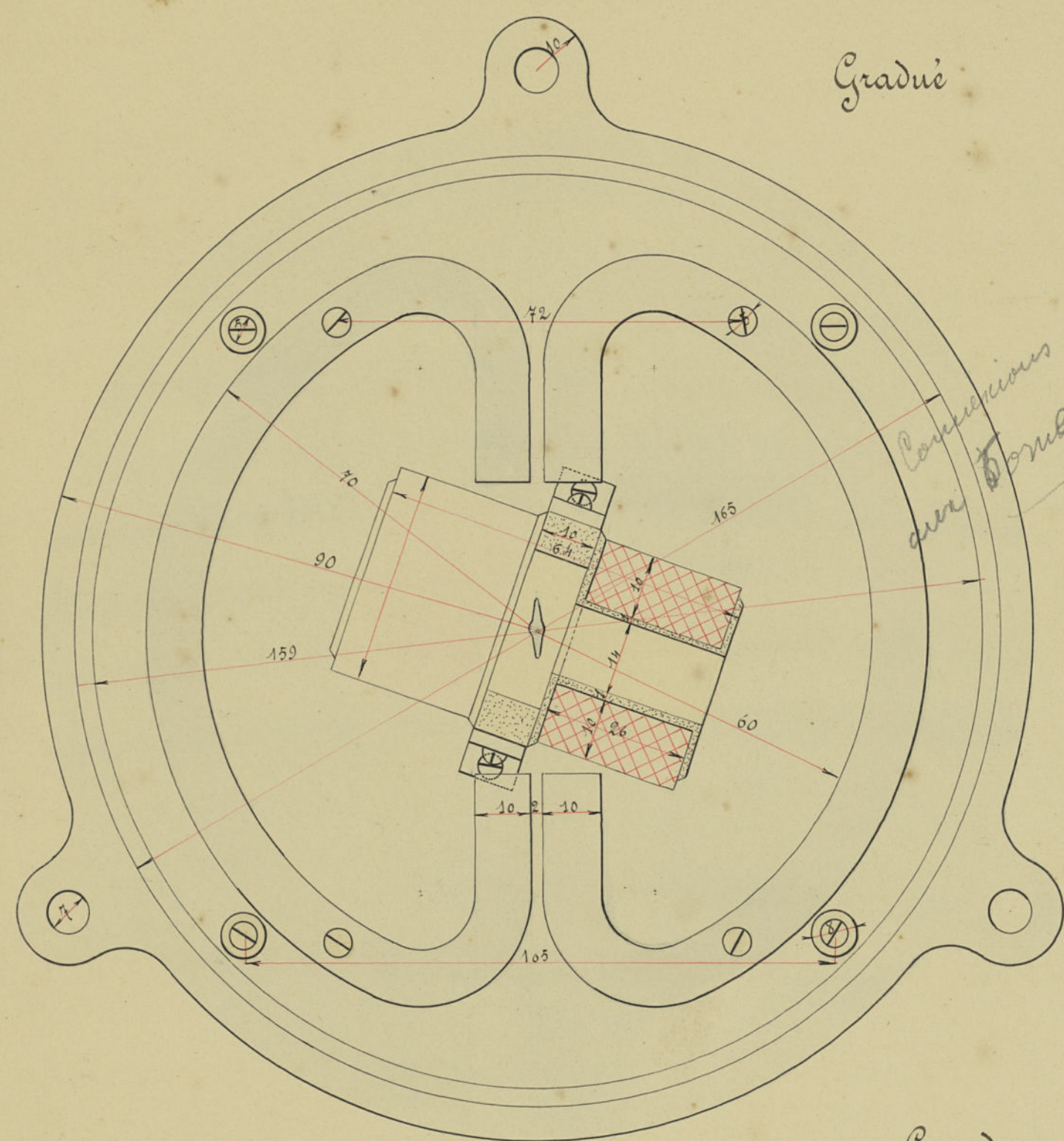
## Appareil de Mesure

### Ampère<sup>mètre</sup> à Bobine fixe et Aimant fixe

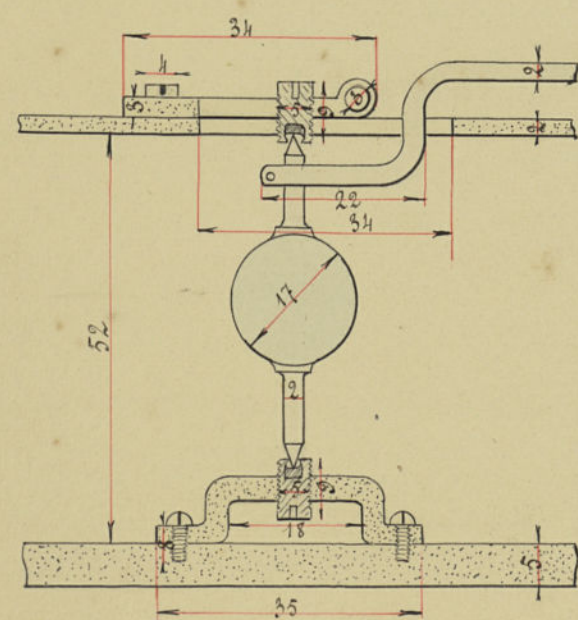
Elevation démonté

Profil coupe

Elevation



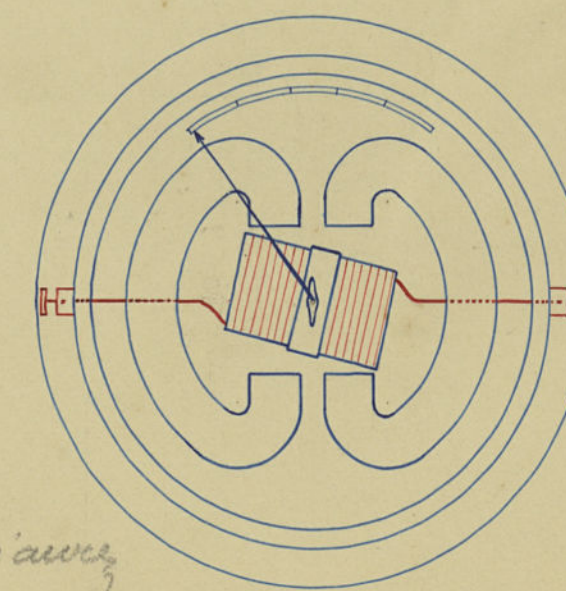
Suspension de l'équipage



### ~ Légende ~

L'aiguille est orientée par des aimants placés en regard. L'enroulement pour de faibles intensités est constitué par un gros fil, et pour les plus fortes par une lame de cu isolée et enroulée sur elle même. L'instrument est aperiodique. Les aimants sont utilisés comme force antagoniste s'opposant à l'action du flux. Pour avoir une déviation proportionnelle à l'intensité, on incline la bobine sur la ligne des poles. Le passage du courant tend à ramener l'armature dans une position parallèle aux spires de l'enroulement. Le couple exercé par la bobine croît alors en même temps que celui que produisent les aimants. Nous employons un fil de 3<sup>mm</sup> de diamètre. Nous avons 3 couches de fil avec 16 fils par couche, soit 48 spires. La longueur de la spire moyenne est 8 cm. La longueur totale est 384 cm. La résistance du fil est 0,0098 ce qui donne une perte de charge dans l'induit pour 0,5 de 0,0045.

Schéma des connexions.



*fil 3<sup>mm</sup> trop gros  
p<sup>r</sup> 0,5 amp. pas  
assez de spires, ni avec  
pas de sensibilité, pas de  
pas de déviation.*

Fait par le Professeur  
Lille le 2 Juillet 1910.

A. P. Galembois

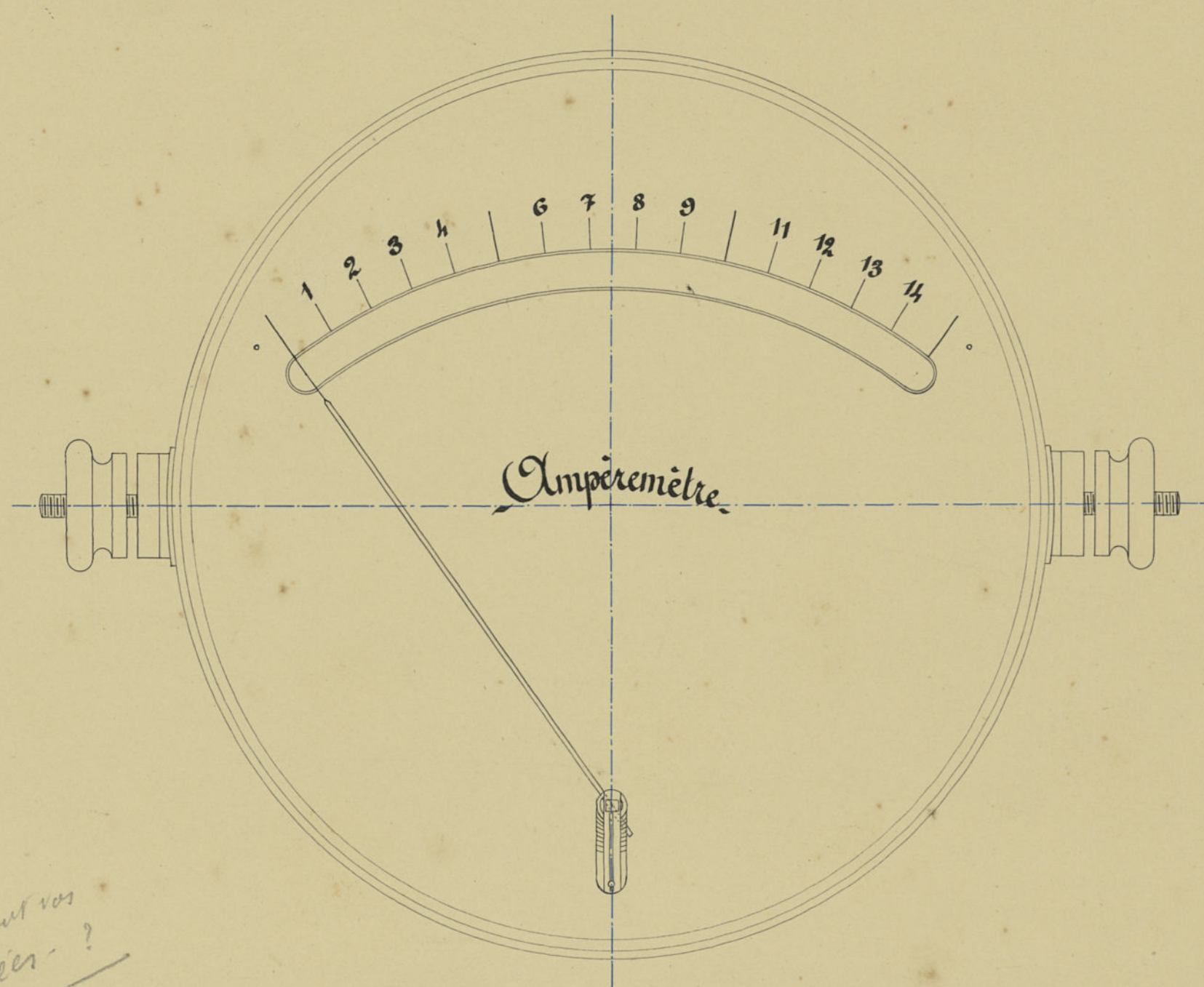
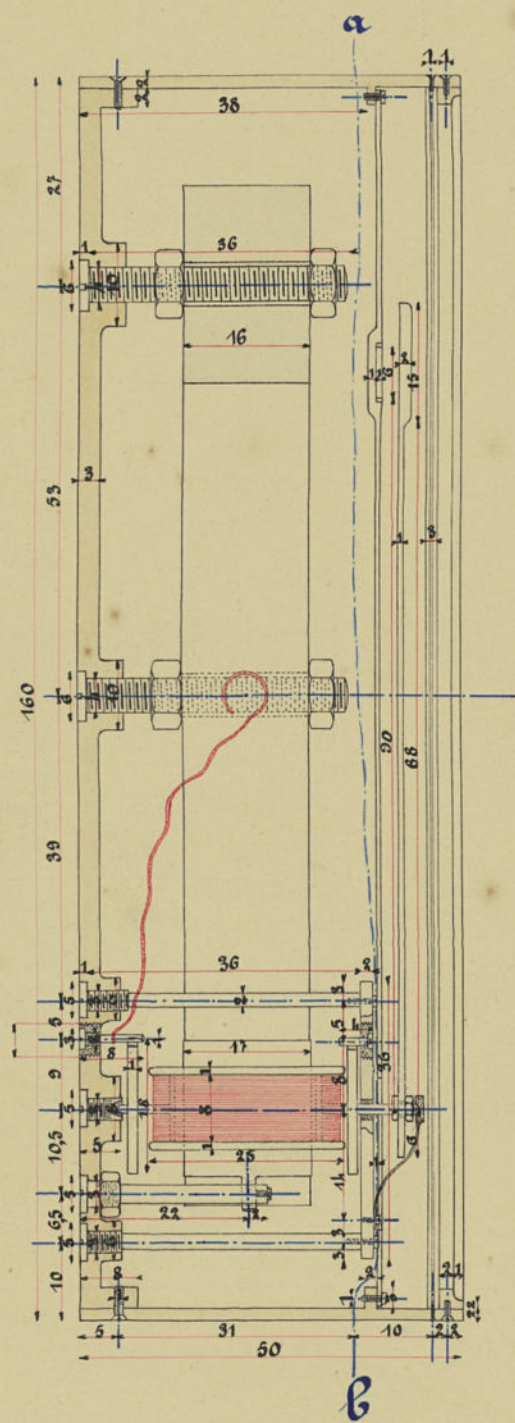
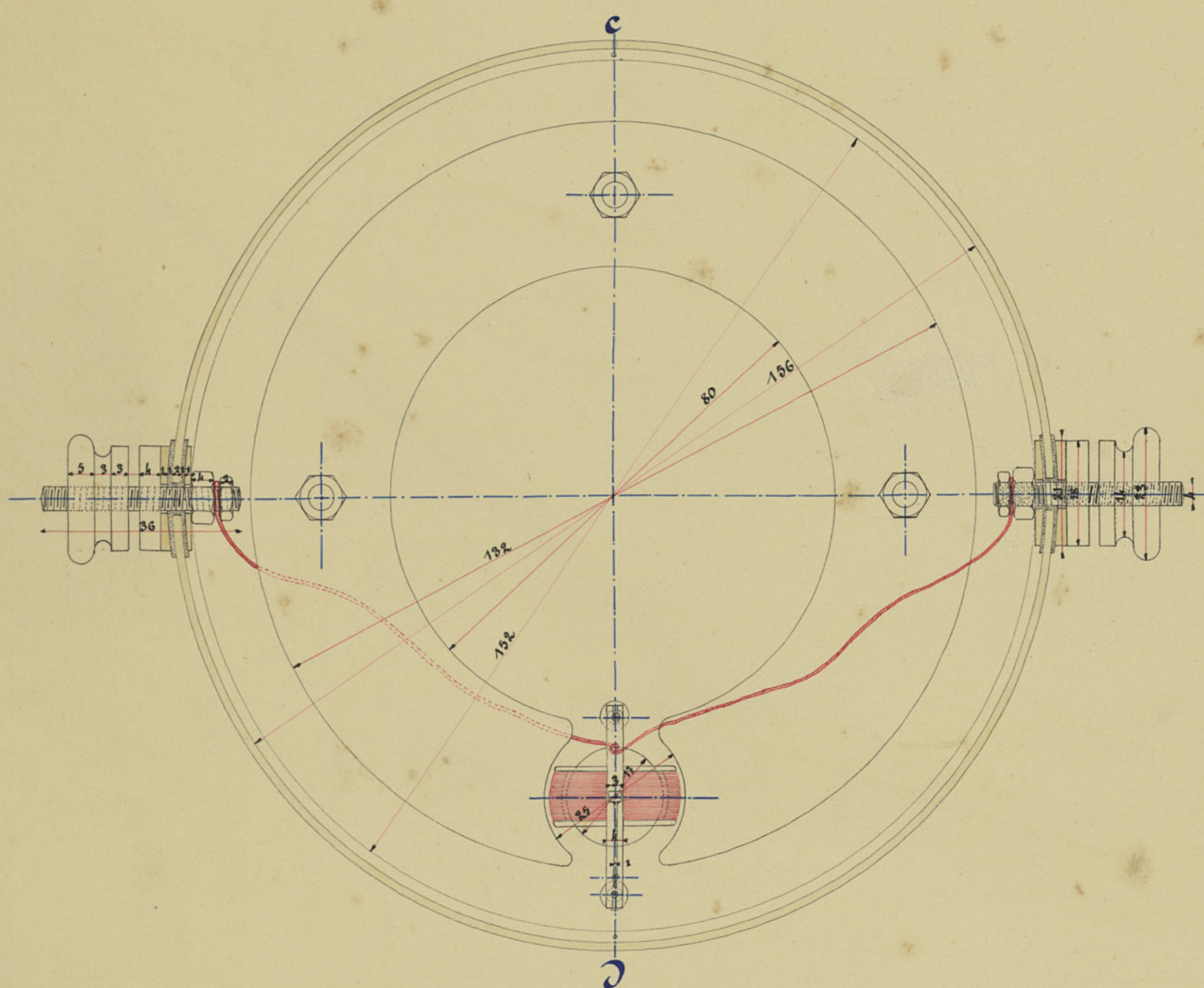


## Ampèremètre à cadre mobile et à aimant fixe . . .

Elevation de la coupe

Coupe c.d.

Vue extérieure de l'ampèremètre.



### Notice explicative.

La bobine est enroulée sur une cage en cuivre mobile autour d'un axe dont les extrémités reposent sur deux pivots d'agate, les extrémités de l'axe sont isolés de la cage et sont reliés au commencement et à la fin de la bobine. Le courant est amené à la bobine par deux spirales de bronze dont une extrémité est fixée à l'axe et l'autre extrémité isolée de la boîte de cuivre par la tige isolée qui la porte est en communication par un fil souple à l'une des bornes. Le dessin montre bien l'isolement de ces bornes avec la boîte de cuivre. Un cylindre de fer doux facilite le passage des lignes de force de l'aimant.

### Echelle

Grandeur naturelle.

### Notice explicative.

La résistance du cadre est de 0,75. L'intensité maximum que l'on y admet est de 0,05 ampères. Résistance du shunt pour 20 ampères par rapport au cadre

$$\frac{1}{\frac{0,75}{20} \pm 1} = \frac{1}{33,25} \text{ ou } \frac{0,0003}{33,2} = 0,00102$$

Résistance de l'appareil avec shunt de 20 ampères

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{0,75} + \frac{1}{0,00102} = \frac{4,010,020}{4005}$$

D'où  $R = \frac{4005}{4,010,020} = 0,00099$  Perte de charge  $0,00099 \times 20 = 0,02$

Energie consommée dans l'appareil :  $0,05 \times 0,02 = 0,001$  watt. Longueur du fil : 8,10. Diamètre du fil  $\frac{1}{10}$ . Longueur de la spire moyenne 56%. Nombre de spires 56. Soient 7 rangées de 8 fils chacune.

*Quelles sont vos données ?*

*L'appareil est de 10 ampères et sur le graduation jusqu'à 15.*

Fait par le professeur

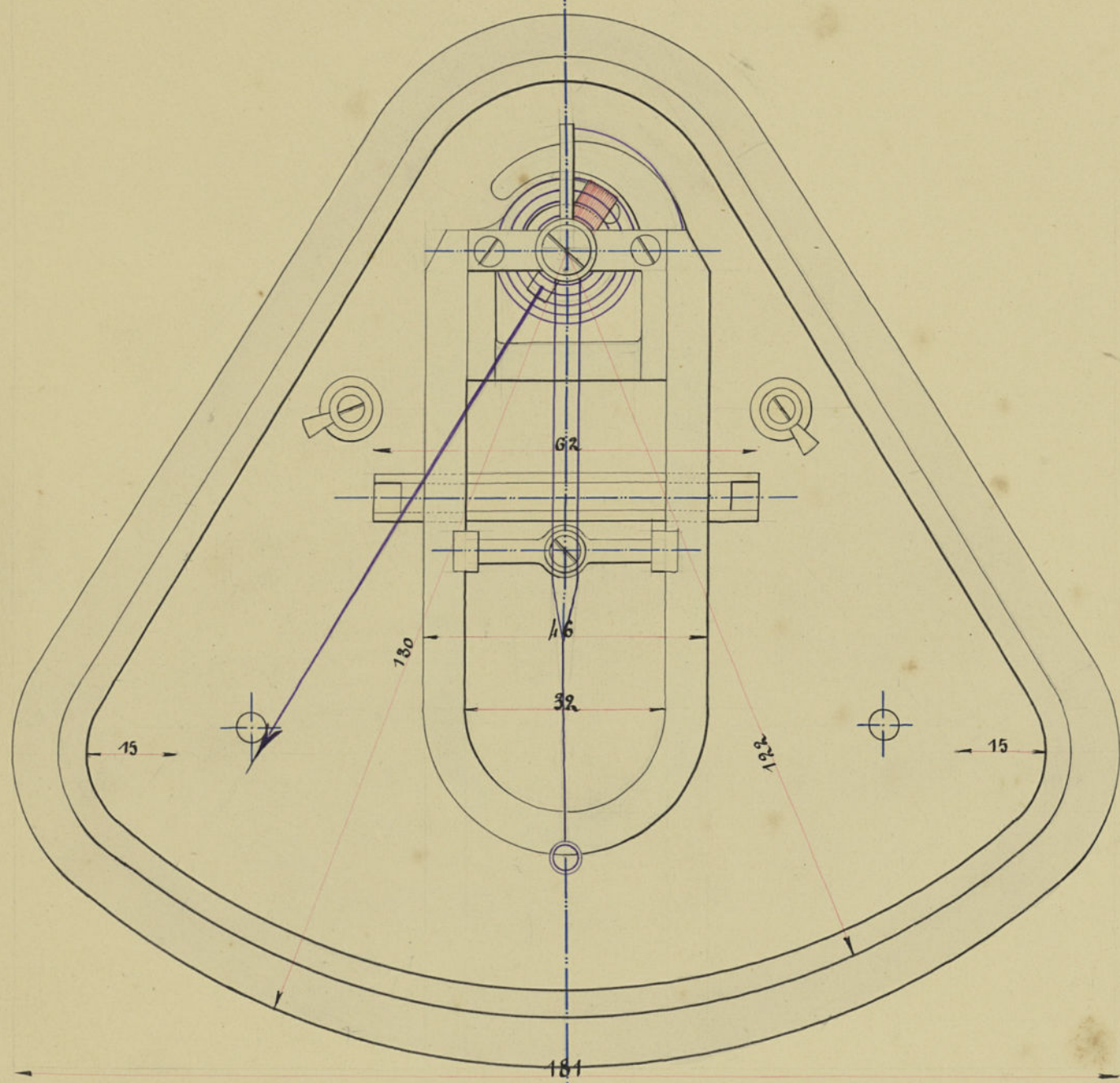
dille le 1<sup>er</sup> Juillet 1910

André Buiron.

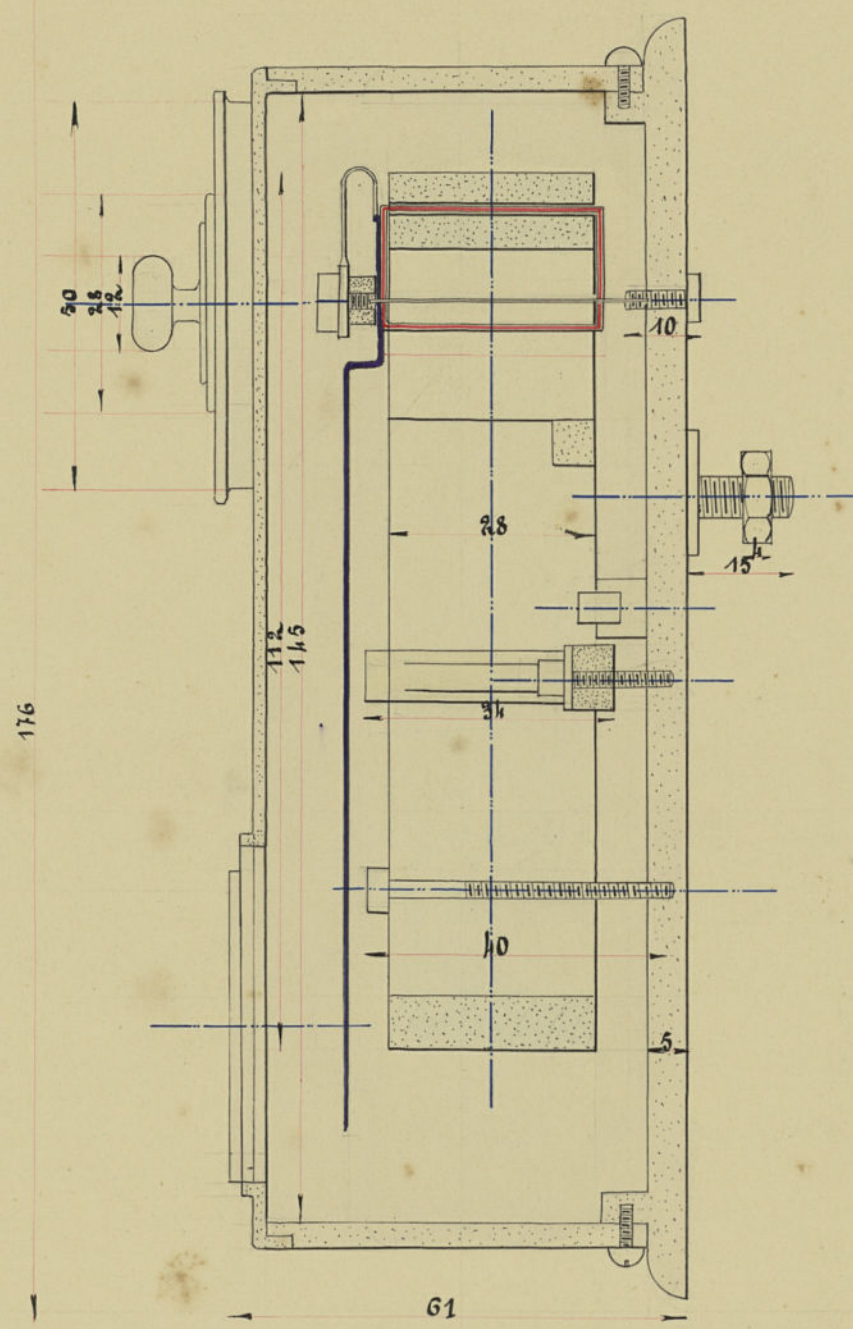


## Voltmètre à aimant fixe et bobine mobile Système Weysan d'Arsonval

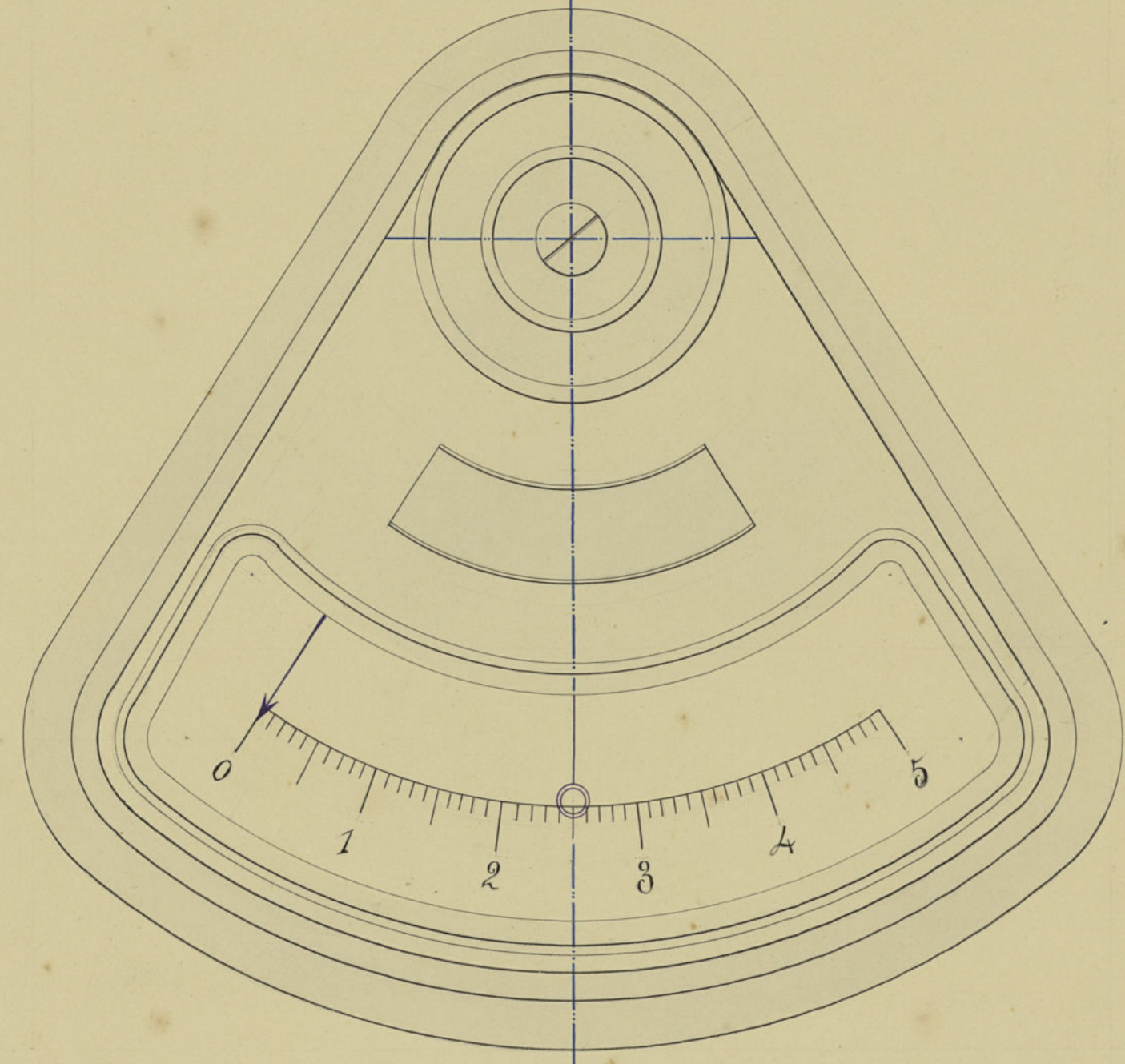
Elevation - coupe



Profil - coupe



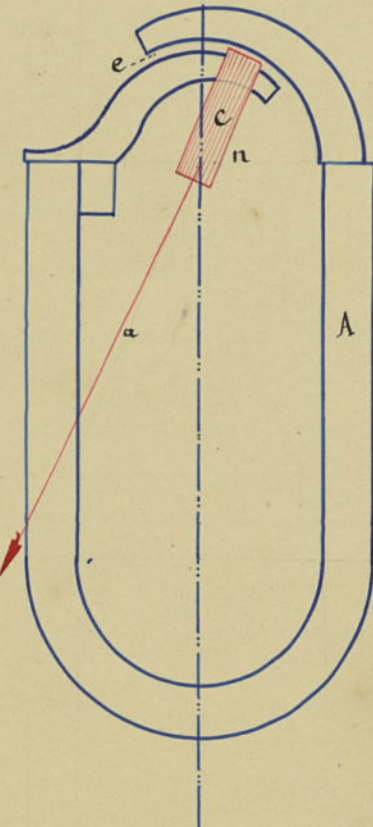
Vue montée de l'appareil.



