

Gemini un moteur pour le Flash steam

Source de documentation

Article originaux parus dans *Model engineer*. Tiré à part publié chez TEE publishing

Year	Volume	Issue	Page	Author	Title	Notes
1969	135	3380	1059	Edgar T. Westbury	Flash Steam (Gemini)	"Installation of Gemini engine in a boat hull, alternative types of engines, V-4 engines, constructive comments, temperature control"
1969	135	3374	736	Edgar T. Westbury	Flash Steam (Gemini)	"Pump valves, valveless feed pumps, pump unit for Gemini twin engine, observations"
1969	135	3381	1110	Edgar T. Westbury	Flash Steam (Gemini)	"Non-condensing uniflow engines, original by Malcolm S. Don (poppet valve) (see 47 1119 317), a modified Don engine (C.L. Bennett), comments on lubrication (Gemini)"
1969	135	3375	788	Edgar T. Westbury	Flash Steam (Gemini)	"Pump unit for Gemini twin engine. Endplates, port blocks, pump blocks, flash steam for road vehicles"
1969	135	3376	842	Edgar T. Westbury	Flash Steam (Gemini)	"Pump unit for Gemini twin engine. Plungers, worm shaft bearings, pressure springs, features of feed pump design, plunger output control, boiler feed priming"
1969	135	3369	477	Edgar T. Westbury	Flash Steam (Gemini)	"J. Bamford's flash steamer Hero, the Jutton Brother's (Guildford) with Vesta II, suitable engines, modern apathy, J. Benson (Blackheath) with Erg, A. Rayman (Blackheath) with Chloe, rotary valves"
1969	135	3383	1229	Edgar T. Westbury	Flash Steam	"Gemini poppet valves, the ""Taurus"" twin-cylinder uniflow engine, castings for the Gemini engine (J. Whelan)"
1969	135	3370	528	Edgar T. Westbury	Flash Steam (Gemini)	"Front and rear end plates, steam chest, crankshaft"
1969	135	3371	580	Edgar T. Westbury	Flash Steam (Gemini)	"Balance weights, pistons, piston yokes"
1969	135	3372	632	Edgar T. Westbury	Flash Steam (Gemini)	"Connecting rods, flywheel, drive shaft and idler gear shaft, gear casing, gear wheels"
1969	135	3373	684	Edgar T. Westbury	Flash Steam (Gemini)	"Sump, breather, oil trough, rotary valve, valve settings"
1979	145	3607	453		Castings for Gemini (Whelan Models)	

Quelques mots sur le Flash steam

Le flash steam, passé dans le langage courant chez les modélistes vapeur, est un processus de vaporisation « instantanée » par passage d'eau pressurisée dans un chaudière monotube-monopasse, en fait un serpentin en tube fin en acier ou bien en cuivre si les températures et pression ne sont pas trop élevées. Ce mode de propulsion a fait rage dans la première moitié du XXème siècle, dans les courses de vitesse de bateaux hydroplanes modèles réduits. La vapeur produite est à haute pression

et haute température (vapeur surchauffée) ce qui pose des problèmes particuliers dans le domaine de la tenue des matériaux et de la lubrification.

Les chaudières monotube-monopasse nécessitent des moyens avancés pour leur régulation, moyens qui n'existaient pas à l'époque et qu'il est de toutes façons difficile de mettre en oeuvre sur des modèles réduits. C'est pour cette raison que le Flash steam est resté cantonné dans les courses de vitesse où seul le rapport poids-puissance a de l'importance et qu' aucune modulation n'est recherchée.

Le moteur Gemini

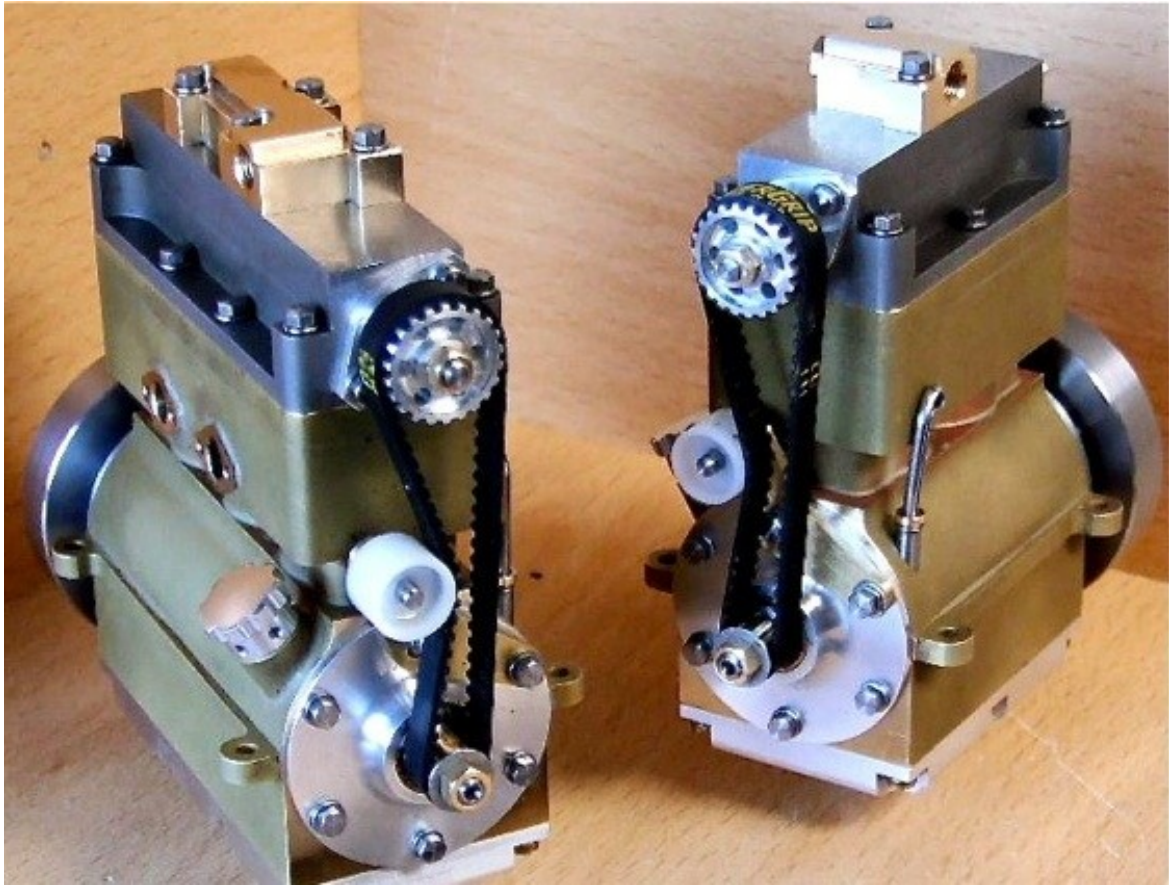
Ce moteur est dû à Edgard H. Westbury, un monument du modélisme anglais, très connu pour le développement de micromoteurs thermiques, encore prisés par des modélistes aujourd'hui, mais duquel on oublie sa parfaite connaissance de la vapeur et son engouement pour la recherche et l'innovation.

Le moteur Gemini est un bicylindre en ligne destiné à la compétition . C'est un moteur équicourant (Uniflow) dans lequel la vapeur circule toujours dans le même sens ce qui garantit un bon écoulement du fluide et un équilibre des températures. Le problème à contrôler est la recompression à la remontée du piston qui peut rendre ce moteur très difficile à démarrer voir le faire caler en fonctionnement.

Les moteurs de Flash steam sont des moteurs rapides fonctionnant entre 6000 et 12000 trs/mn pour des pressions de vapeur entre 20 bars et 60 bars, voire plus. Compte tenu de sa connaissance du milieu de la compétition d'hydroplanes, Westbury a produit un moteur minutieusement pensé mais orienté vers la simplicité, la compacité, la légèreté. Le moteur est conçu pour être usiné à partir de fonderies d'aluminium. Moyennant quelques modifications on doit pouvoir le réaliser sans fonderies.

Pour la distribution il a opté pour une solution rationnelle avec une vanne de distribution rotative, mais la conception du haut moteur autorise d'autres modes de distribution. Le choix d'un train d'engrenages n'est pas une lubie mais un choix, car en mode compétition la température du moteur atteint très vite 300°C ce qui laisse peu d'espoir pour la survie d'une courroie crantée.

On voit ci dessous une réalisation par Graham Meek (source <http://modelengineeringwebsite.com>) qui a pris quelques libertés d'avec l'original, pratique encouragée par Westbury dans sa série d'articles. Ce modéliste a construit les versions 2cyl en ligne, 3 cyl en ligne et V4. De l'avis même de Westbury la multiplication des cylindres n'a jamais démontré un avantage certain sur les mono et bicylindres.

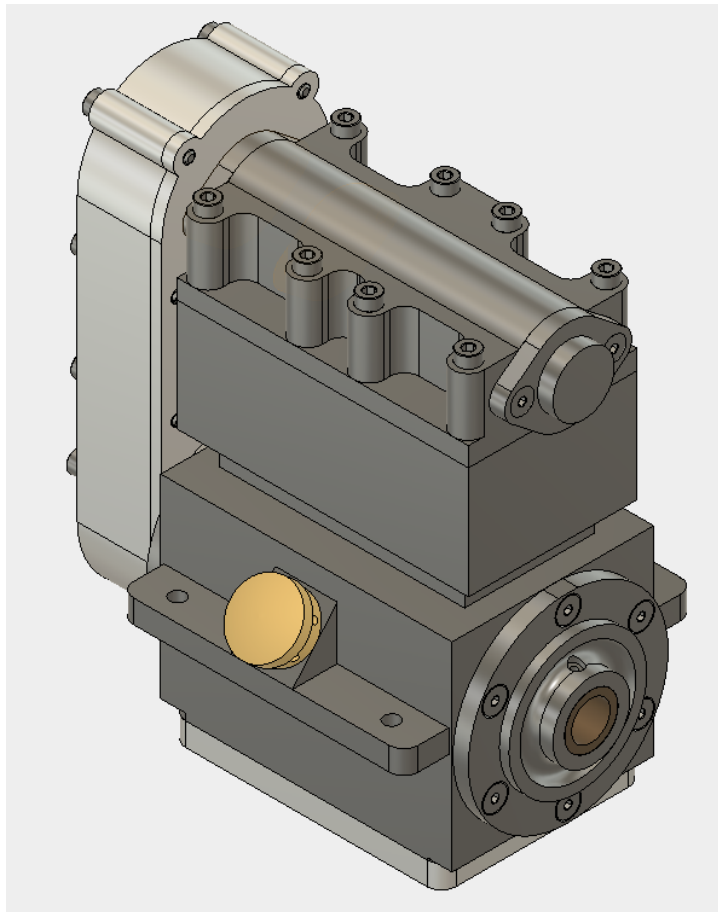


Description du moteur

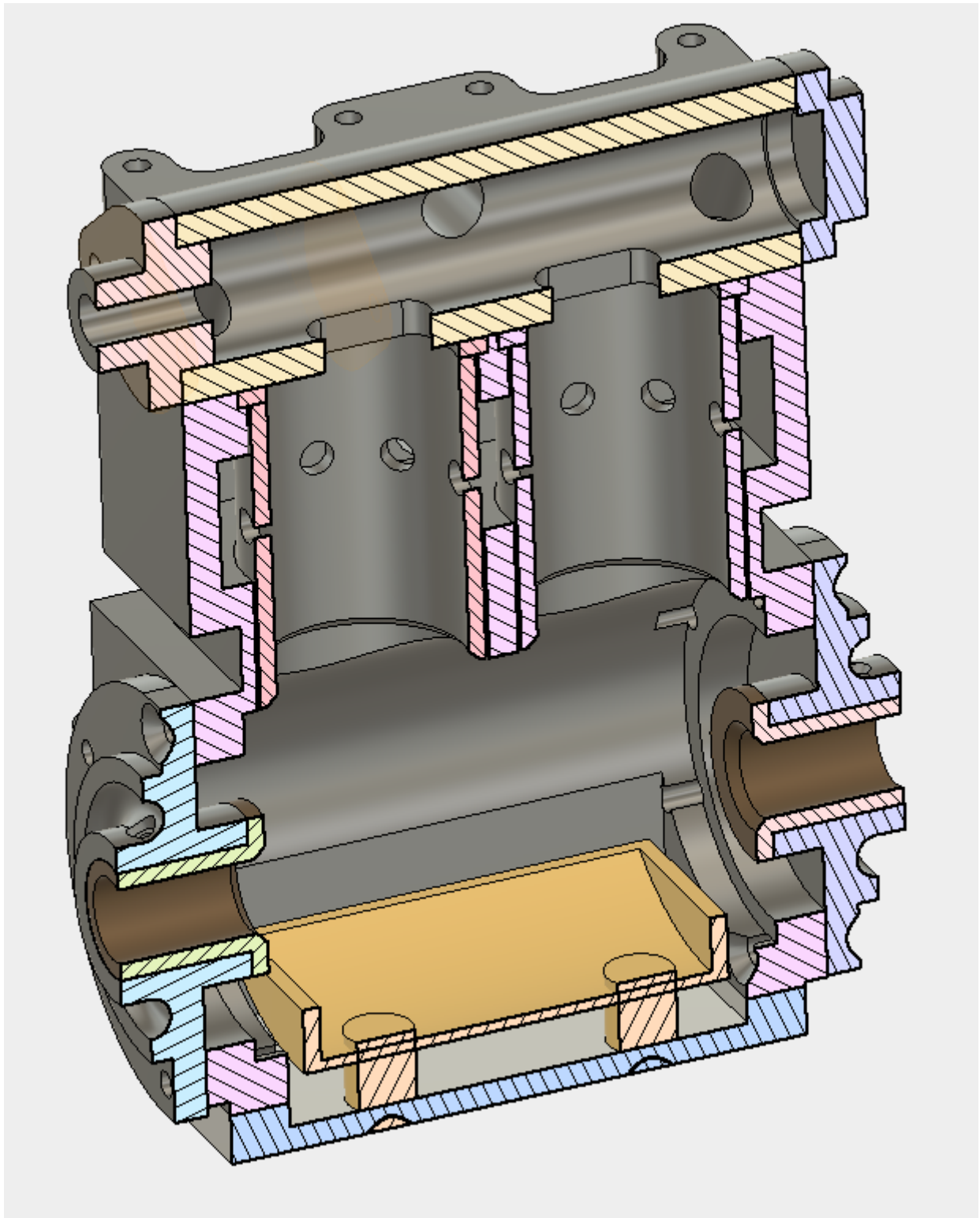
Éléments de structure

Le moteur comporte structurellement :

- un carter d'huile qui ne participe pas à la rigidité globale
- un bloc moteur flanqué d'un porte palier avant et d'un porte palier arrière
- d'un bloc de distribution attaché par boulonnage au bloc moteur. Il supporte un porte palier avant et un cache arrière.



