

LA VAPEUR EN MODELISME NAVAL

JE CONSTRUIS UN MOTEUR OSCILLANT

Il existe quantité d'études sur la machine à vapeur décrivant son développement depuis son apparition. En résumé, plus d'un siècle de perfectionnements font que la machine prend une forme et un mode de fonctionnement qu'il est difficile d'améliorer encore. En effet, l'étude du cycle de CARNOT démontre à l'évidence qu'il faut aller vers d'autres principes de fonctionnement pour générer de la puissance avec des rendements meilleurs. C'est la raison pourquoi la machine à vapeur a été détrônée par les machines à combustion internes (Diesel, turbine à gaz etc...)

Pour revenir à la vapeur, la machine traditionnelle offrant pratiquement le meilleur rendement et utilisée jadis de façon classique en marine est la machine compound à double, triple, voire quadruple expansion. La vapeur surchauffée et à haute pression, venant du générateur (chaudière) va subir 2,3 ou 4 détente successives en passant de la partie haute pression de la machine à vapeur (piston de faible diamètre) vers la partie moyenne pression (piston/s de diamètre moyen) et finissant sa détente dans la partie basse pression (piston de diamètre important). Cette dernière partie de la machine communique à la sortie de vapeur avec une pompe (dite à air) qui a pour mission d'abaisser la pression de détente finale de façon à récupérer le maximum de travail mécanique possible.

Venons-en maintenant à nos petites machines utilisées en navimodélisme. La logique nous suggère l'utilisation de machines compound à multiples expansions de dimensions réduites à l'échelle de nos modèles.

Pour les modélistes qui ont tenté de la faire il est apparu très vite que les aléas inhérents au système de fonctionnement mécanique, supportable ou acceptable sur des machines de vraie grandeur, ne le sont plus sur des modèles réduits. Pensons par exemple au démarrage de la machine compound lorsque le piston H.P. (haute pression) se trouve au P.M.H. ou P.M.B. (point mort haut/bas). Bien sûr, il y a les astuces, mais dans ce cas on peut se demander ce que devient le réalisme. On pourrait encore penser à ajouter la pompe à air, le condensateur, la pompe alimentaire et une bêche alimentée en eau traitée, voire déminéralisée ou ayant passée par une chaudière martyre. (Ce type de chaudière était quelques fois utilisé pour "faire" de l'eau douce au départ d'eau de mer.).

Tous ces auxiliaires entraînent une dépense d'énergie qu'il faut soustraire de la puissance générée par la machine principale. Dans le cas de nos petits bateaux, il ne resterait plus grand-chose pour entraîner l'hélice. Il nous faut donc revenir "sur terre" et c'est pourquoi nos petits bateaux seront propulsés par des machines à un, mais bien souvent à deux cylindres, à double effet et dont les manivelles sont décalées de 90° permettant un démarrage facile en marche avant et arrière. Chaque cylindre sera alimenté en vapeur vive.

Reste à décider si la machine sera de type pilon à tiroirs plan ou cylindrique, ou oscillante.

La machine de type pilon offre la possibilité d'assurer une bonne utilisation de l'énergie délivrée par la vapeur du fait qu'il est possible de faire travailler la machine avec une "certaine détente" de vapeur. Il est cependant très peu vraisemblable qu'il soit possible d'effectuer le réglage des tiroirs/ coulisse/ excentrique/ jeu mécanique, pour y arriver pratiquement (ce est-à-dire mesurable au frein de PRONY par exemple).

On pourra faire varier la pression de la vapeur dans des proportions intéressantes, par exemple de 2 à 6/7 bar. Il s'avère cependant dans la pratique que la poussée exercée sur le tiroir plan engendre un frottement excessif lorsque la pression est trop forte. Il faut donc, soit travailler à pression "normale" (± 3 bar) en utilisant une cylindrée plus grande s'il faut plus de puissance, soit utiliser des tiroirs cylindriques qui, eux, ne souffrent pas du phénomène. Il faut encore mentionner à l'encontre des hautes pressions que la chaudière doit être conçue "pour", mais plus gênant encore, c'est le brûleur qui devra "cracher" une énergie thermique beaucoup plus importante. Sans entrer dans des calculs théoriques (qui engendrent dans la plupart part des cas un urticaire intellectuel) il faut penser à doubler la puissance de ce ou ces derniers pour vaincre les pertes thermiques et compenser le rendement médiocre de la combustion.

