

Contexte :

- Constat : Combustion d'1L d'essence = 2,28 kg de CO₂.
- Défi actuel : Nécessité d'alternatives de motorisation durable.
- Solution étudiée : La motorisation pneumatique, une approche "Low-Tech".



Objectif :

Motoriser un avion de modélisme
avec une énergie pneumatique.



Veille informationnelle

- Science ouverte : Projets de loisir, modélisme en impression 3D.

• Avantages des moteurs pneumatiques :

- + Pas de rejet polluant lors de l'utilisation.
- + Stockage énergétique à très faible déperdition.
- + Pas de combustion.

• Technologies existantes (pour véhicules) :

- Prototypes de voitures. → TRL 7
- Tramway Mékarski, Paris, 1900. → TRL 9
- Sous-marin Le Plongeur, 1863. → TRL 8.
- Pas d'avion, sauf dans le modélisme. → TRL 9

• Inconvénients des moteurs pneumatiques :

- Faible rendement & autonomie.
- Instabilité des performances.
- Besoin compression air via énergie verte.

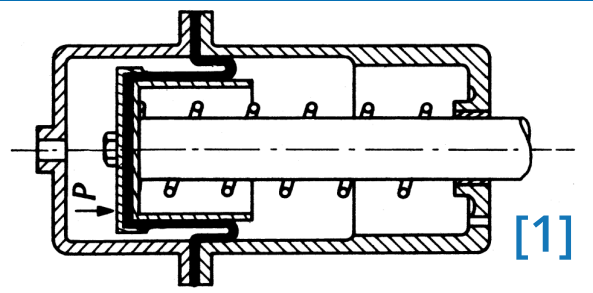
• Choix architecture : Moteur OHV. [3] [4]

• Étanchéification de l'admission/échappement :

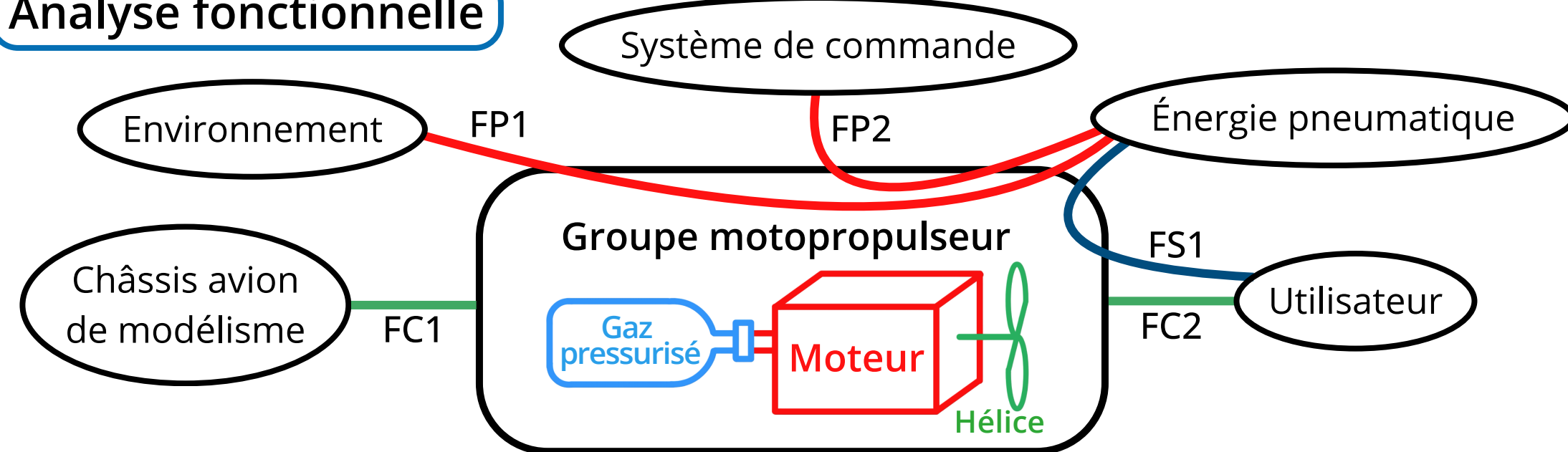
- Activation sans contact des soupapes par répulsion magnétique. → Infaisable dans ce cas d'étude. [2]
- Membranes flexibles et déroulantes, pneumatiques et hydrauliques. → [1]