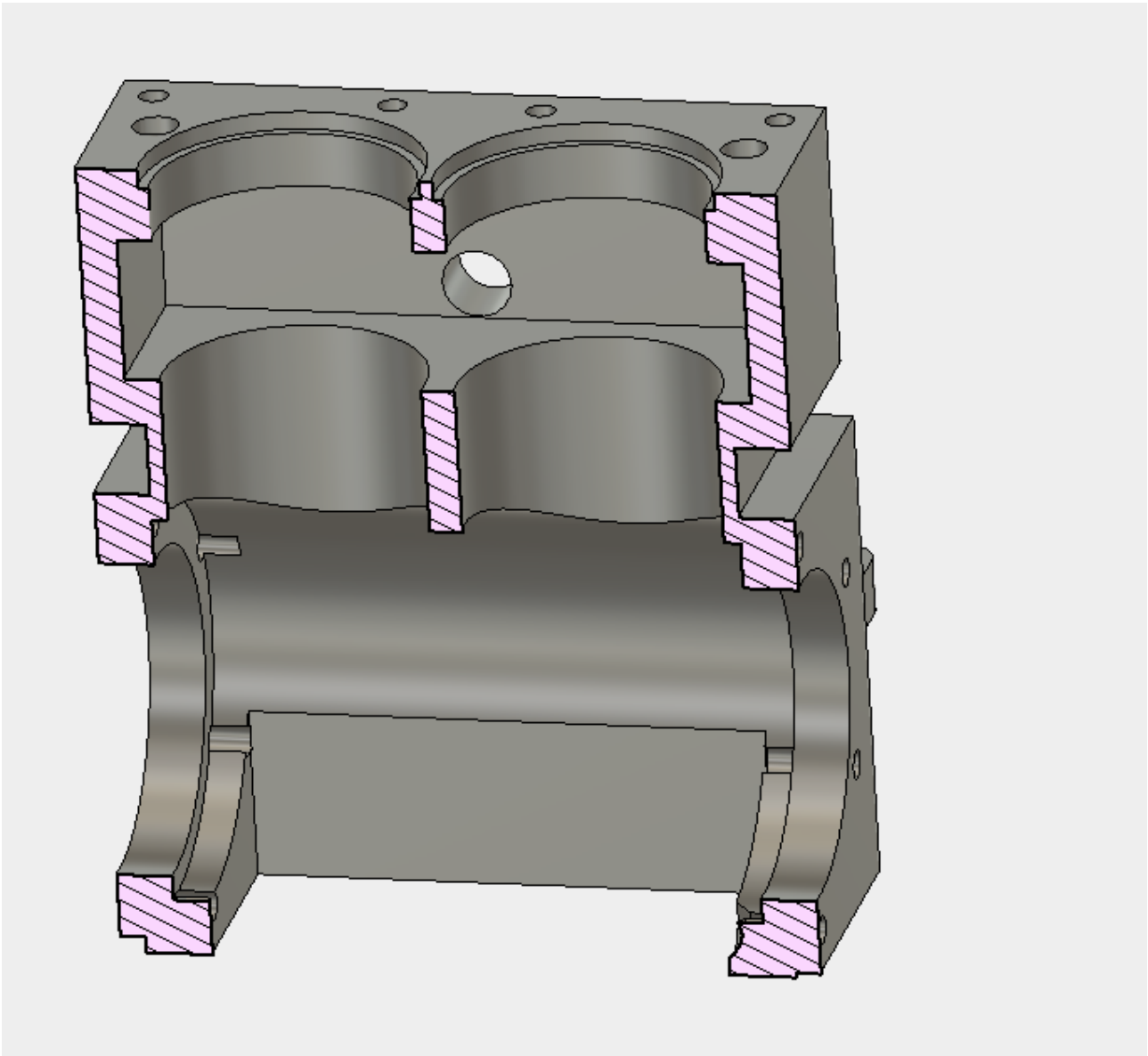
Sur l'arrière de la vue du moteur on voit l'ensemble de renvoi de distribution muni de son carter de distribution. Le gros bouchon sert à la mise à niveau de l'huile et d'évent d'équilibrage des pressions.



Sur cette coupe on distingue de bas en haut :

- le récupérateur d'huile et de condensats
- les deux paliers de vilebrequin en bronze

- les deux liners en acier ou en fonte selon la nature du piston qui s'y insère. On voit, au point mort bas du piston, les perçages des liners qui servent à l'échappement primaire en fin au point mort bas des pistons. C'est le principe même de l'Uniflow.
- au niveau distribution on voit au centre l'admission vapeur et à chaque extrémité des perçages qui sont les échappements secondaires pour diminuer la contre-pression lors de la remontée des pistons



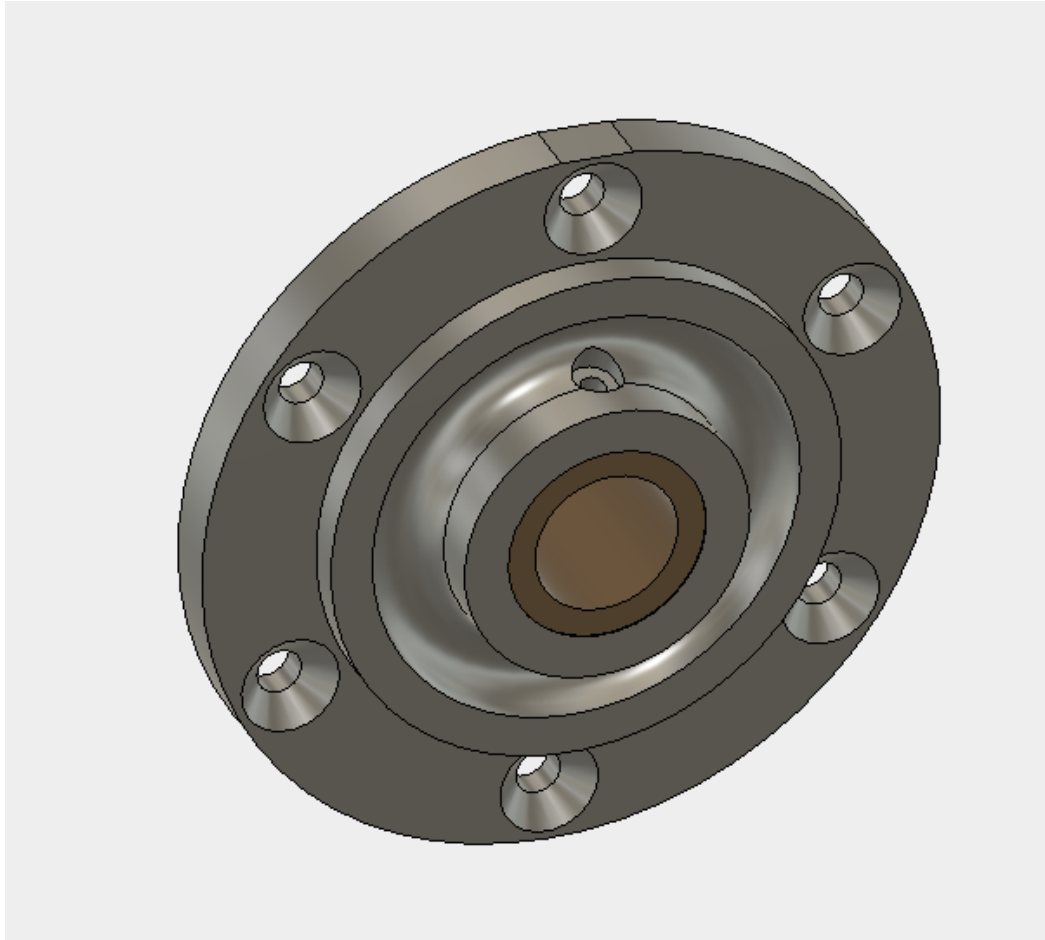
La chambre d'échappement est conçue pour :

- maintenir les cylindres en température
- maintenir une légère contre-pression qui semble être favorable au bon fonctionnement du moteur

- servir de silencieux car ces moteurs sont presque aussi bruyants que des moteurs thermiques.

Porte paliers

Ils ont identiques à peu de choses près. Il ne viennent pas de fonderie mais sont simplement tournés.



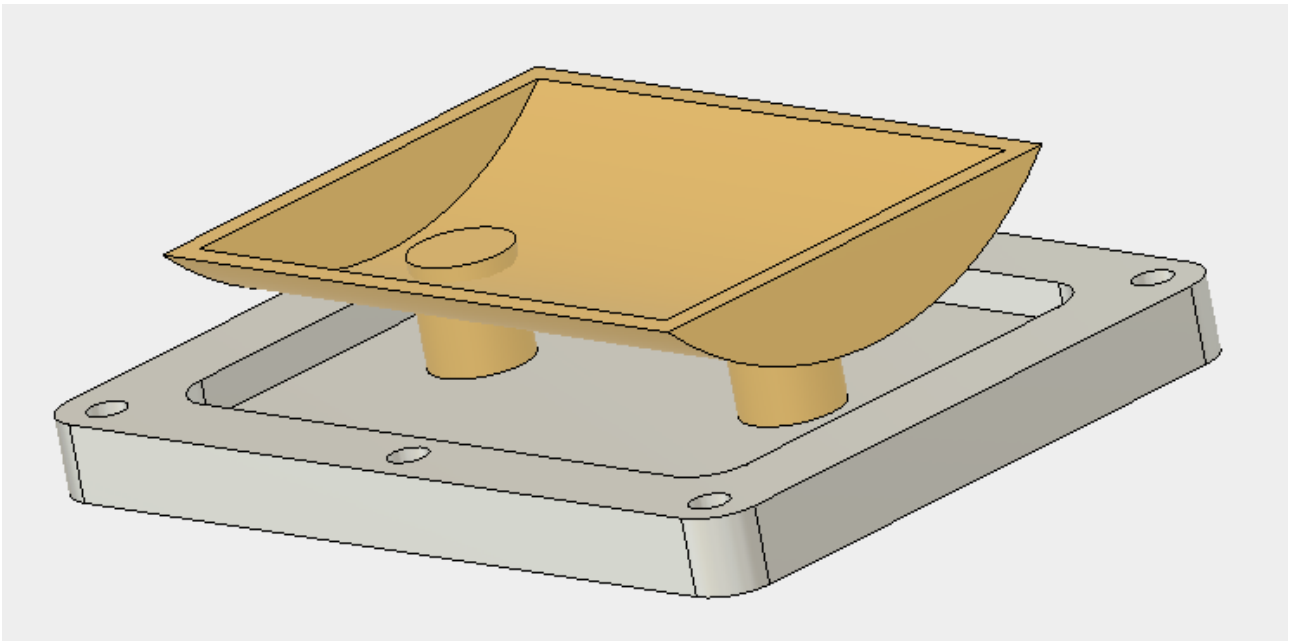
Les paliers sont en bronze. Un trou d'huilage est prévu, visible sur la vue ci-dessus

Carter d'huile

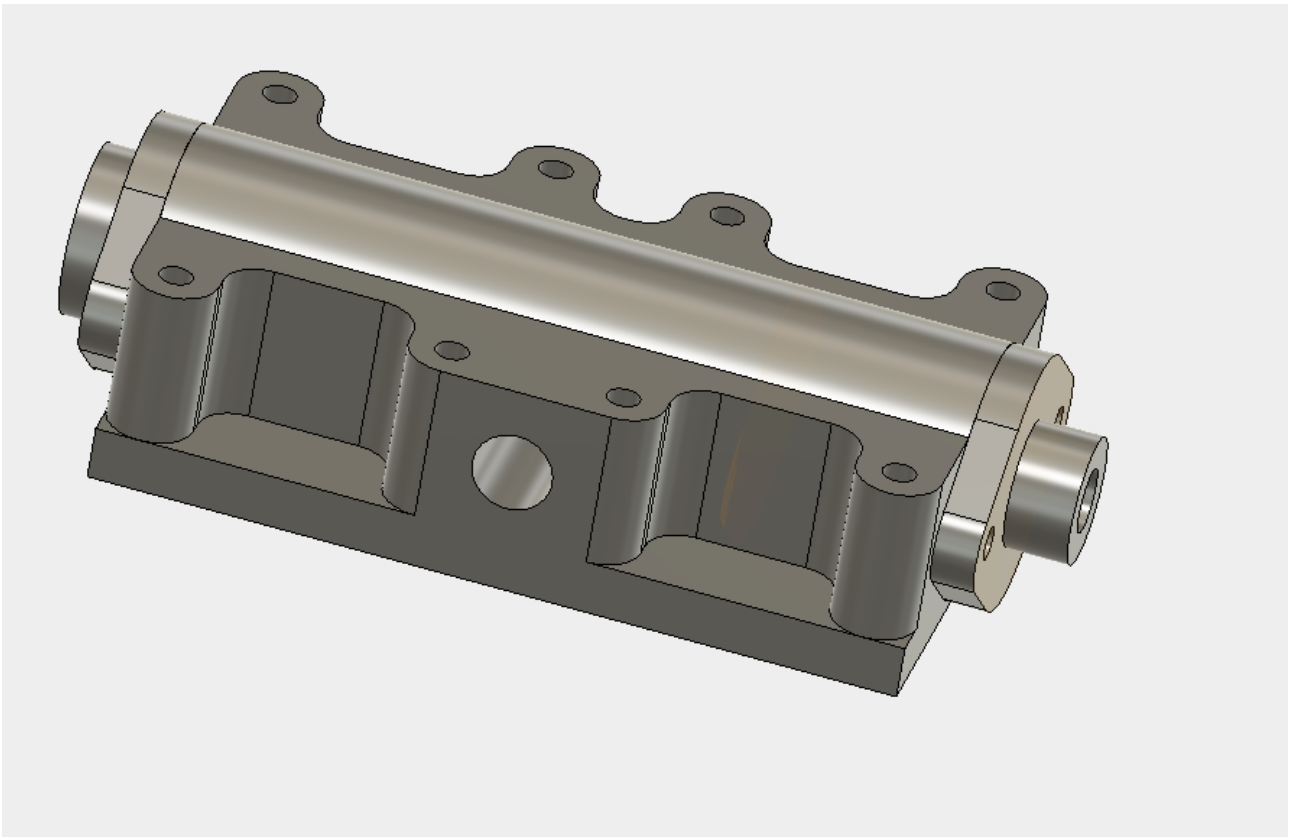
Rien de critique dans cette pièce réalisée en aluminium. Il faut s'en tenir aux cotes pour ne pas interférer avec la volée du vilebrequin.

Le bac de récupération d'huile est réalisé en laiton soudé à l'argent. La vidange et le nettoyage se font très fréquemment car inévitablement des condensats percolent via le cylindre et le piston, faisant avec l'huile¹ une vilaine mayonnaise qui ne lubrifie plus rien.

1 Dans cette partie « froide » peut-être que l'utilisation d'une huile soluble de machine outil pourrait valoir un essai ?

