

Grand Appareil
à Hydrogène (suiv)

Moteur à Vapeur

Octobre - 1880

Calais-Mendon

Moteur à Vapeur.

Le moteur est destiné à faire fonctionner :

1° Pendant la production d'égale une pompe pour le soufre débitant environ 6000 l^{tr} à l'heure et chauffant à 4^m et une série de 3 pompes prenant environ 50 kgm.

Les 6000 litres à l'heure donnent un débit de 17 litres environ à la seconde qui portés à 4^m font fonctionner

	68 kgm
ajoutons 1/2 pour les frottements	17
l'ensemble des 3 pompes donne	85
	135

C'est donc un effort de 135 kgm que le moteur aura à développer pour mettre les pompes en mouvement.

Si nous ajoutons les résistances de la transmission et le graissage plus ou moins parfait des organes nous pouvons porter l'effort à produire sur le à fournir sur le volant de la machine à 170 kgm.

Composition
de la
Machine

La machine comprend deux cylindres coaxiaux à angle droit sur le même arbre. La vapeur arrive directement dans le premier, vient le détendre dans le deuxième pour être ensuite évacuée à la pression de l'atmosphère.

Dimensions
du premier
Cylindre.

Le premier cylindre ou petit cylindre est formé de tôle au diamètre pour l'axe des vannes de 110 mm.

Les dimensions sont les suivantes :

Diamètre 80^{mm}, Course 160^{mm}

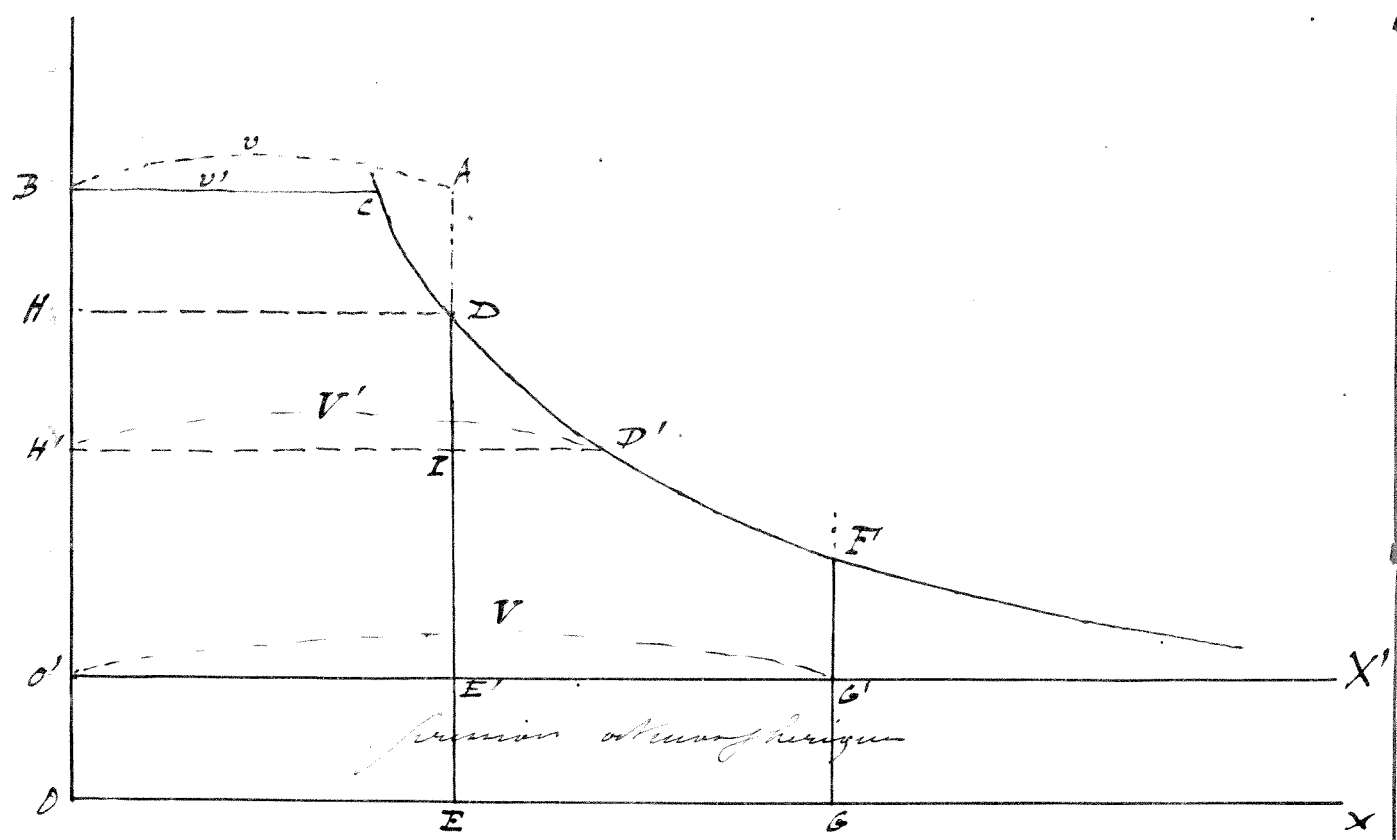
Nous allons déterminer les dimensions du deuxième ou grand cylindre.

