

Objectif

Concevoir et construire un micro-nageur autonome capable de se déplacer dans un fluide, à bas nombre de Reynolds.

Nage à bas Reynolds

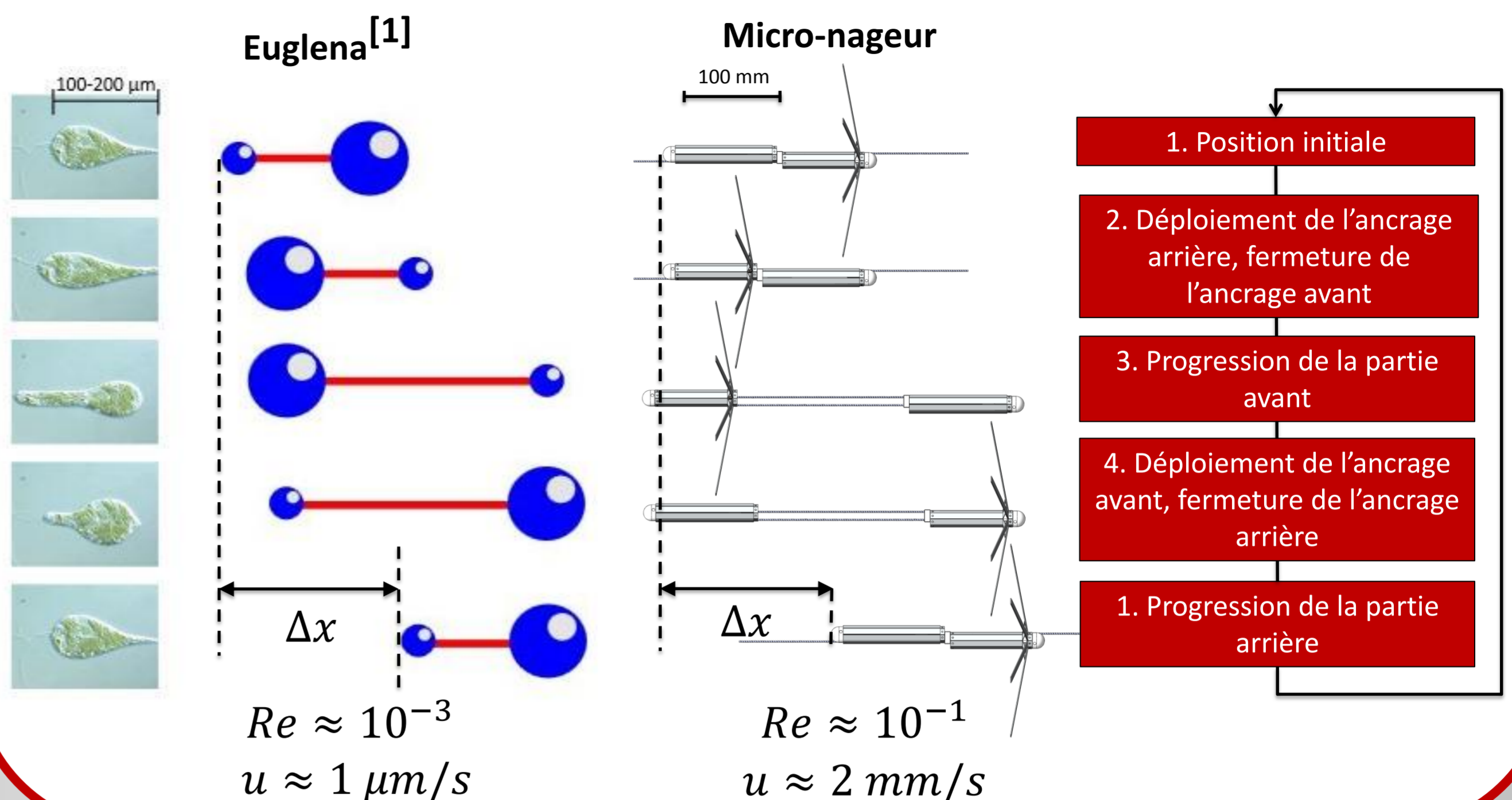
Les équations gouvernant ces écoulements sont les équations de Stokes^[2] :

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{u} = 0 \quad \mu \nabla^2 \vec{u} = \vec{\nabla} p$$

Ces équations étant **linéaires** et **indépendantes du temps**, tout mouvement réciproque ne produit pas de déplacement global.