Faut-il rappeler aussi un principe mécanique qui dit que chaque frottement engendre une perte d'énergie ? Sans entrer dans les détails, on peut dire que; plus il y a de points de frottement, et moindre sera la puissance rendue par la machine.

Dans le cas de nos petites machines à 2 cylindres et coulisses de Stephenson, on ne compte pas moins de 25 points de frottement. Dans le cas de machines réelles, de plusieurs centaines de C.V. (Chevaux vapeur) les frottements sont "tolérables". Dans le cas de nos petites machines, il est fort probable sinon certain qu'ils amputent la puissance rendue d'un gros pourcentage.

Le cheminement des raisonnements ci-dessus conduit à une approche favorable de la machine oscillante, qui, n'ayant pas le même réalisme que les machines à pilon ci-dessus, a néanmoins beaucoup d'atouts de son côté. En effet une machine à 2 pistons à double effet compte ± 12 points de friction, soit la moitié des autres machines. Elle est plus simple à construire et s'usera moins vite.

On a quelque fois décrié le système de distribution de vapeur en arguant que celle-ci, côté échappement, opposait une résistance à la vapeur entrante ce qui entraînerait une perte de puissance.

Cela n'a pas été démontré mathématiquement parlant.

En contre partie on constate que l'espace mort, c.à.d. celui qui doit être rempli de vapeur à chaque tour et qui ne participe pas à générer de la puissance, est moindre dans le moteur oscillant.

En effet, il suffit de calculer le volume au-dessus du P.M.H. et B. et le volume du conduit entre ceux-ci et la glace de la distribution. On voit de suite que ce volume est supérieure dans le cas de la machine à pilon.

Un autre argument avancé en défaveur de la machine oscillante est celui qui limite la pression de vapeur provoquant à un certain moment l'écartement du cylindre de sa glace.

En pratique, on constate que cela ne se produit qu'au delà d'une pression de 3 bar au niveau de la glace. Il reste donc, que, compte tenu de la perte de charge (chute de pression due au frottement de la vapeur lors de son passage dans les robinets, tuyauteries, accessoires etc.), la pression de vapeur à la chaudière peut monter à min. 4 bar. De plus le phénomène décrit est plutôt rassurant, car il fait office de soupape de sécurité en cas de surpression accidentelle.

A la lecture ci-dessus il semble donc raisonnable d'opter pour une machine à propulser de type oscillante.

On peut supposer que beaucoup de vaporistes ont consciemment ou inconsciemment réagi de la même façon et cela se constate au bord de l'eau où seul les "purs et durs" perdurent dans l'utilisation de la machine à pilon.

Après l'avalanche de mots amalgamés dans de trop longues phrases, il faut passer à l'action pratique; soit d'achat d'un engin "tout fait", soit la construction d'un engin "fait main".

L'achat d'un engin "tout fait" n'a qu'un avantage, c'est d'assouvir un désir dans un délai immédiat, encore faut-il disposer des ressources financières, ce qui n'est pas toujours le cas.

L'élaboration du moteur "fait main" propose par contre la satisfaction de pouvoir dominer la matière mais demande un investissement en temps, matière grise et outillages divers.

Le choix est donc lié à plusieurs facteurs que chacun devra aborder à sa façon.

Après avoir opté dans un premier temps pour la machine à pilon et avoir conçu, construit et testé en pratique plusieurs engins, votre serviteur l'a cloué au pilori pour se vouer au moteur oscillant.

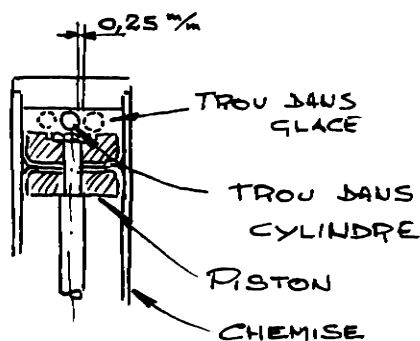
Il existe quantité de concepts assujettis à ces petites machines et il a donc fallu en tirer la quintessence.