Dans ce genre de machine, pour arriver à se rapprocher le plus possible du rendement théorique

separ- n'est pas indifférente.

station
du travail
coût
travail
cylindres
etc.

En règle générale, la pression d'admission sous le grand cylindre doit être autant que possible égale à la pression finale dans le petit cylindre. Considérons le cas théorique de détente telle qu'elle se ferait dans un cylindre unique, en prenant pour origine les volumes correspondants, et pour ordonnées la pression.



Soit v le volume du petit cylindre et v' le volume d'admission. En abaisant du point A un p.p. sur la ligne OX , l'aire $OBCE$ représente le travail du petit cylindre diminué du rectangle $OE'EF$ s'il rejetait sa vapeur directement dans l'atmosphère. Le travail de détente représenté par l'aire $E'DX'$ est donc totalement perdu.

Si au sortir du petit cylindre, la vapeur qui occupe un volume v est introduite dans le même volume v d'un cylindre ayant un volume V , le total du travail recueilli serait représenté par l'aire $OBDFG$, mais le travail de chaque cylindre ne peut être égal.

Celui du petit cylindre est représenté par l'aire $HBCD$. Celui du grand par l'aire $O'H'D'FG'$.

Si nous introduisons la vapeur sortant du petit cylindre et qui occupe un volume v , dans un volume v' du grand, nous pourrions arriver à égaliser les deux travaux, mais alors il y a une perte de travail représentée par l'aire triangulaire DID' . Car les travaux sont:

- pour le petit cylindre $HBCDI$.
- pour le grand $O'H'D'FG'$.

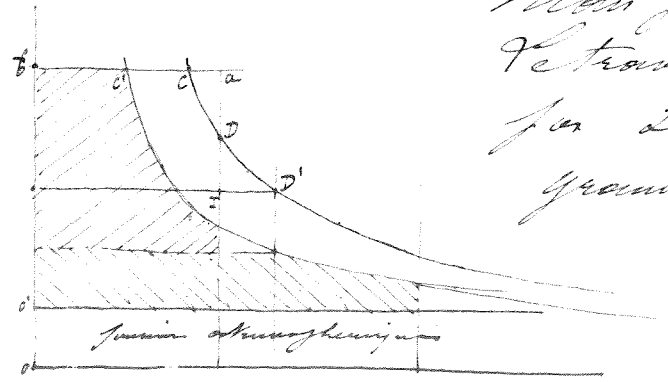
Regulation de l'effort

La machine devra comme nous l'avons vu plus haut produire au maximum 150^{th} . Dans ce cas elle aura à faire marcher le ventilateur seul. Tout travail sera moins considérable. Il faut en outre la faculté de maintenir la régularité dans l'allure de la machine.

Trois moyens se présentent:

- 1° Diminuer le volume v' d'introduction dans le petit cylindre.
- 2° Augmenter le volume v d'introduction dans le grand cylindre.
- 3° Faire varier à la fois les volumes d'introduction dans les deux cylindres.