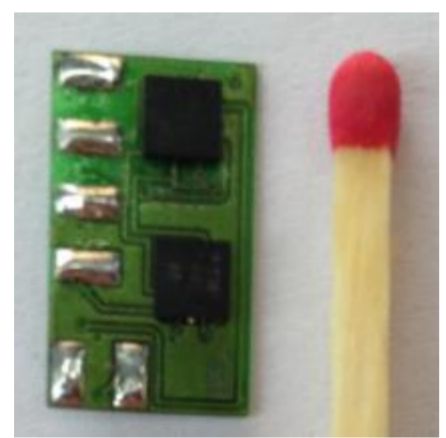
➔ Méthode **Push-me pull-you**

Push-me pull-you



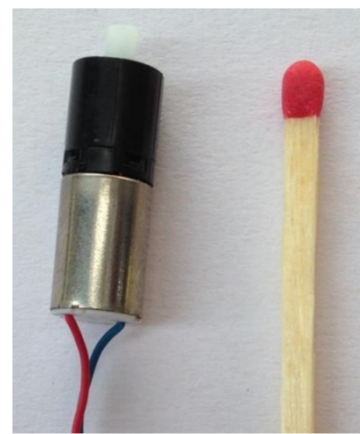
Micro-nageur

2. Contrôle



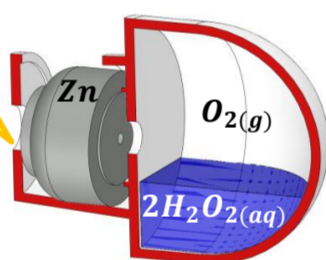
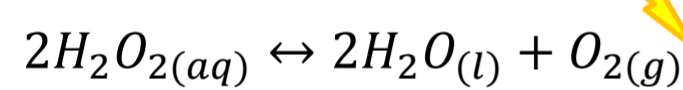
Dimensions : 8x14mm
Le circuit imprimé comporte un microcontrôleur et un pont en H. Sa programmation permet le contrôle des deux moteurs.

3. Entraînement

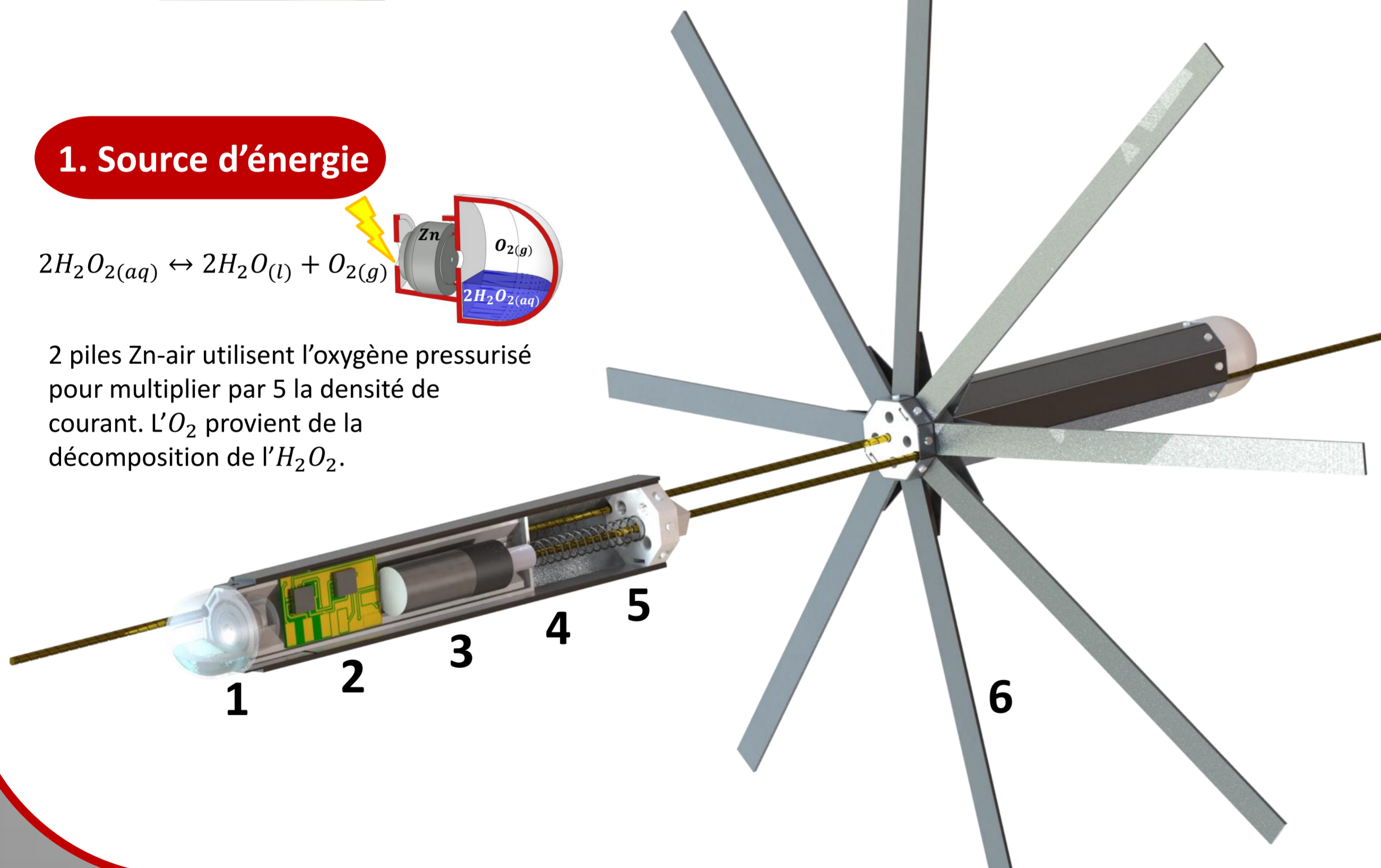


Moteur miniature avec réduction 25:1 intégrée.