Un virus mécano-thermique m'ayant été inoculé vraisemblablement par voie atavique d'une part et l'aboutissement d'essais pratiques d'une décennie d'autre part ont conduit ci-après à une description de construction vue à travers la lorgnette d'un vaporiste oscillant (ne pas rire s.v.p.)

Les règles observées sont :

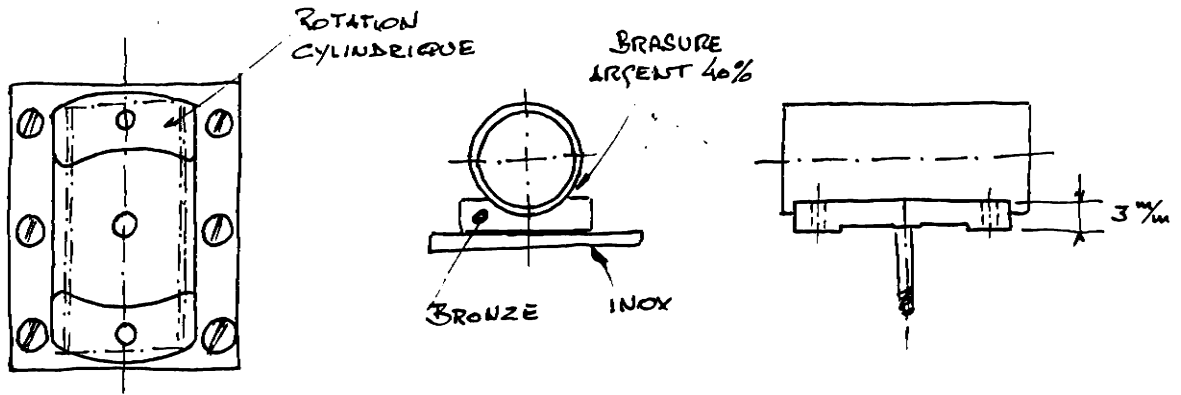
1. - laisser un espace minimal compatible entre les orifices d'entrée et de sortie de la vapeur.
2. - utiliser des métaux inoxydables ayant un coefficient de frottement réduit.
3. - assurer une étanchéité des pistons s'ajustant automatiquement en fonction de l'usure.
4. - réduire au maximum les masses en mouvement.
5. - faire correspondre les orifices d'entrée et sortie de vapeur le plus exactement possible.
6. - assurer un maximum d'étanchéité de la tige de piston sans passer par le bourrage mécanique

Le point 1, établi pratiquement, est de 0,25 mm.

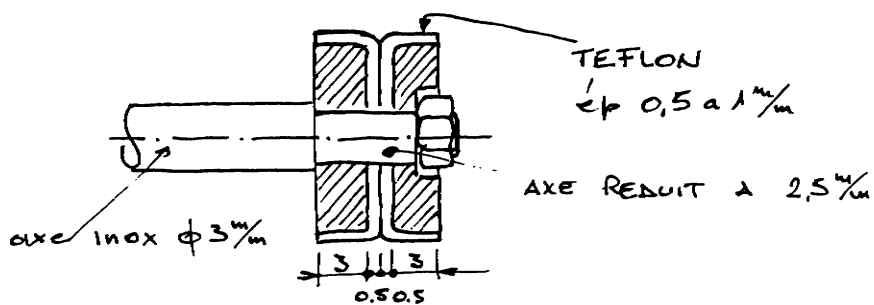


Les puristes pourront vérifier que cette espace correspond à un angle de manivelle de l'ordre de 7 à 10° (soit 2 à 3 % de la course)

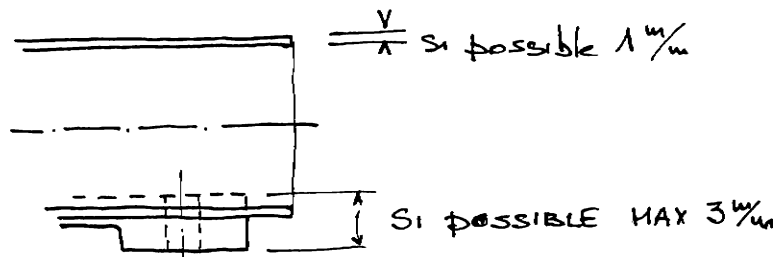
Le point 2. préconise l'utilisation de bronze pour le patin de cylindre et l'acier inoxydable pour la glace, le minimum de frottement est atteint lorsque le patin adopte une forme de rotation cylindrique.