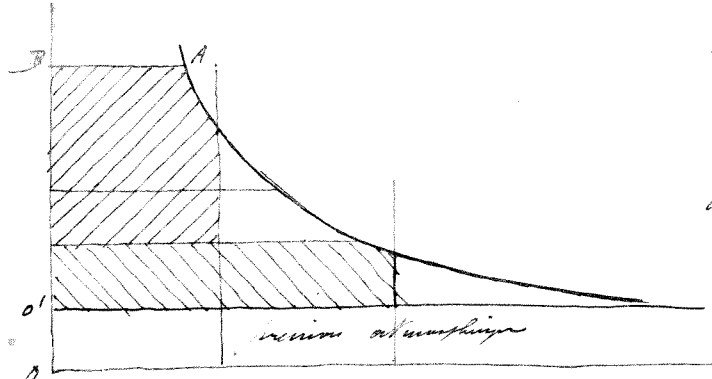
1° Cas Diminuer le volume d'introduction dans le petit cylindre, c'est diminuer le travail de chaque cylindre mais pas dans la même proportion.



ou grand ou en diminuant.

petit de ce volume que chaque cylindre produise le même travail.

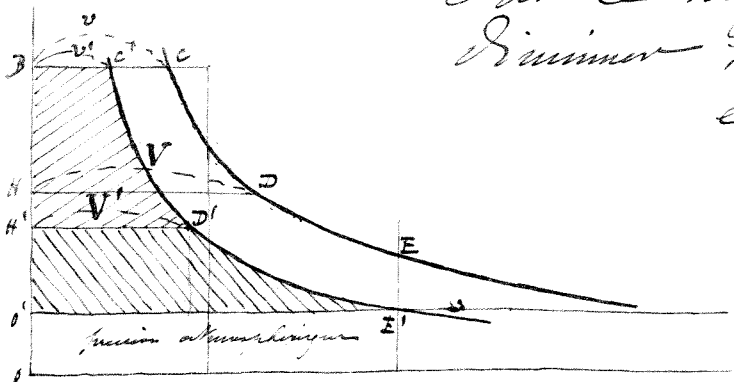
2^e Cas. Augmenter le volume d'introduction dans le grand, c'est diminuer la Compression dans le petit, par suite augmenter son travail, et diminuer celui du grand de la même quantité plus du travail perdu qui est considérablement augmenté.



La dépense de vapeur seront la même, mais le rendement sera beaucoup plus mauvais. Ce moyen de réglage est donc à rejeter.

3^e Cas. Diminuer les volumes d'introduction dans les deux Cylindres.

Par ce moyen on peut arriver à diminuer le travail produit, tout en le répartissant également dans les deux Cylindres.



Or dans le cas où les introductions étaient respectivement

pour le petit cylindre v
pour le grand V

le travail du premier était représenté par l'aire $HBCD$ et celui du second par l'aire $O'HDEE'$

Pour le cas où ces introductions deviennent v' et V' le travail petit cylindre devient $H'BC'D'$ et celui du grand $O'H'D'E'$

On conçoit qu'il soit possible, en réglant convenablement ces introductions, de maintenir l'égalité de travail entre les deux cylindres.

Ce dispositif est à adapter dans les machines un peu puissantes et qui ont à développer des efforts notablement variables; mais dans les cas précédents,

La force de la machine n'est pas en rapport avec l'économie de vapeur qui en résulterait, en regard à la complication de mécanisme qu'une semblable disposition entraîne toujours.

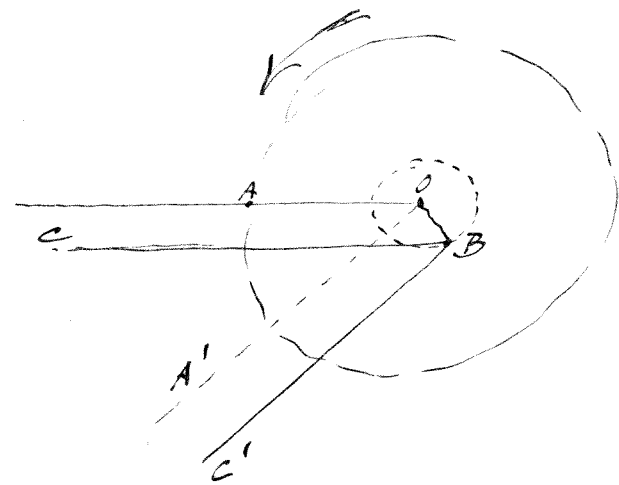
Il reste donc à appliquer le premier Cas, et c'est celui qui sera adopté pour cette machine.