Planification

	Durée	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.
Veille & cahier des charges	4						
Cinématique & solutions techniques	7						
Dimensionnement & CAO	8						
Fabrication & assemblage	5						
Tests & améliorations itératives	7						
Communication scientifique	7						



Analyse fonctionnelle



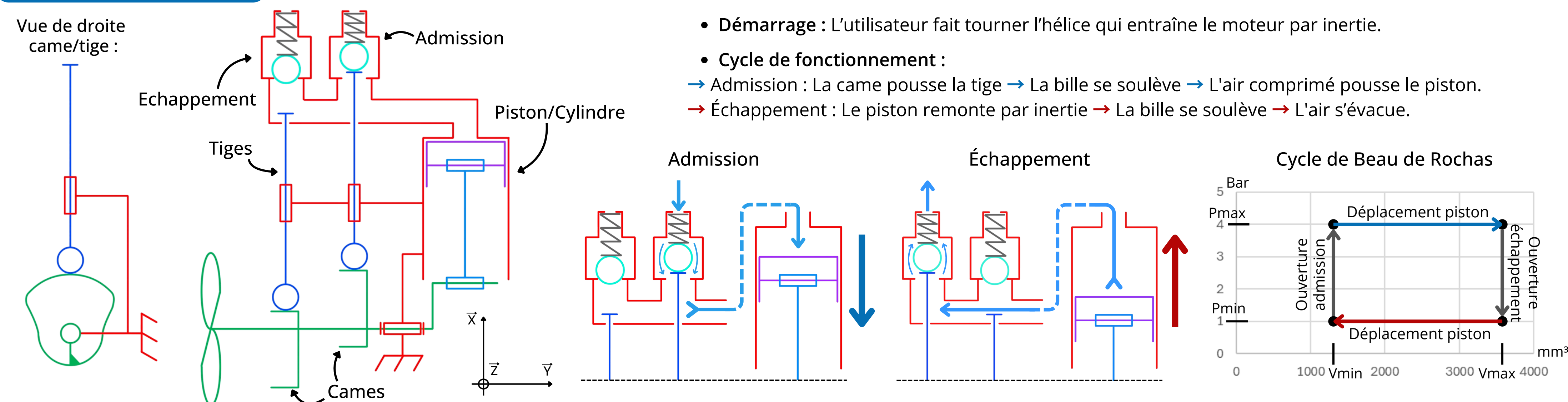
• Cahier des charges :

La case valeur est un niveau sur trois étoiles, la valeur maximale correspond à trois étoiles.

N°	Fonction	Valeur	Niveau	Flexibilité	Contrôle
FP1	Propulser l'avion	★★★	50 W à 4 Bar	- 10 W	Frein de Prony
FP2	Contrôle de la vitesse de rotation	★★★	1500 tr/min	± 1000 tr/min	Tachymètre laser

Schéma technologique

- Moteur monocylindre OHV → Gestion des flux par soupapes à bille actionnées par un système came/tige sur le vilebrequin.



Dimensionnement

- Choix dimensions principales via veille science ouverte.