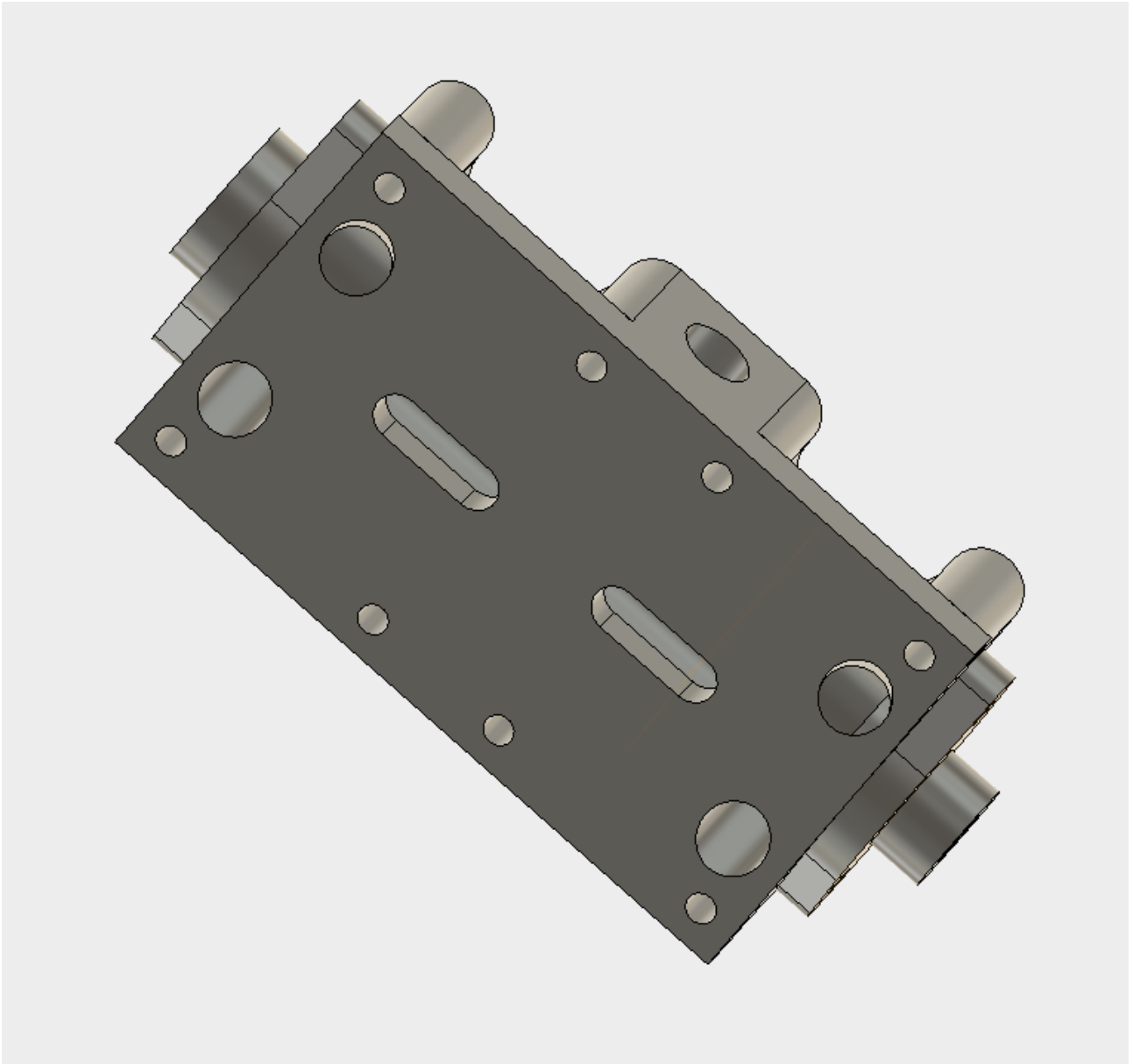


Culasse

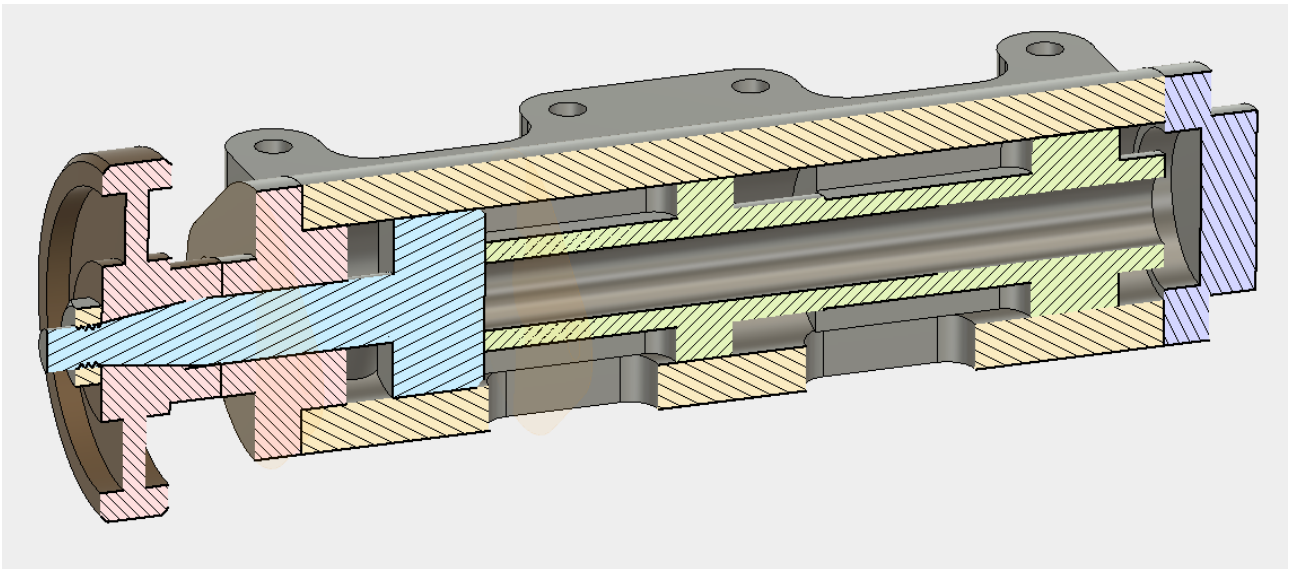


On voit la culasse côté admission. On pourra comparer avec la solution retenue par Graham Meek.

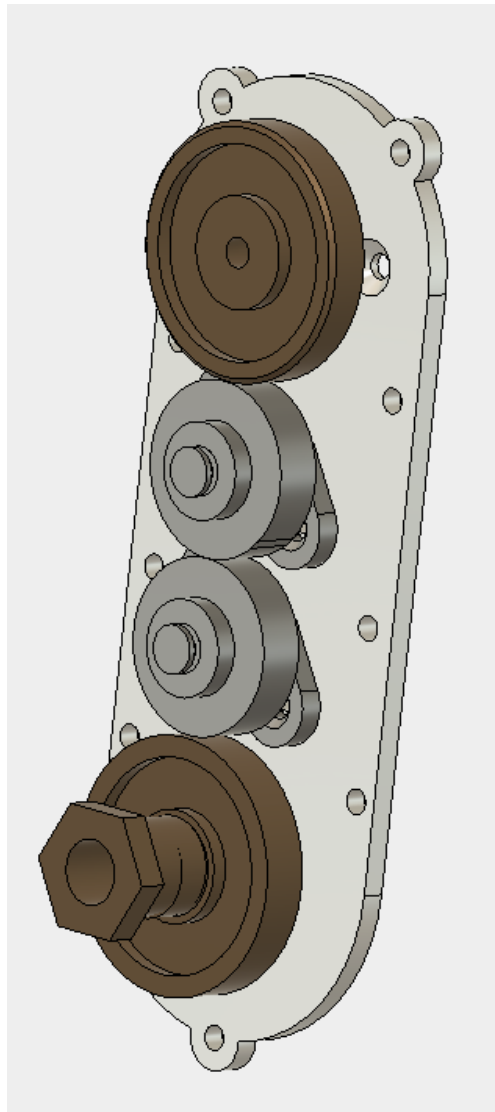
Sur la vue suivante on voit les deux lumières d'admission vapeur dans les cylindres ainsi que les quatre lumières des échappements secondaires dont il a déjà été question.



Sur la coupe qui suit, les choses sont un peu plus explicites. Notons que le porte palier avant de la distribution ferme légèrement les lumières d'échappement secondaire, ce qui n'a rien de dramatique ; on pourra au pire réduire la largeur d'épaulement, les efforts repris par ce palier étant au fond assez modestes.

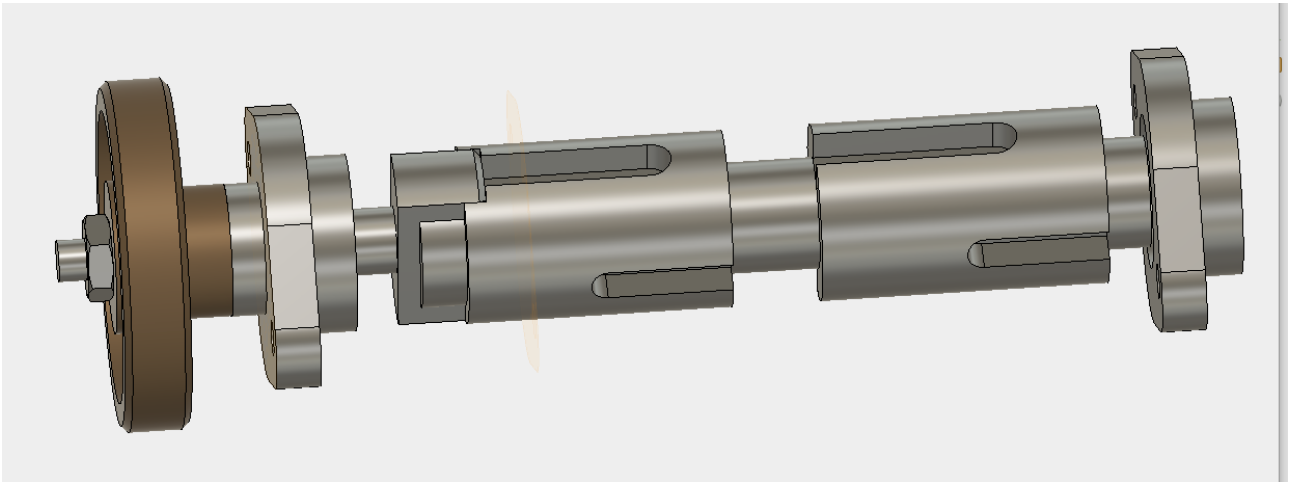


Renvoi de distribution



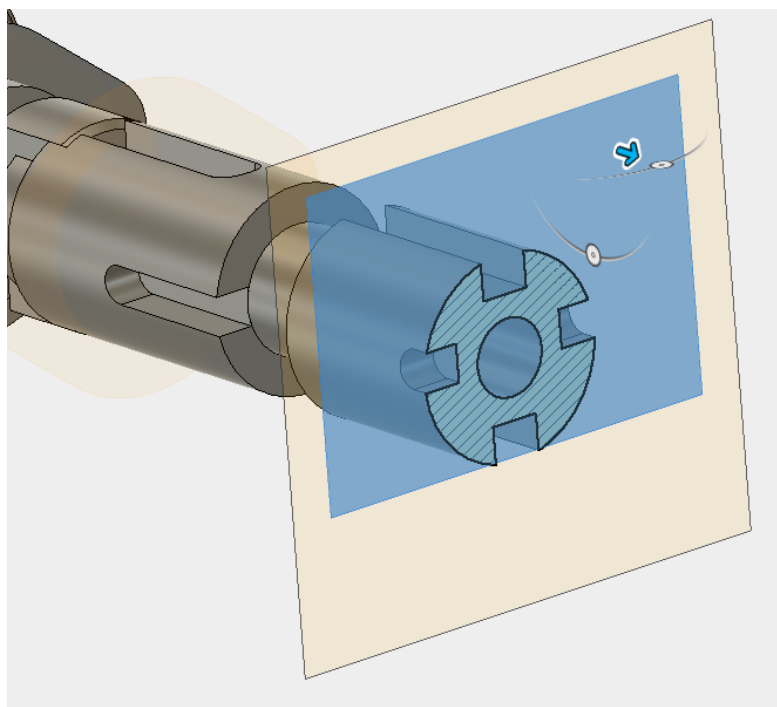
Le renvoi de distribution se fait par pignon menant, deux pignons fous et un pignon mené solidaire d'un arbre à tenon qui entraîne le distributeur. Les pignons originaux sont en module anglais 40DP qui correspond à peu près au module métrique $m=0,6$; cela a inévitablement amené à des modifications de cotes d'implantation. Le train métrique est 42-29-29-42

Cylindre distributeur



De gauche à droite :

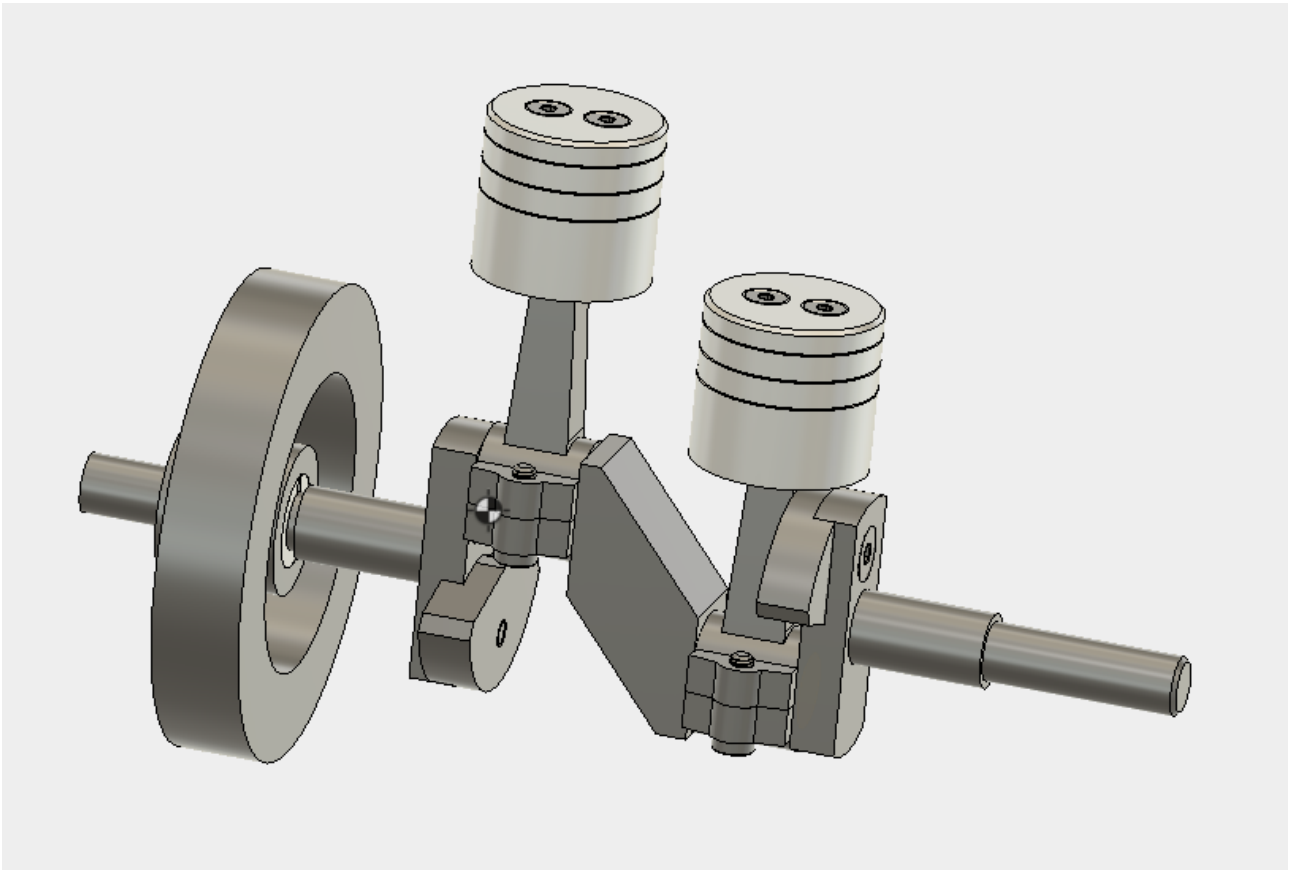
- pignon d'entraînement
- porte palier
- tenon d'entraînement du distributeur
- distributeur, l'admission se fait par la gorge au centre ; l'échappement secondaire par l'une ou l'autre des extrémités
- cache.



Sur la coupe précédente on visualise les rainures d'admission et d'échappement.

Le cylindre de distribution tourne directement dans un alésage prévu dans la culasse. Inutile d'insister sur les qualités d'ajustage nécessaires, distributeur-alésage culasse. Le cylindre de distribution est creux pour l'alléger, surtout si on choisit du bronze pour le réaliser. Cela minimise aussi les contraintes thermiques par une meilleure homogénéité des températures dans le matériau, ce qui est surtout sensible lors des démarrages à froid.