La détente variable est produite double effet détente du Cylindre par un seul excentrique Muni d'un Collet petit cylindre qui n'est pas logé de travers.

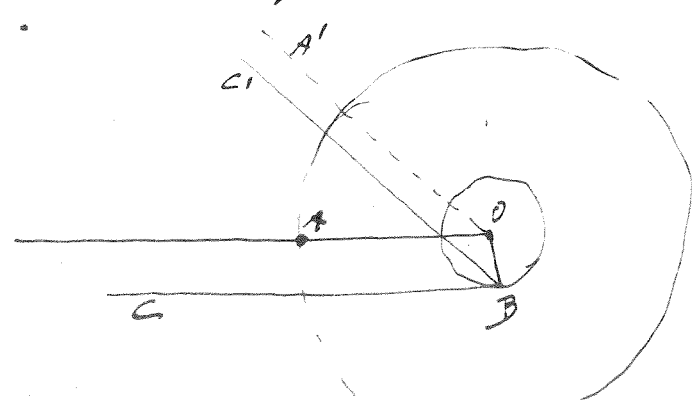
En considérant l'épure de régulation obtenue en menant le tiroir de manière à obtenir le maximum d'introduction au fait que l'admission peut atteindre son maximum, les $\frac{1}{2}$ de la Course.

Pour rendre cette introduction au $\frac{1}{2}$, on voit que le déplacement angulaire de l'excentrique nécessaire est de 40°

Considérons un arbre O et une Manivelle motrice OA tournant double sens de la flèche Soit OB la manivelle de l'excentrique Menant la flèche BC , l'angle AOB représente l'angle d'admission Mais si la bielle BC au lieu d'être parallèle à OA fait un angle quelconque $CB'B'$ par aller



Conduire le tiroir, l'angle de Collage est évidemment changé et il devient $A'O'B$ dans ce cas-ci plus petit que l'angle primitif AOB , de la quantité CBC' .



Si au contraire nous porta la bielle de travers de l'autre côté en BC' l'angle de Collage primitivement AOB devient $A'O'B$ plus grand que le précédent de la quantité $C'BC$

Tracés la Courbe des pressions pour l'introduction Moyenne v'

Tour partagé - Le travail en deux parties égales, et faut mener une ligne G'I' telle, que l'aire G'EF'C'H' soit égale à l'aire O'G'I'D'B'

On fait arriver pratiquement et facilement à cette solution, en traçant la Courbe sur du papier à un épaisseur bien constante, et en faisant les morceaux découper. En diminuant l'un des surfaces et en augmentant l'autre par suite du déplacement de la ligne G'I', on arrive au résultat.

C'est le cas qui nous occupe l'égalité est à peu près obtenue en faisant l'introduction dans le grand cylindre au 2/3 de son volume.

Par l'inspection de la figure, il est facile de voir que l'effort de la machine ^{se modifie} ~~augmente~~, le travail du petit ^{est légèrement chargé, et celui} ~~est~~ du grand ^{augmente beaucoup} tandis que celui du grand sera profondément modifié.

l'atmosphère

Pour évaluer le travail, il suffit de procéder comme nous l'avons indiqué tout à l'heure en faisant les surfaces de papier représentant le travail, et en les multipliant par un coefficient convenable. Les pistons ayant même course, les volumes engendrés sont proportionnels aux surfaces des pistons. Il est par conséquent facile de déterminer ce coefficient.