Légende.

Schéma

théorique



L'appareil consiste en un cadre amortisseur excentrique en cuivre bobiné avec du fil isolé en deux un côté seulement, le côté extérieur opposé à l'aiguille indicatrice se déplace dans le champ circulaire d'un puissant aimant. Cet aimant a l'avantage de n'avoir qu'un faible entrefer de 2.7 il n'y a aucun noyau de fer démontable, l'équipage s'enfile sur le pôle intérieur par un simple mouvement de rotation. Les aimants de ce genre ont une invariabilité absolue de plus comme les champs créés sont très forts de 1200 à 1400 unités, les influences extérieures dues à des courants même intenses sont pratiquement négligeables.

L'équipage est extrêmement léger, son axe repose sur des chapes en saphir qui sont elles mêmes montés sur ressorts, afin de garantir les pointes contre l'usure des chapes. L'aimant qui porte le cadran divisé et l'ensemble du circuit sont disposés à avoir un isolement parfait. Avec la boîte métallique.

Pour ces types on adopte la forme triangulaire qui donne le minimum d'encombrement. Le type se fait avec deux cadrans lumineux de manière à permettre la lecture de tous les côtés. Le cadre est bobiné en fil fin de  $\frac{1}{10}$ . Dépense de courant  $\frac{1}{100}$  d'ampère ou un watt par 100 volts. Densité du courant dans le fil 1 ampère par  $\frac{1}{2}$ . Nombre de spires 50. Résistance totale 1500. Résistance de la bobine 1000. *quer?*

Grandeur

naturelle.







## CIRCUIT MAGNETIQUE DE DYNAMO

### CALCUL DES DIMENSIONS DES ELEMENTS

Echelle : 0,20

### CALCUL DES BOBINES MAGNETISANTES

#### Induit.

On donne son diamètre  $d = 15$  et sa longueur  $30$ . Nous supposons qu'il est divisé en 5 parties par 4 canaux de ventilation de  $1$  ce qui réduit la longueur à  $26$ . L'isolant occupe  $10\%$ ; il reste donc  $23\%$  de longueur utile. Nous admettons pour épaisseur radiale des tôles  $0,5$ . Nous avons donc pour section utile de l'induit  $9 \times 23,4 = 210,6$  en admettant comme induction  $12000$  G nous avons pour flux :  $2527200$  Maxwells

#### Entrefer.

Pour assurer le jeu mécanique de l'induit nous donnons à l'entrefer  $0,7$ . Le flux qui le traverse est le double de celui de l'induit, soit  $5054400$  en imposant une induction de  $6000$ , on déduit pour section  $\frac{5054400}{6000} = 842,4$ . L'angle d'ouverture  $\alpha$  est donc :  $\alpha = \frac{842,4}{\pi \times 15 \times 30} \times 360 = 71,95$

#### Epanouissements.

Ils sont en tôle extra douce avec interposition pour éviter les courants parasites causés par emploi d'induits rainés. Leur épaisseur au centre est  $2$ . La section moyenne est  $650$  d'où une section utile de  $585$ . Le coefficient d'Hopkinson étant pris égal à  $1,25$  le flux est  $5054400 \times 1,25 = 6318000$  Mw. Par conséquent l'induction est de :  $\frac{6318000}{388} = 16280$ . Les épanouissements sont rapportés sur les pôles au moyen de tirefonds, d'un joint dont on tiendra compte.

#### Tôles.

Ils sont en tôle extra douce avec la carcasse en acier doux coulé. L'induction du champ magnétique y est de  $11000$  Gauss. Comme le flux est  $6318000$  Mw, il s'ensuit une section de  $\frac{6318000}{11000} = 574,4$ . La longueur étant celle de l'induit  $30$  la largeur est donc :  $\frac{574,4}{30} = 19,15$ . Quant à la longueur radiale, elle doit être suffisante pour loger les bobines dans des conditions choisies convenablement pour assurer un bon refroidissement étudié plus loin.

#### Carcasse.

La carcasse est en acier coulé et en une seule pièce ce qui, vu les dimensions ne rend pas le démontage trop difficile. L'induction y étant de  $13000$  Gauss, nécessite une section de  $\frac{1}{2} \times \frac{6318000}{13000} = 243,2$  car il ne passe que la moitié du flux. Nous fixerons la largeur de la carcasse à  $55$  afin qu'elle abrite complètement les bobines et se prête à la fixation de joues porte paliers maintenues à la carcasse par 6 boulons. Nous déduisons l'épaisseur radiale  $\frac{243}{55} = 4,4$ . Les joues rapportées supprimant le bâti, nous ferons venir de fonderie avec la carcasse des pattes de fixation.

#### Dimensions.

Le nombre d'amphères tours à placer sur chaque pôle est de  $\frac{6250}{2} = 3125$  amp. tours. Si nous choisissons un courant d'excitation, supposée shunt de 5 ampères, le nombre de spires enroulées sur chaque pôle est  $\frac{3125}{5}$  soit 625. Pour un courant de 5 ampères il faut un fil de section  $2,2$ . Nous prendrons un fil de  $1,9$  soit une section de  $2,8$ . Le cadre de notre bobine à  $120$  de haut et épaisseurs de tôle et d'isolant déduites il reste  $112$  pour le fil. Avec son isolant le fil a  $2$  de diamètre. Donc par couche il y aura :  $\frac{112}{2} = 56$  spires. Par conséquent le nombre de couches de fil sera de  $\frac{625}{56} = 11$ . Par suite l'épaisseur du fil bobiné est :  $2,4 \times 11 = 26,4$ . La largeur extérieure de la bobine sera donc :  $3H + 2 + 2 + 150 + 2 + 2 + 3H = 226$  et sa longueur extérieure  $3H + 2 + 2 + 300 + 2 + 2 + 3H = 376$ . Nous pourrions donc loger la bobine dans un cadre  $400 \times 250 \times 120$  que nous pourrions placer sur les pôles.

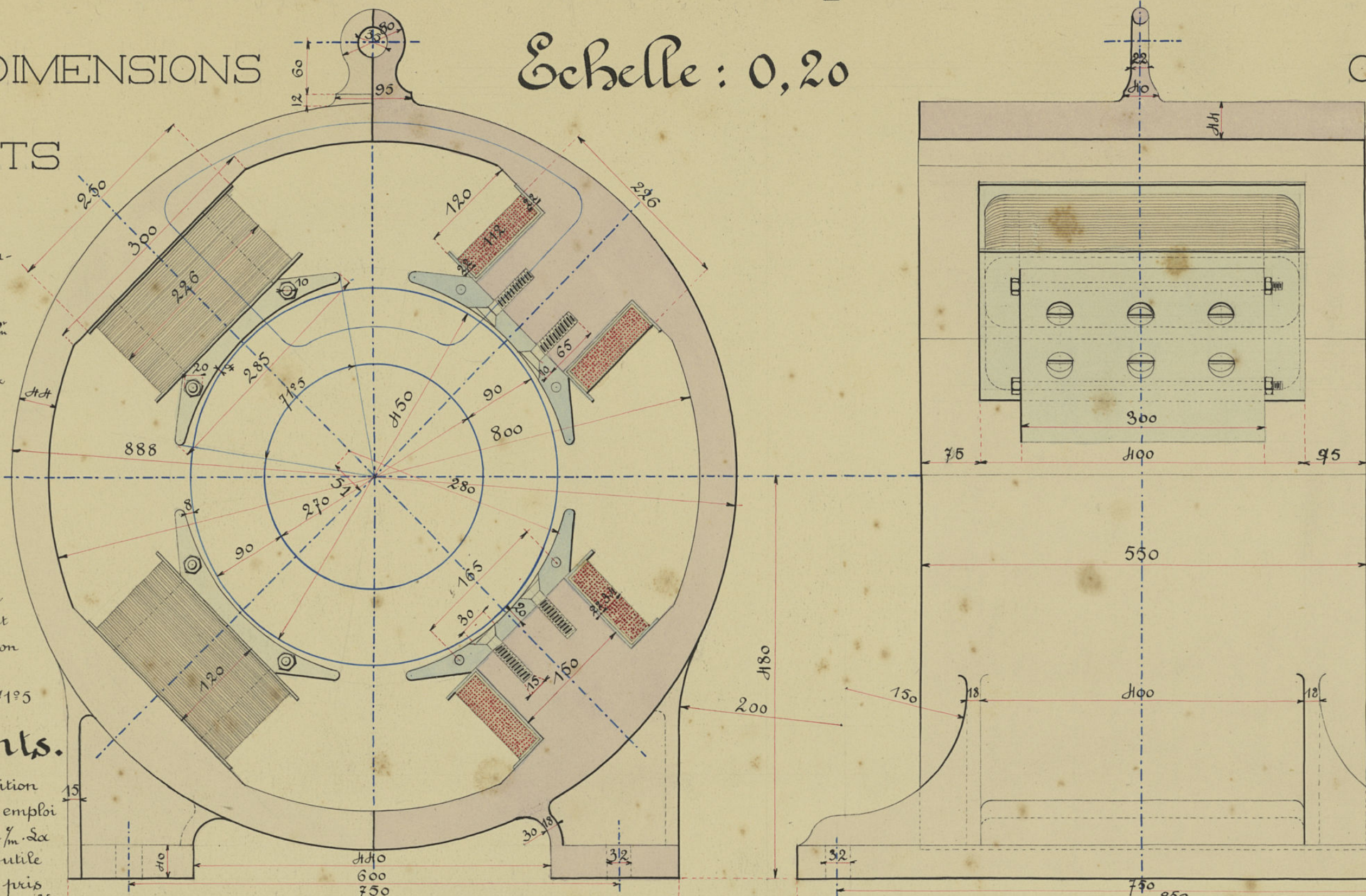
Remarque - L'isolement des fils des bobines d'avec la masse est assuré par 2 feuilles de press-pahn de  $1$  superposées.

#### Surfaces de Refroidissement.

Calculons la perte Joule dans une bobine et pour cela cherchons la résistance du fil d'une bobine. La longueur d'une spire moyenne est de :  $2(19,2 + 3H,2) = 106,8$ . La longueur du fil d'une bobine est donc environ  $106,8 \times 625 = 66750$  et sa résistance est en tenant compte de la température  $1,8 \times 10^{-6} \times 66750 = 120,23$ . La perte Joule dans une bobine est donc  $5^2 \times 120,23 = 3005,75$  Watts. D'autre part la surface extérieure de la bobine qui rayonne cette chaleur Joule est  $2 \times 11,2 (37,6 + 22,6)$  ou  $22,4 \times 60,2 = 1348,48$ . Donc la surface de refroidissement par watt dégagé est  $\frac{1348,48}{3005,75} = 0,45$  ce qui est satisfaisant. Par suite les dimensions sont acceptables.

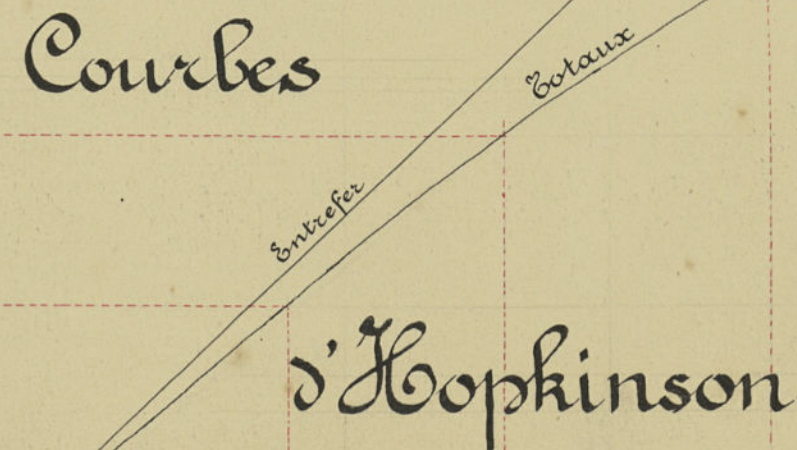
#### Rhéostat d'excitation.

Si nous supposons que la différence de potentiel aux bornes de la dynamo est 110 volts la résistance à intercaler pour avoir 5 ampères est égale à  $\frac{110}{5} = 22$ . Or la résistance totale des 4 bobines d'excitation est  $120,23 \times 4$  soit sensiblement  $480,92$ . Donc le rhéostat d'excitation devra être de :  $22 - 17 = 5$  résistance qui doit être de 20 à 25% de la résistance totale ce qui a lieu effectivement.



### AMPERES-TOURS

Éléments	Inductions	Longueurs de ligne de force	Ampères-tours par cm	Ampères-tours totaux
Armature	12000	22 cm	5,9	86
Entrefer	6000	0,8	4800	3840
Epanouissements	10800	1,2	2,8	12
Joints	12400	0,005H	9920	53
Tôles	14000	31,2	9,4	293
Carcasse	13000	62,8	6,35	398
			Total :	4682
			10% pour chutes de vitesse :	468
			Ampères-tours démagnétisants :	1100
			Total général :	6250

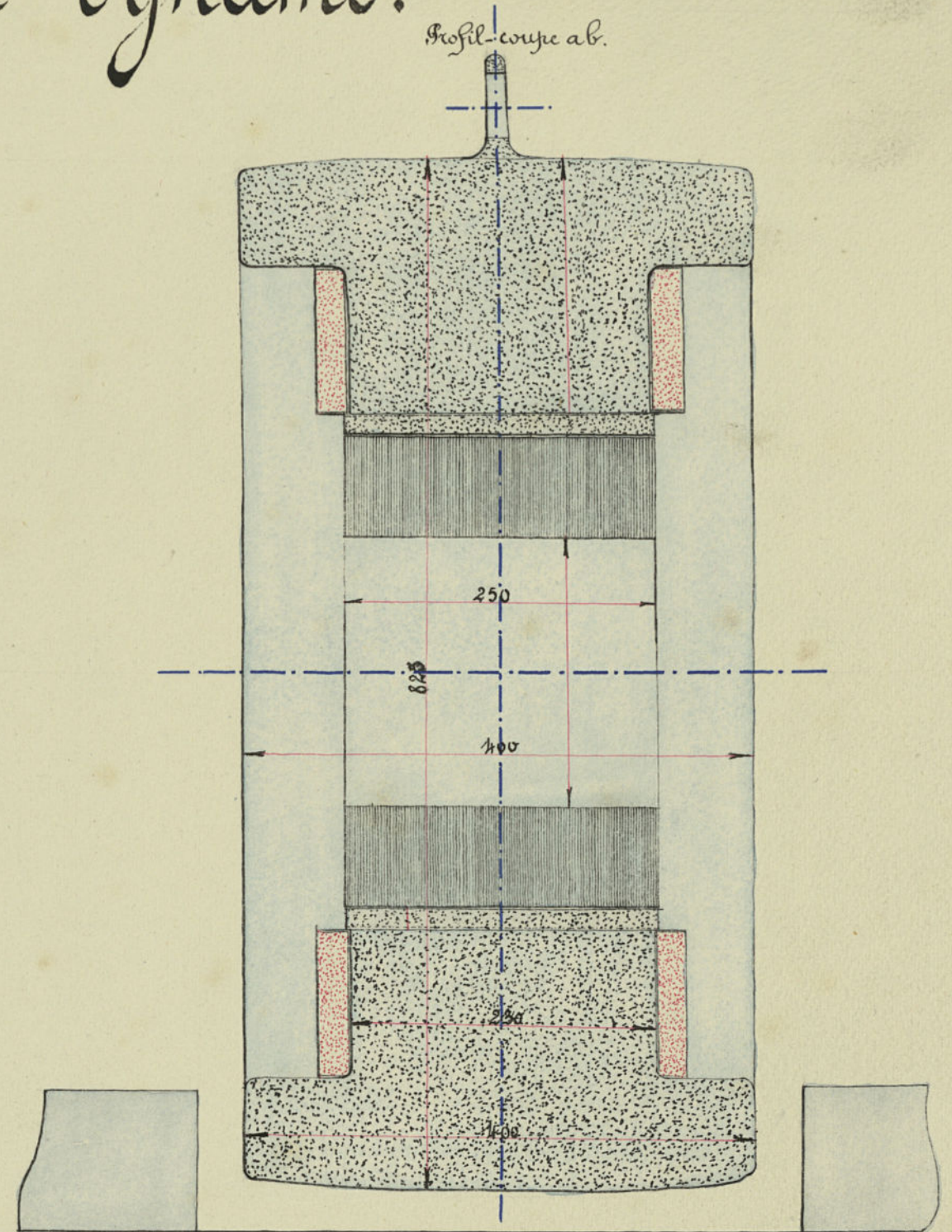
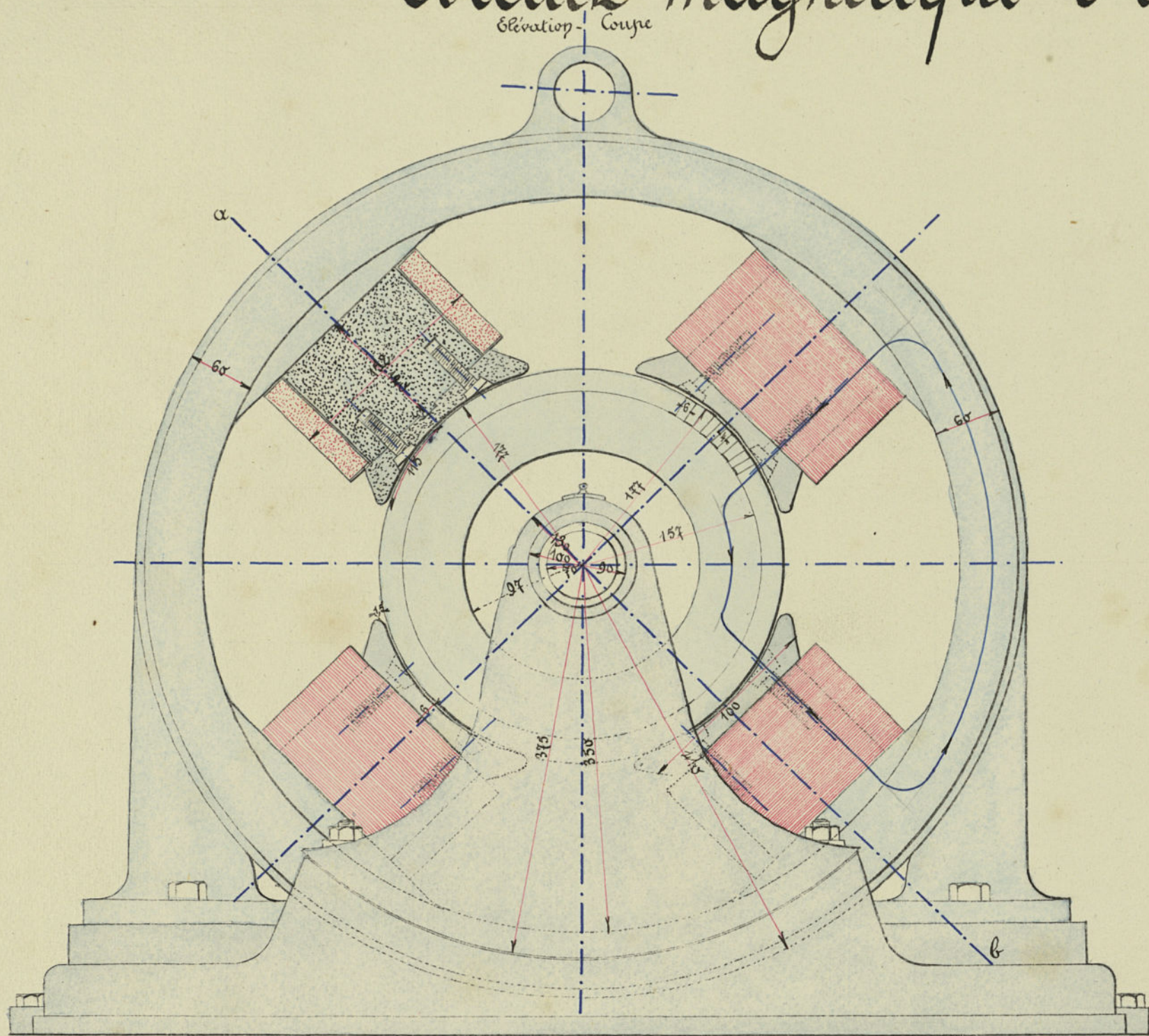


Fu par les Professeurs,  
Lille, le 9 Mai 1910

Druart



## Circuit magnétique d'une dynamo.



## Notes et calculs des bobines magnétisantes. Courbes d'Hopkinson.

Les dimensions de l'induit de la dynamo sont pour  $\eta = 15$  :

diamètre de l'induit :  $15 + 1,5 \eta = 37,5$ .  
 longueur " " :  $10 + \eta = 25$ .

Donnons nous une induction dans l'induit, soit 11000 gauss. Supposons que l'induit soit formé de tôles spéciales à faible coefficient de Steinmetz, environ 0,0017 pour atténuer les pertes en hystérésis. Supposons que ces tôles forment une couronne de 8" de largeur, 2" étant occupées par les dents. Si ces tôles sont isolées au vernis nous pourrions prendre comme longueur utile  $25 \times \frac{8}{10} = 22$  environ.

Le flux passant dans l'induit sera donc  $11000 \times 6 \times 22 = 1452000$  maxwells.

Ce flux devra passer dans les dents et l'entrefer.

Calculons les dents. Comme le rapport des encoches au pas des dents doit être compris entre  $\frac{2}{3}$  et  $\frac{5}{6}$ , nous adopterons une moyenne de  $\frac{5}{6}$ . Nous supposons 14 dents sur tout le pourtour de l'induit. Ces dents auront une épaisseur moyenne de  $\frac{1}{4}$ " tandis que les encoches auront 3".

Supposons que le  $\frac{1}{2}$  épanouissement embrasse sur le diamètre de l'induit une longueur de 11". Comme les  $\frac{1}{10}$  de cette longueur sont occupés par les dents, la section présentée par les dents pour le flux émanant d'un demi pôle sera :  $\frac{11 \times 2 \times 2}{10} = 4,4$ , 22" étant la longueur utile de l'induit.

L'induction dans les dents sera de  $\frac{1452000}{4,4} = 330000$ , valeur acceptable puisque l'induction dans les dents peut varier de 11000 à 19000.

Calculons l'entrefer. Nous prendrons pour section de l'entrefer la moyenne entre celle offerte par les dents et celle de l'épanouissement. Comme la section moyenne de l'épanouissement est 252" environ, nous prendrons comme section d'entrefer  $\frac{101,2 + 252}{2} = 176,6$  environ.

Le flux dans l'entrefer sera :  $\frac{1452000}{176,6} = 8220$ .

Pour produire un flux  $\Phi_2$  dans l'induit, il est nécessaire de produire dans les noyaux un flux  $\Phi_1$  pour tenir compte des pertes par dispersion dans l'air. Comme la dynamo est supposée avoir une puissance de 20 kilowatts, nous adopterons pour  $\alpha$  la valeur 1,3.

Le flux nécessaire dans la culasse, les noyaux, les épanouissements sera :  $1,3 \times 8220 = 10686$ .

Supposons que les épanouissements soient en fonte et rapportés tandis que les noyaux sont venus de fonderie avec la culasse; cette dernière partie étant en acier coulé. L'induction dans l'épanouissement sera  $\frac{10686}{5,75} = 1858$ , induction moyenne pour la fonte.

Si nous supposons une largeur de noyau de 11,5" et une longueur de 23", nous aurons comme induction dans cette partie du circuit magnétique :  $\frac{10686}{11,5 \times 23} = 40$ .

Adoptons pour la culasse les dimensions suivantes : épaisseur 5", longueur 40", afin de permettre une plus grande protection des bobines, soit une section de  $6 \times 40 = 240$ ". L'induction sera de  $\frac{10686}{240} = 44,5$ .

Pour calculer les ampères-tours, prenons dans les tables les valeurs de  $\frac{100}{4\pi\mu}$  correspondant à chaque induction et à chaque partie du circuit. Multiplions ces valeurs par les longueurs de chaque circuit partiel. Pour une induction de 11000 nous trouvons : NI total = 2567". Majorons cette q<sup>e</sup> de 10% pour prévoir les baisses de vitesse et de 15% pour combattre les effets du flux antagoniste. Nous trouvons ainsi un total de 2240" soit 1605" par pôle.