Equipage mobile

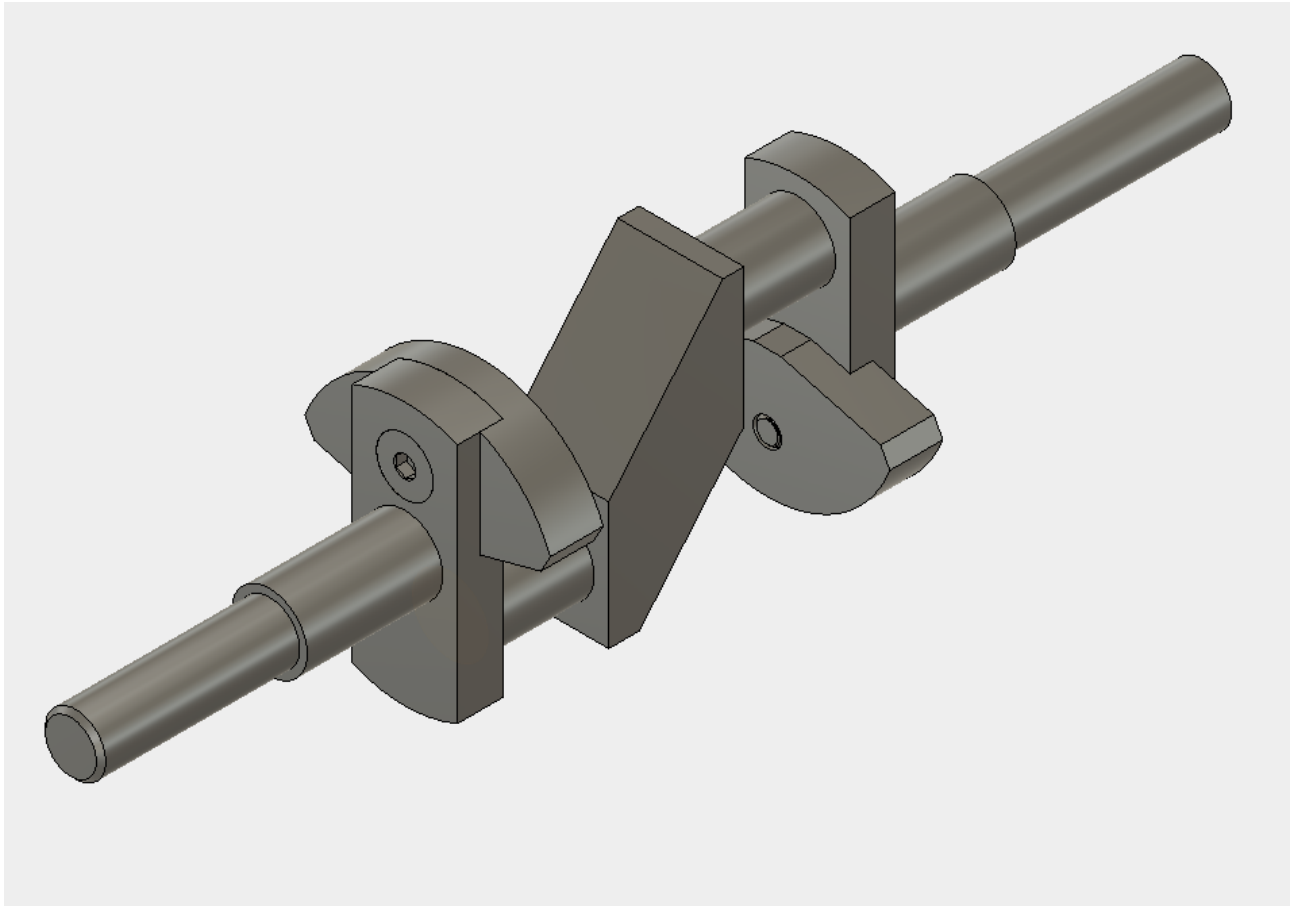


On voit ici l'équipage mobile. Son centre de gravité est représenté par le petit macaron noir et blanc.

Il est rapproché du volant d'inertie ce qui est normal. Par contre il n'est pas sur l'axe de rotation ce qui est beaucoup plus gênant côté vibrations. Il faut retravailler les masselottes d'équilibrage qui sont apparemment insuffisantes ou alors rendre le volant d'inertie asymétrique en y perçant des trous ou bien combiner les deux.

Le volant d'inertie est serré par une pince conique fendue, méthode classique et très efficace.

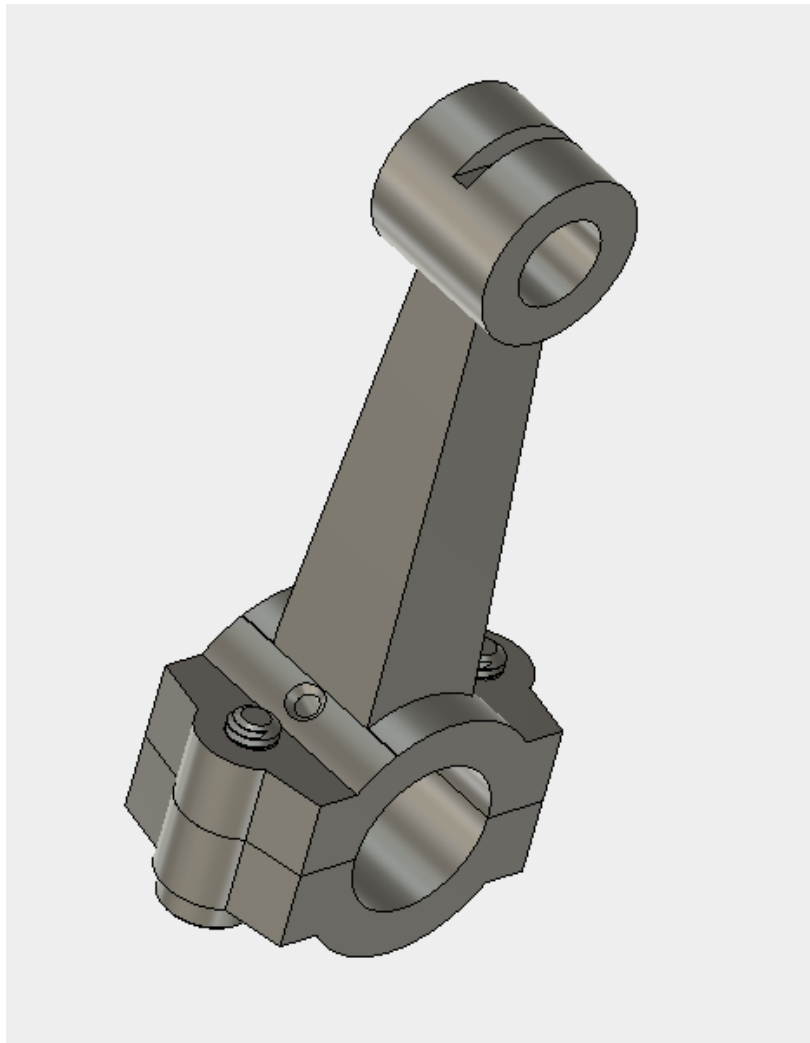
Vilebrequin



Le vilebrequin est de facture classique. Il est taillé dans une plaque d'acier de 12 mm d'épaisseur. D'abord ébauché à la scie à métaux ou par fraisage puis tourné entre pointe. Si l'on est bien équipé en machines outil solides on pourra aussi partir d'un rond en acier 42CD4 qui est beaucoup plus tenace que du fer doux laminé à froid. D'aucuns préconisent l'acier d'outillage trempable (trempe à l'huile suivie d'un revenu) ce qui laisse la porte ouverte à des déformations. Généralement on fait suivre cette trempe d'une rectification, ce qui n'est guère à la portée de l'amateur. Si le moteur doit entraîner des auxiliaires on veillera à adapter la longueur hors tout des extrémités.

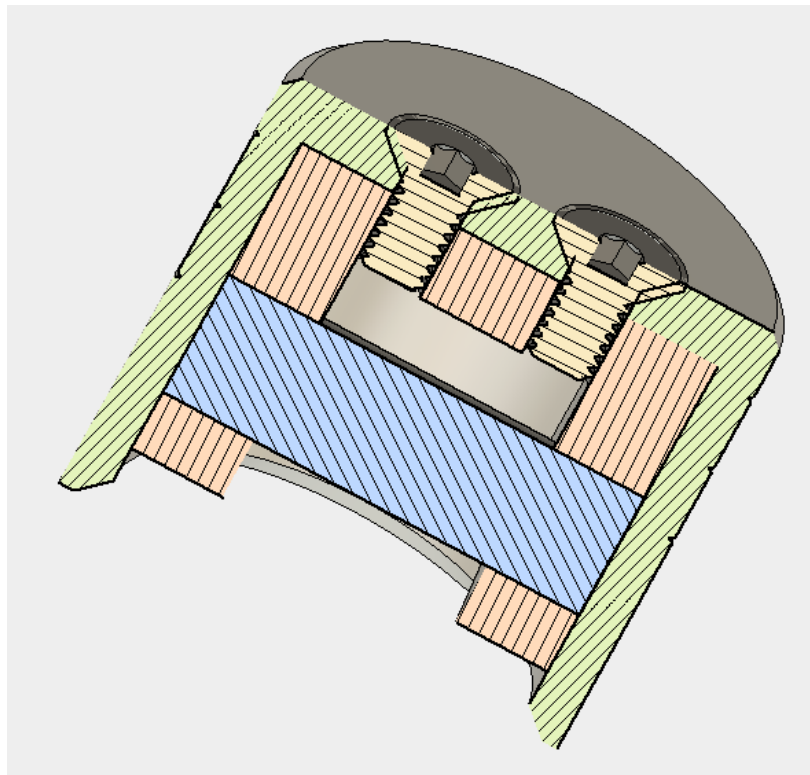
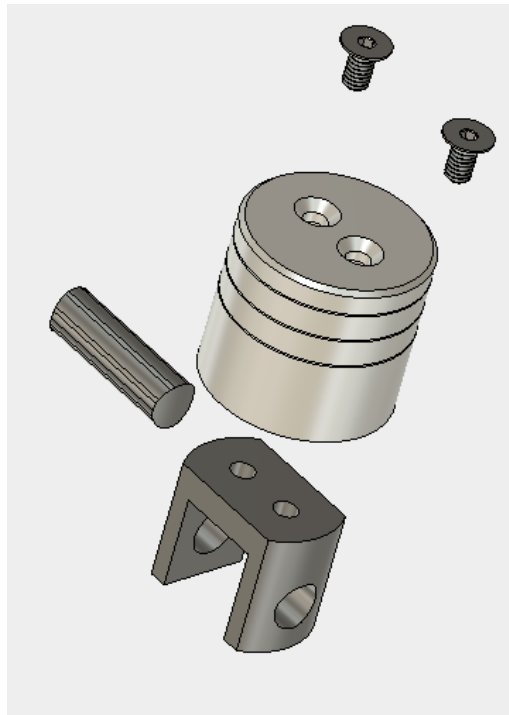
Bielles

La bielle est de facture classique usinée dans la masse. On notera la fente sur la tête de bielle de façon à assurer une lubrification dans un endroit où l'huile se fait rare. La bielle se doit d'être légère mais résistante. L'âme de la bielle est donc amincie par un fraisage tronconique. Il paraît plus simple de réaliser un usinage conique au tour comme cela a été choisi par Graham Meek.

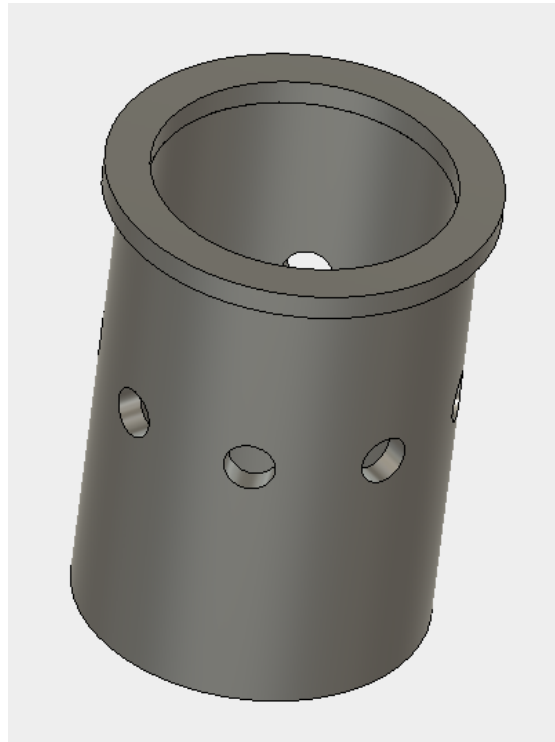


Pistons

Westbury propose des pistons montés par assemblage plus faciles à usiner correctement et très légers. Il s'agit de pistons sans segments parfois nommés à joints hydrauliques. Il estime que la réalisation de segments efficaces est une opération complexe pour un amateur surtout dans ces petits diamètres. Par ailleurs le ou les segments demandent à considérablement épaissir la jupe du piston. L'étanchéité est basée sur les forces capillaires qui maintiennent l'huile prisonnière dans une ou plusieurs gorges circulaires étroites et peu profondes et contre la paroi du cylindre.



Liners



La réalisation du liner ne présente pas de particularité. Sa matière va dépendre de celle utilisée pour le piston. L'ajustement dans le bloc se fait par glissement dur, cependant on tiendra compte des coefficients de dilation différentiels du matériau du bloc et de celui du liner. L'aluminium se dilate deux fois plus que la fonte ou l'acier. Un emmanchement serré à froid peut devenir glissant à chaud. La collerette du liner et la culasse montée par dessus immobilisent sérieusement le liner.

Lubrification

La lubrification se sépare en :

- lubrification des équipages mobiles du bas moteur.
- lubrification du distributeur, du piston-cylindre assurée par de l'huile pour vapeur surchauffée

Lubrification du bas moteur et des équipages mobiles

Cette lubrification s'effectue comme dans les moteurs thermiques anciens, par barbotage des bielles dans le carter d'huile. A cette échelle une lubrification par pompe et circuit sous pression est très difficile à concevoir et à réaliser correctement. Par ailleurs comme cela a déjà été évoqué, des fuites de condensats transforment rapidement l'huile en mayonnaise. En outre la vitesse de rotation produit d'une part un brouillard huileux dense et d'autre part plaque l'huile liquide sur les parois. Westbury insiste sur la nécessité d'être vigilant sur le niveau d'huile (ni trop ni trop peu) et sur la fréquence des vidanges et nettoyages.

Lubrification du circuit vapeur

La vapeur en Flash steam est à haute température et surchauffée. Si la surchauffe est un bienfait thermodynamique elle transforme la vapeur en gaz isolant échangeant mal la chaleur. Donc premier problème utiliser une huile de surchauffe malheureusement extrêmement visqueuse à froid et second problème produire une vapeur qui n'atteint pas le point de décomposition (carbonisation) de cette huile. Une autre souci est l'inadaptation des lubrificateurs à déplacement par condensation de vapeur. Il reste deux techniques :

- lubrificateur à pression de vapeur ; la vapeur presse un piston qui pousse l'huile au travers d'un ajutage soigneusement dimensionné. La mise au point est délicate, et tant que la pression de vapeur est constante et la température du cylindre contenant l'huile est stable aussi, alors le débit d'huile est constant. Cela signifie une lubrification excessive à régime réduit et une lubrification insuffisante à haut régime. En compétition de vitesse où l'on marche à fond d'un bout à l'autre ce type de lubrificateur compact et très léger a de réels atouts. Le volume d'huile embarqué est limité mais cela suffit pour la durée d'une course.

- lubrificateur à pompe doseuse à piston. Le piston est mû par le moteur au travers d'une démultiplication conséquente car les volumes consommés sont faibles. C'est cette solution qui a été la plus souvent retenue.