L'aire rectangulaire O'2DB' représente le travail produit par une atmosphère de pression sur le grand piston pendant toute la course soit en kilogrammètres

$$\text{Travail } O'2DB' = \cancel{100} \times \cancel{16} = 100,3316 = 16,75 \text{ Kg}$$

On se fait du papier à épaisseur de 0,164

Le coefficient est donc $\frac{16,75}{0,164} = 9,8$

A l'heure pression le point des ours est de travail

introduction 4/5 { grand cylindre 0,287 x 9,8 = 28,115
petit cylindre 0,147 x 9,8 = 14,41
Total 42,56

introduction 2/3 { par tour de machine avec ours 42,56 x 2 = 85,12
grand cylindre 0,194 x 9,8 = 19,012
petit cylindre 0,177 x 9,8 = 17,346
Pour l'introduction de 1/2 nous avons 79,66

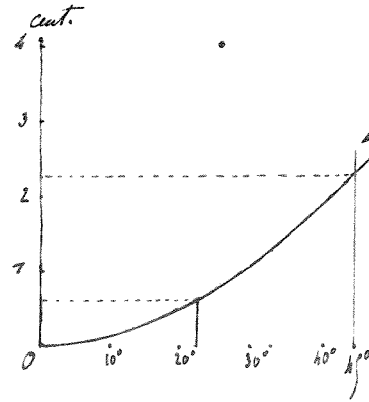
introduction 1/2 { grand cylindre 0,122 x 9,8 = 11,98
petit cylindre 0,182 x 9,8 = 17,836
Total 29,83

Par tour de machine ours 29,83 x 2 = 59,66

Par suite du système de détente adapté pour le petit cylindre, l'avance à l'introduction s'abaisse nulle pour l'admission des 1/2 augmente avec la diminution dans l'admission et pour l'introduction de 1/2 elle est égale à 1/4 du volume.

Cette avance à l'admission, sous augmentation de la dépense de vapeur diminue le travail du petit cylindre et par suite le rendement. Elle a comme effet aussi de diminuer dans les ports détentes la différence de deux travaux des deux cylindres.

Cette avance s'abaisse nulle pour l'introduction des 2/3 devient pour l'introduction moyenne 1/4 et pour l'introduction 1/2 1/7



La Courbe ci-contre représente la Courbe du piston à son arrivée au fond du cylindre. L'avance à l'introduction est représentée par

la ligne en deçà de la ligne des abscisses et en l'abscisse du cylindre par les ordonnées. C'est donc pour le travail à l'introduction de 1/2,

C'est sur ce principe qu'est fondé l'excentrique à Coulisse donnant des Colages variable

Soit OA la manivelle motrice, OB la manivelle de l'excentrique Callé de telle sorte que la bille BC conduise le tiroir CD dans le maximum d'introduction.

Comme nous l'avons vu tout à l'heure pour obtenir le minimum d'introduction il faut augmenter l'angle d'ouverture de 40° . Soit BC' une autre bille de même excentrique, soient

avec la première un angle de 40° ; Comme nous l'avons vu plus haut, la tige de tiroir C'D' commandée par cette bille C'B conduira le tiroir comme si il était un far en excentrique Callé avec la manivelle OA avec un angle égal à $\alpha + 40^\circ$