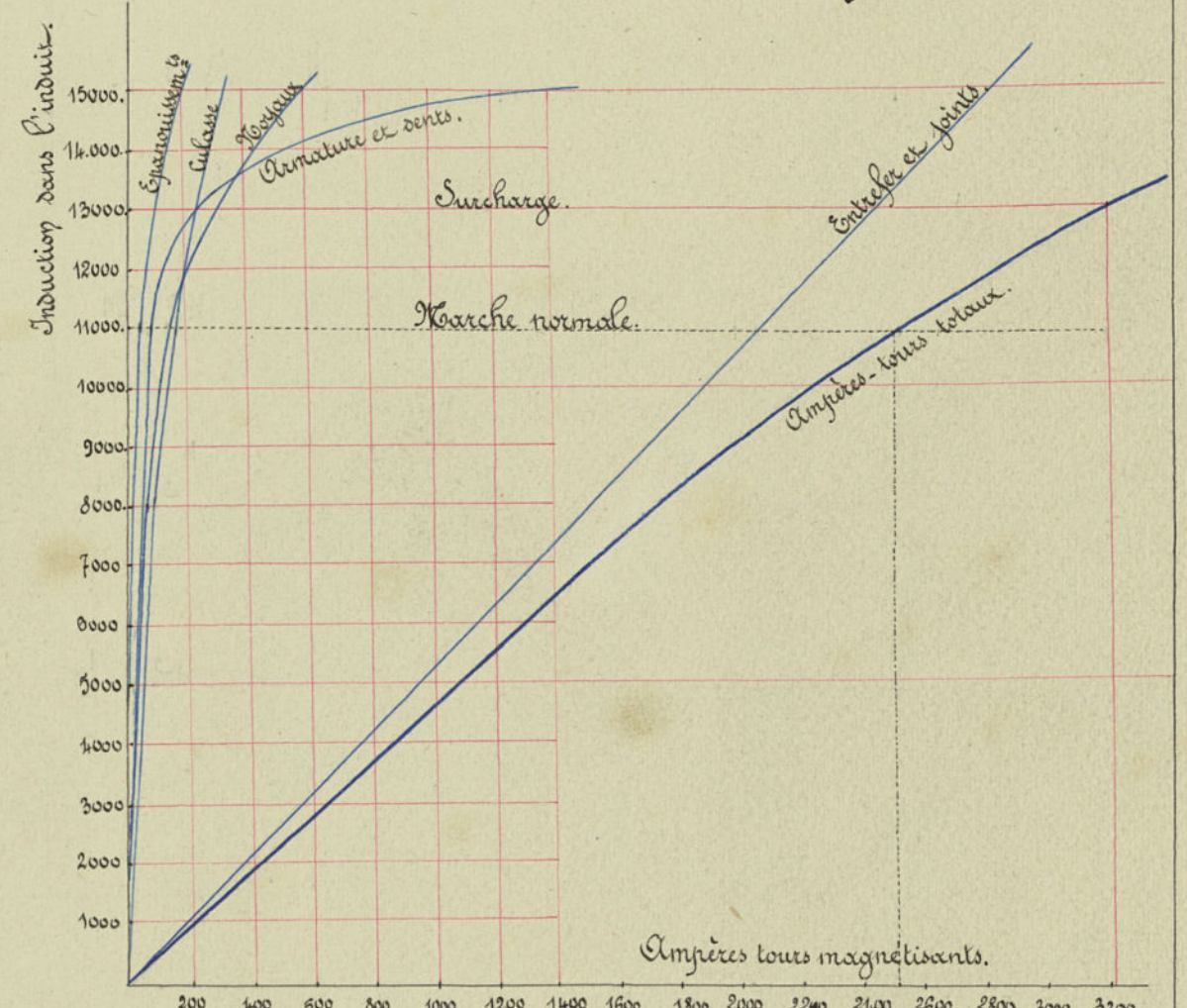
Calculons les bobines magnétisantes. Supposons que la perte en excitation atteigne  $\frac{1,25}{100}$ . Comme la machine est une machine shunt et que sa différence de potentiel est de 110 volts sous une puissance de 20 kilowatts, cela fera un ampérage de  $\frac{20 \times 1,25}{110} = 0,225$  dans l'excitation.

Le nombre de spires nécessaire par un pôle sera :  $\frac{1605}{0,225} = 7133$  spires.

Si nous admettons une densité de courant de 2" par millimètre carré de section, les 2240" nécessiteront une section de  $\frac{2240}{2} = 1120$ , ce qui fait un diamètre de 37".

Le fil isolé aura donc un diamètre de  $1,77 \times 2 + 0,75 = 4,3$ ".

Simulons notre bobine de chaque côté par une plaque de cuivre de 2" d'épaisseur et un papier isolant de même épaisseur. Il restera donc libre une longueur de noyau de  $120 - 8 = 112$ " sur laquelle on pourra loger  $\frac{112}{4,3} = 26$  spires. Il y aura donc  $\frac{7133}{26} = 274$  soit 11 couches environ de spires. Cherchons la longueur moyenne d'une spire. Prenons une spire de la sixième couche. Elle aura pour dimensions :  $2(11,5 + 6 \times 1,77 + 23) + 0,117 = 83,17$ ". Soit une longueur totale de fil pour les quatre pôles :  $4 \times 83,17 = 332,68$  = 2,375 kilomètres, qui a une résistance de  $\frac{11,7 \times 332,68}{2} = 1950$  Ohms. De  $\frac{110}{1950} = 0,056$  et nous voyons que la résistance du fil est les  $\frac{2}{3}$  environ de cette dernière. L'autre tiers sera constitué par le rhéostat d'excitation. Calculons la surface de refroidissement. Elle est de  $(145 + 22 \times 1,77)(120 + 22 \times 1,77) = 486$  cm<sup>2</sup>. Or la perte en excitation étant de 177 watts nous aurons pour chaque watt gradus  $\frac{486}{177} = 2,75$  environ ce qui est suffisant.



## Tableau récapitulatif.

Parties.	Armature		Dents		Entrefer		Épanouiss.		Noyaux		Culasse	
	S.	NI.	S.	NI.	S.	NI.	S.	NI.	S.	NI.	S.	NI.
Section.	6 x 22 = 132"		11,5 x 22 = 253"		240"		240"		11,5 x 23 = 264"		6 x 40 = 240"	
Longueur.	18,75		272 = 4"		240,12 = 0,3		4"		23"		56 = 5"	
$\Phi_2$	550000		330000		10686		10686		10686		10686	
$\Phi_1$	720000		1068600		82200		106860		1068600		1068600	
$\frac{100}{4\pi\mu}$	23		6		23		23		23		23	
NI	12800		64120		1890		24600		246000		246000	
$\frac{100}{4\pi\mu}$	23		6		23		23		23		23	
NI	289		384720		54690		556200		5562000		5562000	
$\frac{100}{4\pi\mu}$	23		6		23		23		23		23	
NI	6654		2308320		1258070		12738600		127386000		127386000	
$\frac{100}{4\pi\mu}$	23		6		23		23		23		23	
NI	153642		13849920		28930710		293145600		2931456000		2931456000	
$\frac{100}{4\pi\mu}$	23		6		23		23		23		23	
NI	3532766		82949760		66541290		6654129000		66541290000		66541290000	
$\frac{100}{4\pi\mu}$	23		6		23		23		23		23	
NI	81149522		1991194560		1550249170		155024917000		1550249170000		1550249170000	
$\frac{100}{4\pi\mu}$	23		6		23		23		23		23	
NI	1886645006		47828688000		37060730910		3706073091000		37060730910000		37060730910000	
$\frac{100}{4\pi\mu}$	23		6		23		23		23		23	
NI	43382835762		1111882368000		862497210930		86249721093000		862497210930000		862497210930000	
$\frac{100}{4\pi\mu}$	23		6		23		23		23		23	
NI	1007805221526		25546376640000		19809535851390		1980953585139000		19809535851390000		19809535851390000	
$\frac{100}{4\pi\mu}$	23		6		23		23		23		23	
NI	23279520095094		588712960000000		457929475481970		45792947548197000		457929475481970000		457929475481970000	

Calcul 2 joints par ligne de force, soit une équivalence de 0,008 d'entrefer pour une induction de 11000. Il faudra majorer de  $\frac{0,008}{11000} \times 11000 = 0,000727$  par circuit magnétique.

Echelle 1/5.

Vu par le professeur.  
 Lille le 9 Mai 1910.

Deleau



INDUCTEUR DE DYNAMO

Circuit magnétique Noyaux. Pièces polaires.

Machine tétrapolaire.

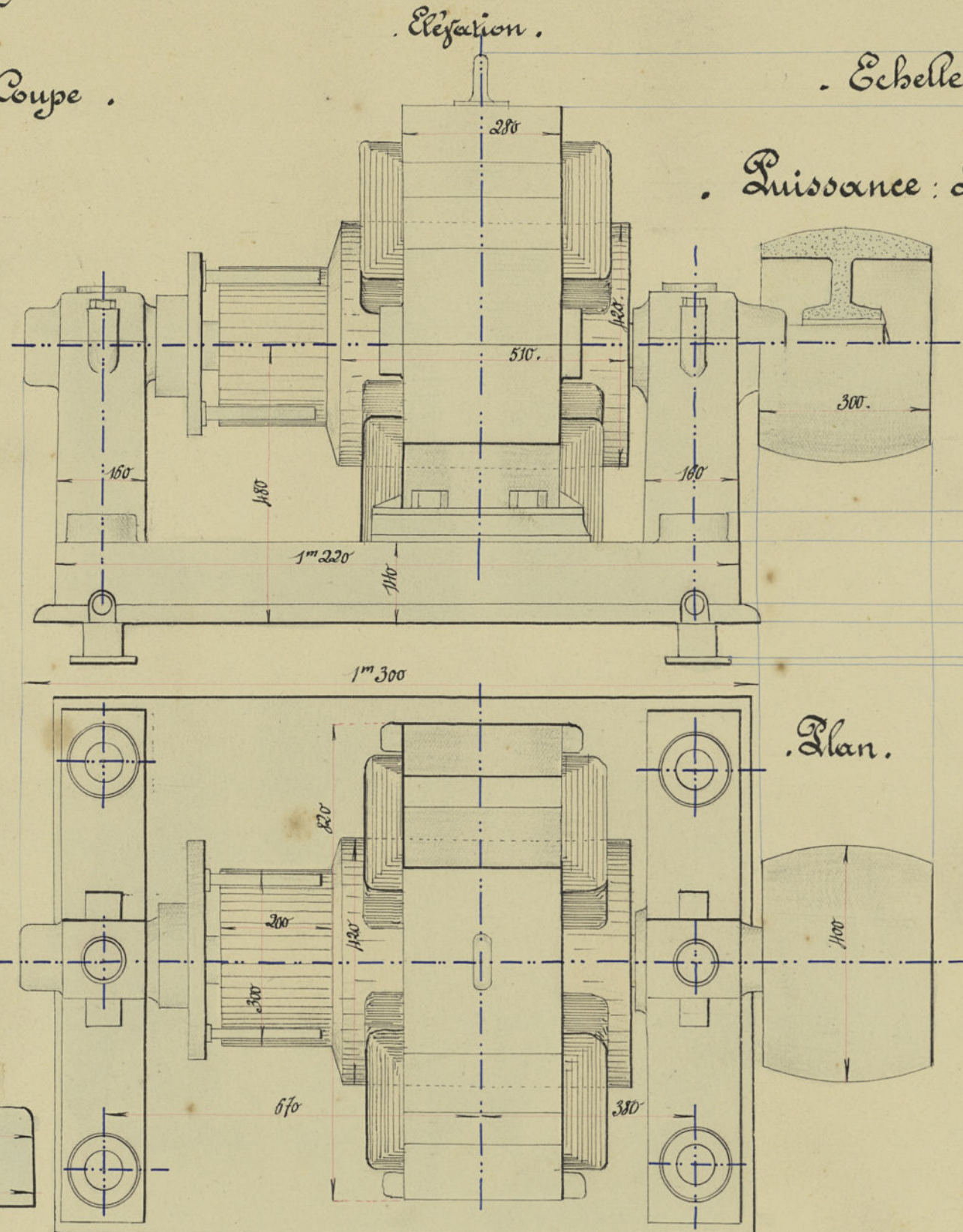
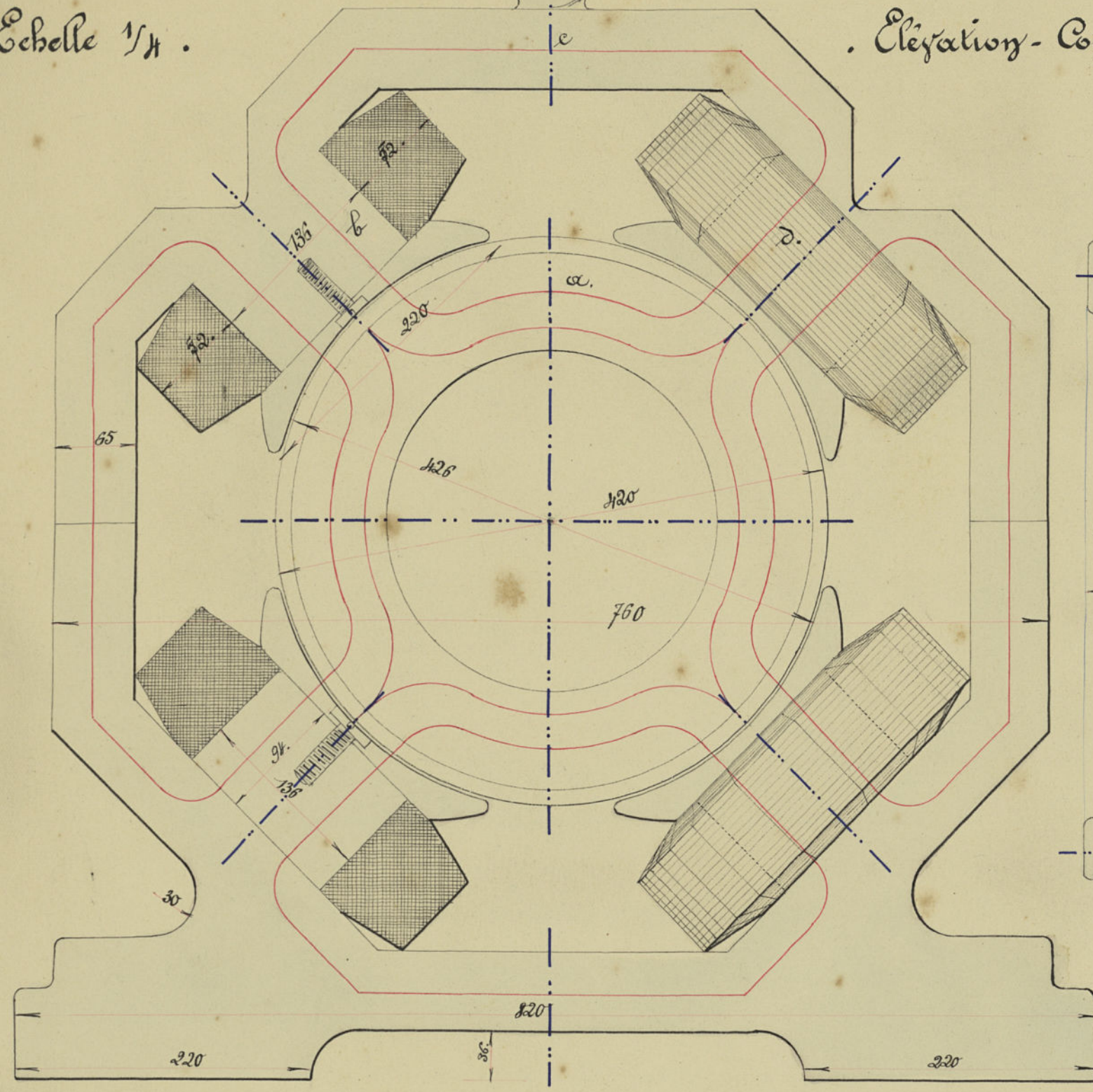
Echelle 1/4.

Elevation-Coupe.

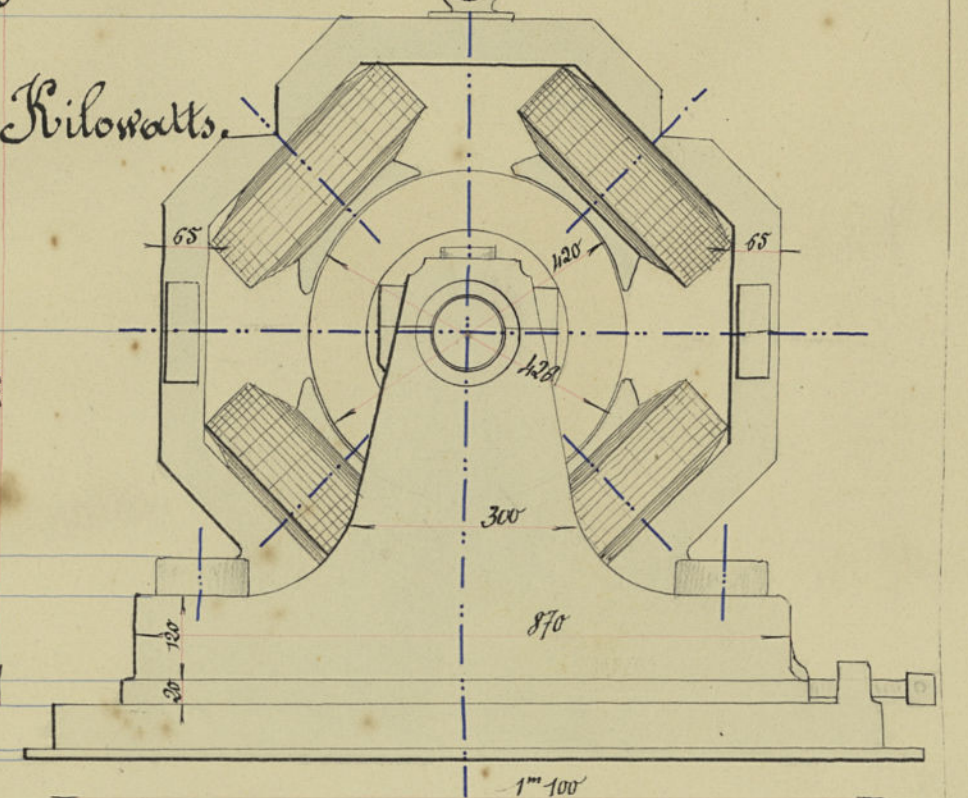
Elevation.

Echelle 1/10.

Profil.



Puissance: 20 Kilowatts.



Plan.

**Flux dans les dents.**  
 En supposant les dents égales aux encoches, la section qui restera pour le flux est la moitié de la section totale.  $S = \frac{11,5 \times 25}{2} = 143,75 \text{ cm}^2$   
 11 cm étant la largeur d'1/2 pièce polaire.  
**Ampères-tours de l'entrefer.**  
 On prend la même induction que dans les pièces polaires. En appliquant la formule  
 $NI = l \frac{10 B}{4 \pi \mu}$   
 Or  $\mu = 1$  dans l'air, ce qui fait  
 $NI = 0,6 \times 0,8 \times 1500 = 3600$

Ampères-tours pour le circuit magnétique a.b.c.d.

Éléments.	Matériau.	Flux.	Induction.	Section.	Longueur.	AT cm.	AT totaux.
Induit.	Bole.	2.020.000	10.000 Gauss	202 cm <sup>2</sup>	24 cm	3,6	88,4
Dents.	Bole.	2.020.000	12.500	161	2,4	9,4	22,6
Entrefer.	Air.	2.020.000	7.500	0,6	0,6	3,600	3.600
Boles.	Bole.	2.112.000	7.500	322	3	3	9
Noyaux.	Acier doux.	2.112.000	12.750	190	18,8	8,47	160
Culasse.	Acier doux.	2.112.000	13.300	182	53	10	530
							TOTAL: 11.108
Induit.	Bole.	2.112.000	12.000	202	24	5,83	74,4
Dents.	Bole.	2.112.000	15.000	161	2,4	22,41	54
Entrefer.	Air.	2.112.000	9.000	0,6	0,6	11,320	11.320
Boles.	Bole.	2.308.800	9.000	322	3	3,3	10
Noyaux.	Acier doux.	2.308.800	15.300	190	18,8	37	696
Culasse.	Acier doux.	2.308.800	16.000	182	53	56	2.968
							TOTAL: 8.122,4

Légende.

**Calcul des bobines inductrices.**  
 Nous avons 11.108 amp. tours par paire de pôles. Ajoutons 800 amp. t. de démagnétisation et de distorsion: soit au total 5208 amp. t. Par bobine, cela fait 2.604 amp. t. Soit un courant d'excitation de 3 ampères, le nombre de spires magnétisantes sera  $\frac{2.604}{3} = 868$ . Nous prenons du fil de 2 mm<sup>2</sup> de section ou 16/10 cad 25/10 isolé. Par couche de longueur égale à 82 mm on mettra 58 tours, ce qui nécessite 24 couches. L'épaisseur de la bobine est 52 mm. Longueur de la spire moyenne 1 m. Longueur de fil par bobine 868 m. Sur 4 pôles 3472 m dont la résistance est  $R = \rho \frac{l}{S} = 27 \text{ ohms } \Omega$ . Si la machine est à 110 volts,  $I = \frac{E}{R} = 36 \text{ amp } A$ , il faudra un rhéostat de 9 ohms  $\Omega$ .



Courbes d'Hopkinson.

Coefficient d'Hopkinson: 1,2.

graduer les échelles.

Ampères-tours nécessaires.

Lille, le 17 Avril 1910.

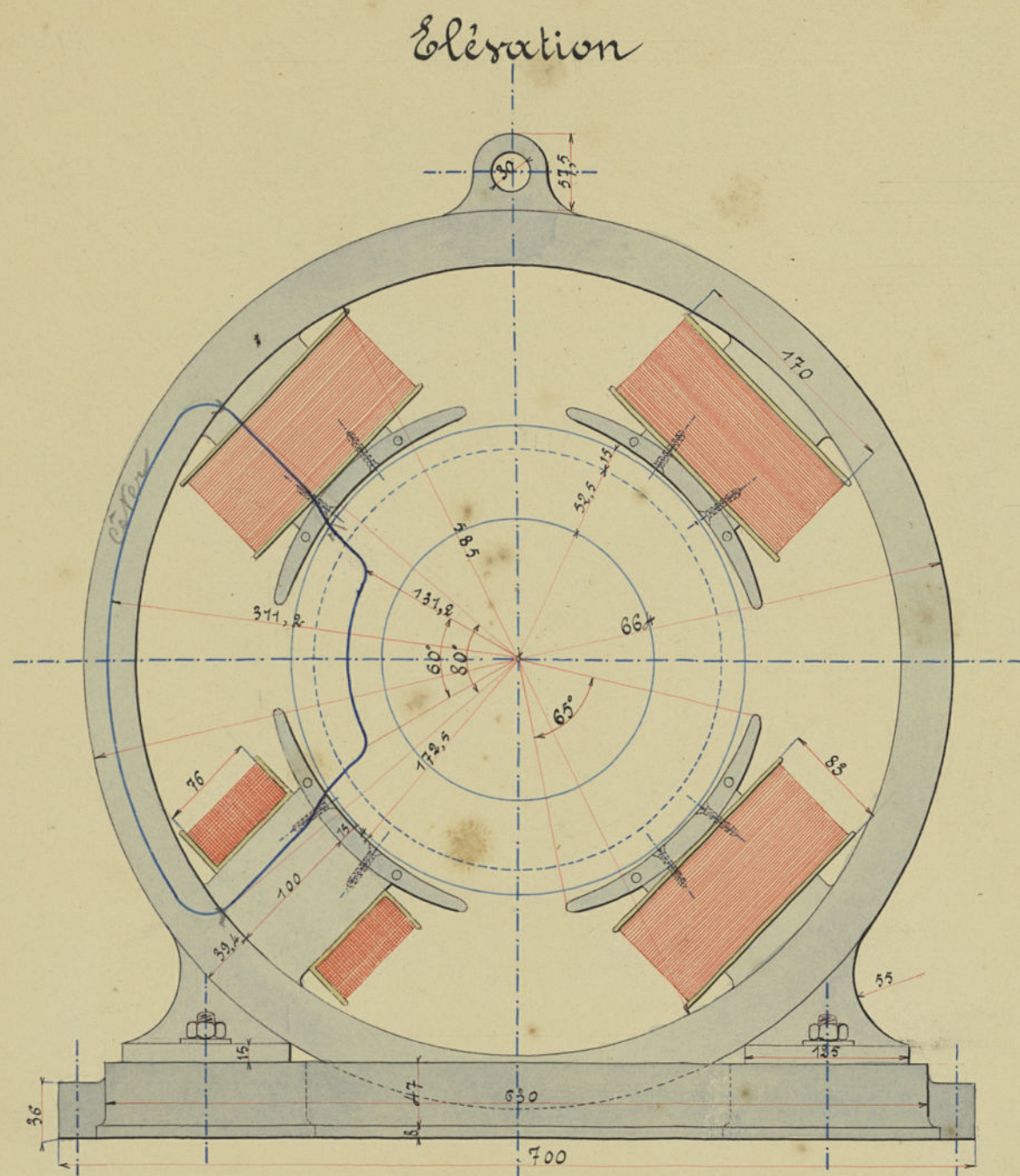
Fu par le Professeur;

Desmet



## Circuit Magnétique

Diamètre de l'induit : 34<sup>cm</sup>,5  
 Longueur de l'induit : 23<sup>cm</sup>  
 Coefficient d'Hopkinson : 1,2  
 Flux dans l'induit : 2,36.10<sup>6</sup>  
 Forme des dents :