Exemple de variation du moteur Gemini, le Taurus à soupape d'admission

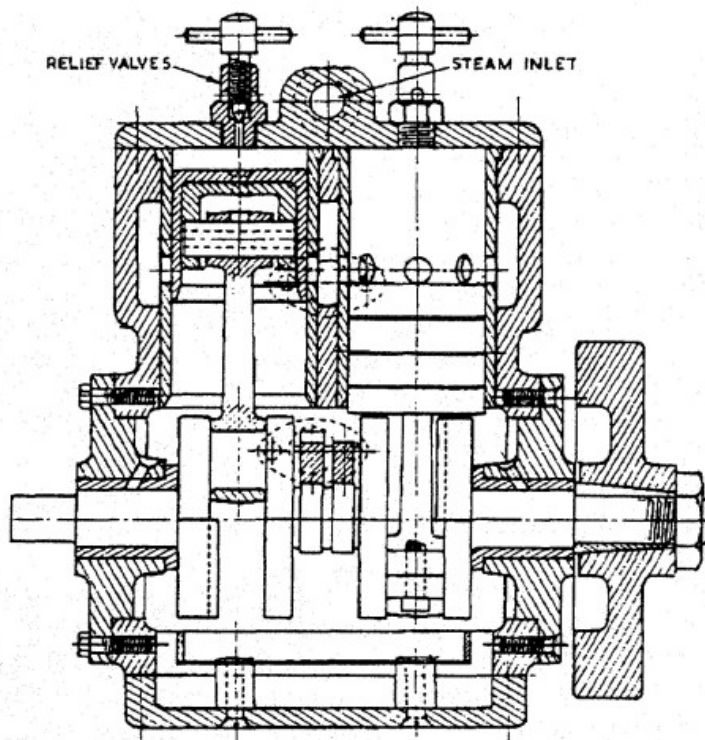
Dans sa série d'articles Westbury montre, dans une pré-étude, la flexibilité du concept avec une variation sur la base du Gemini : un Uniflow à soupape d'admission

On voit que le bloc moteur ne subit que de faibles modifications et que le vilebrequin reçoit des cames et culbuteurs en son centre. Cependant une étude plus détaillée inciterait à augmenter la portée du vilebrequin entre ses paliers car l'espace est trop compté pour les pivots, levier basculeurs et cames. M'est avis qu'une augmentation de diamètre de l'arbre du vilebrequin ne serait pas un luxe si la poussée des ressorts est importante. Les cames sont de type « suivi par tangence » donc d'un usinage abordable avec des moyens limités. Westbury développe une méthode d'usinage dans son article.

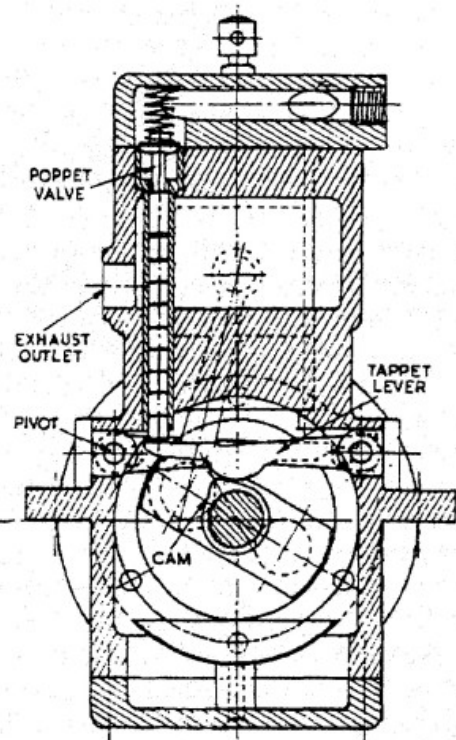
On notera sur cette pré-étude qu'il n'y a pas de réglage de contact entre la soupape et le culbuteur. Il ne semble pas y avoir non plus d'échappement secondaire lors de la remontée du piston comme pour le Gemini.

Si la complexité s'est déplacée vers le bas moteur par contre le haut moteur est on ne peut plus simple.

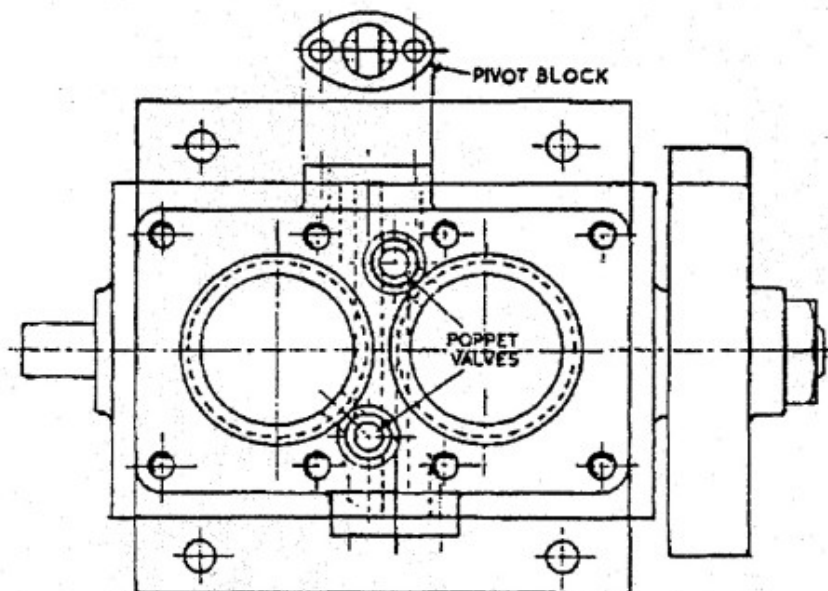
Beaucoup restera à faire pour aboutir à un prototype opérationnel mais la voie est ouverte, d'autant que dans son article Westbury donne de nombreux éléments techniques complémentaires.



THE "TAURUS" TWIN-CYLINDER UNIFLOW ENGINE



$\frac{3}{4}$ " BORE X $\frac{5}{8}$ " STROKE



PLAN

(CYLINDER COVER REMOVED)

Les plans

Les plans sont directement issus du modèle 3D. Il ne s'agit pas à proprement parler d'une conversion en métrique stricto sensu. Cette conversion demande souvent de revoir en profondeur le design surtout lorsque celui-ci est optimisé et compact. Par exemple un arbre de 6,4mm (1/4") doit il être ramené à 6mm ou à 7mm sachant que du rond rectifié de 7mm ne court pas les rues en petite longueur.

La marche suivie a été la suivante :

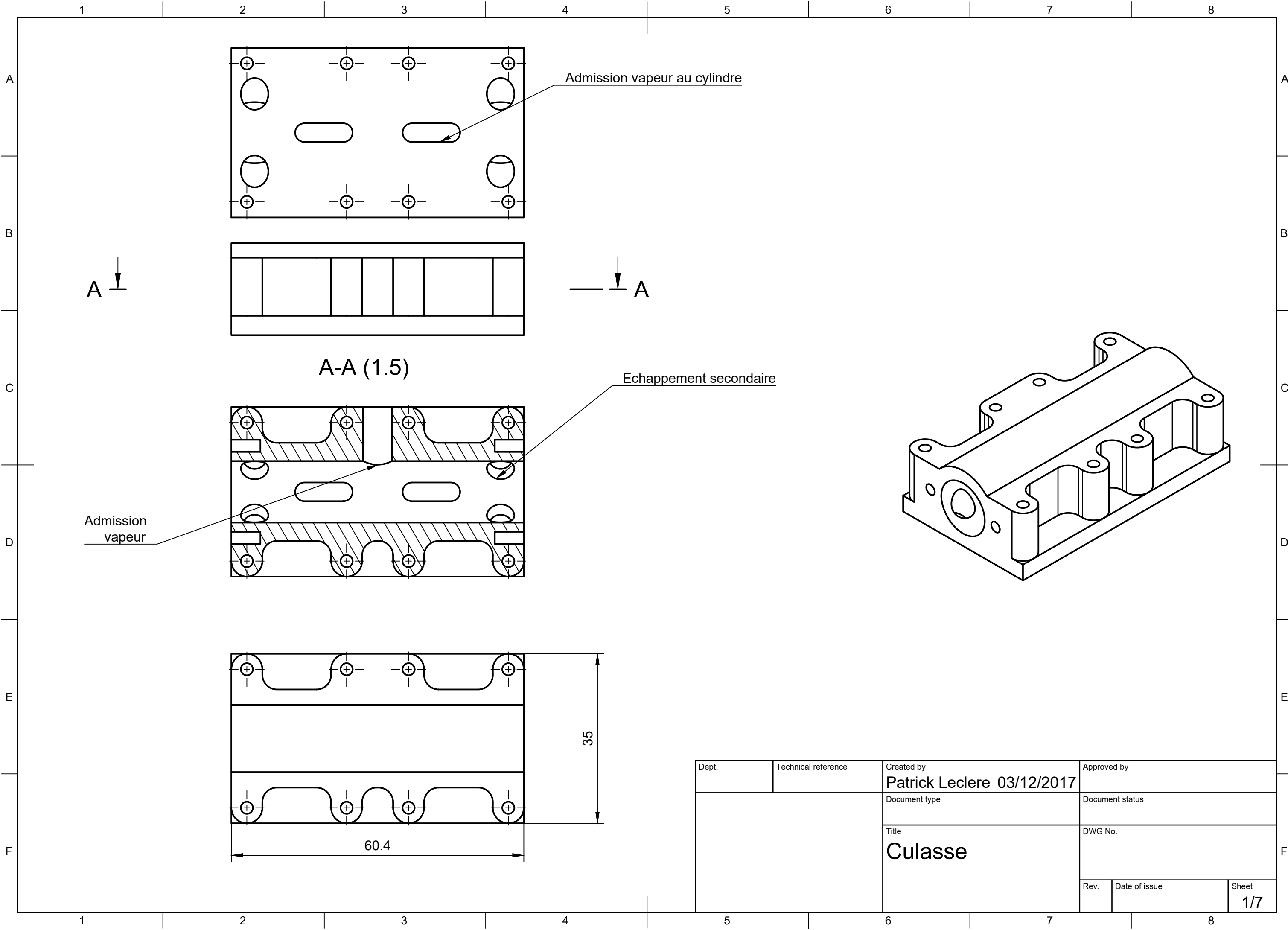
- Conversion des inches fractionnaires en inches décimaux, puis en cotes métriques arrondies à 0,1mm.
- Passage des filetages en métrique ainsi que de la pignonerie.
- Maintien des cotes directrices d'origine sur les pièces en charge comme le vilebrequin, les pistons, le distributeur,...
- adaptation minimale de cotes pour supprimer les interférences et maintenir la cohérence des assemblages 3D.

N'ayant pas construit le moteur il convient de conserver de la vigilance et un oeil critique, même si la CAO réduit considérablement les risques d'erreurs.

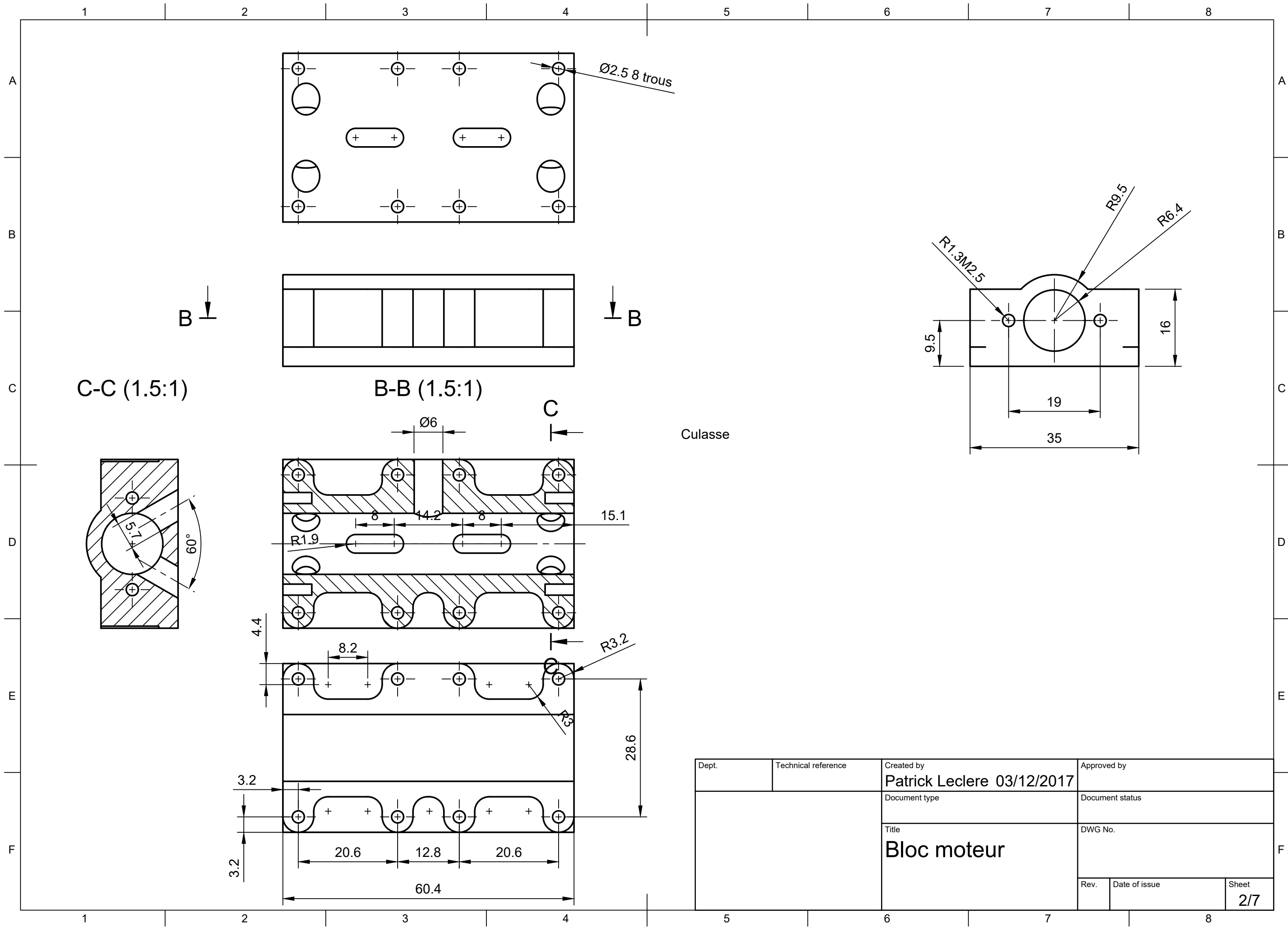
Désolé je n'ai pas de formation de dessinateur professionnel donc les plans ne respecteront sûrement pas les normes en vigueur.