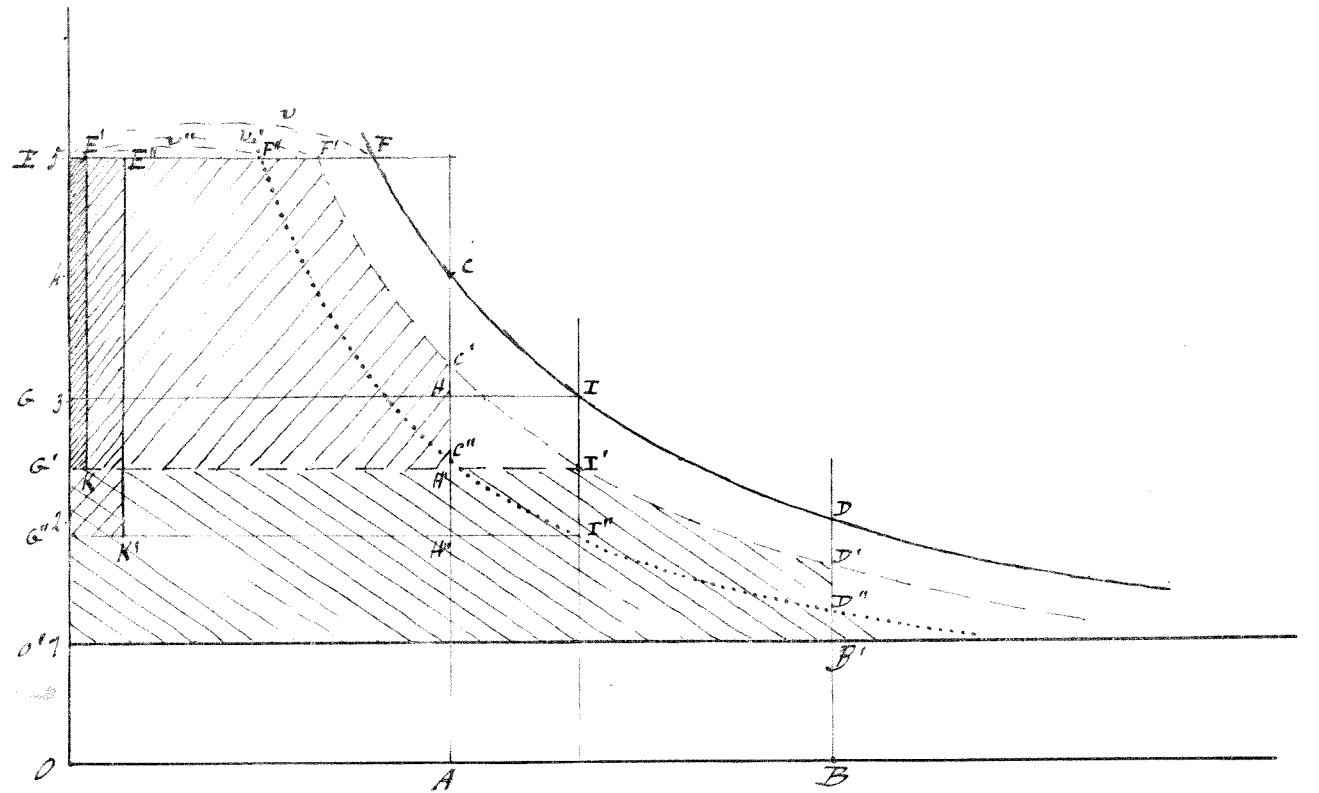
Si la tige DC ou DC' est suffisamment longue, les deux directions CD et C'D' seront sensiblement parallèles en réunissant alors les points C et C' par une Coulisse de rayon égal à la longueur de la tige de tiroir en passant par la position C, C' et si dire de l'introduction $\frac{1}{2}$ à la position C' est à dire $\frac{1}{2}$ d'introduction en passant par tous les intermédiaires.

Pour maintenir la Coulisse dans sa position et la fait de faire passer à l'un de ses points, par exemple au point milieu M une ligne parallèle ou sensiblement parallèle aux directions CD ou C'D'

L'introduction dans le petit cylindre pouvant varier des $\frac{1}{5}$ au $\frac{1}{2}$, voyant qu'il est possible de satisfaire ces conditions sans gêner le deuxième.

En revenant pour la construction de la Courbe des premiers les mêmes dispositions que plus haut, nous voyons que à l'introduction de $\frac{1}{2}$ la manivelle OA est à l'extrémité de son

une position notablement élevée;



Cependant que l'introduction de $\frac{1}{2}$ elle sort à une position beaucoup plus faible et ne rencontre la ligne T qui représente la surface atmosphérique un peu au delà du double du volume du petit cylindre.

Pour la pratique, pour suite des condensations, elle la rencontrera plus tôt, aussi ne peut prendre pour volume du grand cylindre plus du double de celui du petit. O A représente le volume du petit, O B représente celui du grand son diamètre sera de 113 mm

Detente Nous avons vu plus haut qu'en faisant varier la detente de deux chaque cylindre, on pouvait arriver au rendement maximum, tout en reportant également le travail entre les deux cylindres.