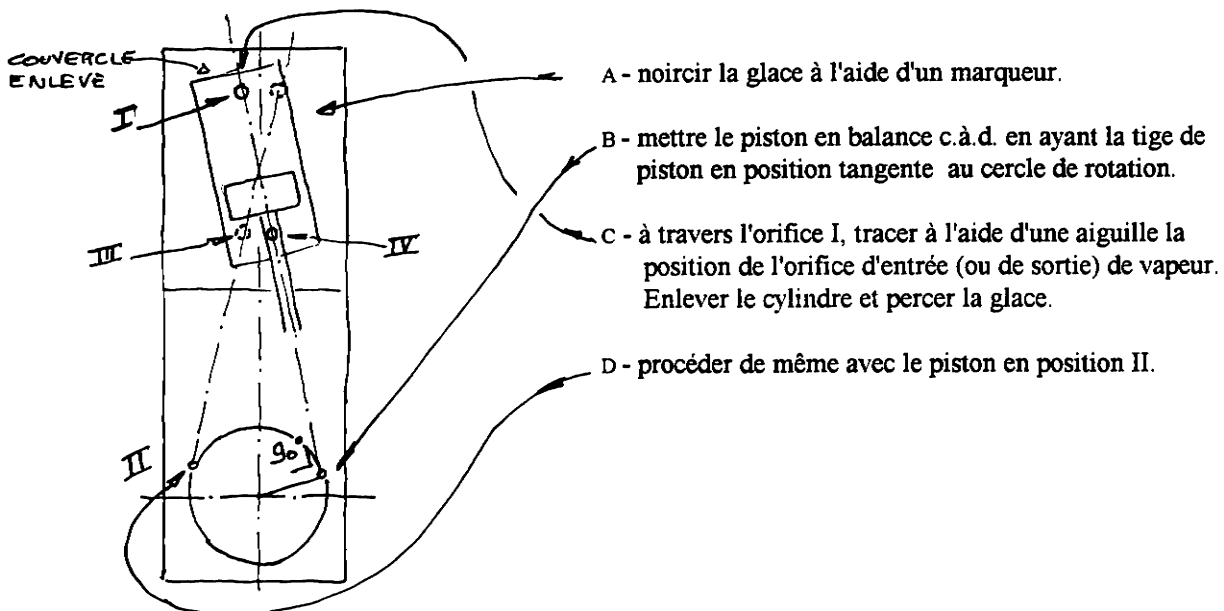
Le point 3. est résolu au moyen de Téflon (résistant à haute température) façonné en forme de coupelles.



Le point 4. sera atteint en diminuant au maximum les parois du cylindre et du patin.



Le point 5. peut-être respecté si l'on opère de la façon suivante :



Après avoir percé les 2 orifices du haut, enlever la bielle et le piston, et remettre le cylindre en place. Caler l'orifice I (et II) avec une tige de diamètre égale aux trous et tracer les orifices à percer dans le bas (en III et IV). Enlever le cylindre et percer.

Le point 6. sera résolu de façon satisfaisante si on a soins de prévoir une guidance de la tige du piston de 13 à 15 mm. Il reste à mettre tous cela en musique et c'est ce que nous allons faire ci-après.

On peut arriver à la conception finale du moteur en cheminant à travers les dédales des précédents cahiers (I à IV) mais, ayant observé une réserve très nette de la part des lecteurs à ce sujet, je propose de suivre un chemin qui ira de A vers B en ligne on ne peut plus droite.

- Déterminons la puissance (coques à déplacement).