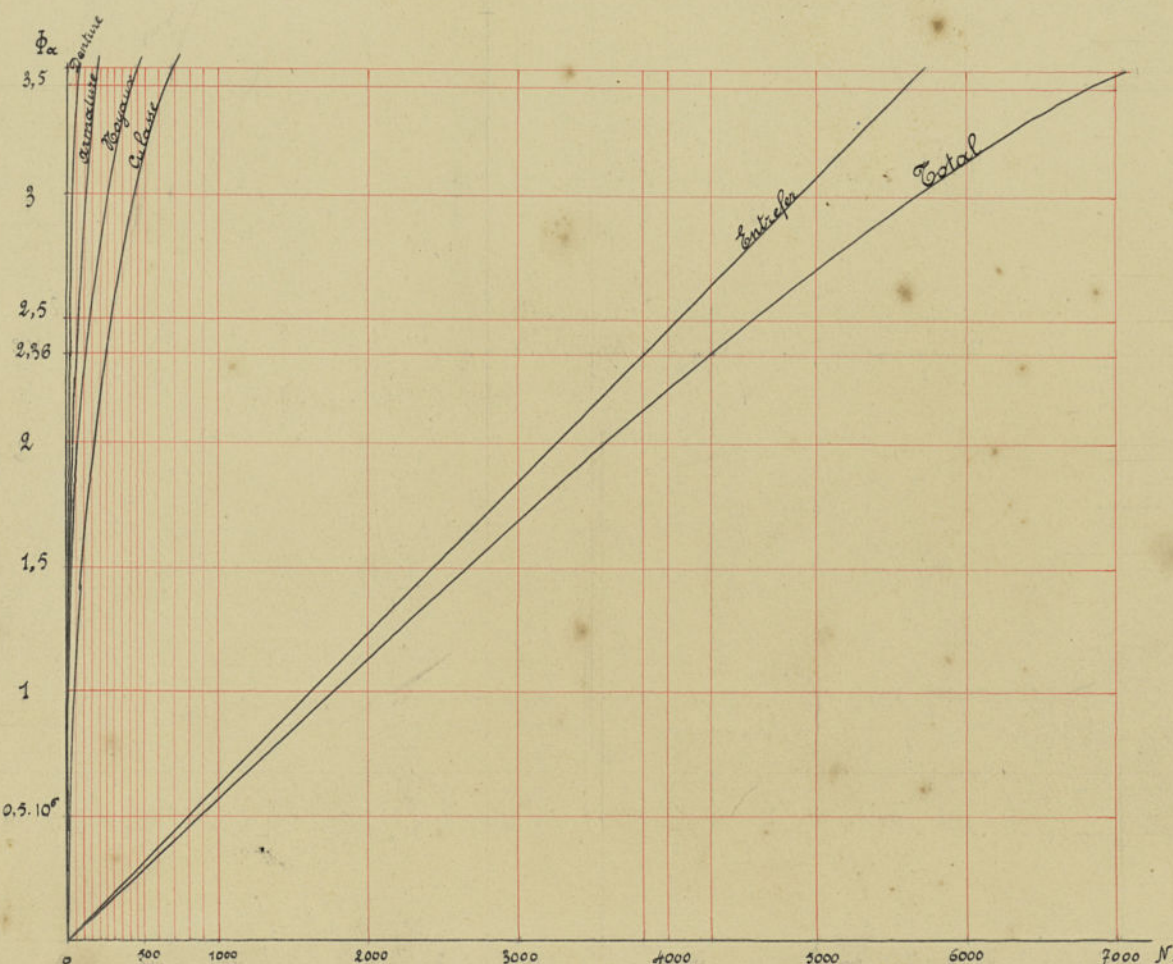


Calcul du circuit magnétique

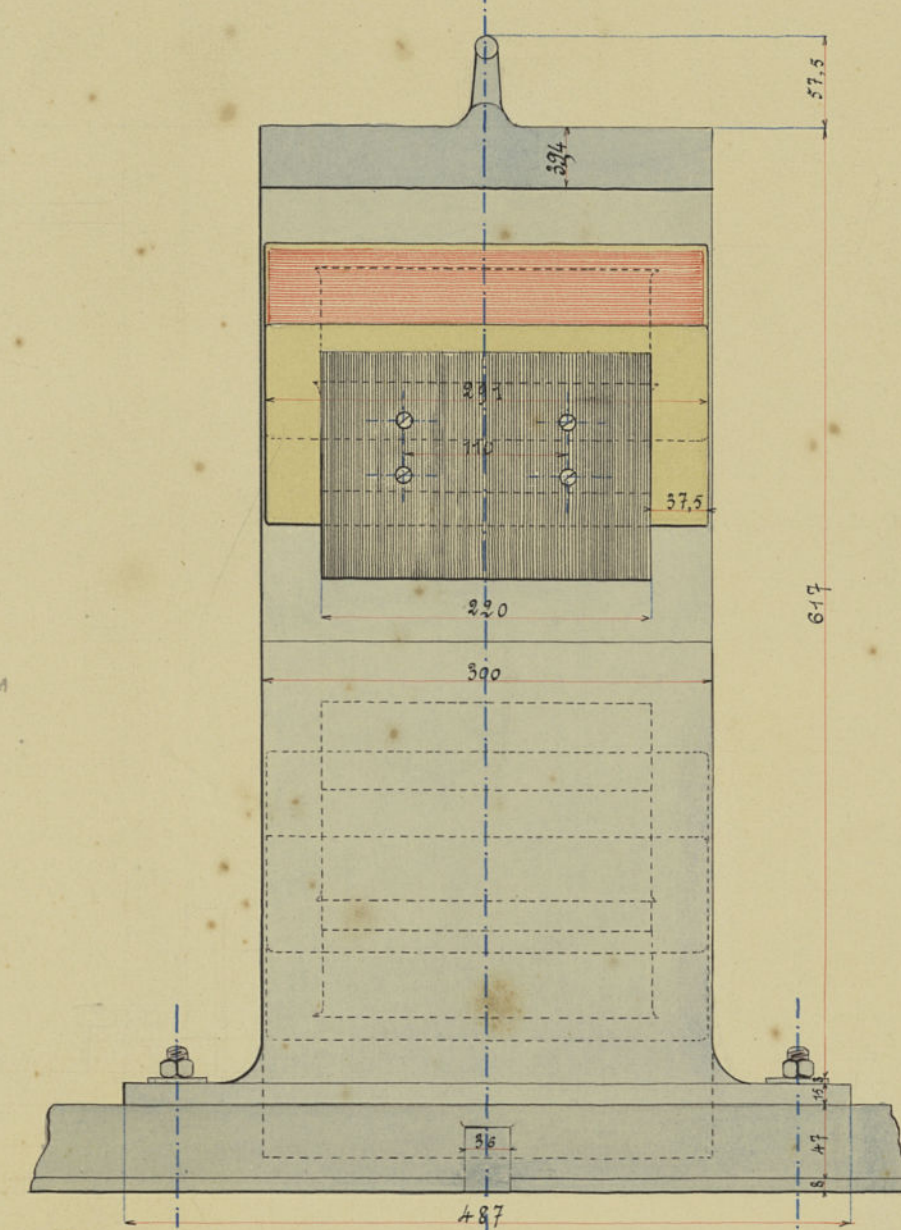
L'angle d'ouverture des épanouissements est de 66°. On en déduit pour longueur de l'arc polaire :  $l_p = 19,9$ . Si la longueur d'un pôle suivant l'axe est de 22 cm on a :  
 Surface polaire =  $19,9 \times 22 = 438 \text{ cm}^2$   
 L'induit porte 70 dents dont le pas est de 15<sup>mm</sup>,5. La largeur des dents à la périphérie est de 11<sup>mm</sup>. La surface d'une dent est donc  $11 \times 23 = 253 \text{ cm}^2$ .  
**Entrefer** - La surface de l'entrefer est la moyenne entre la surface de l'épanouissement et le total des surfaces de têtes des dents sous cet épanouissement plus une... Le nombre des dents sous un pôle étant 12,8, on a :  $S_e = 23,2 (12,8 + 1) = 348 \text{ cm}^2$   
 Doit surface d'entrefer :  $\frac{438 + 348}{2} = 393 \text{ cm}^2$   
 L'induction de l'entrefer étant de 6000, on obtient :  $\Phi_e = 2,36 \cdot 10^6$   
**Denture** - La longueur utile d'une dent étant de 20<sup>mm</sup>, et sa largeur moyenne de 8<sup>mm</sup>,5 on trouve comme surface utile d'une dent :  $8,5 \times 20 = 170 \text{ cm}^2$ , et comme surface utile totale :  $170 \times 13,8 = 2346 \text{ cm}^2$ .  
 L'induction de ces dents est donc de  $\frac{2,36 \cdot 10^6}{2346} = 1006$ . La profondeur des encoches est de 1<sup>mm</sup>,5.  
**Armature** - On y suppose l'induction de 14200. A cette induction correspond une surface utile de fer de 210 cm<sup>2</sup>, soit  $20 \times 10,5$ . L'épaisseur radiale de la couronne est donc :  $\frac{10,5}{2} = 5 \text{ cm},25$ .  
 Le coefficient d'Hopkinson est pris égal à 1,2. Le flux de l'inducteur a pour valeur :  $\Phi = 2,36 \cdot 10^6$   
**Noyaux** - L'induction étant de 13000 on en déduit :  $S = 218 \text{ cm}^2$ .  $220 \times 9,9$   
 L'épaisseur d'un noyau est de 9<sup>mm</sup>,9, sa longueur radiale a pour valeur 10<sup>mm</sup> (Acier doux).  
**Culasse** - On y suppose une induction de 12000. Mais le flux se partage en 2 parties en sortant du noyau. La surface de la carcasse est donc donnée par  $S = \frac{\Phi}{2000}$ , c.à.d.  
 $S = \frac{2,36 \cdot 10^6}{2 \times 12000} = 98 \text{ cm}^2$ . La longueur suivant l'axe étant de 30<sup>cm</sup>, on trouve 3<sup>cm</sup>,24 pour épaisseur de la carcasse.  
**Épanouissements** - Leur surface utile est la moyenne entre la surface d'un noyau et la surface polaire :  $S = \frac{218 + 438}{2} = 328$ , d'où induction de 8800. Ces épanouissements sont en tôle rapportée.

Circuit	Induct.	Long.	Amp. l <sup>2</sup> par cm.	Amp. l <sup>2</sup>
Armature	11200 gauss	20 %	3,16	64
Denture	13200	3	3,40	17
Entrefer	6000	0,8	4800	3840
Épanouiss.	8650	3	1,75	6
Noyaux	13000	20	6,3	126
Culasse	12000	48	4,75	228
Joints				75
Majoration pour écarts de vitesse				444
<b>Total pour 2 bobines</b>				<b>4800</b>
<b>Ampères-tours totaux</b>				<b>9600</b>

## Courbes d'Hopkinson



## Profil - 1/2 Coupe



Calcul des ampères-tours et des bobines

La longueur de l'entrefer traversé par une ligne de force est de 0<sup>cm</sup>,8. On obtient alors pour diamètre de la ligne de force moyenne de l'inducteur :  
 $34,5 + 0,8 + 20 + 3 + 3,94 = 62 \text{ cm},24$   
 Cette ligne de force sous tend un angle de 80°. Son parcours total de la carcasse est donc :  
 $l_c = \frac{\pi \times 62,24 \times 80}{360} = 3,94 = 4 \text{ cm}$   
 On trouve de même pour parcours de la ligne de force moyenne de l'armature :  
 $l_a = \frac{\pi \times 25,25 \times 64}{360} + 5,25 = 20 \text{ cm}$   
 Les épanouissements ont 1<sup>cm</sup>,5 d'épaisseur au centre. Comme ils sont rapportés, la ligne de force moyenne doit traverser 2 joints. L'induction de ces joints est de 13000 et le nombre d'ampères-tours nécessaires pour les traverser est :  
 $0,0035 \times 0,8 \times 13000 \times 2 = 75$   
 Le nbre total d'amp. l<sup>2</sup> est alors de : 4550 - On y ajoute 1/2 à 1/10 pour écarts de vitesse ce qui fait 4550 + 444 = 4800 - Et pour 2 le circuit 9600 AT.  
**Bobines** - Le courant d'excitation est de 4 ampères. Il y a donc 2400 spires au total, c.à.d. 600 spires par pôle. Le bobinage se fait sur manchon en cuivre de 2<sup>mm</sup> d'épaisseur, l'isolant a 1<sup>mm</sup>,5 d'épaisseur. La hauteur du manchon est de 83<sup>mm</sup>.  
 La section du fil est de 2<sup>mm</sup>,2 ce qui correspond à un diamètre de 1<sup>mm</sup> pour le fil isolé avec 2 couches de coton. On peut mettre 38 fils par couche, ce qui donne 16 couches avec une épaisseur de bobinage de 3<sup>mm</sup>,2.  
 Longueur d'une spire moyenne :  $(22 + 0,4 + 0,3 + 3,2 + 0,8) \times 2 + (9,9 + 0,1 + 0,3 + 3,2) \times 2 = 79 \text{ mm}$   
 Longueur totale du fil :  $79,8 \times 2400 = 1980$  mètres  
 La résistance de ce fil vaut :  $r = \frac{\rho l}{S} = \frac{0,02 \times 1980}{1906} = 19 \text{ } \mu\Omega$   
 Surfaces de refroidissement = surfaces des joints + surface latérale c.à.d.  
 $S_r = [(20,1 \times 19) + (22,7 \times 10,8)] \times 2 + [(29,1 \times 7,8) + (27 \times 7,6)] \times 2 = 1400 \text{ cm}^2$  environ.  
 La perte en watts par bobine est :  $W = \frac{r I^2}{4} = \frac{19 \times 16}{4} = 76 \text{ W}$  ; ce qui donne pour surface de refroidissement par watt : 14 cm<sup>2</sup>,5 environ. Or E = 150 volts, on a  $R = \frac{E}{I} = 27 \text{ } \Omega$ ,5  
 La résistance du fil étant de 19 <sup>} \mu\Omega, il reste 8 <sup>} \mu\Omega pour le rhéostat d'excitation.</sup></sup>

Fait par le professeur  
 Lille le 9 Mai 1910

*Delattre*

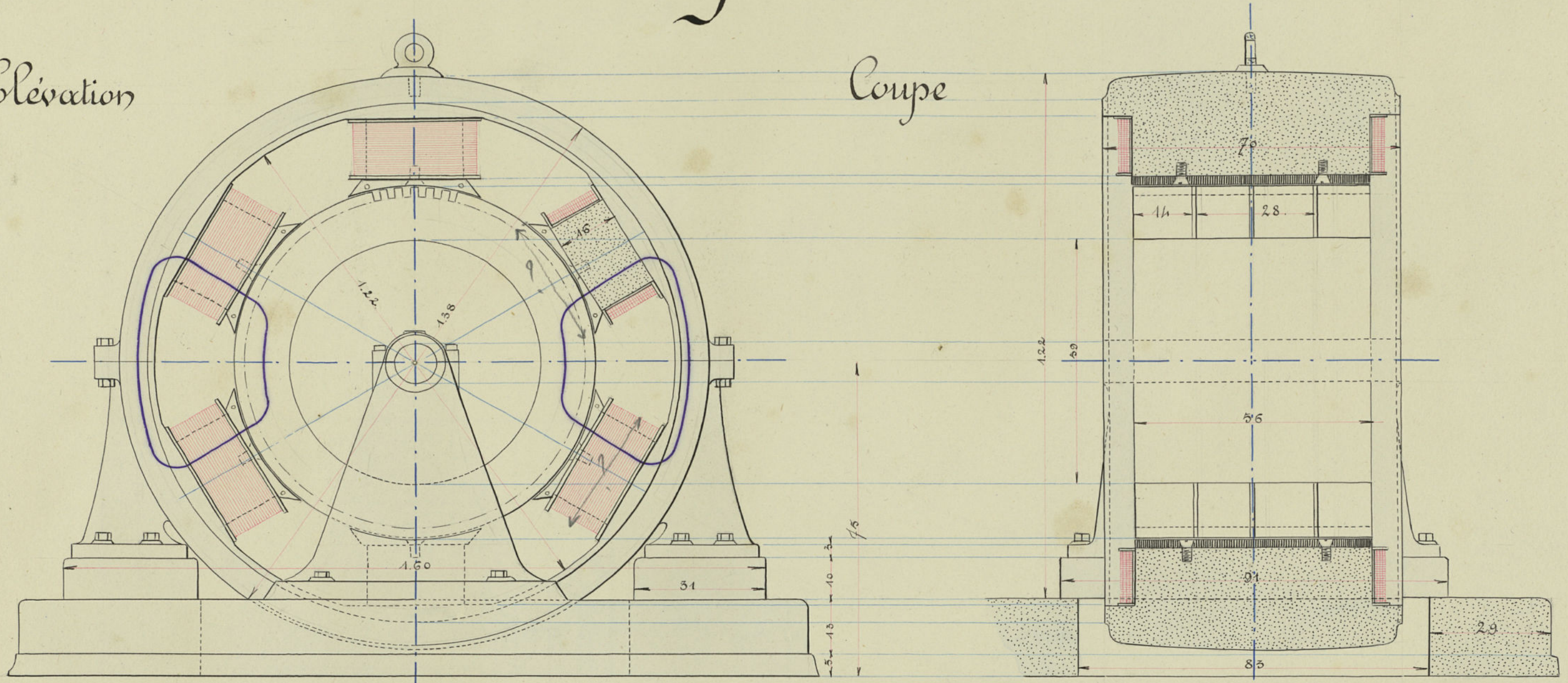
*Delattre*



Circuit magnétique  
de dynamo

Elevation

Coupe



voir sur de  
cotes

Tableau des Resultats

Légende

Parties	Parties	Dents		Entrefers		Entrefers		Epanouissements		Joints		Noyaux		Carcaze		Ampères
Section	Section	501		720		720		722		517		517		6280		total
Longueur	Longueur	0.4		0.4		0.4		0.2		0.52		0.52		20		N
Φ <sub>a</sub>	v. Φ <sub>a</sub>	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	N
263.10 <sup>4</sup>	329.10 <sup>4</sup>	2740	8	5600	1080	4374	6360	18	5560	36	5870	40	1222			
300.10 <sup>4</sup>	375.10 <sup>4</sup>	3360	9	4120	1236	4980	7250	21	7250	43	6580	45	1402			
338.10 <sup>4</sup>	423.10 <sup>4</sup>	4124	13	4600	1380	5630	8260	24	8260	51	7470	55	1582			
376.10 <sup>4</sup>	470.10 <sup>4</sup>	42500	18	5100	1520	6230	9200	28	9200	64	8580	64	1782			
415.10 <sup>4</sup>	516.10 <sup>4</sup>	13320	24	5600	1680	6880	10100	29	10100	78	9200	75	1982			
451.10 <sup>4</sup>	573.10 <sup>4</sup>	14920	43	6100	1820	7650	11250	32	11250	84	10270	94	2209			
488.10 <sup>4</sup>	610.10 <sup>4</sup>	18200	164	6600	1980	8120	11920	38	11920	85	10900	108	2530			

Légende

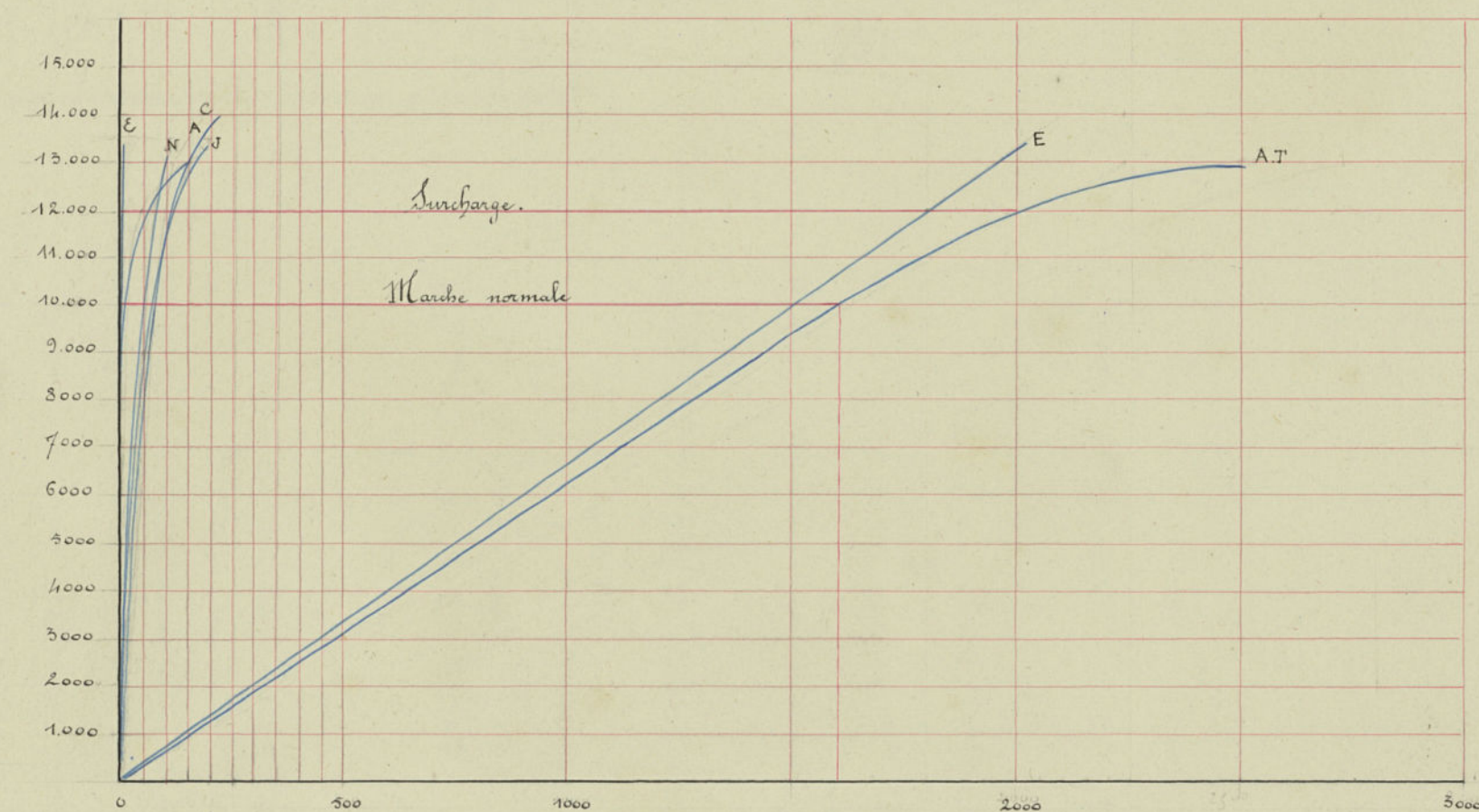
**Matériaux:** La carcasse et les noyaux sont en acier fondu; les épanouissements sont en feuilleté, les tôles sont laminées et fixées au moyen de vis. L'armature est feuilletée. Le refroidissement est assuré par 3 courants de ventilation de 1<sup>m</sup> hauteur. L'isolant prend le 1/3 de la longueur de l'ind.

**Dimensions:** Epaisseur des noyaux: 36 Longueur des noyaux: 16. Epaisseur de la carcasse: 8 Longueur 70 Epaisseur de l'induit: 10 longueur utile 47.04. Longueur de dent 2cm épaisseur de dent égale épaisseur du creux.

**Calculs:**  
On partira d'une induction par exemple de 10.000 qu'on prendra comme normale. On a Φ<sub>a</sub> = 10.000 . 5 = 10.000 . 376 S = 376.10<sup>4</sup>.  
La puissance de la machine étant de 100 à 300 kilowatts, on prend approximativement v = 1,25. Don: v. Φ<sub>a</sub> = 1,25 . 376.10<sup>4</sup> = 376.10<sup>4</sup>  
Calcul des sections et des longueurs de la ligne de face moyenne qui traversent ces sections.  
Section de l'armature s = 8 . 47 = 376  
Longueur de la ligne de face = 32  
Section des dents 0,8 . 376 = 301.  
Longueur de la ligne de face qui traverse les dents: l = h.  
Section d'entrefers = 705

Données: Longueur de l'induit: 10 + 12 = 22; Longueur de l'induit: 13 + 1,87 = 14,87  
n = 46 longueur = 56; longueur = 84.

Courbes d'Hopkinson



**Calculs:** Longueur de la ligne de face passant dans les dents l = h. Section d'épanouissement 722; longueur de la ligne de face moyenne l = 5. Section des noyaux: 517, longueur de la ligne de face moyenne l = 2.16 = 32. Section de carcasse 70x8 = 560 longueur de la ligne de face moyenne l = 30.

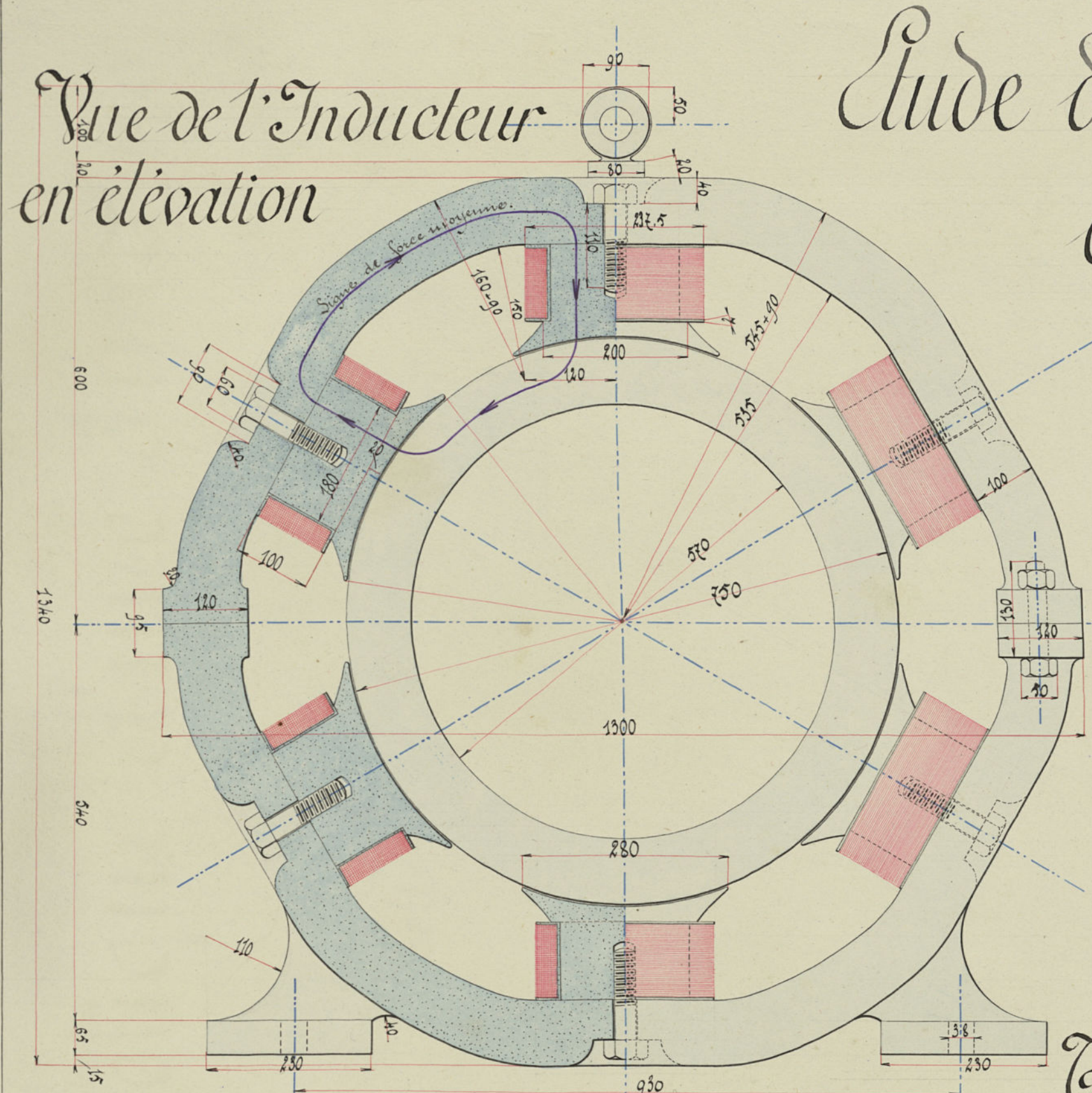
**Bobines:**  
Ampères tours par bobine à l'induction de 10.000 N = 1800 = 900 - On prend 30% d'ampères tours en plus pour le flux antagoniste et les variations de vitesse. On a N = 950  
On suppose recueillir 110 volts aux bornes de la dynamo, 110x 5/4 = l'inducteur, pour chaque bobine (tension) 110x 5/4 = 13 volts.  
On a p = 1,25 = 2 à l'aide.  
R = l/p = 1,25 . l . 1/2  
l = n . 150 (150 = lg d'une spire)  
nI = 900 RI = 13  
I = 200 S en admettant qu'il passe 2 ampères par m<sup>2</sup> de section du fil.  
Dans les formules on prend le cm. comme unité.  
On trouve l = 41.500 n = 280 I = 1/2  
s = 2 m<sup>2</sup>  
On prend 6/10 épaisseur de l'isolant (d = 2,5 avec isolant)  
On trouve la couche de spires sur chaque bobine