La detente dans le grand devant être fixe, pour les raisons énoncées plus haut; pour former de part et d'autre de la tige de travail normalement un écart égal en plus ou en moins il y a lieu de régler la detente du grand de manière à également partager aussi également que possible le travail sans avoir trop de detente.

Le 17 In travail à pleine pression. ~~grande force~~
 Cette force est représentée par le rectangle EE"K'G"
 Pour l'introduction moyenne elle est $\frac{1}{2}$ du
 travail à pleine pression, et représentée par le
 rectangle EE'K'G'.

Nous pouvons connaître la valeur de ces deux
 rectangles en moyen du grand rectangle O'DDB'
 dont nous connaissons la surface et le poids.

Nous avons

$$\frac{O'DDB'}{EE"K'G''} = \frac{100 \times 20}{71 \times 62,5} = \frac{16,05}{x}$$

et

$$\frac{O'DDB'}{EE'K'G'} = \frac{100 \times 20}{1,85 \times 51} = \frac{16,05}{y}$$

D'où on tire

$$x = 3,58$$

$$y = 0,75$$

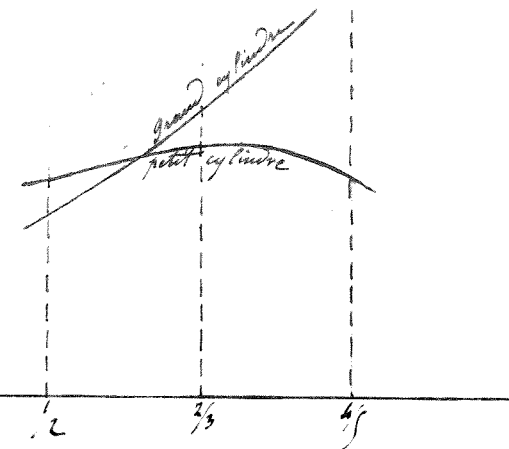
En nous servant nous avons donc

		$\frac{1}{5}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$
Petit cylindre	travail utile	14,41	17,33	17,85
	à négatif	0,00	0,75	3,58
Grand	travail positif	14,41	16,58	14,27
		28,15	19,00	11,98
Total		42,56	35,58	26,25

Construisons les Courbes de Chaque Travail en
 servant pour abscisses les Introductions et pour ordonnées
 les travaux.

Le point de rencontre de ces deux Courbes nous
 montre que l'égalité des travaux a lieu pour
 une introduction comprise entre $\frac{2}{3}$ et $\frac{1}{2}$

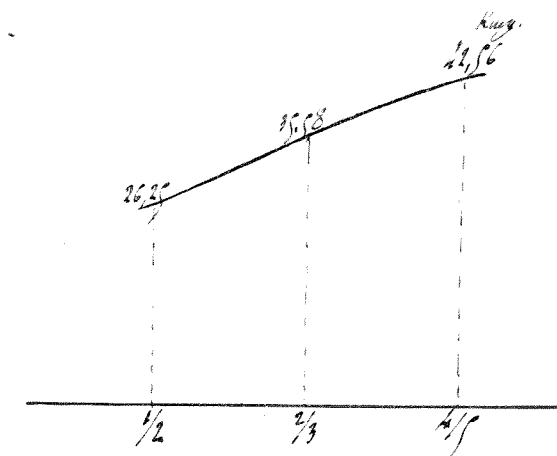
Mais dans l'étude précédente, nous avons supposé
 qu'il n'y aurait aucune chute de pression de l'air.



grand, autre que celle résultant de l'introduction
 dans le grand; mais en réalité cette chute est
 toujours plus grande, par suite des refroidissements, des
 frottements et des frottements dans les conduites;
 Le Courbe du grand cylindre se trouverait au
 peu abaissée.

La Courbe de travail total
 pour chaque détente, est
 représentée ci-contre.

Elle indique que le
 travail varie sensiblement
~~proportionnellement à l'intro~~
~~l'angle d'ouverture d'une~~
 façon à peu près constante
 Ce fait doit être certain
 que la régulation par la



Machin par la détente se fera d'une façon uniforme
 quelque soit les pressions qu'on emploie, pour la machine
 pression comprise entre 26,25 et 42,56 par demi-tour.