Il existe deux formules semblables qui dépendent de la longueur de flottaison, une Anglaise et une Hollandaise avec une différence de l'ordre de 40 % entre les 2 pays.

Nous opterons donc pour les valeurs les plus faibles, soit les Hollandaises en y ajoutant 20 %.

Cylindrée en $\text{cm}^3 = \frac{L \times l \times T}{f}$	L = longueur de flottaison	L = 75 cm	f = 4350
	l = largeur maximum	90	4000
	T = tirant d'eau	100	3900
	f = facteur dépendant de L	120	3600
		140	3300
		150	3000

Exemple : Bateau à construire - longueur de flottaison 100 cm f = 3900
 largeur au maître bau 26 cm
 tirant d'eau 9 cm

$$\text{Cyl. en cm}^3 = \frac{100 \times 26 \times 9}{3900} = 6 \text{ cm}^3 + 20\% = 7,2 \text{ cm}^3$$

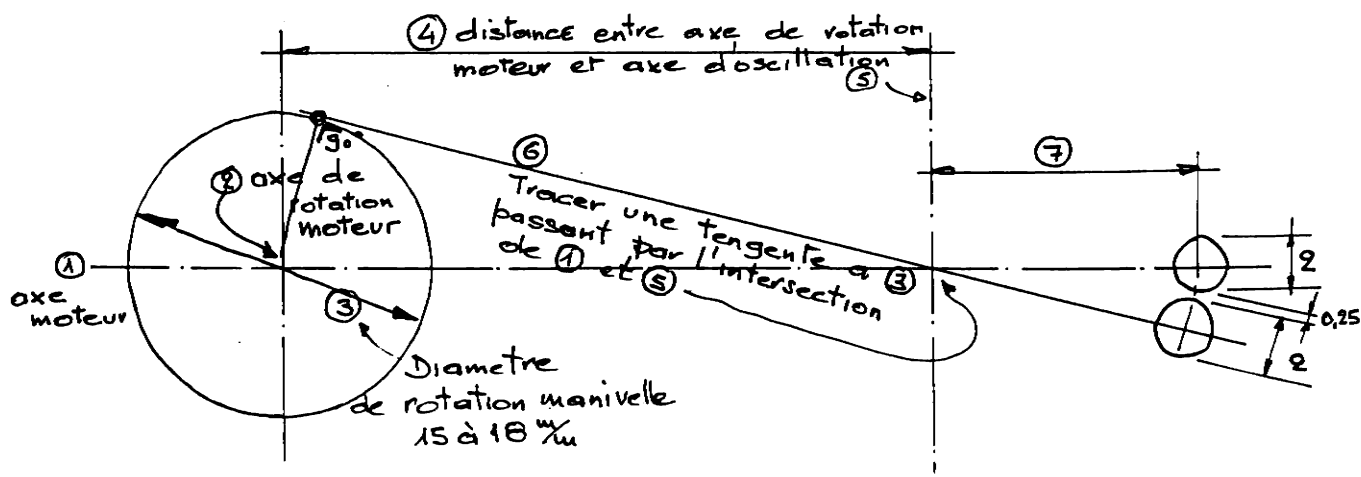
Connaissant la cylindrée, nous en déduisons les dimensions de la machine, en gardant en mémoire les critères énoncés de 1 à 6.

Sans en expliquer le pourquoi théorique il faut faire travailler la vapeur à des vitesses "convenables". Ceci implique des diamètres de trous d'alimentation et retour de vapeur au niveau des glaces tournant autour de 2 mm pour des cylindrées normales de 5 à 10 cm^3 .