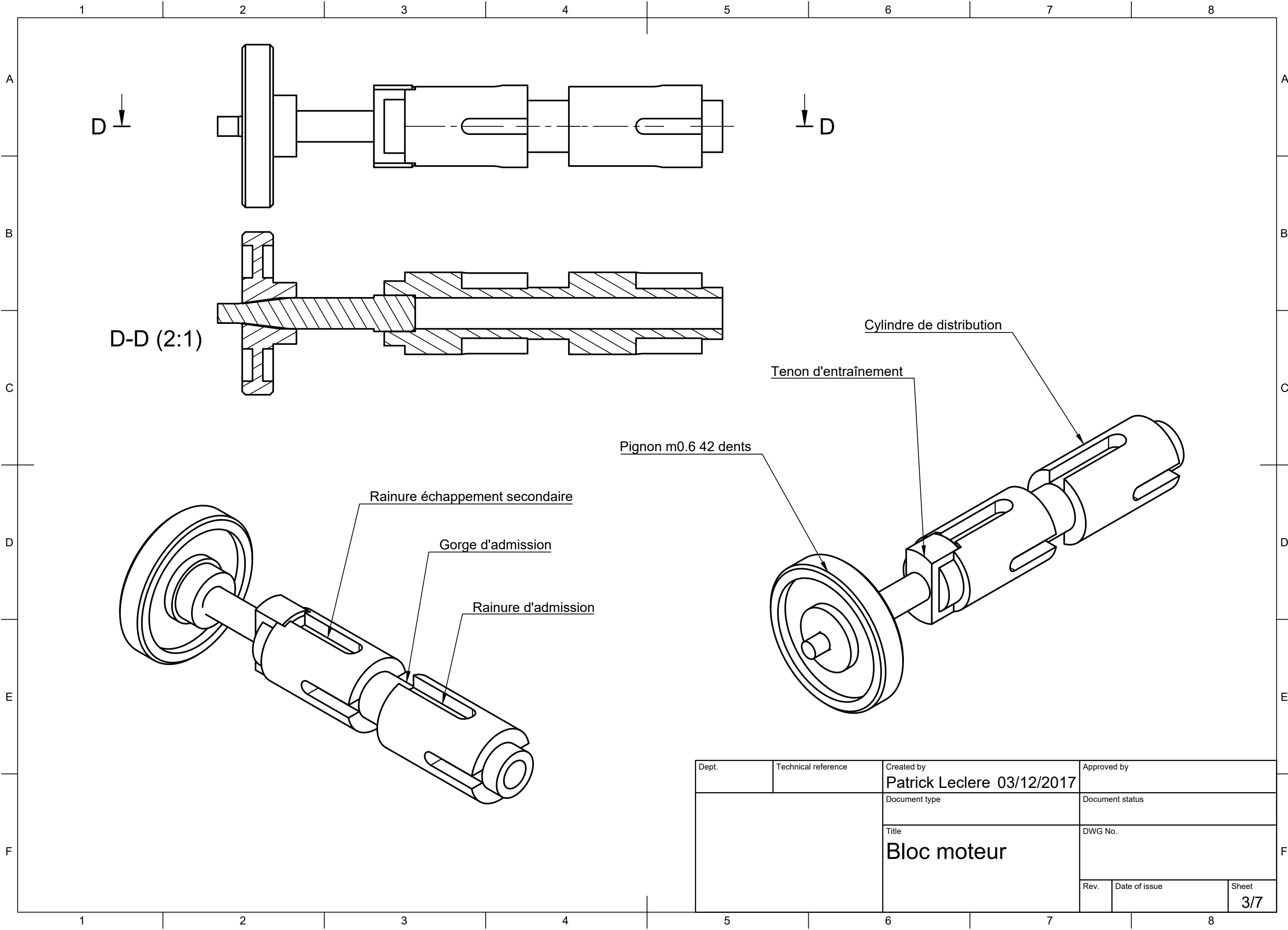
La conversion métrique complète n'aurait de sens qu'après une étude et des modifications pour réaliser le moteur à partir de bruts. Ce moteur peut aussi être simplifié assez sensiblement si l'on ne s'attache ni aux usinages esthétiques ni au gain de poids.

Le lecteur aura donc compris que les plans qui suivent ne sont pas des plans d'exécution à suivre servilement mais comme une base solide pour un projet personnel, dans l'esprit que prônait Westbury.

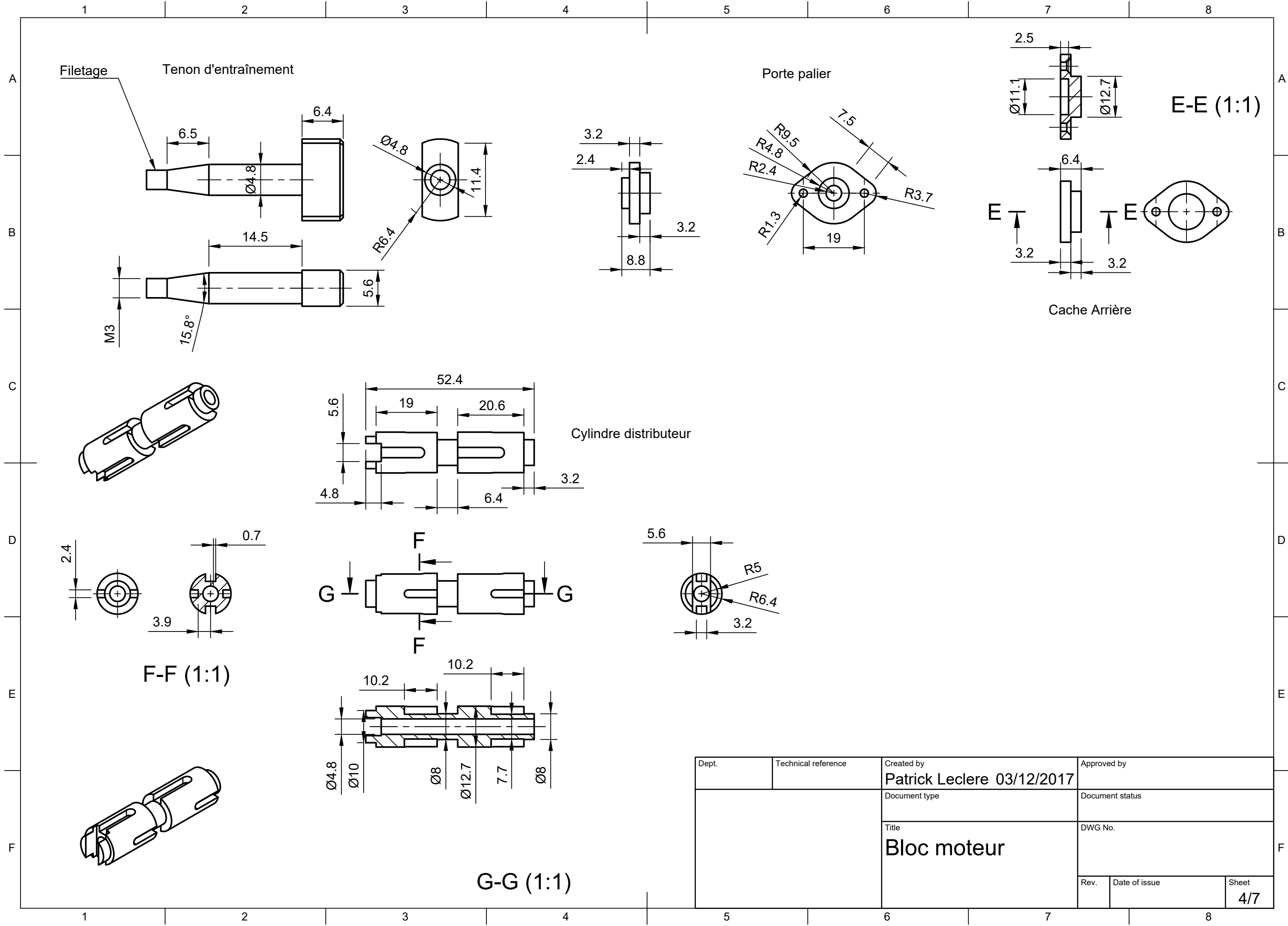


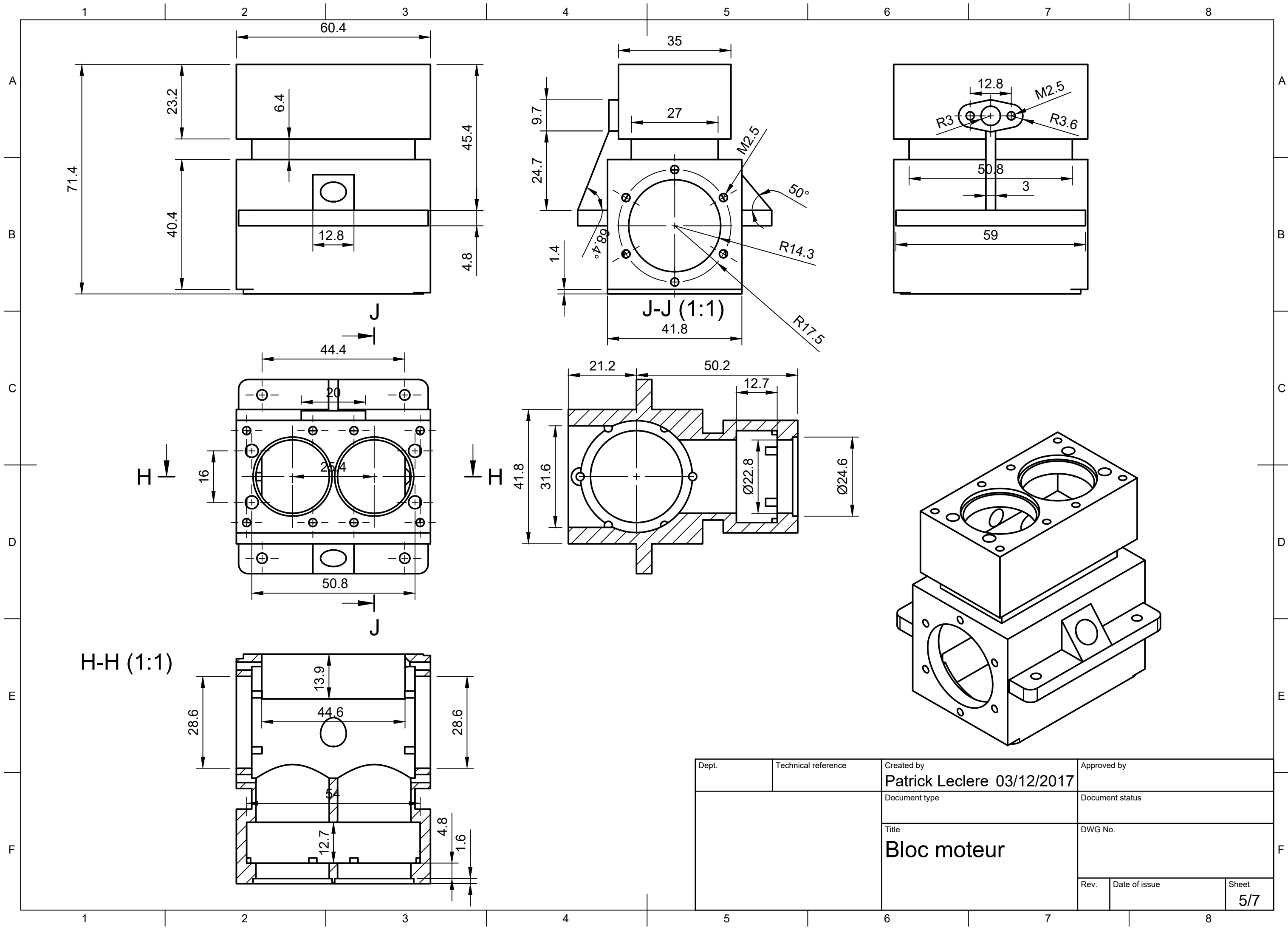
Dept.	Technical reference	Created by Patrick Leclere 03/12/2017	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title Culasse	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/7