Nombre de Nous avons vu plus haut que l'effort maximum
 pour à prendre sur le volant de la machine était de 170 kg.
 Or chaque tour de machine, pour la détente
 moyenne, nous donne 71,16 kg. théoriquement. En
 admettant un rendement de 75% de l'indicateur on
 aura par tour $\frac{71,16 \times 75}{100} = 53,37$ kg. En faisant faire
 3 tours par seconde à la machine, on aura
 1. l. = 0. t. 11 + 0. 0 100 kg. X

Si l'on veut agir sur la vitesse de la Machine et porter son nombre de tours à 3,4 par le nombre de tours de régulateur ~~de 100 à 120~~

~~$\frac{4 \times 100}{3} = 133,33$~~

et pour le même régime $\frac{4 \times 120}{3} = 160$

~~l'effort de régulateur~~

Le nombre de tours de régulateur devant rester le même, les efforts des palettes seront :

		rayon à l'arbre	rayon de régulateur
pour	3 tours	4	3
	4	1	1
		4	4

Le même bras devant commander le régulateur pour des vitesses différentes on aura ^{une même} relation suivante entre les rayons des palettes :

en supposant les joints de roulement sur une même ligne droit passant par le centre.

$$\begin{cases} \pi R + 2d + \pi r = C \\ \pi R' + 2d + \pi r' = C \\ \pi R'' + 2d + \pi r'' = C \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R + r = c \\ R' + r' = c \\ R'' + r'' = c \end{cases}$$

D'un autre côté nous avons :

$$\frac{R}{r} = \frac{4}{3}, \quad \frac{R'}{r'} = \frac{4}{4}, \quad \frac{R''}{r''} = \frac{4}{5}$$

Si nous faisons $R' = 50$ nous aurons

$$\begin{aligned} R &= 57,1 & r &= 42,9 \\ R' &= 50 & r' &= 50 \\ R'' &= 46,4 & r'' &= 55,6 \end{aligned}$$

l'écrou de l'arbre ^{pour} nous avons les formules établies par le Cop. Charles Renard.

$$\rho^3 = \frac{2RF}{K\pi} \text{ et } x = \frac{AT\rho^4}{R^3F}$$

$$\rho^3 = \frac{15 \times 6,5}{150 \times 3,14} = \frac{97,6}{471} = 0,207 \Rightarrow \rho = 0,59$$

$$x = \frac{25 \times 1100 \times 2,437}{15^3 \times 150} = 29,9$$

ρ	rayon du fil	= 5,25
$2R$	id. d'écroulement moyen	= 150
F	effort maximum permis	= 6,5
A	allongement ou raccourcissement	= 25
T	limite d'élasticité	= 11000
K	coefficient de sécurité	= 1,5
x	nombre de spires	= 23,6

Chaudière

La chaudière sera du type adaptée pour les voitures trails de Campagnon M^e 1880

L'enveloppe en bois recouvrira complètement la chaudière. La partie inférieure de la chaudière reposera sur un socle en fonte devant de Amillet.

La partie de la chaudière aura 27 sur 16 elle sera complètement fermée par un panneau en tôle d'acier ou feron régler l'ouverture de manière à activer plus ou moins le feu.

L'ouverture maximale à partir de laquelle il y a intérêt à la diminuer avec la crenaillette étant de 2 fois la section de la cheminée, nous aurons :

$$\pi r^2 \times 2 = 16 \times 16 + 2 \left(\frac{27 \times 27}{2} \right)$$

$$x(16+27) = \pi r^2 \times 2$$

$$x = \frac{2\pi r^2}{43} = 10,6$$

La crenaillette aura donc 106 ^{cent} de longueur.

Surchauffeur

À la sortie de la chaudière, la vapeur sera dirigée dans un serpentif placé dans la cheminée à la sortie de la chaudière.

Ce serpentif est formé d'un tube de fer soudé à recouvrement de 60 ^{cent} intérieur sur sa longueur.

La surface est donc $\pi 60^2 \times$