Echelle: 1/10

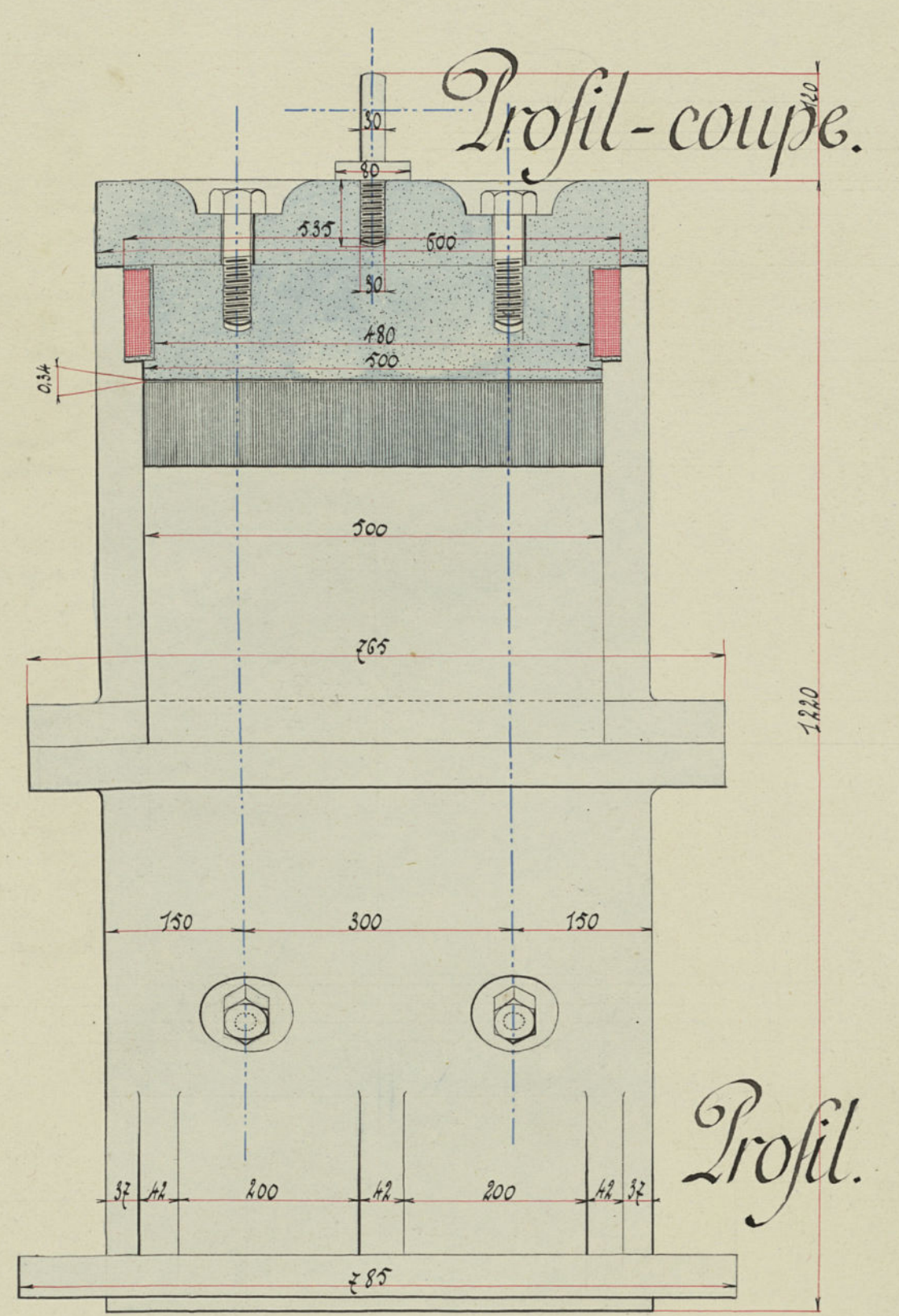
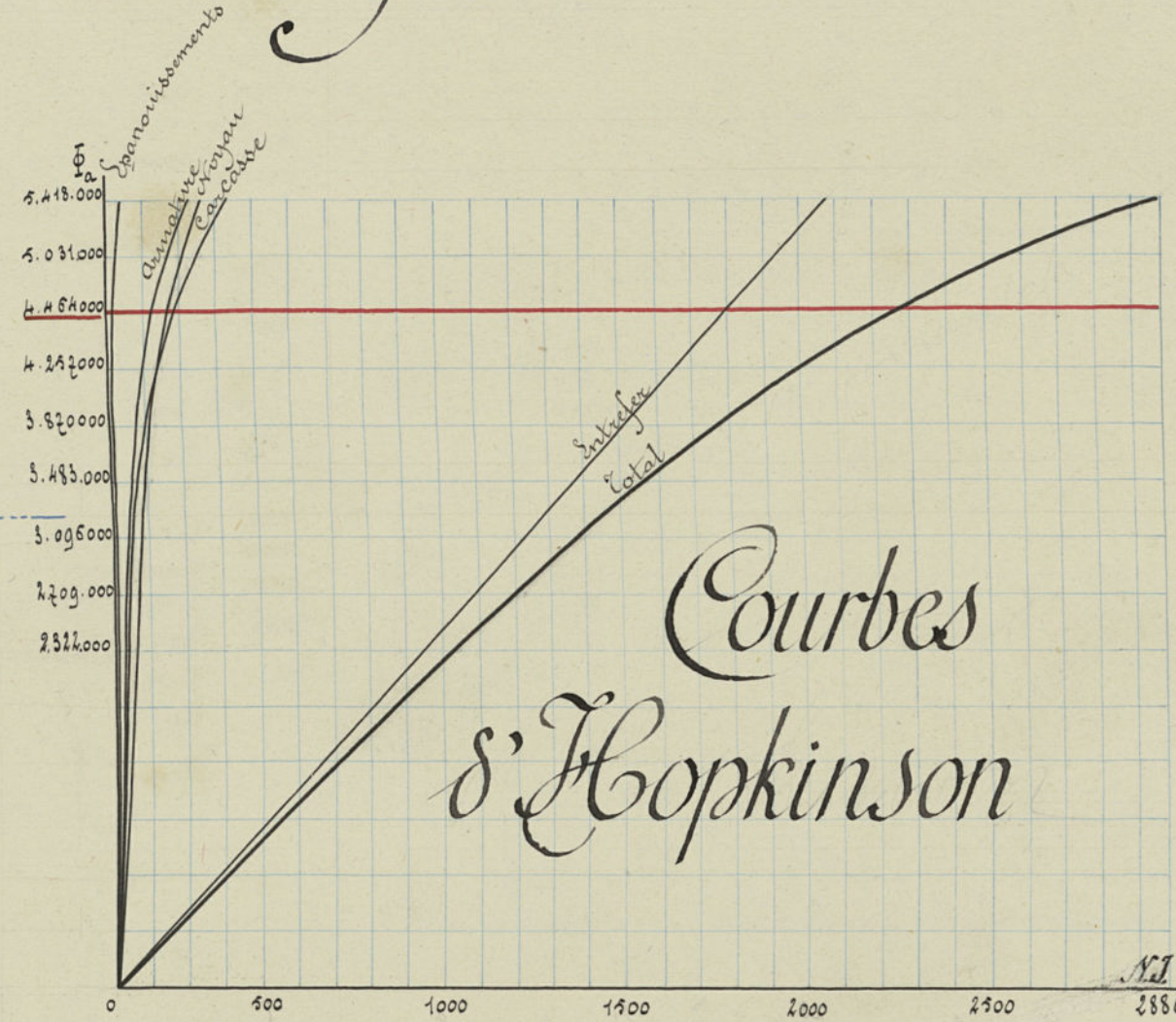
Fait par l'Ingenieur  
Lille le 9 Mai 1910

Ravous





## Etude du circuit magnétique d'une dynamo



### Légende.

Calcul des dimensions. L'induit a une longueur de 50 cm un diamètre extérieur de 75 cm. Je lui donne un diamètre intérieur de 57 cm. En admettant que la surface de l'isolant soit les 14% de la surface totale, la surface radiale utile de l'induit est :

$$50 \times 0,86 \times 9 = 387 \text{ cm}^2$$

J'adopte comme induction dans l'induit 12000 gauss. Le flux  $\Phi$ , dans l'induit est donc de :

$$387 \times 12000 = 4644000 \text{ maxwell.}$$

Le flux qui traverse l'entrefer est le double de celui qui traverse l'induit  $\Phi = 4644000 \times 2 = 9288000 \text{ maxwell.}$

La longueur du bec d'épanouissement est 50 cm, le pas polaire étant 35 cm, nous prendrons 28 cm pour largeur d'un pôle ce qui correspond à une surface de l'entrefer de 1450 cm<sup>2</sup>, nous avons donc dans l'entrefer une induction de  $\frac{9288000}{1450} = 6405 \text{ gauss}$ , le coefficient d'Hopkinson pour les machines de ce genre et des dimensions est 1,22. Le flux  $\Phi$  qui traverse les épanouissements, les noyaux et la carcasse est donc  $9288 \times 1,22 = 11311400 \text{ maxwell}$ . La surface des épanouissements située du côté du noyau est  $50 \times 20 = 1000 \text{ cm}^2$ , la surface moyenne des épanouissements est donc  $\frac{1000 + 1400}{2} = 1200$ , l'induction dans les épanouissements est alors  $\frac{11311400}{1200} = 9426 \text{ gauss}$ .

### Tableau du calcul des

Partie.	Armature.	Entrefer	Épanouissement	Noyau	Carcasse	
Section.	387	700	600	432	600	Ampères.
Longueur	32,5	0,34	5	20	60	centim.
Nature	Tôle d'Induit	Air	Acier fondu	Acier fondu	Acier fondu	Matériau
$\Phi_a$	$v \Phi_a$	$\beta$	$N \cdot l$	$\beta$	$N \cdot l$	$\beta$
2.322.000	2.902.500	6000	32,75	3.312.	895.	4.832.
2.709.000	3.386.250	2000	44,25	3.670.	1045.	5.644.
3.096.000	3.870.000	8000	50,37	4.023.	1193.	6.450.
3.483.000	4.353.750	9000	61,75	4.376.	1344.	7.256.
3.870.000	4.837.500	10000	73,00	4.728.	1493.	8.029.
4.257.000	5.321.250	11000	84,00	5.081.	1641.	8.862.
4.644.000	5.805.000	12000	95,25	5.434.	1790.	9.675.
5.031.000	6.288.750	13000	106,25	5.787.	1941.	10.481.
5.418.000	6.772.500	14000	117,25	6.140.	2080.	11.275.
5.805.000	7.256.250	15000	128,00	6.493.	2233.	12.093.

### ampères-tours

Calcul des bobines magnétisantes. L'intensité du courant d'excitation est de 6 ampères. Si nous consultons les tables nous voyons que l'épaisseur du fil correspondant est tout d'abord compris : 3<sup>m</sup>, la longueur d'une bobine est de 100 cm moins 2 x 2<sup>m</sup> pour 2 épaisseurs de tôle et moins 2 x 1,5<sup>m</sup> pour 2 épaisseurs d'isolant = 100 moins 7 = 93<sup>m</sup>. Le nombre de fils par couche est donc de  $\frac{93}{3} = 31$  fils, si nous avons un nombre de tours de fil qui est égal à  $\frac{1488}{31} = 48$ . Nous en tirons que le nombre de couches de fil est de  $\frac{48}{3} = 16$ , l'épaisseur des bobines est alors de  $3 \times 16 = 48 \text{ mm}$ . plus 2<sup>m</sup> et 1<sup>m</sup> pour la tôle et l'isolant ce qui fait 51<sup>m</sup>.

### Légende.

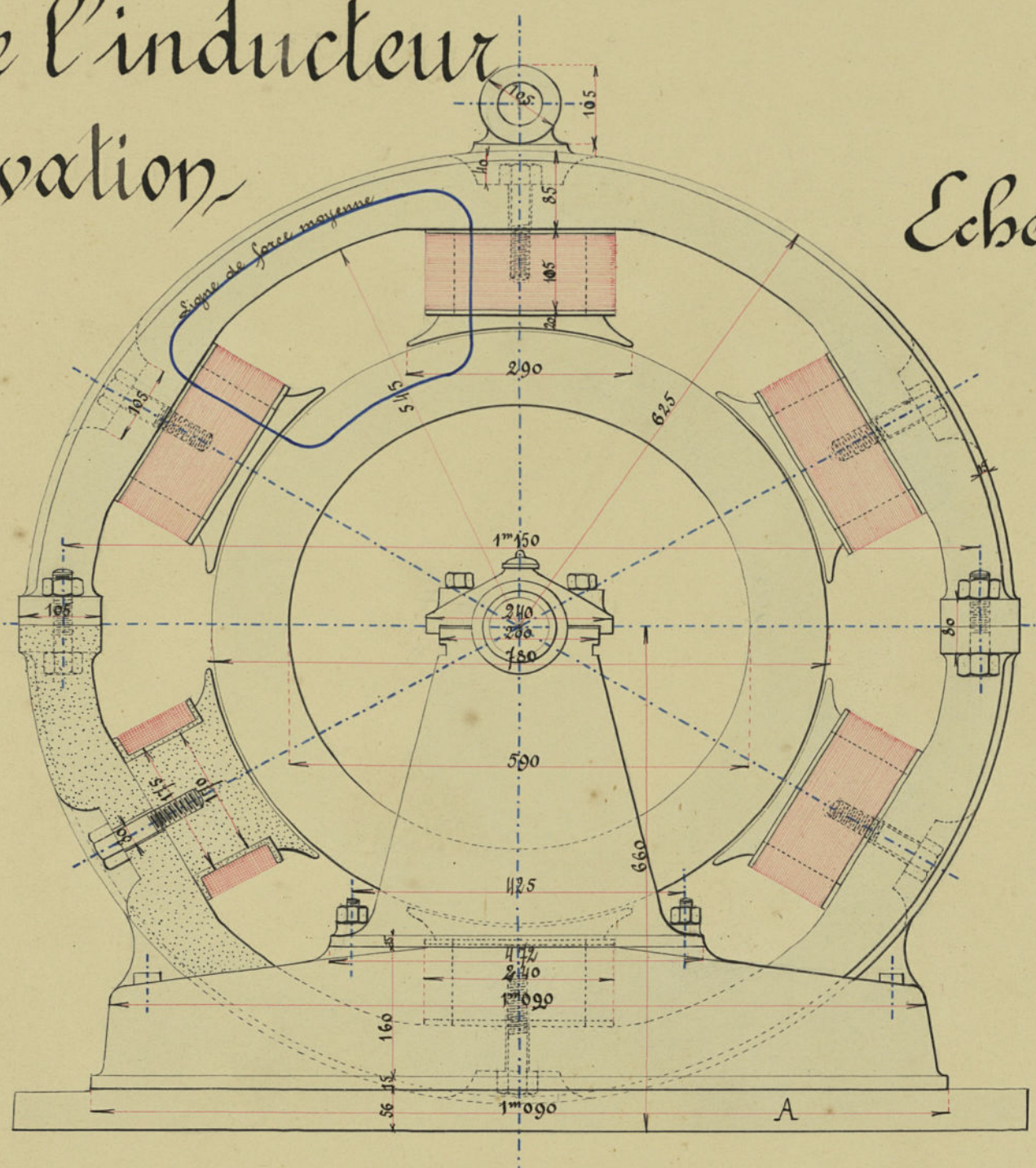
Nous prendrons pour longueur des noyaux 48, pour épaisseur 18. La section étant de 864 cm<sup>2</sup> l'induction dans le noyau sera 13390 gauss. Nous prenons pour larg. de la carcasse 60 cm pour épaisseur 10 cm, l'induction dans la carcasse est donc  $\frac{11310000}{2 \times 600} = 9425 \text{ gauss}$ . Calcul du nombre d'ampères-tours. Si nous consultons le tableau nous voyons que pour une induction de 12000 dans l'induit le nombre d'ampères-tours total est de 2289. Nous ajouterons 20% pour les ampères-tours démagnétisants et 10% pour les chutes de réseau ce qui donne au total 2976 tours ce qui correspond à 1488 amp. tours par pôle.

Fait par le Professeur  
Lille le 9 Mai 1910.



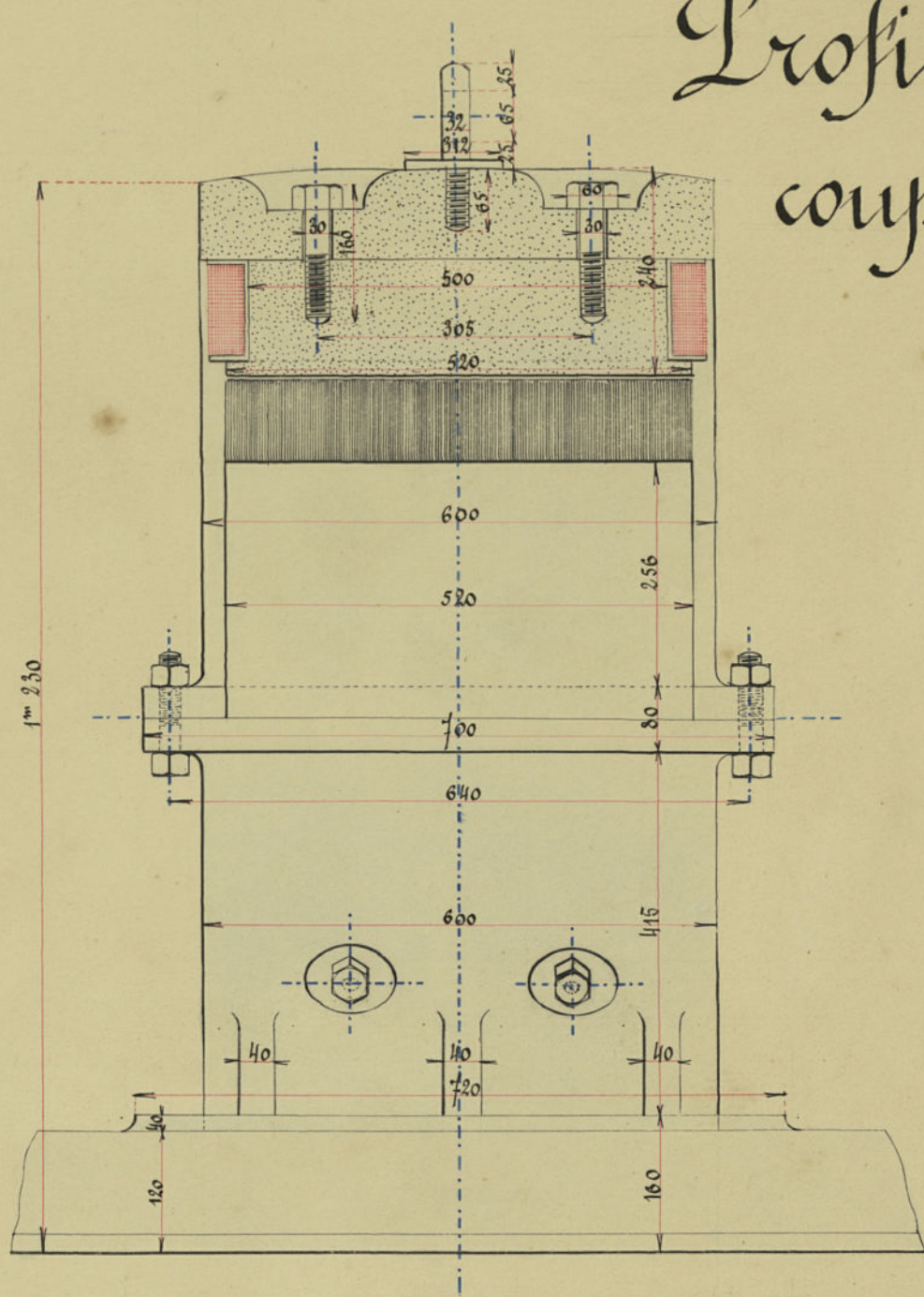
## Circuit magnétique d'une dynamo

Vue de l'inducteur  
en élévation



Echelle  $\frac{1}{8}$

Profil  
coupe



### Légende

**Armature** - Le diamètre demi de l'induit est de  $78^m$ . Prenons une épaisseur radiale des tôles égale à  $9^m5$ . La longueur donnée de l'induit est de  $52^m$ . Prenons comme isolant du papier. La longueur utile de l'induit sera donc de:  $\frac{52 \times 85}{100} = 44^m2$ . Donc la section de l'induit dans laquelle va passer le flux est de:  $44^m2 \times 9,5 = 419^m90$

**Entrefer** - Je me donne comme induction dans l'induit y compris la denture:  $11500$  gauss. Le flux qui passe dans l'induit est donc de:  $\Phi_{ai} = B \times S = 11500 \times 419,90 = 4.828.850$  Maxwell. Le flux qui passe dans l'entrefer est double de celui qui passe dans l'induit. On aura donc pour ce flux:  $4.828.850 \times 2 = 9.657.700$  Maxwell.

**Epanouissement** - La longueur du bec d'épanouissement est égale à la longueur de l'induit c'est à dire  $52^m$ . Le pas polaire est de  $40^m5$ . Nous prenons comme largeur d'un bec d'épanouissement  $29^m$ . La section dans l'entrefer sera donc de:  $1509^m^2$ . Donc l'induction dans l'entrefer sera:  $B = \frac{9.657.700}{1509} = 6.400$  Gauss.

**Noyaux** - Le flux dans les épanouissements est de:  $\Phi_{eo}$ . Il faut donc connaître  $v$ . Sur les machines de la forme admise et de la puissance donnée on prend  $v = 1,24$ . Donc le flux dans les épanouissements est donc de:  $9.657.700 \times 1,24 = 11.975.548$  Maxwell.

**Carcasse** - Nous allons déterminer l'induction dans les épanouissements: La surface des épanouissements situés du côté des noyaux est de  $23 \times 54 = 1196^m^2$ . Donc la section moyenne de l'épanouissement sera  $\frac{1509 + 1196}{2} = 1352^m^2$ . Donc l'induction correspondante à cette section sera:  $\frac{11.975.548}{1352} = 8850$  gauss environ.

**Joins** - Les épanouissements sont en fer fondu et ont été fondus avec les noyaux. Le flux qui passe dans les noyaux est celui qui passe dans les épanouissements c'est à dire:  $11.975.548$  Maxwell. Nous prenons comme longueur des noyaux  $50^m$  et comme largeur  $17^m$ . Donc nous aurons pour section:  $50 \times 17 = 850^m^2$ .

**Calcul des bobines** - Donc l'induction dans les noyaux sera de:  $B = \frac{11.975.548}{850} = 14080$ . Les noyaux sont aussi en fer fondu. Ils sont rapprochés par deux boulons noyés dans la carcasse. Le flux dans la carcasse est de  $\frac{11.975.548}{2} = 5.987.774$ . Afin de bien couvrir les bobines on prendra pour longueur de la carcasse  $60^m$ . L'épaisseur sera de  $8^m$ . Donc la section sera de:  $60 \times 8 = 480^m^2$ . L'induction sera de:  $\frac{5.987.774}{480} = 12.500$  gauss environ.

Pour faciliter le démontage la carcasse est disposée en deux parties réunies par des boulons. Cette carcasse est aussi munie d'un crochets.

**Calcul des bobines** - Nous avons des joints à la liaison des deux parties de la carcasse. Nous en avons aussi à la jonction des noyaux et de la carcasse. L'induction dans les joints sera:  $\frac{5.987.774}{500} = 11.970$  gauss.

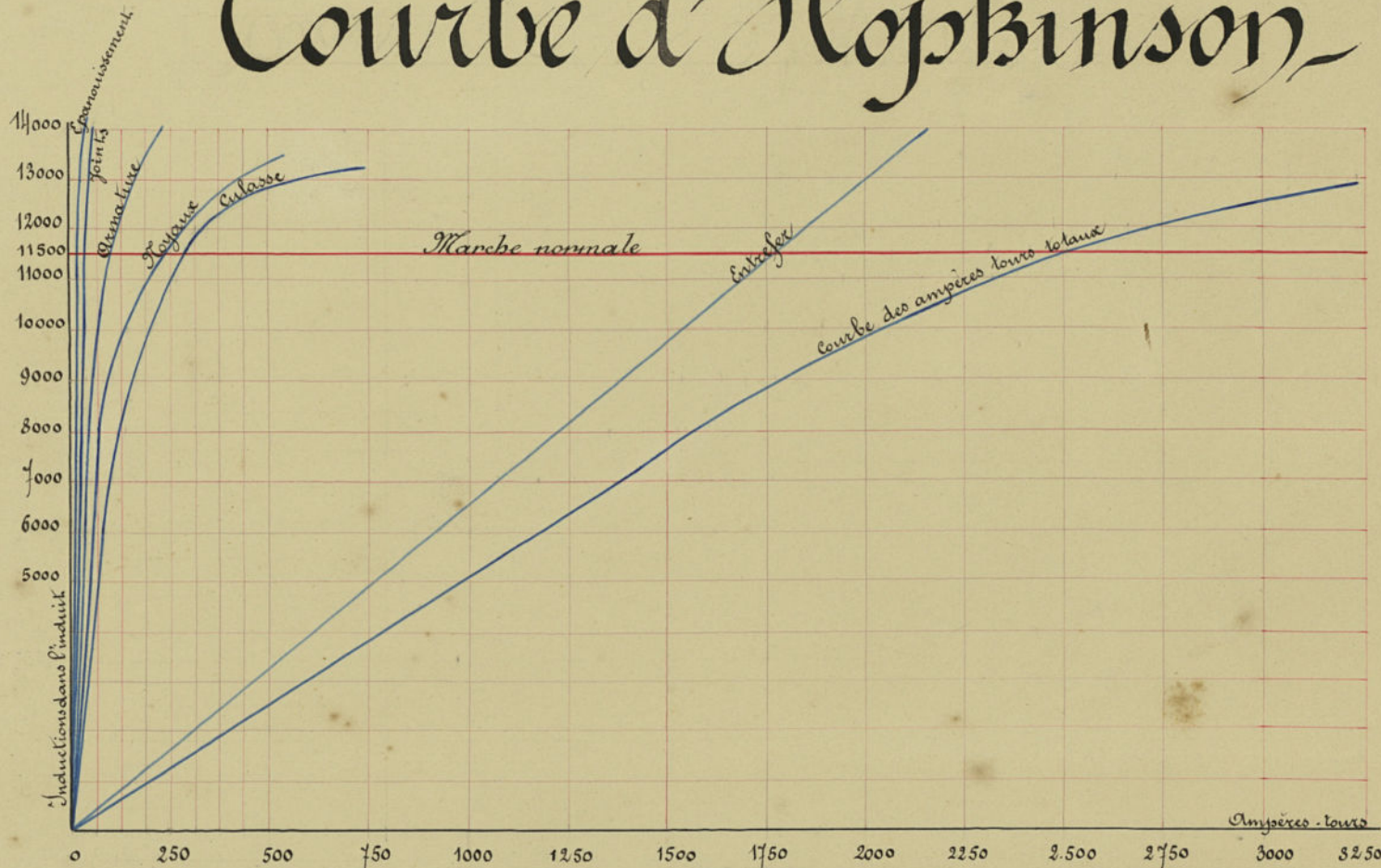
Je prends comme puissance de la machine  $80$  kilowatts. Si la tension aux bornes est de  $110$  volts, l'intensité correspondante est de:  $\frac{80000}{110} = 725$  ampères. Prenons pour intensité au courant d'excitation environ  $0,6\%$  c'est à dire  $4$  ampères. Je prends une densité de courant de  $5$  ampères par  $cm^2$ . La section correspondante du fil est de:  $\frac{4}{5} = 0,8^m^2$ . Le diamètre correspondant du fil en est de  $1,7^m$ . Le fil est enroulé à un diamètre de  $4,8 + 0,5 = 5,3^m$ . Le nombre d'ampères tours pour un pôle est de:  $\frac{4828850}{5,3} = 911100$ . Donc le nombre de tours sera de:  $\frac{911100}{4} = 227775$ . Si la hauteur des bobines est réduite faite des 2 couches d'isolant de  $9^m5$ , le nombre de spires par couche sera:  $\frac{227775}{2} = 113887$ . Donc le nombre de couches sera de:  $\frac{113887}{113887} = 1$  couche. J'ai pris une excitation de  $4$  ampères. Je vais calculer la résistance du fil qui doit être environ les  $\frac{2}{3}$  de la résistance  $R = \frac{L}{S}$  cela afin d'avoir encore de la résistance dans le circuit d'excitation pour la pleine charge. Longueur d'une spire moyenne  $(170 + 20 + 500 + 20) \times 2 = 1^m42$ . La longueur totale de fil pour un pôle est de:  $1,42 \times 113887 = 161719$ . Donc le 6 pôles on aura:  $1,42 \times 113887 \times 6 = 970716$ . Pour du fil de cette section la résistance par km est de  $6^m20$ . Donc la résistance totale sera de:  $970716 \times 6^m20 = 6018440$ . Or on a  $R = \frac{U}{I} = \frac{110}{4} = 27^m5$ . Or soit que  $R$  est acceptable. Nous allons calculer les surfaces de refroidissement. La surface extérieure d'une bobine est de:  $2,14 \times 5,414 = 1144^m^2$ . On a comme surface  $S = \frac{1144 \times 5}{20,84 \times 6} = 45^m$  par watt. Or on doit trouver un nombre supérieur à  $10^m$ . Donc  $R$  est acceptable.