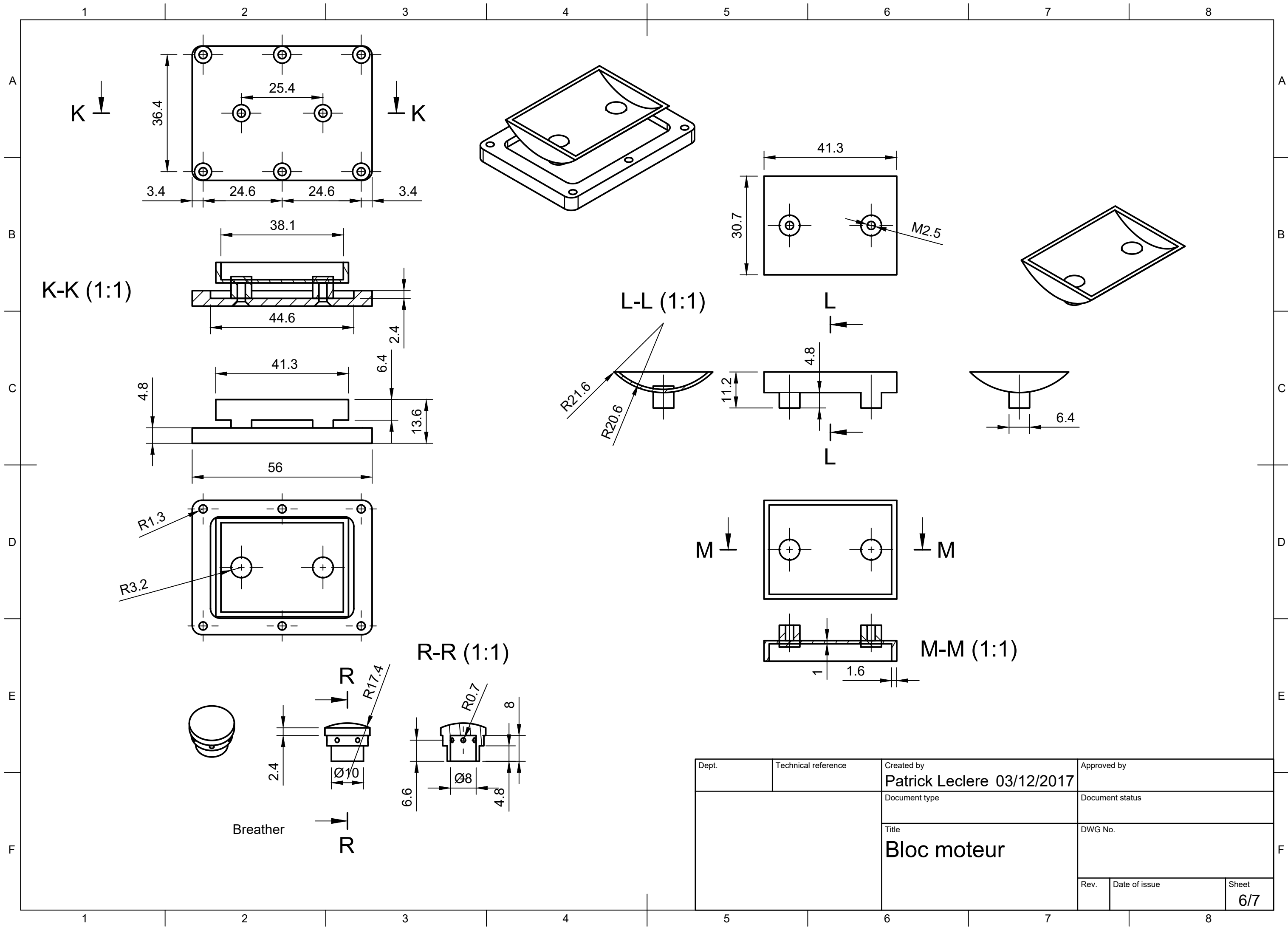


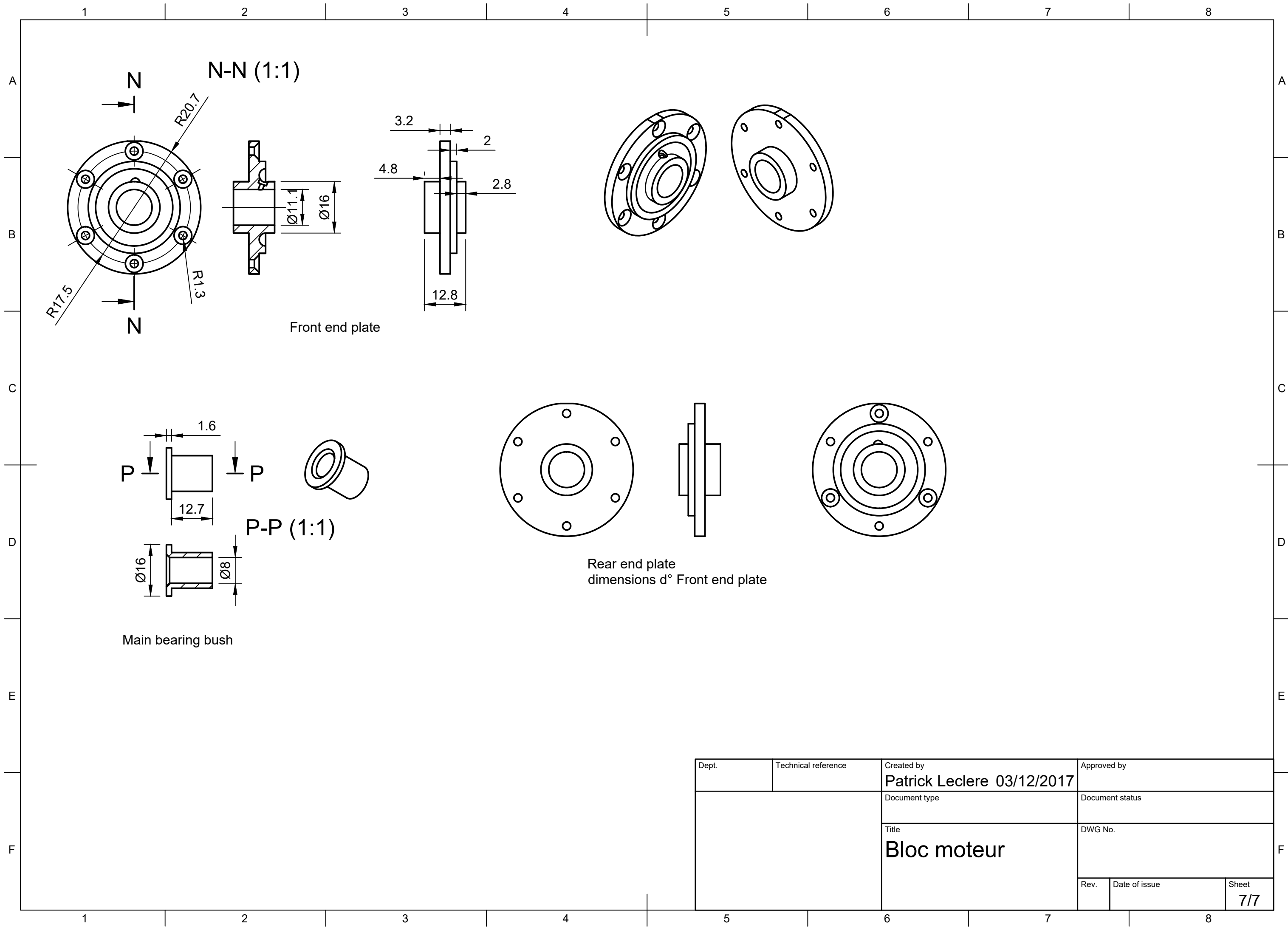
Dept.	Technical reference	Created by Patrick Leclere 03/12/2017	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title Bloc moteur	DWG No.	
			Rev.	Date of issue
			Sheet 3/7	



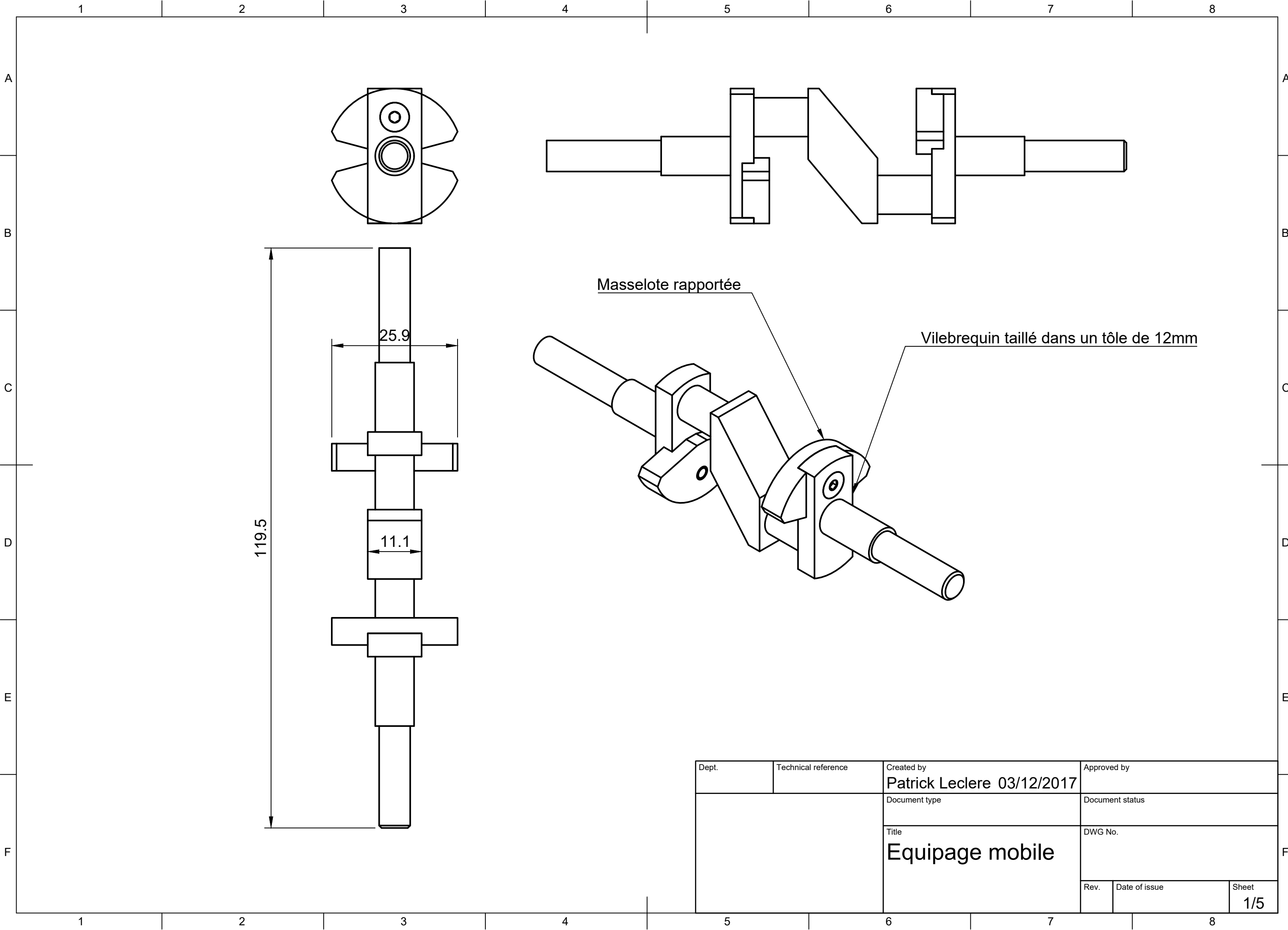


Dept.	Technical reference	Created by Patrick Leclere 03/12/2017	Approved by
		Document type	Document status
		Title Bloc moteur	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet 5/7

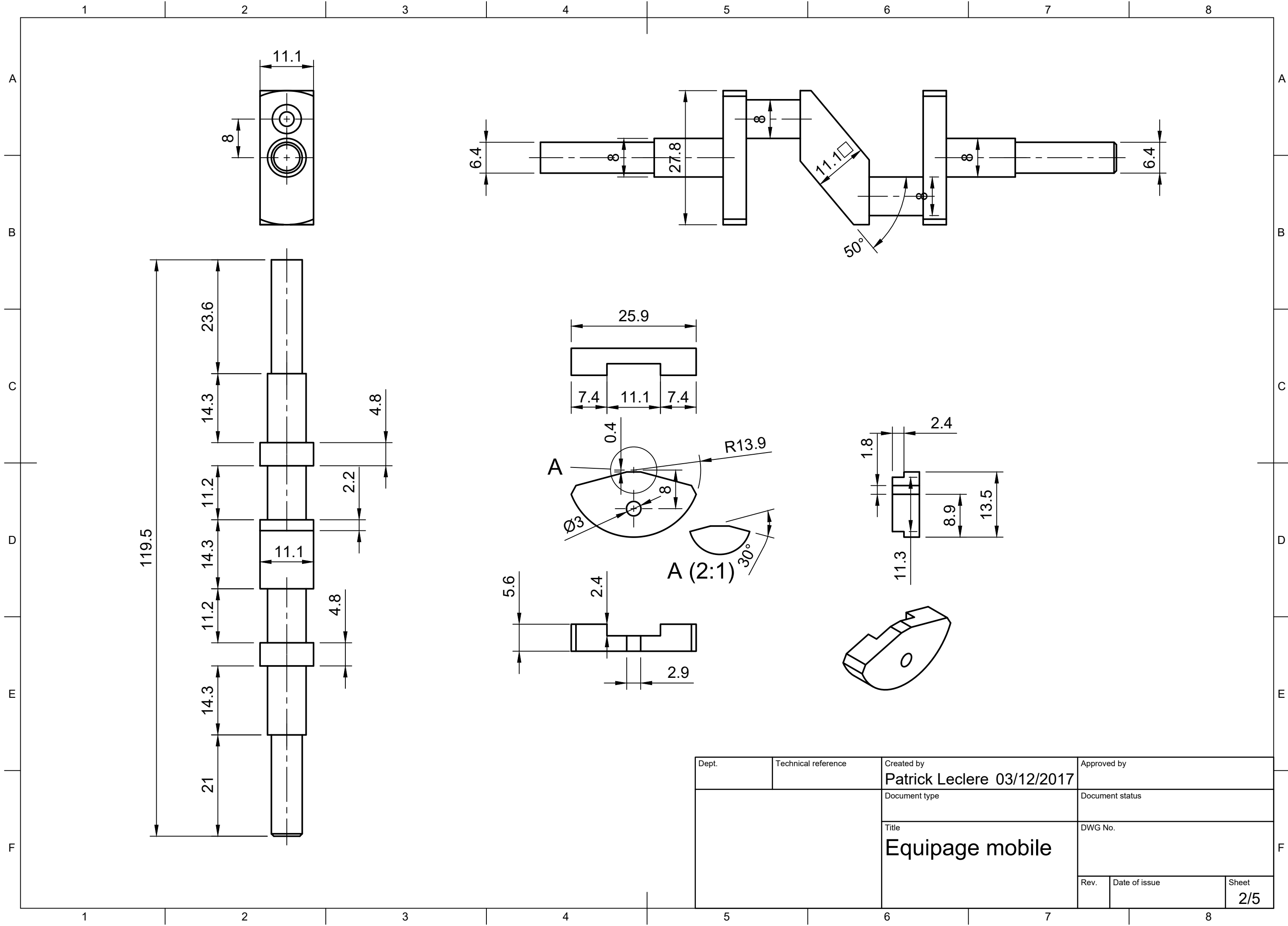


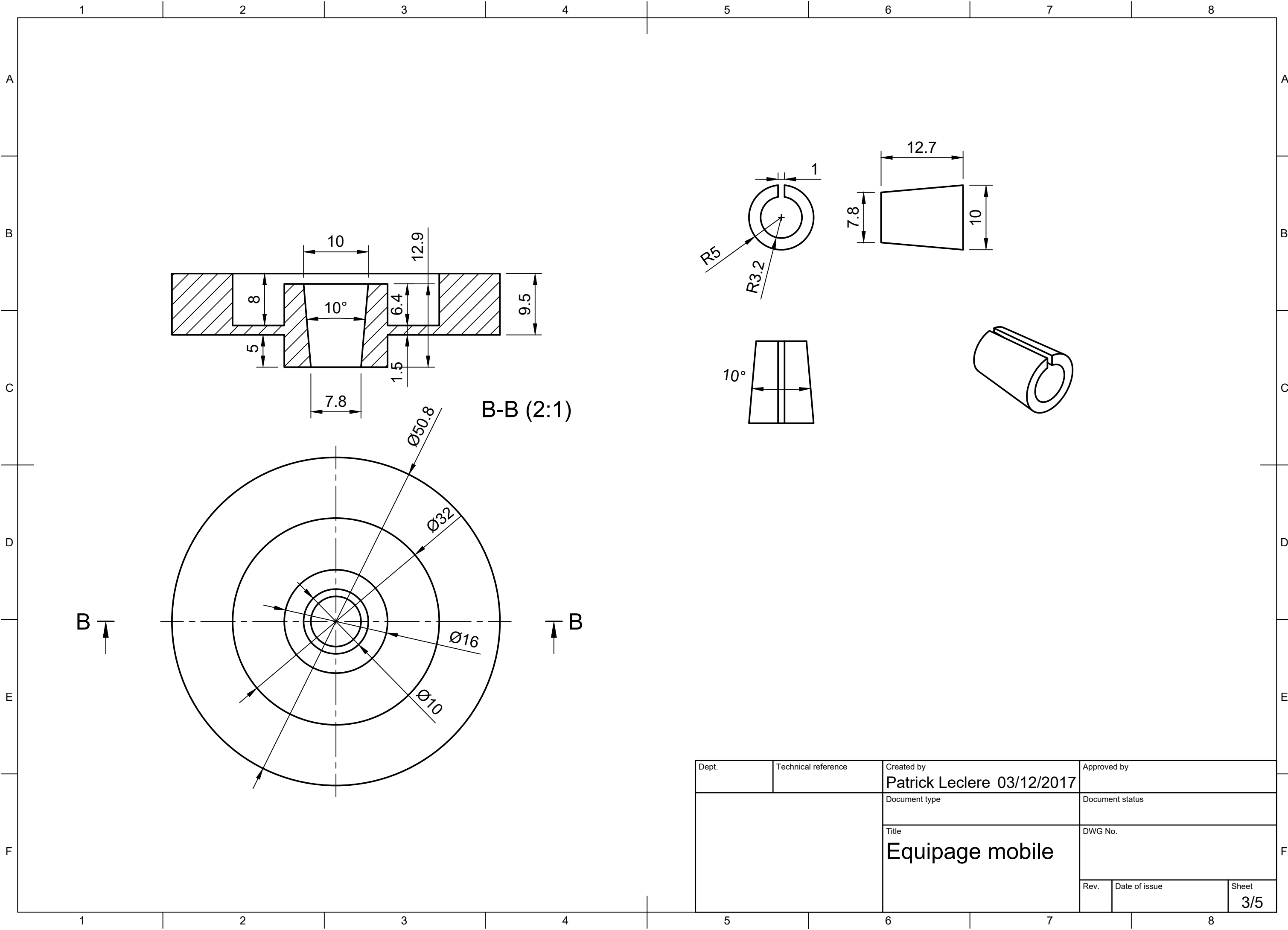


Dept.	Technical reference	Created by Patrick Leclere 03/12/2017	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title Bloc moteur	DWG No.	
			Rev.	Date of issue
			Sheet 7/7	