On dessinera un moteur à l'échelle de $\frac{5}{1}$ (donc 5 fois plus grand) ou plus et on détermine les dimensions

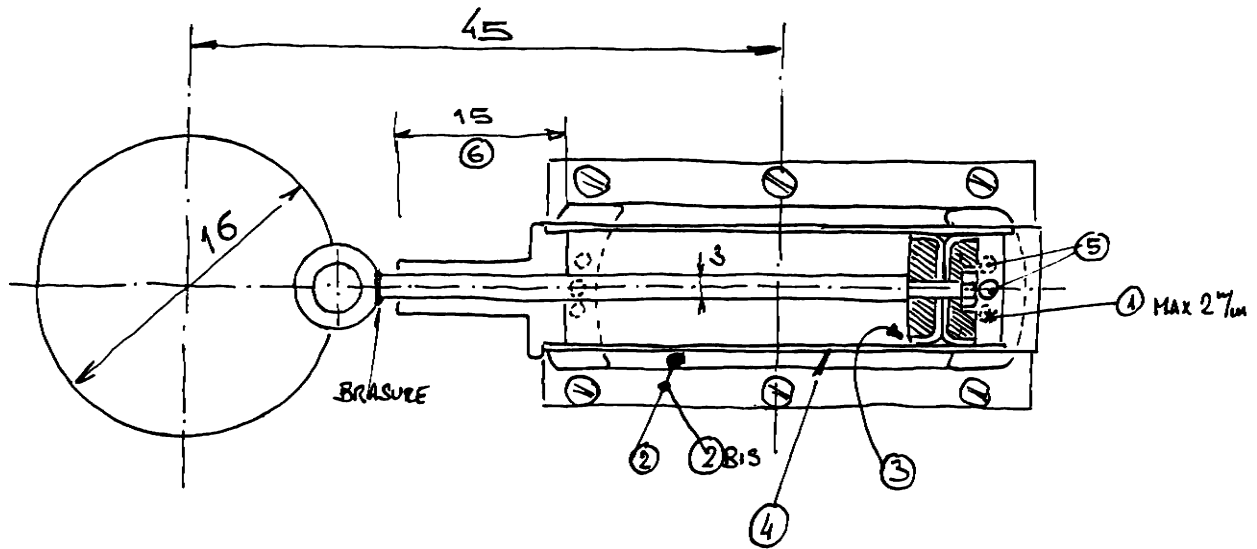
principales, c'est-à-dire, a la distance entre l'axe d'entraînement et l'axe d'oscillation, b les dimensions du cylindre.

Pour construire un moteur compact il faudra un diamètre de rotation de la manivelle qui se situe entre 15 à 18 mm. Tenant compte de cela, commençons notre dessin.



⑦ Tracer une distance telle que les deux trous de 2 mm de diamètre laissent un espace libre entr'eux de 0,25 mm, la distance ⑦ moins 1 mm correspond à l'espace libre pour faire circuler le piston sur une demi course.

Si on ramène l'axe ⑥ sur l'axe ① c'est comme si la tige de piston se trouverait dans l'axe moteur.
Poursuivre l'investigation en traçant les côtes d'encombrement du piston, de sa tige, du bourrage etc.



LES COTES SONT DONNEES
A TITRE D'EXEMPLE (PAS A L'ECHELLE)
DESSIN A EXECUTER
A L'ECHELLE 5/1 OU PLUS

Les règles énoncées ci avant sont observées, c'est à dire :

1. espace mort réduit
2. inox 18/8 2bis bronze
3. Téflon.
4. Paroi inox ou laiton/bronze de 1 mm d'épaisseur
couvercles soudés au plomb.
5. Voir comment faire ci avant.
6. Guide de 15 mm.

Quelques dessins plus tard, le constructeur aura vite appris qu'il pourra broder autour des mesures de l'exemple (c.à.d. les 16, 7, 4, 15 et 7 mm.)

Reste à déterminer le diamètre du piston pour se conformer au résultat de la cylindrée calculée ci avant de 7,2 cm³.

$$\text{Volume cylindrée} = \frac{\pi \times D^2}{4} \times C \times n$$

$$7,2 \text{ cm}^3 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \times 1,6 \times 4$$