• Détermination de la loi entrée-sortie $f(x) = f(\alpha)$:

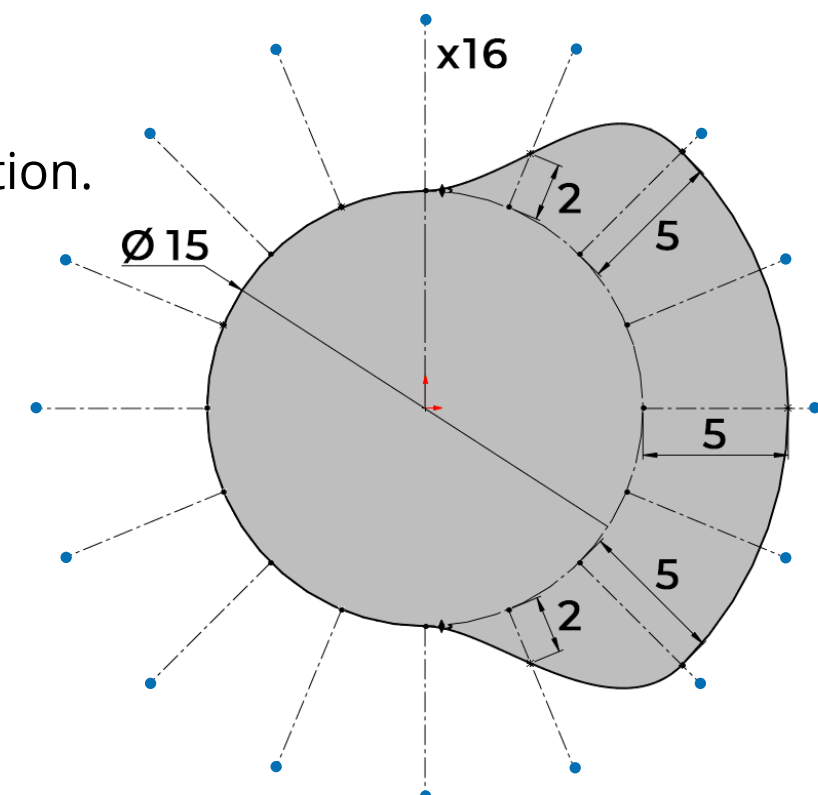
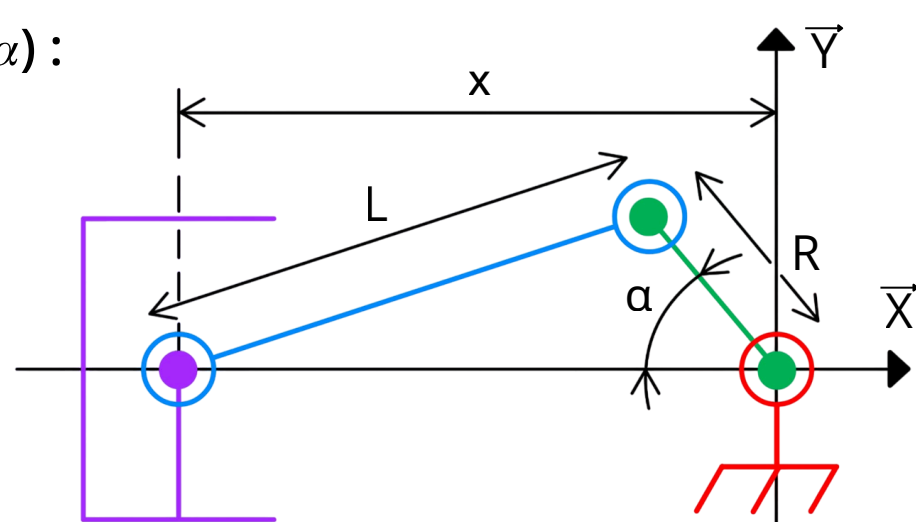
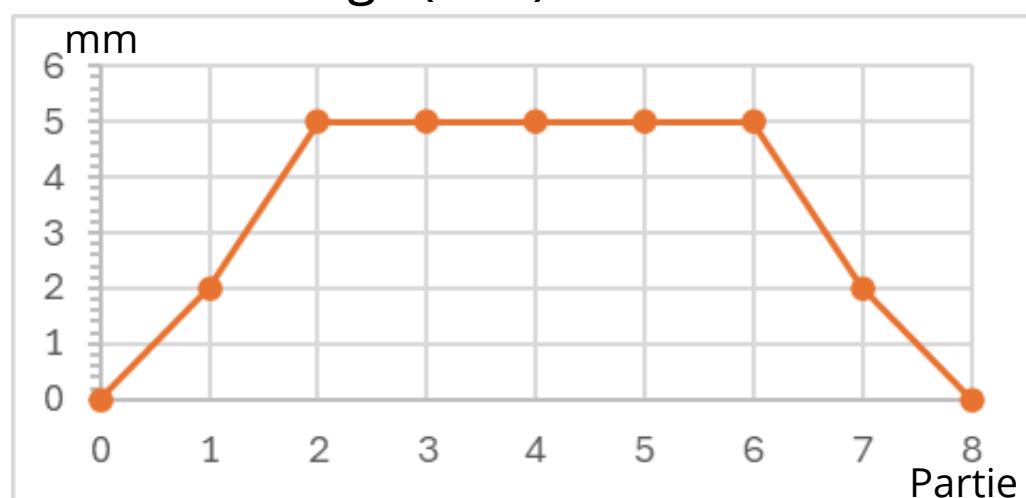
- α = Angle manivelle (entrée)
- x = Position piston (sortie)
- R = Rayon manivelle (ou rayon vilebrequin)
- L = Longueur bielle