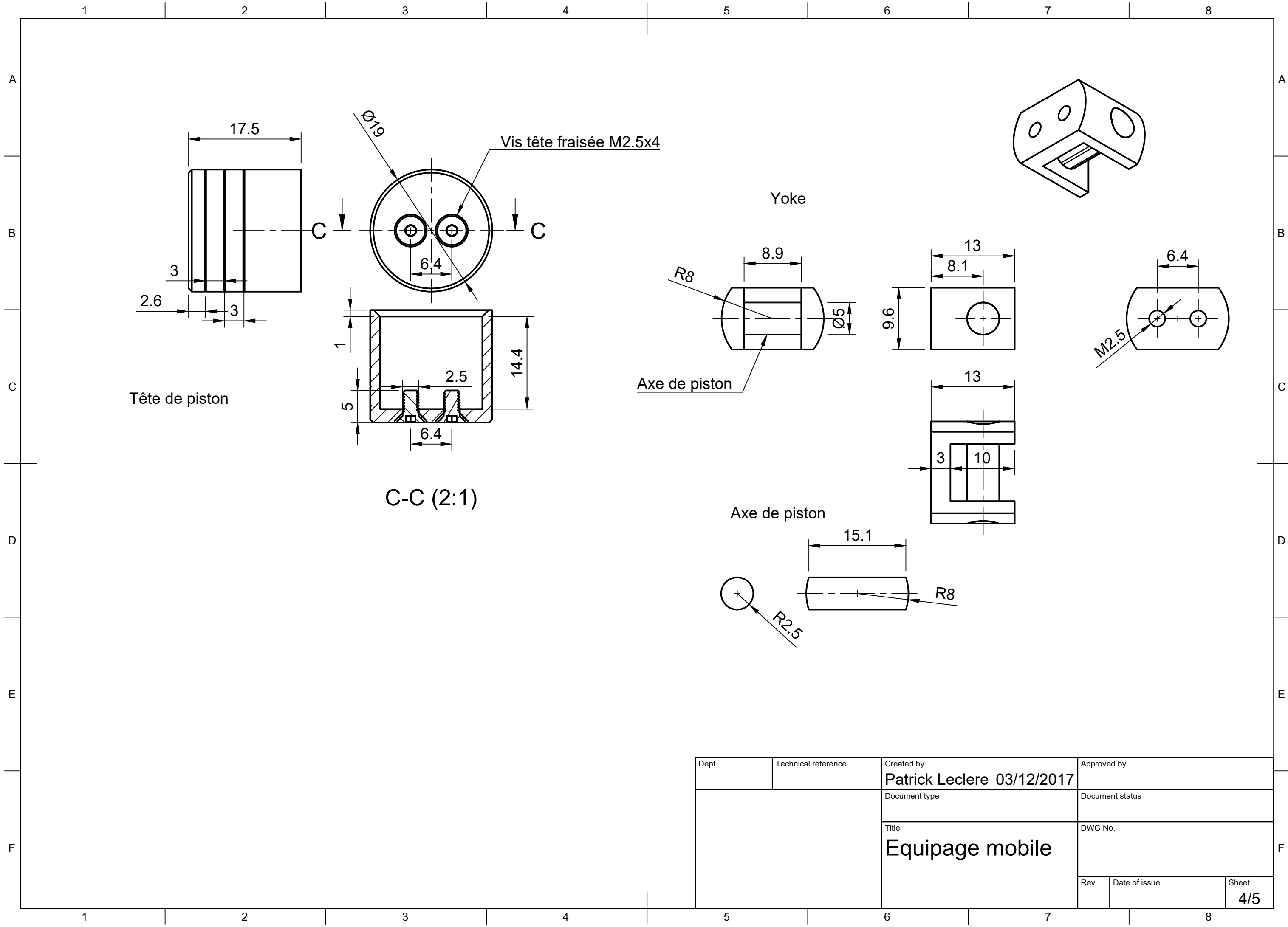


Dept.	Technical reference	Created by Patrick Leclere 03/12/2017	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title Equipage mobile	DWG No.	
			Rev.	Date of issue
			Sheet 1/5	

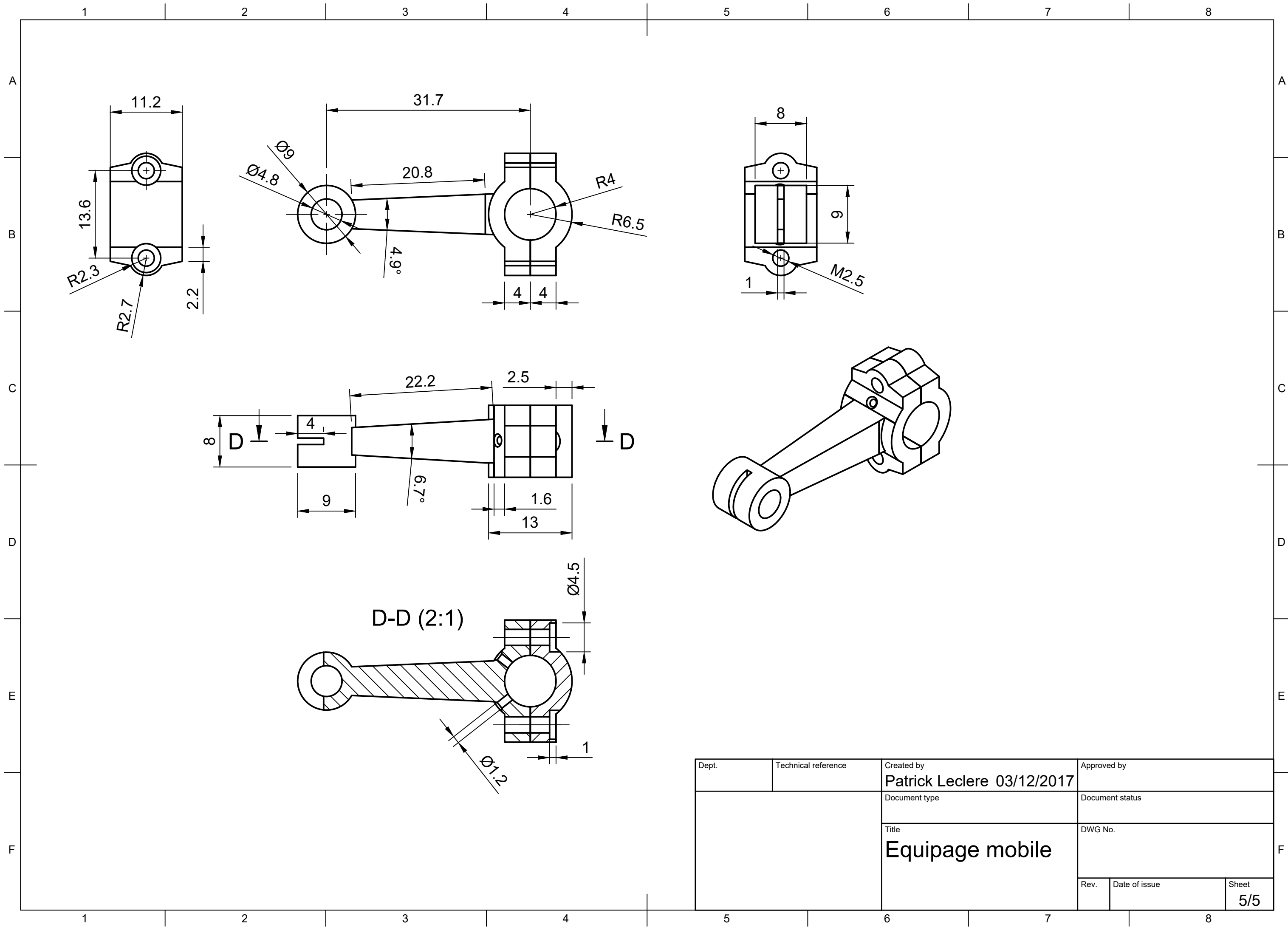




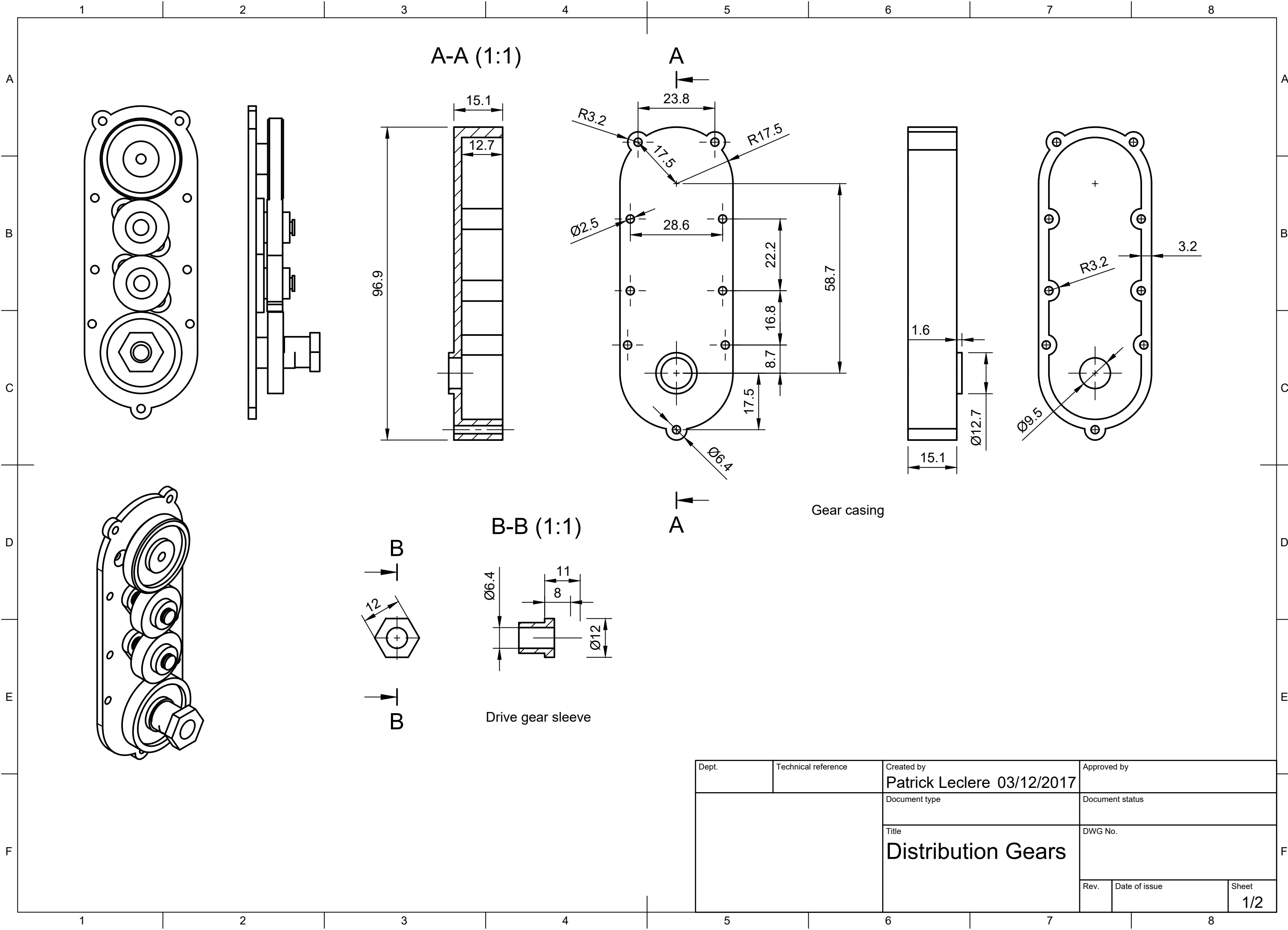
Dept.	Technical reference	Created by Patrick Leclere 03/12/2017	Approved by
		Document type	Document status
		Title Equipage mobile	DWG No.
		Rev.	Date of issue
		Sheet 3/5	



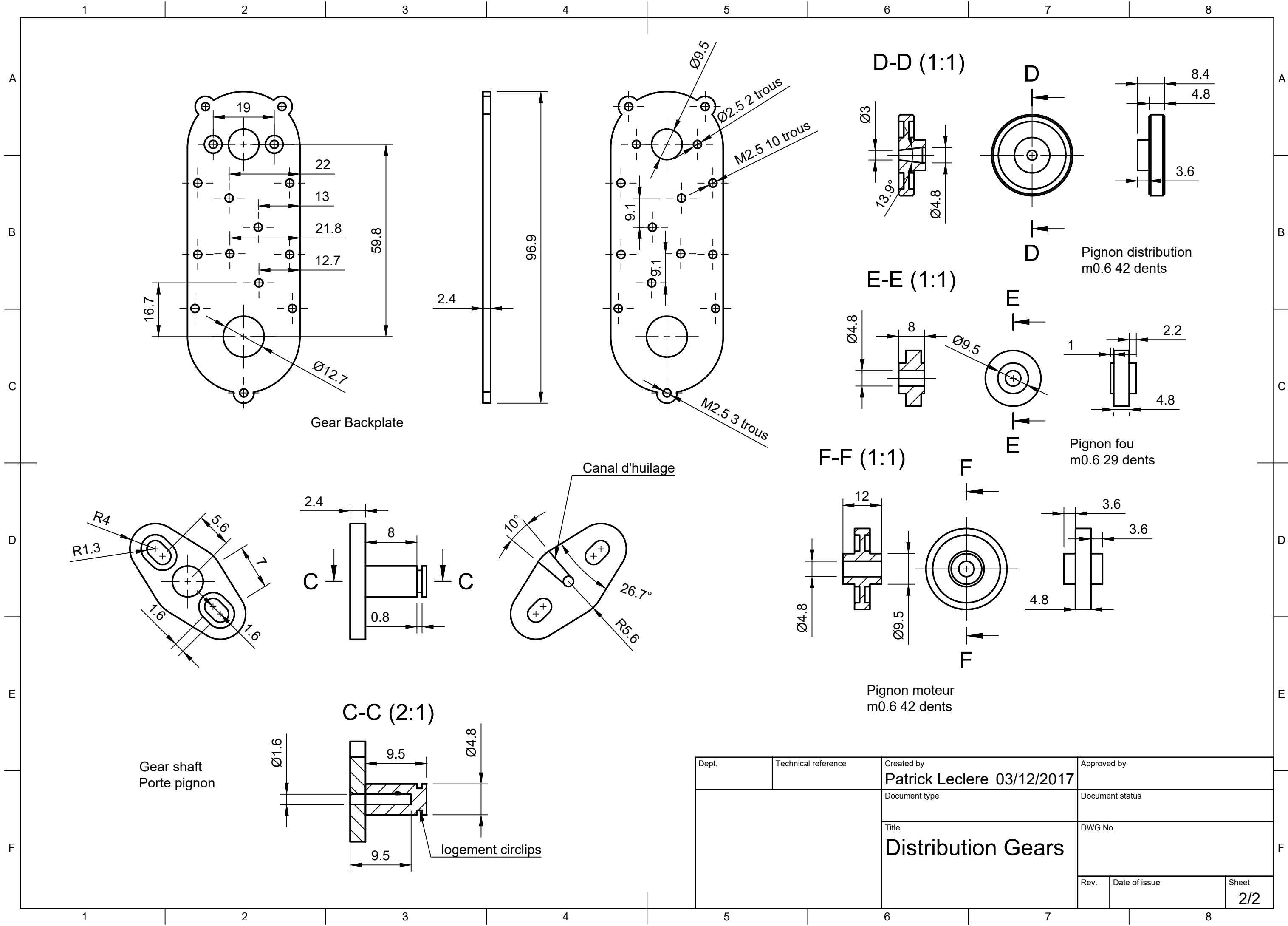
Dept.	Technical reference	Created by Patrick Leclere 03/12/2017	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title Equipage mobile	DWG No.	
			Rev.	Date of issue
			Sheet 4/5	



Dept.	Technical reference	Created by Patrick Leclere 03/12/2017	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title Equipage mobile	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet 5/5



Dept.	Technical reference	Created by Patrick Leclere 03/12/2017	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title Distribution Gears	DWG No.	
			Rev.	Date of issue
			Sheet 1/2	



Dept.	Technical reference	Created by Patrick Leclere 03/12/2017	Approved by		
		Document type	Document status		
		Title Distribution Gears	DWG No.		
			Rev.	Date of issue	Sheet 2/2