Remarque: Le bâti est monté sur deux glissières A. Comme le bâti est coupé dans la vue de profil on n'aperçoit pas ces glissières.

### Tableau du calcul des ampères tours

Parties	Armature	Entrefer	Epanouissement	Joins	Noyaux	Carcasse	Ampères tours
Section en cm <sup>2</sup>	420	754	666	500	425	480	
longueur en cm	53	0,35	5	0,0032	26	59	
$\Phi_{ai}$	$v \Phi_{ai}$	B	H	B	H	B	H
2520000	3121800	6000	39 AT	3340	930	4800	6
2910000	3645600	7000	42	3897	1083	5600	7
3360000	4166400	8000	51	4456	1239	6400	7,5
3780000	4687200	9000	62	5015	1396	7210	8
4200000	5208000	10000	79	5570	1551	8010	10
4620000	5728800	11000	99	6120	1705	8810	12
5040000	6249600	12000	125	6680	1861	9610	15
5460000	6770400	13000	166	7240	2007	10410	16
5880000	7291200	14000	231	7790	2150	11220	20
6300000	7812000	15000	312	8340	2283	12030	24

### Courbe d'Hopkinson



Fait par l'ingénieur professeur  
Lille le 9 mai 1910:



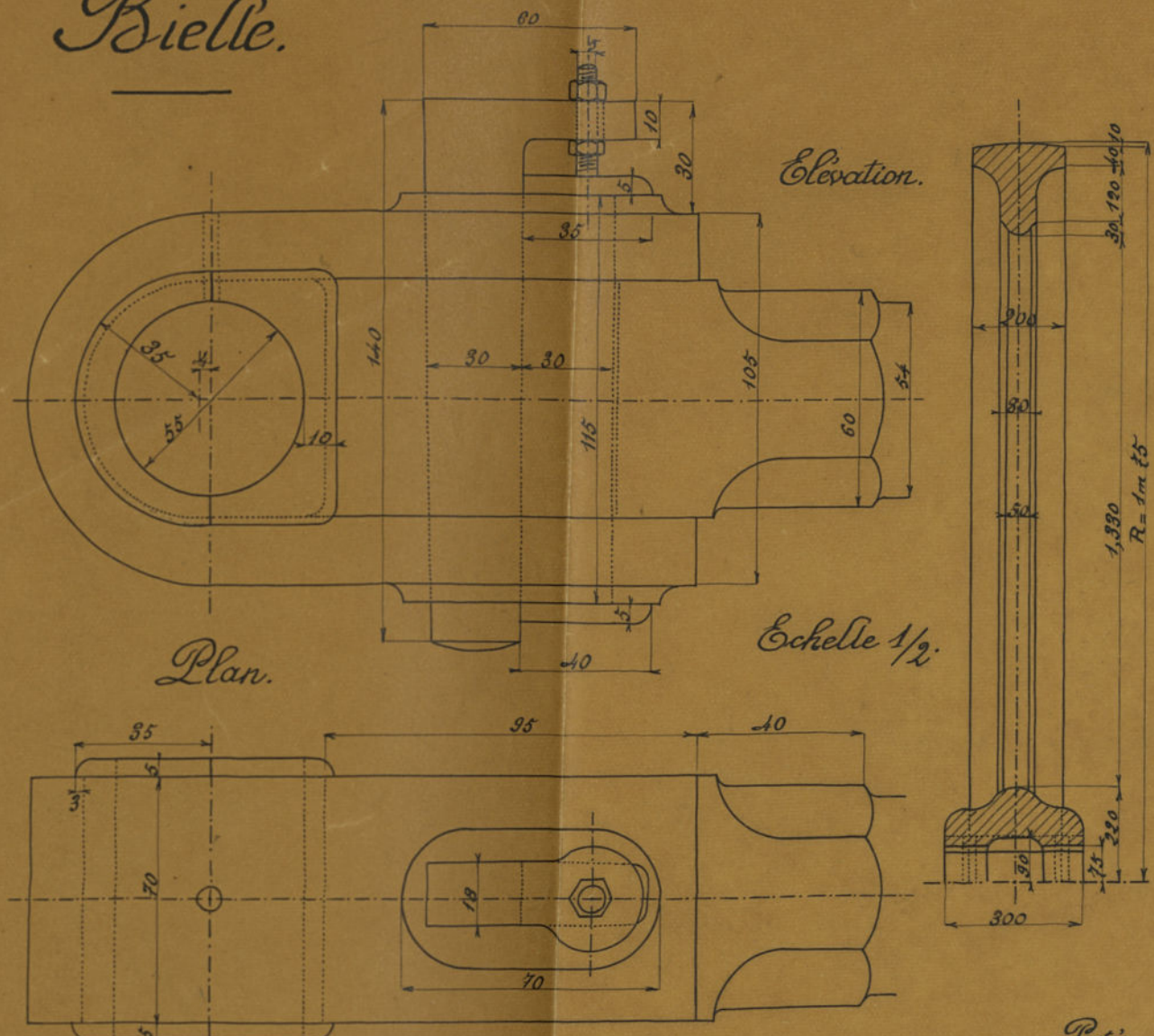
# ORGANES DE MACHINES

E LEROUX

PL N°8

## MECANISME DE LA MACHINE A VAPEUR

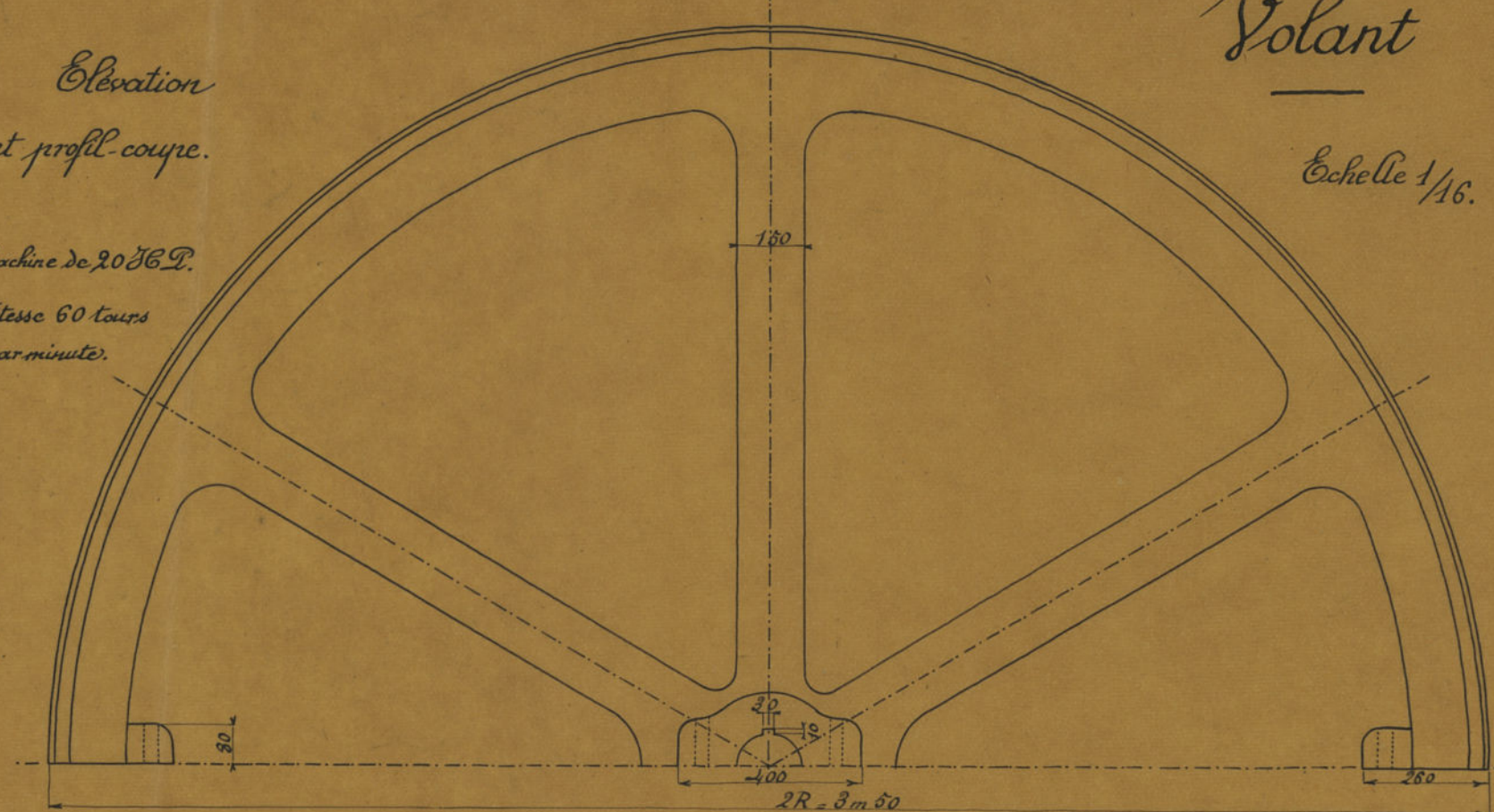
*Bielle.*



*Elevation et profil coupe.*

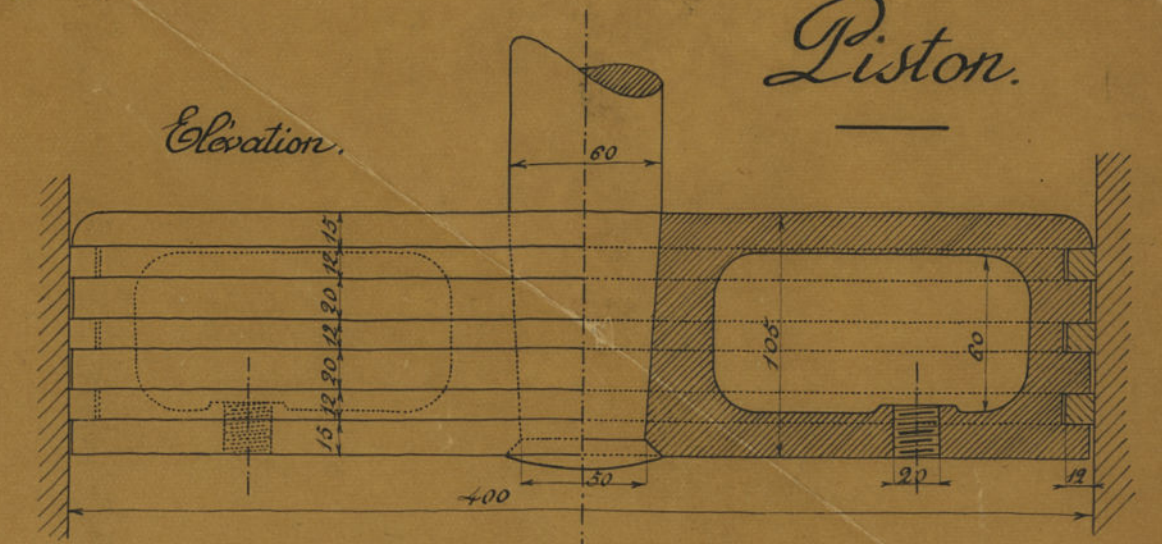
Machine de 20 CV.  
Vitesse 60 tours par minute.  
 $R = 1m 85$

*Volant*

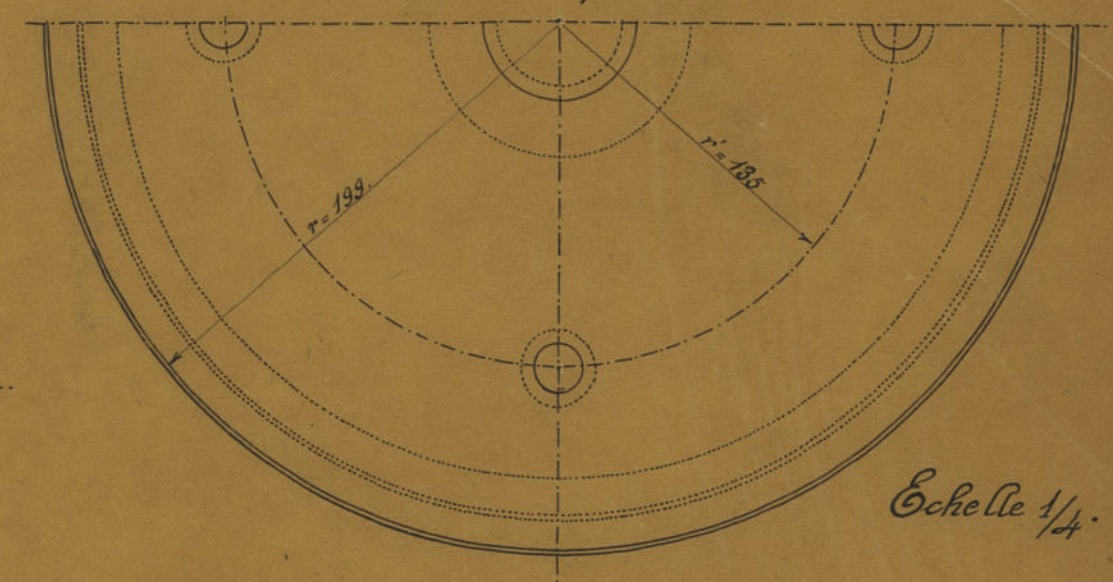


*Echelle 1/16.*

*Piston.*

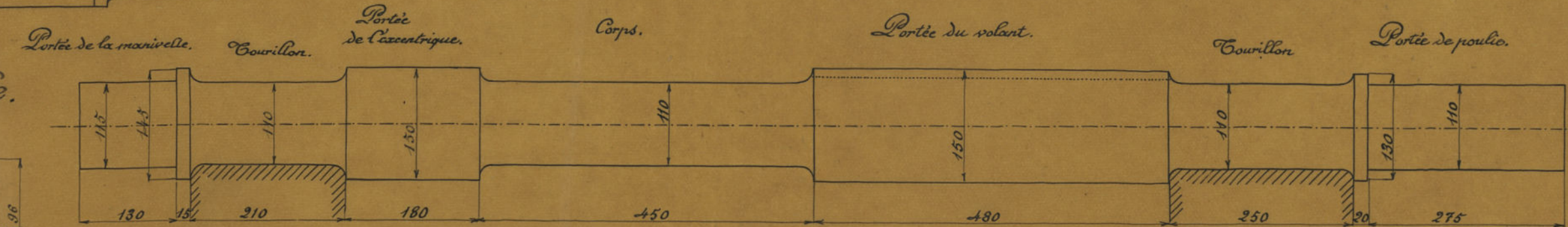
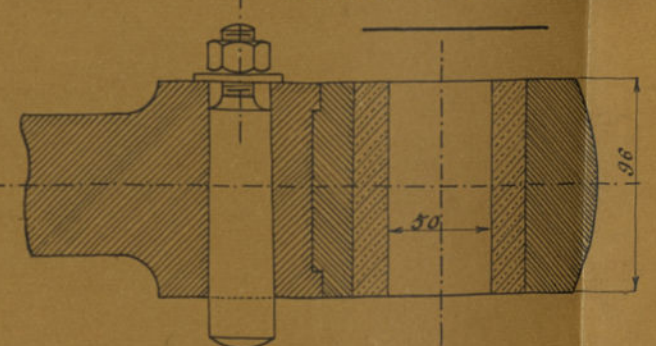


*Demi-plan.*



*Echelle 1/4.*

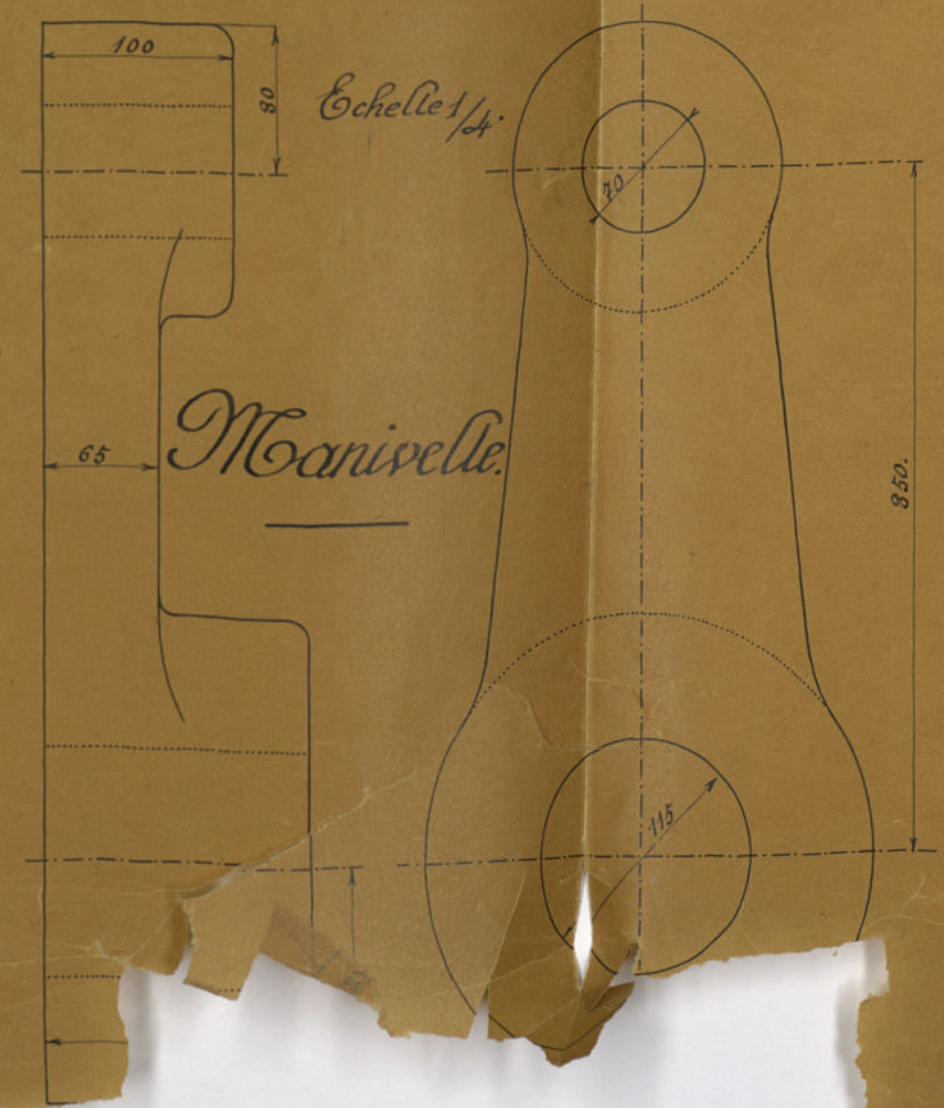
*Pied de bielle.*



*Arbre.*

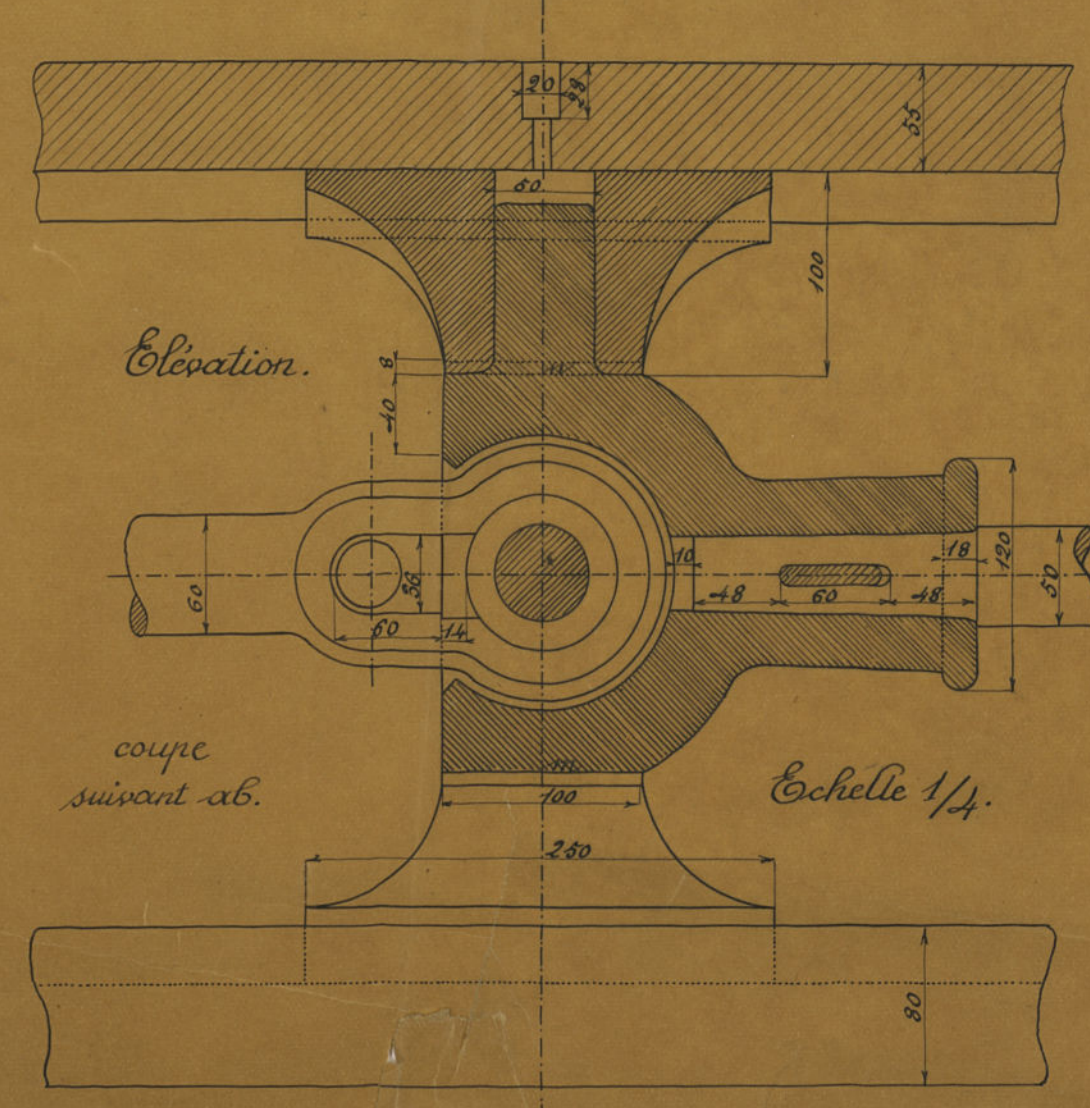
*Echelle 1/10.*

*Manivelle.*



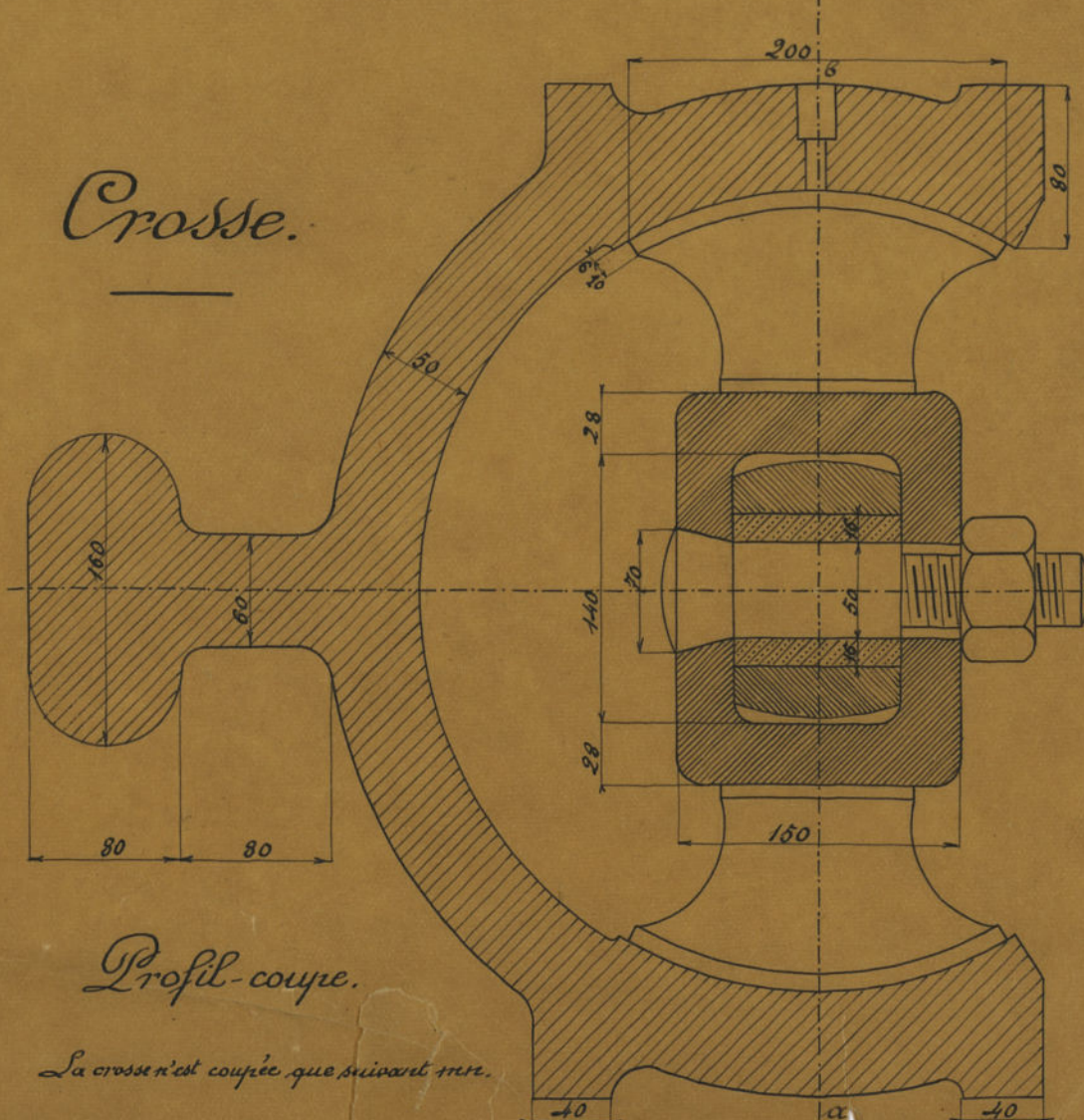
*Echelle 1/4.*

*Elevation.*



*Echelle 1/4.*

*Crosse.*



*Profil-coupe.*

La crosse n'est coupée que suivant abc.

### Calculs relatifs à ces organes.

**Piston.** Effort d'emmanchement. Soit  $p$  kg par mm<sup>2</sup> la pression unitaire dans l'emmanchement; on peut calculer la tension qui s'exerce dans le moyeu large de 120 mm la formule  $e = \frac{pR}{R-p}$  donne  $R = p + 4$  kg la formule de Lami donnerait pour  $R$  la valeur 6 kg. Nous adopterons pour  $R$  cette dernière valeur. L'effort maximum d'emmanchement est donné par la formule:

$$F = \pi d h p e f, \text{ h étant la longueur emmanchée, } f \text{ le coef. de frottement.}$$

Dans notre cas  $F = 3,14 \times 80 \times 105 \times 4 \times 0,12$  soit,  
 $F = 9500$  kgs.

**Manivelle.** Calcul du serrage pour l'emmanchement du tourillon. La formule de Lami donne  $e = \frac{p}{R-p} - 1$ ; elle permet, étant donnée la tension  $R$  qui se développe dans les fibres sur le diamètre  $d$ , de calculer la pression  $p$  normale à ces mêmes fibres. Pour un tourillon de manivelle  $R = 10$  kgs par mm<sup>2</sup>. Ici  $e = 80-35$ . On a alors:

$$45 = 35 \left[ \frac{10+p}{10-p} - 1 \right] \text{ d'où } p = 10 \text{ kgs.}$$

On nous prendra pour valeur du module d'élasticité  $E = 20000$ ; on déduira de la formule  $s = \frac{R+p}{E}$   $s = 0,005$ .