$$x(\alpha) = R \cdot \cos(\alpha) + \sqrt{L^2 - R^2 \cdot \sin^2(\alpha)}$$

• Tracé du profil de la came :

La came est divisée en 16 parties, 2 cames en opposition.

Course tige (mm) / Partie came :



• Dimensionnement global, avec l'hélice :

Le moteur doit être dimensionné en fonction de son application : avion de modélisme.

Hypothèse de simplification : $U \equiv V \equiv \frac{R_h}{2} \times \omega$

$$P_m = P_h$$
$$C \times \omega = \frac{\pi}{16} \times \rho \times R_h^5 \times \omega^3$$

$$P = \frac{(p - p_0) \times S \times L_c}{2\pi} \times \sqrt{\frac{8 \times (p - p_0) \times S \times L_c}{\pi^2 \times \rho \times R_h^5}}$$

- P = Puissance réelle
- P_m = Puissance moteur
- P_h = Puissance hélice
- U = Vitesse des pales
- V = Vitesse du fluide
- ω = Vitesse de rotation
- R_h = Rayon de l'hélice
- p = Pression d'admission
- p_0 = Pression atmo.
- S = Surface de l'alésage
- L_c = Course piston

2 paramètres sont modifiables pour ajuster les performances en fonction des objectifs :

→ Pression d'admission (p) :

Si la pression augmente, la puissance augmente.

→ Rayon de l'hélice (R_h) :

Si le rayon augmente, la puissance diminue.