D = diamètre du piston

C = course

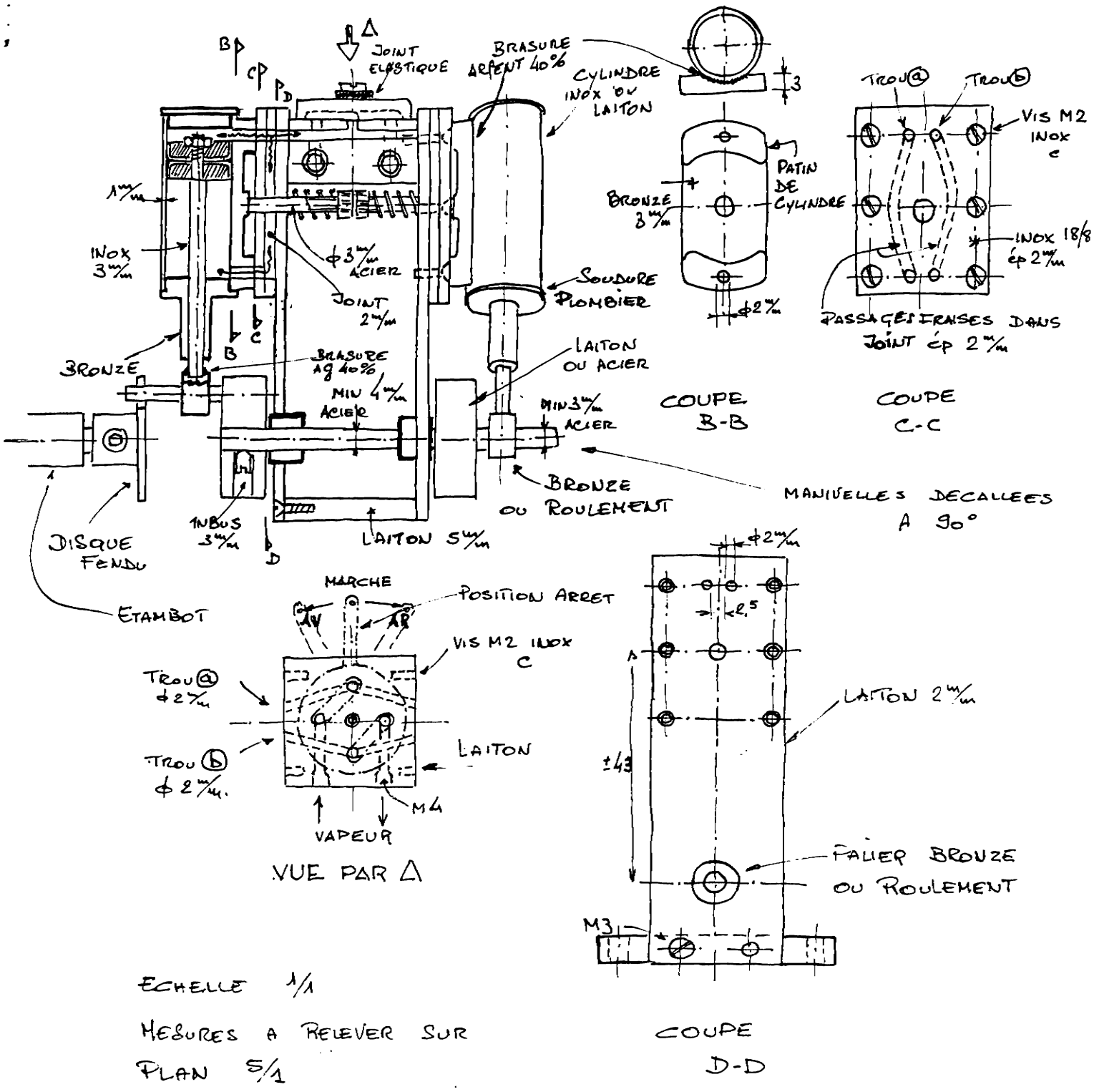
n = nombres d'effets

$$\frac{7,2 \times 4}{1,6 \times 4 \times \pi} = D^2 = 1,43$$

$$D = \sqrt{1,43} = 1,2 \text{ cm}$$

Le reste du plan n'est plus que de l'application mécanique élémentaire que tout constructeur pourra extirper de sa manche avec plus ou moins de bonheur.

Ci-après figure un croquis exploité avec bonheur lors de mes constructions multiples et qui pourra, si le lecteur le juge utile participer à la construction pratique d'un moteur oscillant.



ECHELLE 1/1
 MESURES A RELEVIER SUR
 PLAN S/1