**Arbre.** Calcul de la fatigue. La plus grande fatigue de l'arbre provient de la torsion dans le tronçon compris entre la manivelle et le volant et dont le plus petit diamètre est de 110 mm à l'extrémité du tourillon. Il faut considérer le moment de rotation maximum qui peut se développer à la manivelle, considérer l'effort tangentiel maxima dont la valeur est 4000 kgs. Comme  $r = 350$ , le moment maximum est donc:

$$M_r = 4000 \times 350 = 1.400.000 \text{ m.kg. Le moment de torsion est:}$$

$$M_e = \frac{Rr}{2} = \frac{R \times d^3}{16} = \frac{R \times 110^3}{16}$$

En écrivant que  $M_r = M_e$ , on a:

$$R = \frac{16 \times 1.400.000}{11^3} = 5 \text{ kgs.}$$

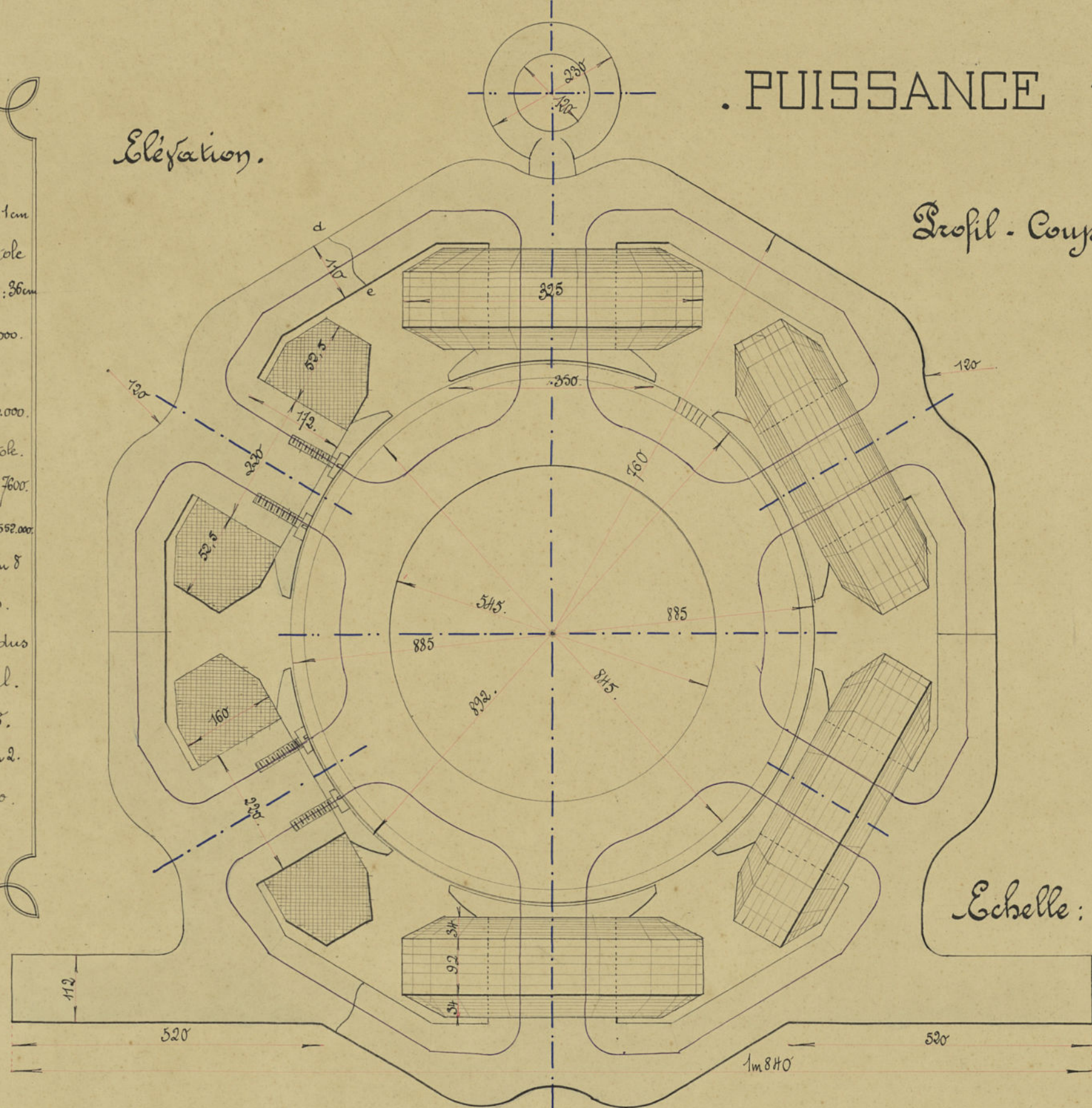


## CIRCUIT MAGNETIQUE D'UNE DYNAMO

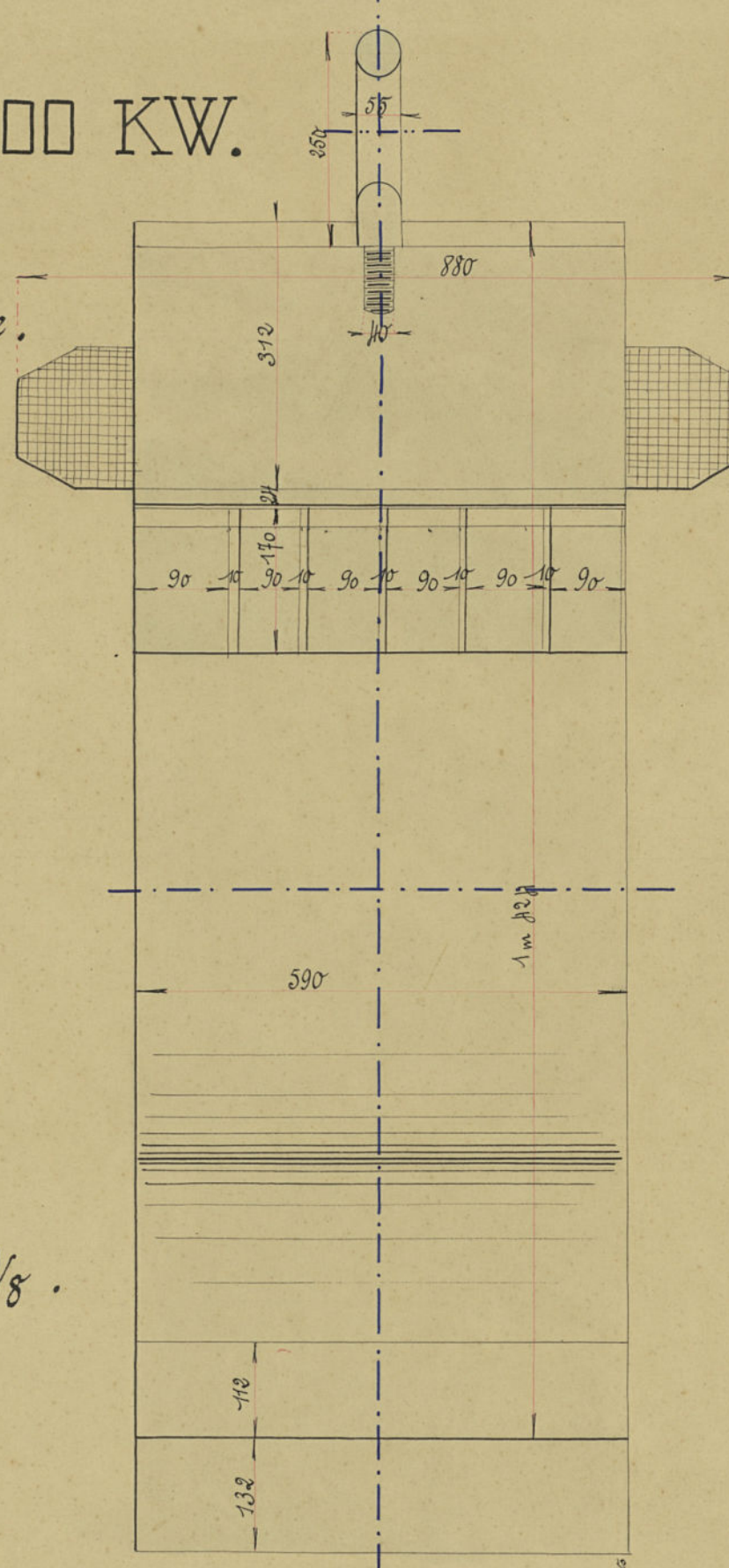
. PUISSANCE 100 KW.

**LEGENDE**  
**. Inductions .**  
**Induit:** 5 canaux de ventilation de 1cm isolant 1/2. zone de 59 cm, 118 cm de tôle  
 Section:  $118 \times 17 = 720 \text{ cm}^2$ . Signe de force: 36cm  
 Induction: 9.000. Flux:  $9.000 \times 720 = 6.480.000$ .  
**Dents:** dents égales aux encoches.  
 Section:  $35 \times 59 = 1032$ . Flux double: 12.960.000  
 Induction:  $\frac{12.960.000}{1032} = 12.600$ .  $L = 11 \text{ cm}$  tôle.  
**Entrefer:** air.  $L = 0 \text{ cm}$ . Induction: 700.  
 Coeff. d'Hopkinson: 1,2. Flux: 12.960.000  $\times 1,2 = 15.552.000$   
**Becs:** Section:  $35 \times 59 = 2064$ .  $L = 11 \text{ cm}$  d'acier doux. Induction  $\frac{15.552.000}{2.064} = 7.600$ .  
**Noyaux:** Noyaux et culasse fondus d'une pièce en acier doux spécial.  
 Section d'un noyau:  $22 \times 59 = 1298$ .  
 Induction:  $\frac{15.552.000}{1298} = 12.000$ .  $L = 17 \text{ cm}$ .  
**Culasse:** Flux  $\frac{1}{2}$ :  $\frac{15.552.000}{2} = 7.776.000$ .  
 Section en de:  $14 \times 59 = 649 \text{ cm}^2$ .  
 Induction:  $\frac{7.776.000}{649} = 12.000$ .  $L = 72 \text{ cm}$

Elevation.



Profil - Coupe.



Echelle: 1/8.

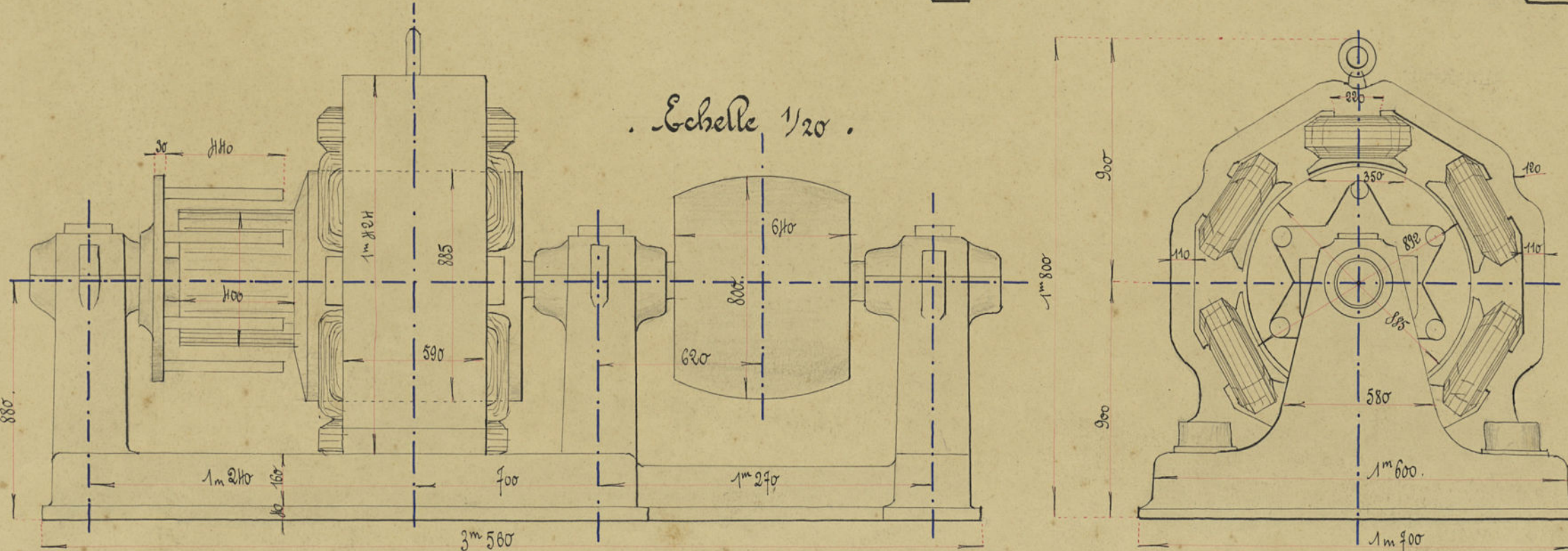
**TABLEAU**  
**. Ampères-tours pour 1/2 Flux .**

Partie du circuit	Induction	Prof. tours cm.	Prof. tours.
Induit	8.000	3,1	111,6
Dents	11.100	1,5	21,6
Entrefer	6.700		3812
Epanouissements	6.700	2,6	17,3
Noyaux	10.600	1,45	163,1
Culasse	10.600	1,75	512
		Total	1168,9
Induit	9.000	3,10	122,1
Dents	12.600	6,10	29,3
Entrefer	7.600		1256
Epanouissements	7.600	3,10	11,9
Noyaux	12.000	6,30	253,9
Culasse	12.000	6,30	189,6
		Total	5118,1
Induit	12.000	1,10	158,1
Dents	15.000	22,11	107,5
Entrefer	9.200		5152
Epanouissements	9.200	1,	19,2
Noyaux	14.700	38,50	808,1
Culasse	14.700	38,50	1692
		Total	7937

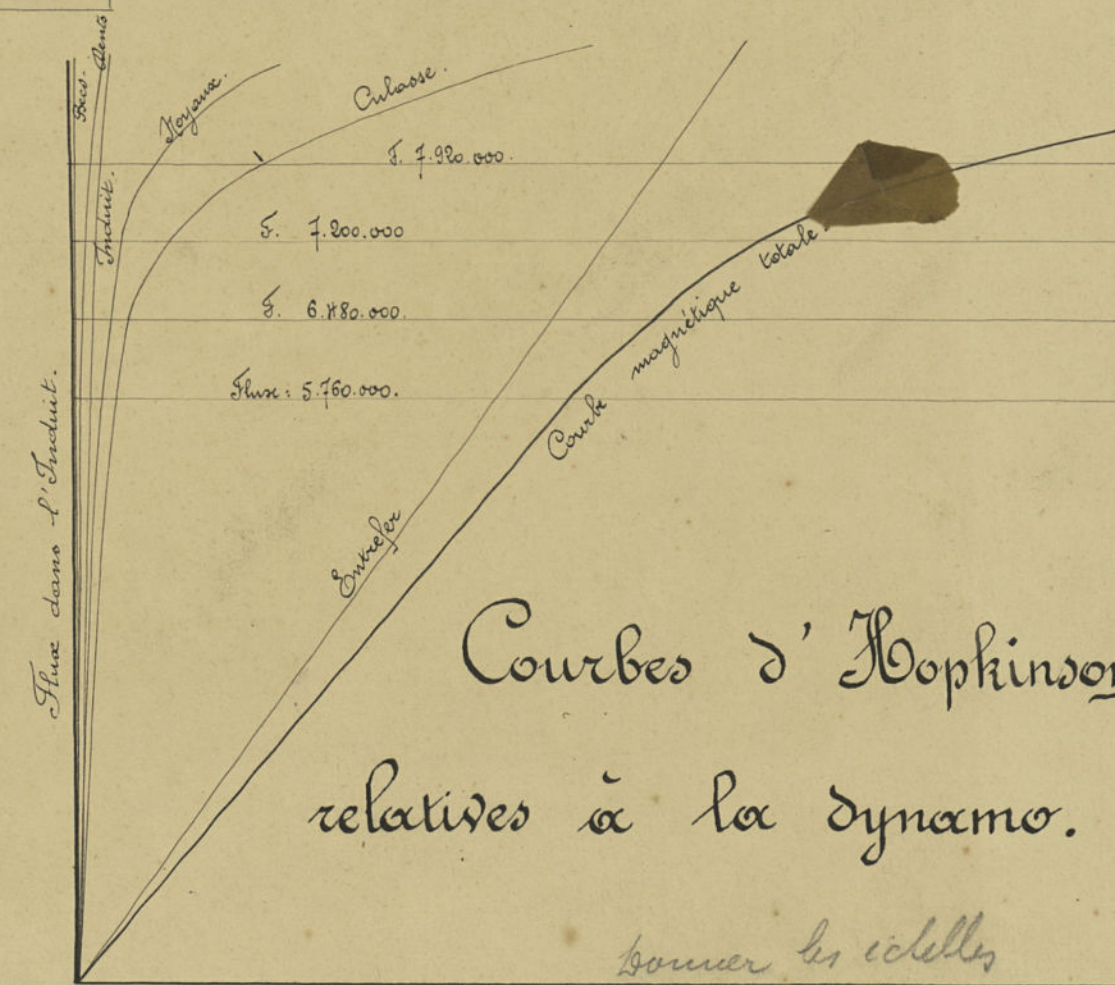
**LEGENDE**

**Calcul d'une bobine:** En plaçant sur un pôle les ampères-tours trouvés, on donne aussi naissance au 3<sup>e</sup> flux en dérivation avec le 1<sup>er</sup>. Il faudra donc  $\frac{5118}{3} = 1706$  ampères-tours par bobine ou même 2800 par excès. Prenant du fil de 20/10 de mm de diamètre, isolé de 2 couches de coton il aura environ 25/10 de mm de diamètre. Une couche a 140 mm de longueur. Soit 2 ampères d'excitation, il faut 1100 tours. En couche il y aura  $\frac{170}{2,5} = 68$  tours il faudra donc  $\frac{1100}{68} = 21$  couches. L'épaisseur des bobines sera  $2 \text{ mm} \times 21 = 52 \text{ m} 5$ .

## DYNAMO HEXAPOLAIRE A 3 PALIERS



. Machine type Schneider et Cie .



Vu par le Professeur:

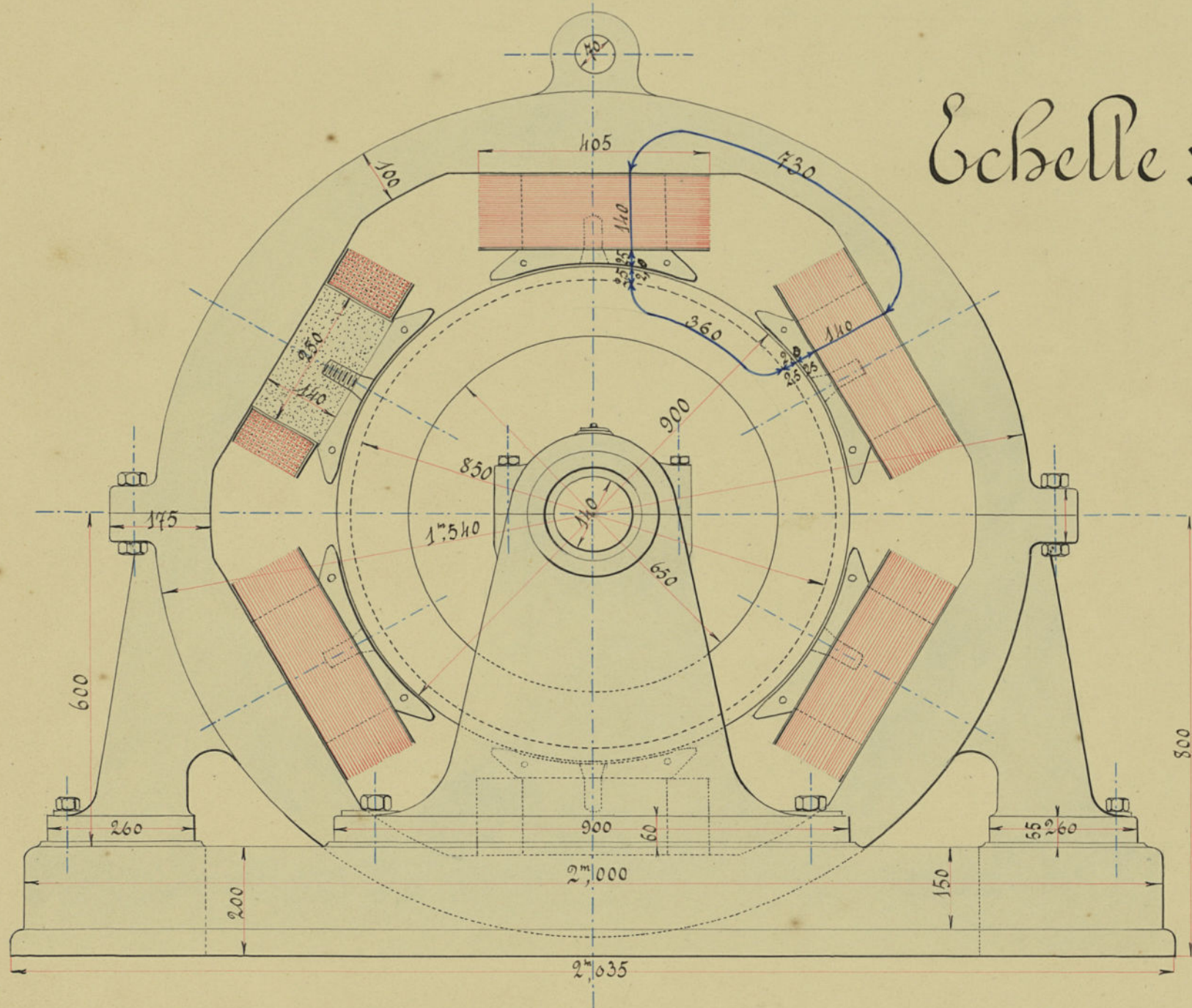
Le 9 Mai 1910.



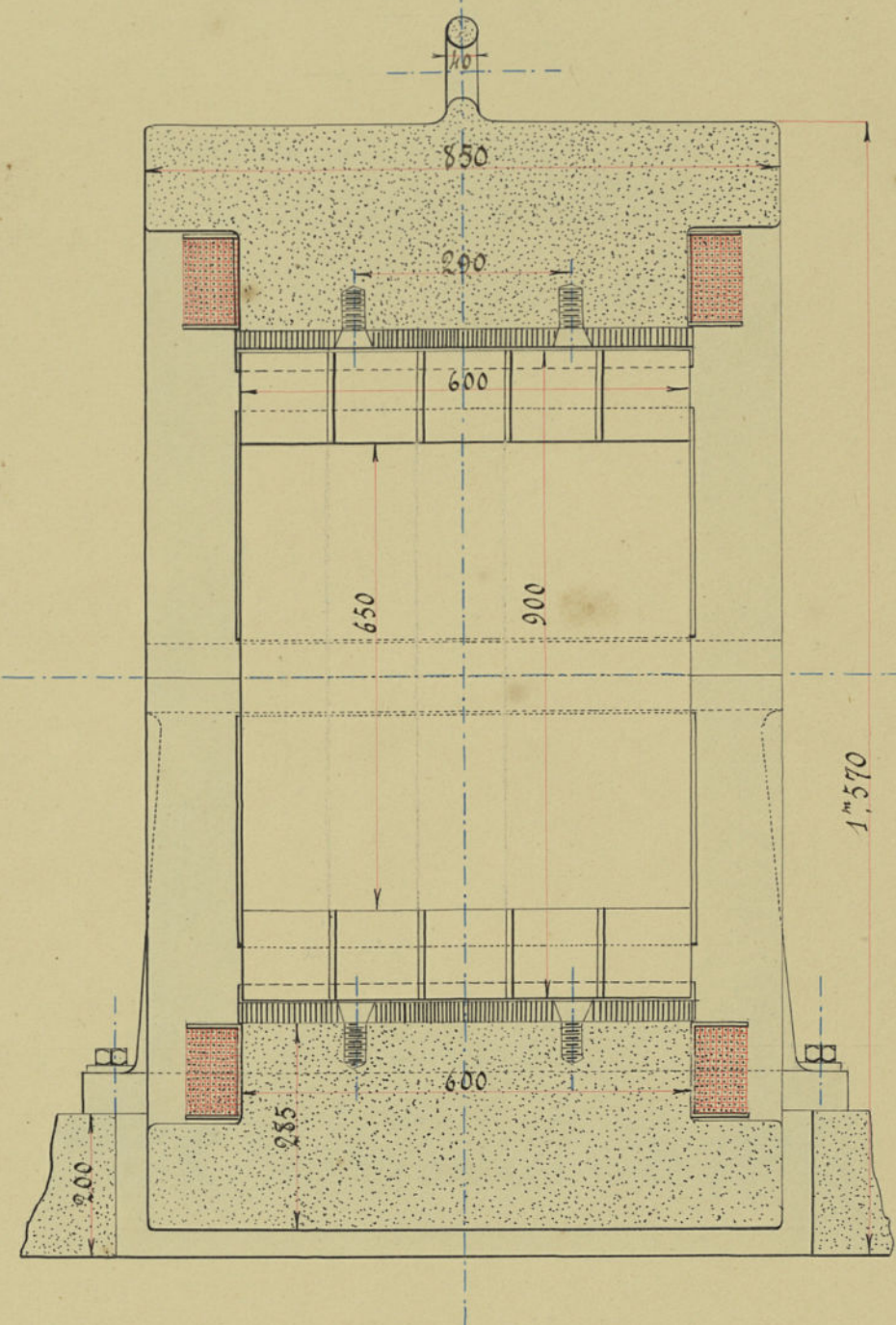
## Circuit magnétique d'une dynamo à 6 pôles.

Élévation

Profil coupe



Echelle: 1/10



### Légende

#### Dimensions

Longueur de l'induit:  $l = 10 + n = 60$   
 Diamètre de l'induit:  $d = 15 + 1,5n = 90$   
 Diamètre interne de la carcasse:  $1700$   
 Diamètre externe:  $1750$ . Dimensions des noyaux: longueur  $140$ , épaisseur  $250$ . Longueur des dents:  $25$ . Surface des dents:  $410$  de la surface de l'induit.

#### Matériaux

La carcasse et les noyaux sont en acier fondu, d'une seule pièce. Les épanouissements sont en toles feuilletées. L'induit est en toles feuilletées. Le refroidissement est assuré par 4 canaux de ventilation de  $11 \times 5$  de largeur. L'épaisseur de l'isolant est de  $1/10$  de l'épaisseur de la tole. La longueur donnée pour l'induit étant  $60$ , nous aurons pour longueur utile  $50$  cm.

#### Calculs

Nous partons de l'induction dans l'armature qui sera de  $11000$  Gauss en marche normale et de  $13000$  G en surcharge. La section dans l'armature étant  $50 \times 10 = 500$  cm<sup>2</sup>, nous aurons un flux  $\Phi_a = 5.500.000$  Mx.

Étant donné le type de la machine et sa puissance approximative  $100$  kw, nous prendrons comme coefficient d'Hopkinson  $\sigma = 1,25$ , ce qui fera  $\Phi_a = 6.875.000$ .

Cherchons les sections traversées par la ligne de force moyenne.

Section dans l'armature:  $50 \times 10 = 500$  cm<sup>2</sup>

Longueur de la ligne de force:  $36$

Induction en marche normale:  $11000$ .

Section des dents par circuit:  $\frac{1700 \times 25 \times 6}{2} = 1125$

Longueur de la ligne de force:  $2 \times 25 = 5$  cm.

Induction:  $12700$

Section de l'entrefer:  $\frac{1700 \times 10}{2} = 8500$

Longueur de la ligne de force:  $0,4$

Induction:  $5280$ .

Section de l'épanouissement:  $11 \times 11,50 = 126,5$

Longueur de la ligne de force:  $2,5$  cm.

Induction:  $8870$ .

Surface des joints: Surface des noyaux.

Surface des noyaux:  $60 \times 25 \times 2 = 750$

Longueur de la ligne de force:  $2,8$ .