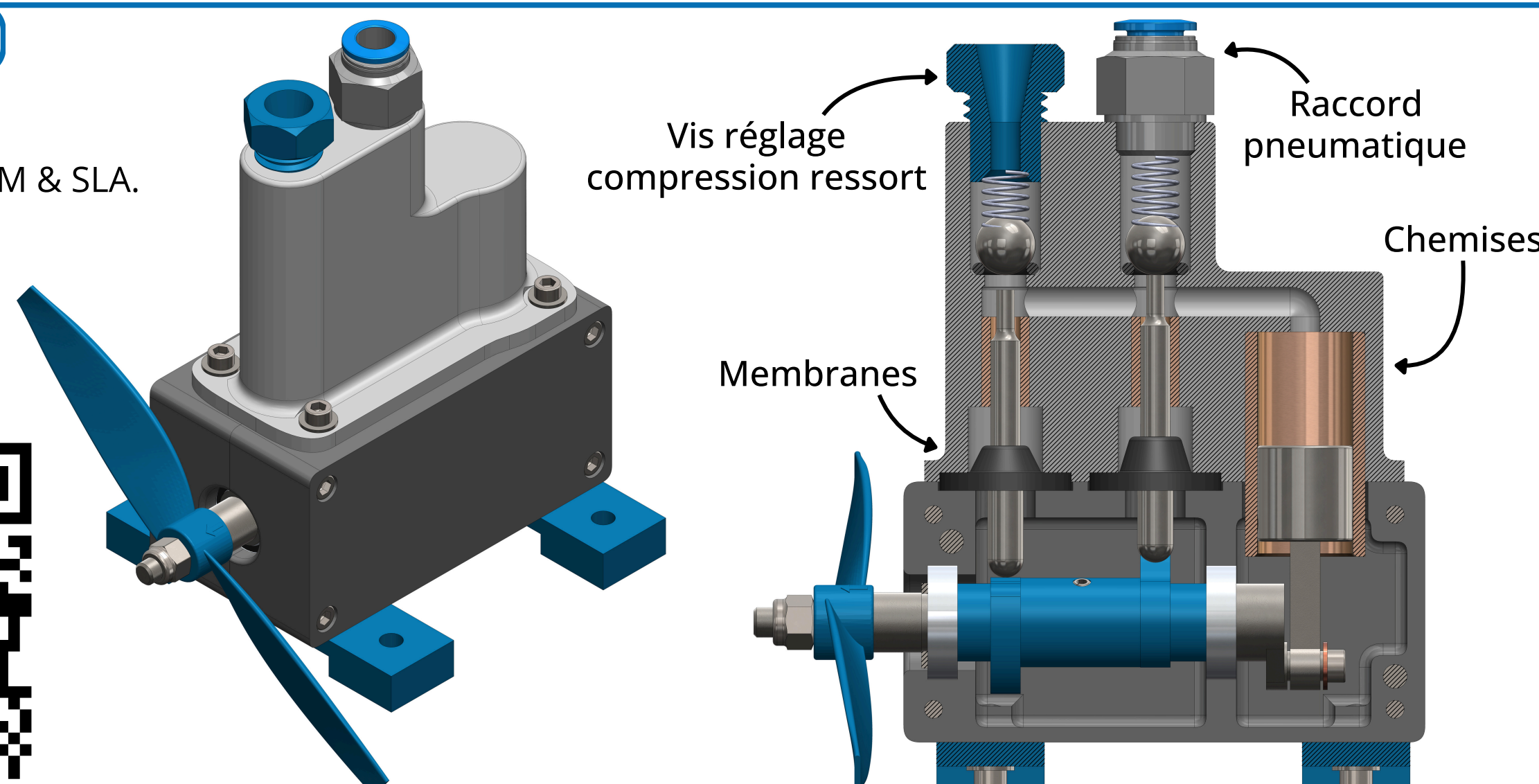
$$P \propto (\Delta p)^{3/2} \times R_h^{-5/2}$$

Conception 3D

• Procédés :

- Impression 3D FDM & SLA.
- Usinage CN.

Animation CAO :



Conclusion et perspectives futures

La prochaine étape est de réaliser la fabrication des pièces, il est indispensable de prévoir au mieux les ajustements, en particulier entre les pièces imprimées.
En parallèle, je prévois de définir les protocoles de mesures des performances.
Pour enfin, réaliser les tests du prototype.

Bibliographie

- [1] J. Martin, "Étanchéité en mécanique", Techniques de l'Ingénieur, vol. 10 oct. 2004.
- [2] CTPE, "Force entre deux aimants".
- [3] V. G. Truglia, "High-efficiency engine driven by pressurized air or other compressible gases", WO2011104606A3, 1 nov. 2012.
- [4] K. Fukuzawa, T. Ishikawa, "OHV engine". EP0233384A2, juin 2003.