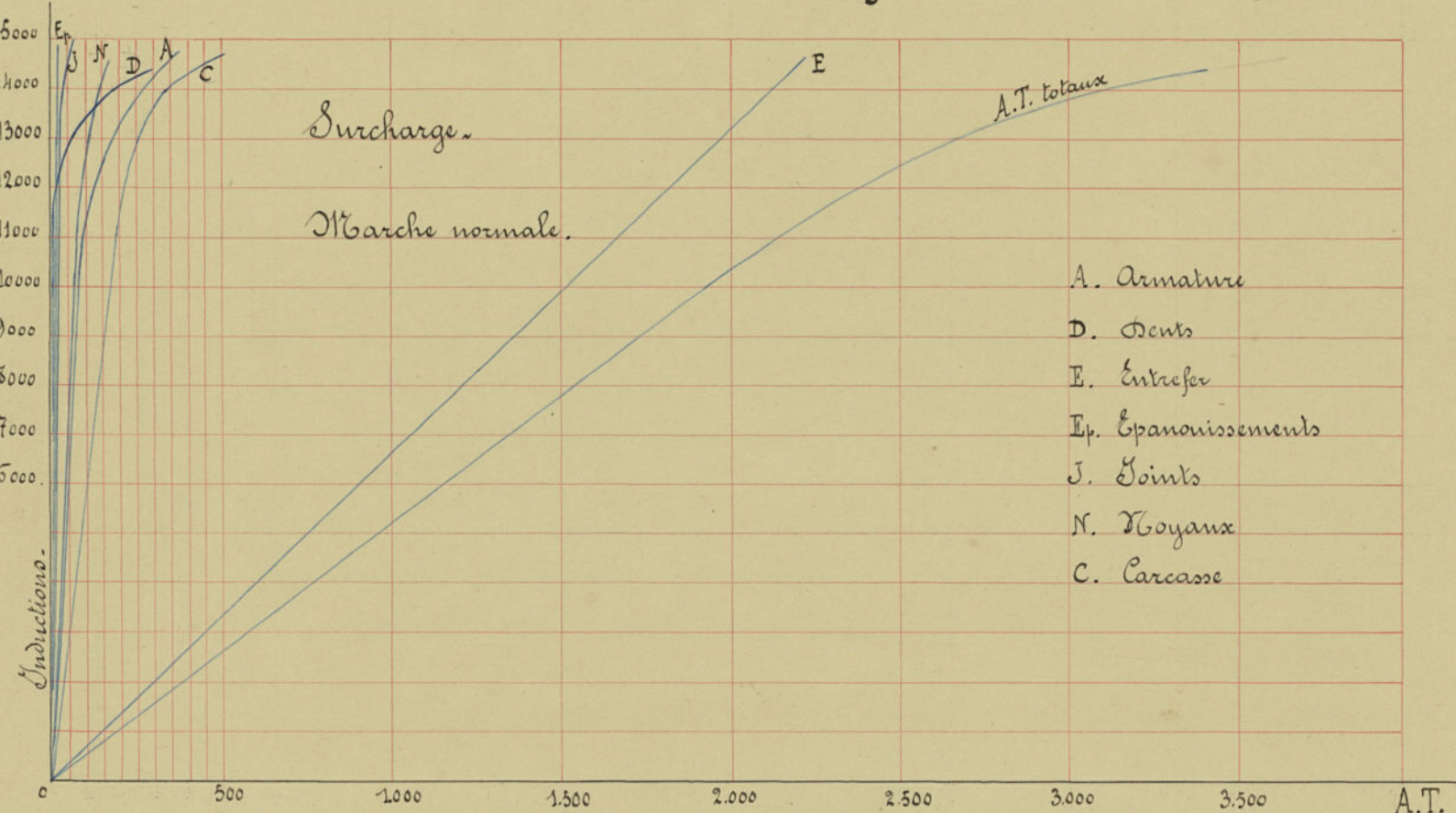
Induction:  $3870$ .

### Tableau récapitulatif.

Parties	Armature $\Phi_a$		Dents $\Phi_d$		Entrefer $\Phi_e$		Épanouissement $\Phi_{ep}$		Joints $\Phi_j$		Noyaux $\Phi_n$		Carcasse $\Phi_c$		Ampères-tours totaux	
	$\Phi_a$	$r \Phi_a$	$\Phi_d$	$r \Phi_d$	$\Phi_e$	$r \Phi_e$	$\Phi_{ep}$	$r \Phi_{ep}$	$\Phi_j$	$r \Phi_j$	$\Phi_n$	$r \Phi_n$	$\Phi_c$	$r \Phi_c$		
3.000.000	3.750.000	6.000	40	6.930	7	2.880	922	4.740	6	4.840	9	4.840	47	4.880	110	1132
3.500.000	4.375.000	7.000	47	8.080	8	3.460	1107	5.630	7	5.630	12	5.630	49	5.110	119	1337
4.000.000	5.000.000	8.000	56	9.230	10	4.040	1292	6.480	8	6.480	15	6.480	54	5.840	128	1439
4.500.000	5.625.000	9.000	69	10.380	13	4.620	1477	7.260	9	7.260	19	7.260	62	6.580	152	1710
5.000.000	6.250.000	10.000	87	11.530	17	5.200	1662	8.070	10	8.070	24	8.070	73	7.310	168	1915
5.500.000	6.875.000	11.000	108	12.680	24	5.780	1847	8.870	12	8.870	30	8.870	84	8.040	190	2131
6.000.000	7.500.000	12.000	137	13.830	33	6.360	2032	9.680	15	9.680	37	9.680	96	8.770	219	2371
6.500.000	8.125.000	13.000	168	14.980	43	6.940	2217	10.480	18	10.480	45	10.480	117	9.500	249	2650
7.000.000	8.750.000	14.000	202	16.130	55	7.520	2402	11.280	22	11.280	54	11.280	140	10.200	289	3071

A.T. en marche normale: 2131  
 A.T. du flux antagoniste: 15%: 319  
 A.T. prévus pour changements de vitesse: 214  
 A.T. totaux: 2664 par circuit

### ~ Courbes d'Hopkinson ~



### Légende

Section de la carcasse:  $10 \times 55 = 550$ .  
 Longueur de la ligne de force:  $73$   
 Induction:  $8040$ .

Nous obtenons comme ampères-tours en marche normale  $2131$ . Il faut majorer ce nombre de 25%, soit 533, pour les changements de vitesse et 15% pour déduire l'effet du flux antagoniste. Nous aurons par circuit  $2131 + 533 = 2664$  soit 7992 AT pour toute la machine.

#### Calcul des bobines.

Nous avons pour calculer les bobines les données suivantes:

A.T. par bobine:  $2664 / 1332 = 2$ . Longueur de la spire moyenne:  $175$ . Différence de potentiel aux bornes de la bobine:  $110$ .

$18,5$ . Nous admettrons une densité de courant de  $2$  par mm<sup>2</sup> de section du fil, et nous prendrons pour valeur du coefficient de résistance du cuivre  $\rho = 1,75$ .

Nous pouvons poser les 5 relations:  $n = 1332$ ,  $l = 175$ ,  $R = \frac{1,75}{10^8} \frac{l}{s}$ ,  $I R = 110$ ,  $I = 200$  s.

Ce qui donne en résolvant:  $l = 571,1$ ,  $87$ ,  $n = 328$ ,  $I = 4,8$ ,  $s = 2,4$ ,  $R = 7,62$ .

On aura à enrouler un fil de diamètre  $d = 1,65$  à  $1,7$  mm et  $2,2$  avec l'isolant.

L'enroulement se répartit sur une longueur de  $130$  mm. Nous aurons par couche  $\frac{130}{1,65} = 58$  fils, et par conséquent un nombre de couches  $\frac{328}{58} = 5,6$ .

L'épaisseur du bobinage sera  $2,2 \times 5 = 11$  mm. Il faut y ajouter  $5$  mm pour le laiton et la couche d'isolant de la bobine, soit  $22$  mm.

L'échauffement est donné par la formule d'Esou:

$$C = \frac{225 W}{V}$$

$W$  étant la puissance absorbée par la bobine et  $S$  sa surface extérieure.

$$W = R I^2 = 7,62 \times 4,8^2 = 175$$

$$S = [(60 + 2,2) \times 2 + (25 + 2,2) \times 2] \times 13 = 1220$$

$$C = 26$$

La température de la bobine s'éleva de  $26$  au-dessus de la température ambiante.

Nous admettrons une diff. de pot. de  $140$  aux bornes de la machine. Nous laissons ainsi  $1/4$  de perte de charge pour le rhéostat d'excitation.

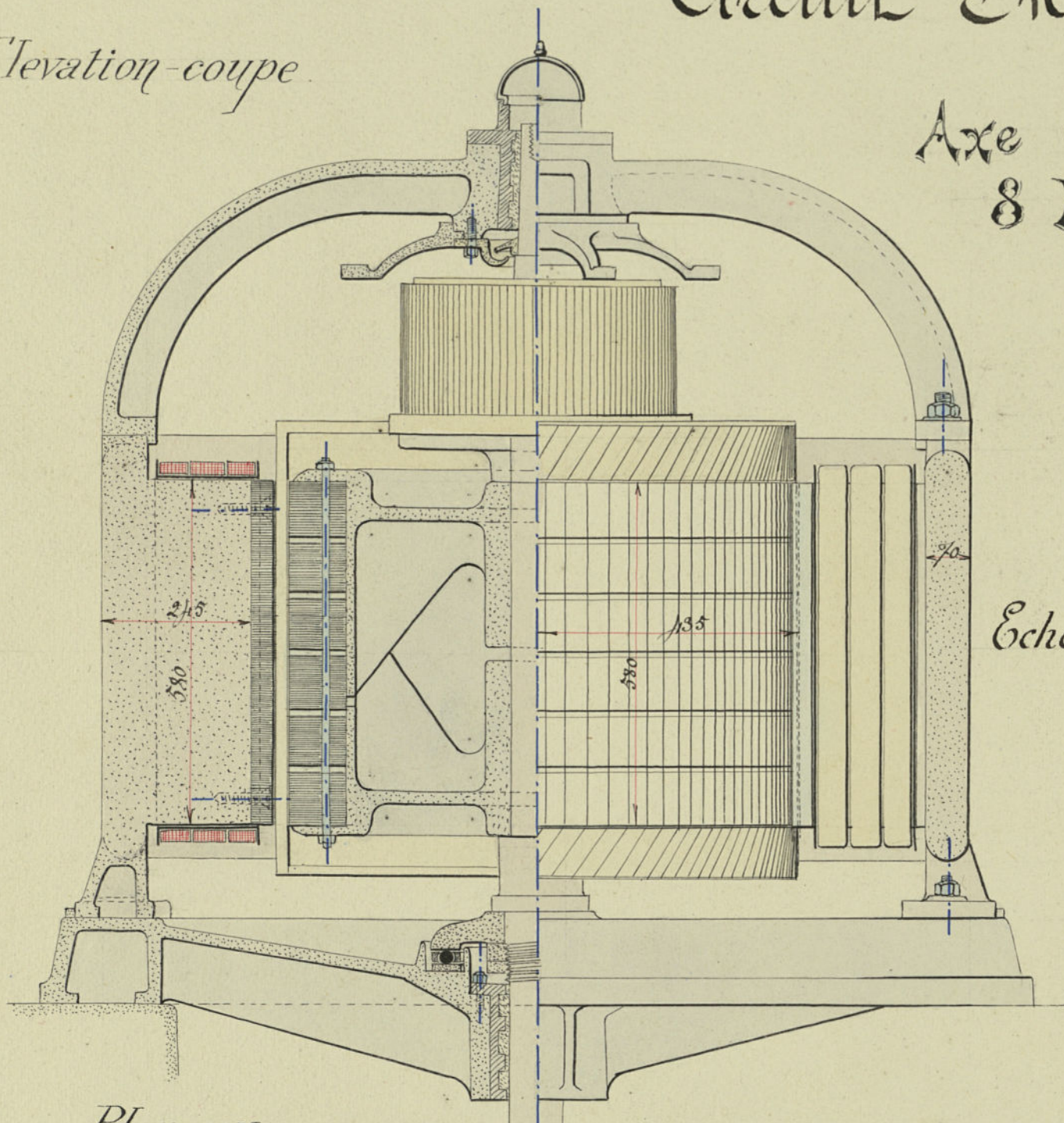
Fait par le professeur  
 Lille le 9 Mai 1910

A. P. Salembois



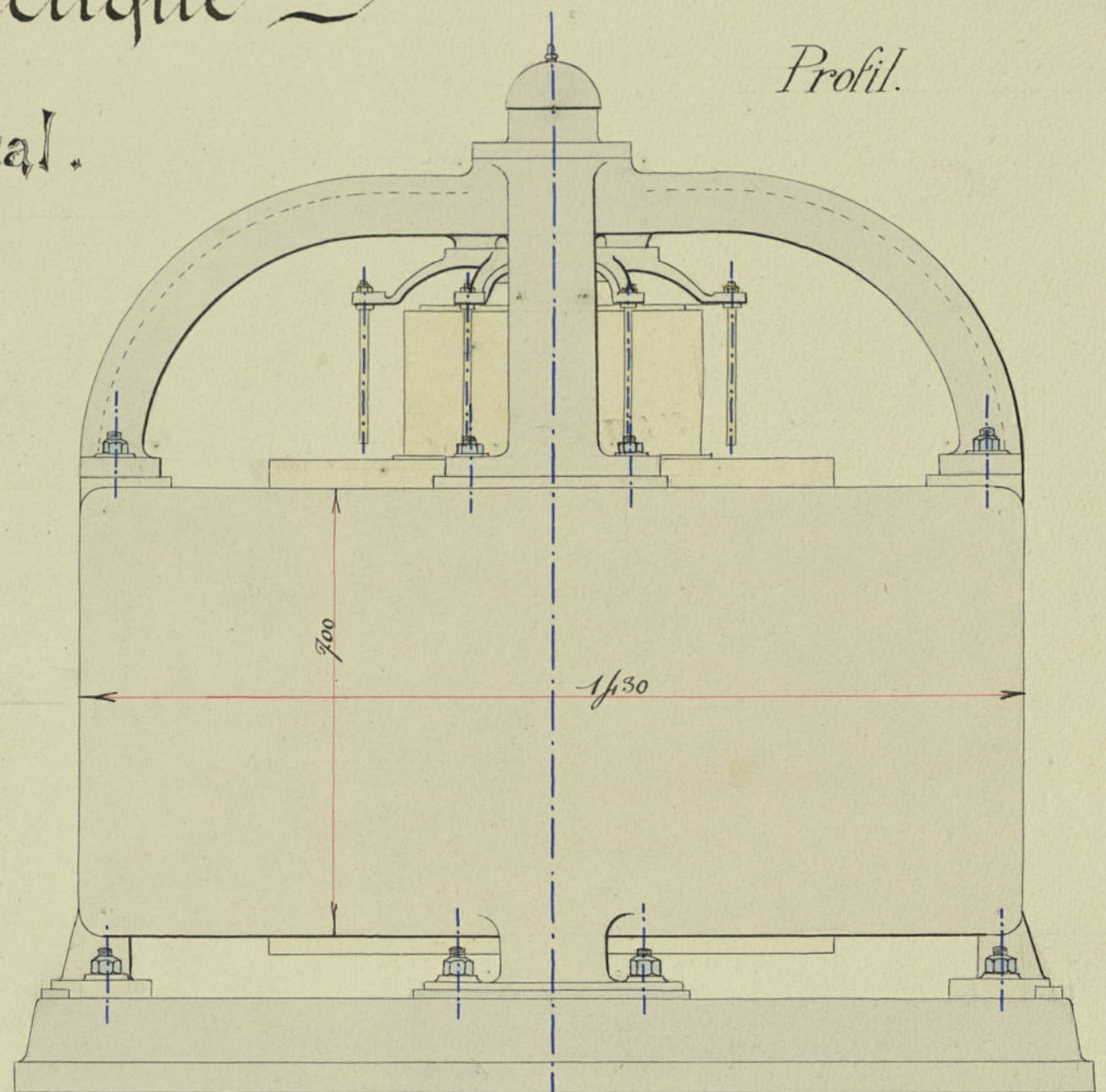
## DYNAMO Circuit Magnétique

Elevation-coupe



Axe vertical.  
8 Poles.

Profil.



Echelle: 1/10

Plan-coupe.

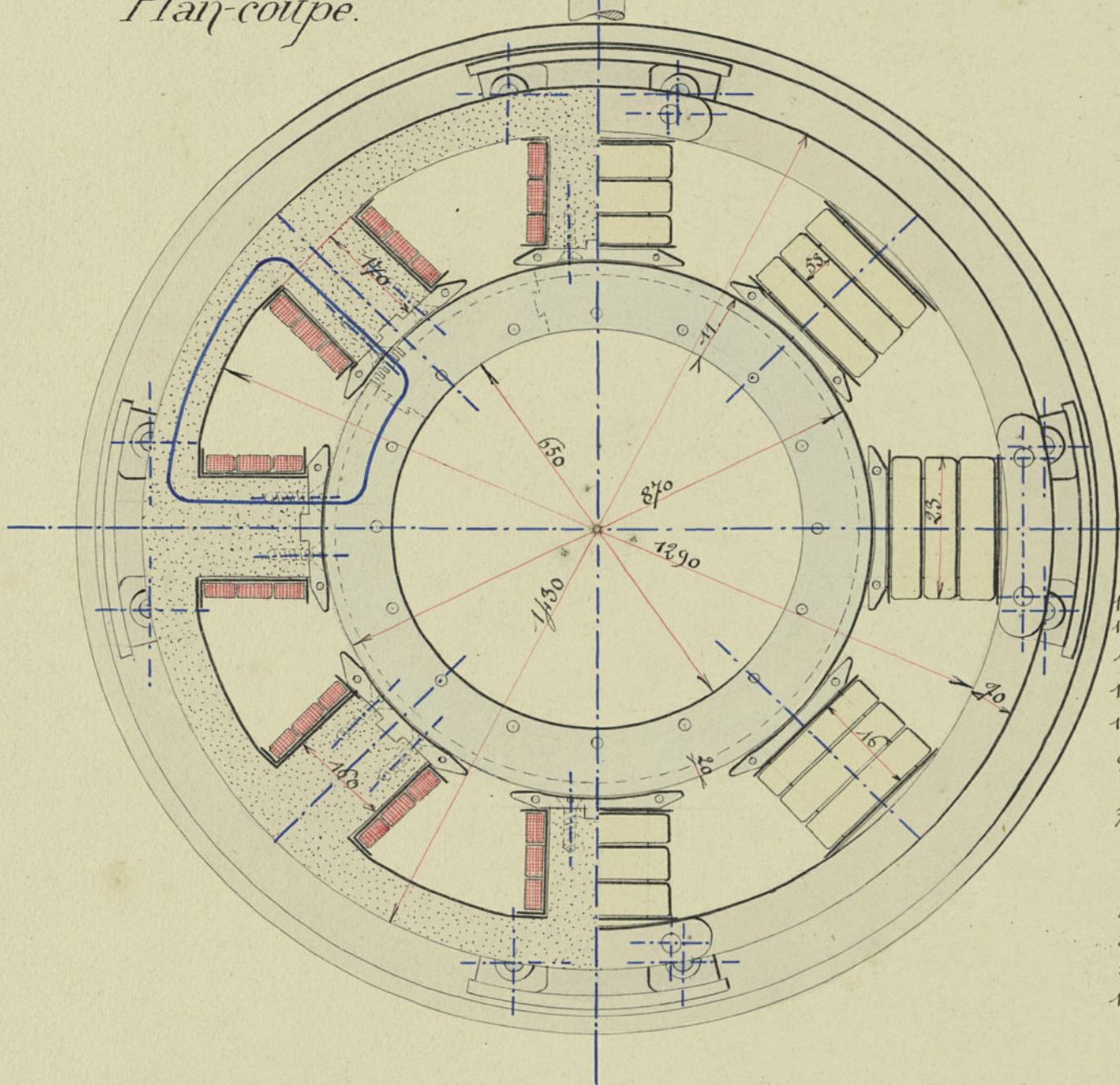
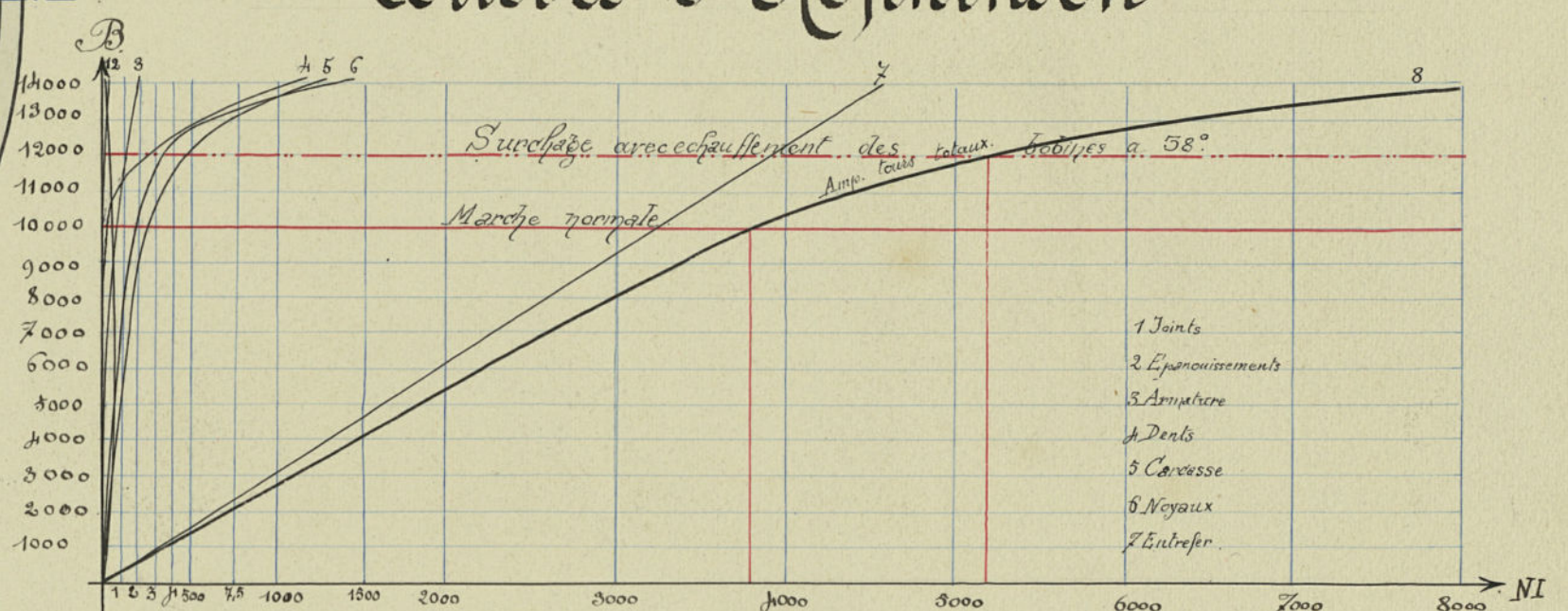


Tableau des NI en fonction de B

Parties		Amalgame		Dents		Entailler		Epanouissement		Joints		Noyaux		Carcasse		Cylindres-tourne
Sections		430		310		525		375		165		165		190		
Longueur		29		22		20		20		20		20		20		Total
Pa	v Pa	B	NI	B	NI	B	NI	B	NI	B	NI	B	NI	B	NI	
2580000	3230000	600	52	8300	7	4000	1060	5620	11	6950	22	6950	11	6800	105	2200
3010000	3780000	7000	58	9700	9	5750	2380	5700	5	8150	23	8150	92	7700	137	2690
3410000	4000000	8000	65	11100	12	6350	2620	7300	6	9250	24	9250	110	8300	163	2990
3870000	4810000	9000	55	12500	17	7350	2910	8100	7	10400	25	10400	130	9900	193	3380
4300000	5380000	10000	70	13400	25	8200	3280	9350	9	11750	27	11750	148	11000	258	3740
4730000	5920000	11000	84	15200	30	9000	3500	10300	11	12700	28	12700	167	12100	330	4150
5160000	6450000	12000	110	16600	228	9850	3940	11200	13	13800	29	13800	187	13200	415	4520
5500000	7000000	13000	148	18000	350	10650	4250	12150	15	15000	30	15000	207	14300	500	4920
6020000	7530000	14000	200	19100	1100	11450	4580	13100	22	16200	31	16200	227	15400	585	5320

Courbes d'Hopkinson



### Légende.

Données: Longueur de l'induit:  $10+n$  . Largeur de l'induit:  $15+1.5n$  .  
 $n = 18$  ce qui nous donne: Longueur = 58 . Largeur: 87

Dimensions: Epaisseur des noyaux 150 . Longueur des noyaux 170 . Diamètre interne de la carcasse 1290 . Diamètre externe 1430 . Diamètre interne de l'induit 650 . Longueur des dents 20 . Epaisseur de la dent 12 . Epaisseur du cercle 7 .

Matériaux: La carcasse est en acier fondu, les noyaux aussi et verus de fonte. Les pièces polaires sont en tôle rapportées sur un assemblage droit et maintenues par 4 vis. L'armature est en tôle, formée par l'assemblage de 8 segments; le refroidissement est assuré par 5 canaux de ventilation de 12". L'épaisseur de l'isolant est 1/10 de l'épaisseur de la tôle.

Calculs: Nous partons de l'induction dans l'armature, qui sera de 10000 gauss en marche normale ce qui nous fera un flux  $\Phi_a = 10.000 \times 8$  .  $\delta = 130$  d'où  $\Phi_a = 1.300.000$ . Étant donné le type de la machine et sa puissance approximative 100 Kw nous prendrons un coefficient d'Hopkinson  $\delta = 1,25$  ce qui nous fera pour  $\Phi_a = 5.380.000$  max. Cherchons les sections traversées par la ligne de force moyenne.  
 Section dans l'armature:  $(58-5) \frac{26}{2} \times 9 = 130$ . Longueur de la ligne de force 29  
 Section des dents  $(58-5) \frac{26}{2} \times \frac{9}{2} = 310$ . Longueur de la ligne de force  $2 \times 2 = 4$ .

Section d'entrefer:  $(58-5) \frac{1}{2} \times \frac{26}{2} + (58-5) \frac{26}{2} = 585$  Longueur de la ligne de force  $2 \times 0,25 = 0,5$   
 Section épanouissement:  $8 \frac{11}{2} \times 58 \times 9 = 375$  Longueur de la ligne de force  $2 \times 2 = 4$ .  
 Section noyaux:  $16 \times 58 = 145$  . Longueur de la ligne de force  $17 \times 2 = 34$ .  
 Section carcasse:  $70 \times 7 = 190$  . Longueur de la ligne de force: 55.

Calculs des Bobines: Amperes-tours par ligne de force 5900. A.T. Par bobine 5900 . Longueur de la spire moyenne 100". Nous admettons 10% d'A.T. en plus pour les variations de vitesse et 15% pour le flux antagoniste nous obtiendrons ainsi comme A.T. totaux 2470. Diff. de pot. aux bornes de la dynamo 110 volts, aux bornes de l'inducteur 110x3, nous laisserons ainsi 1/4 de perte de charge pour le rhéostat de champs les bobines étant en série la diff. de pot. aux bornes est  $110 \times 3 = 330$ . Si nous prenons  $\rho = 1,55$  nous pouvons poser les 5 équations:  $R = 1,55 \times L \times 10^6 \times 10^8$  .  $L = 11 \times 160$  (2)  $NI = 2470$  (3)  
 $RI = 103$  (4) et enfin  $I = 200,5$  si on prend 2 ampères par millimètre comme densité de courant.  
 On obtient ainsi:  $L = 112$  mètres  $N = 257$  .  $I = 9,6$  amp.  $R = 1,35 \omega$  .  $\delta = 1,77$  d'où  $\delta = 2,57$   
 Nous répartirons le fil en 8 gallettes par pôle de 3" d'épaisseur 5,5" de long, contenant par couche 1/4 fils, ces couches étant au nombre de 7. Écartement =  $\frac{355 \times 125}{5} = 8875$  = 16".

Vu par le professeur  
Lille le 1 Mai 1910