1. Source d'énergie



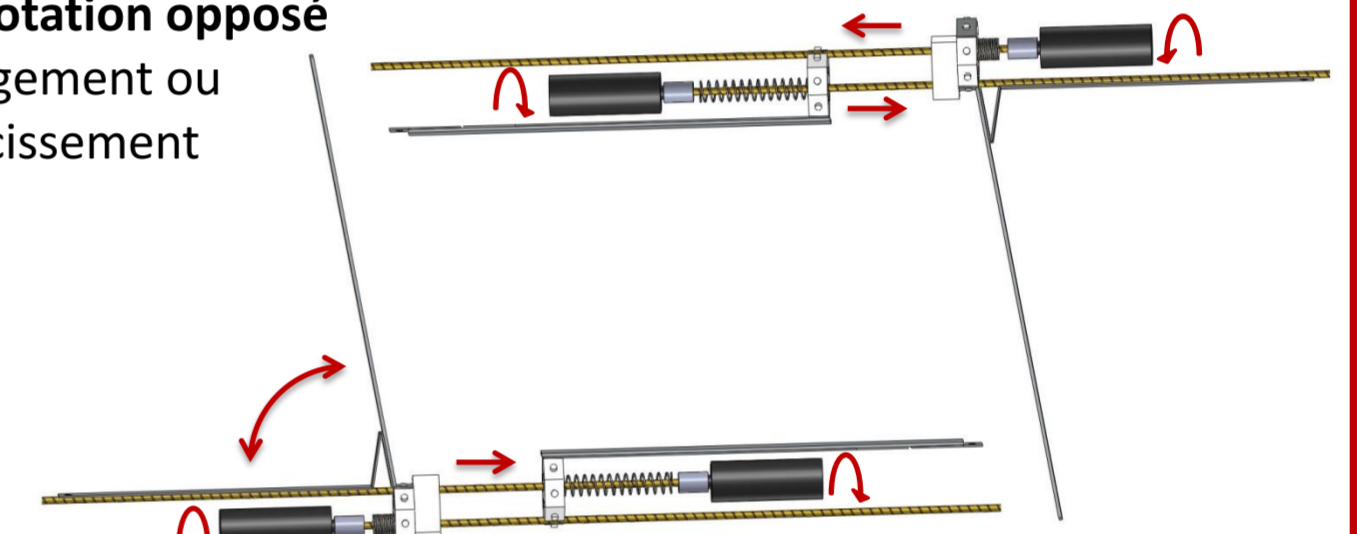
2 piles Zn-air utilisent l'oxygène pressurisé pour multiplier par 5 la densité de courant. L'O₂ provient de la décomposition de l'H₂O₂.



4. Actionnement

4 étapes ➔ 3 mouvements ➔ 2 DDL ➔ 2 moteurs

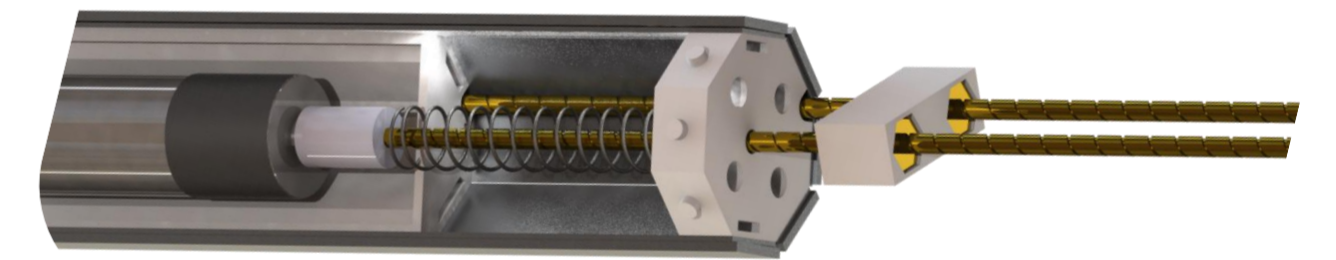
Sens de rotation opposé
➔ Allongement ou rétrécissement



Même sens de rotation

➔ Ouverture ou fermeture de l'ancrage

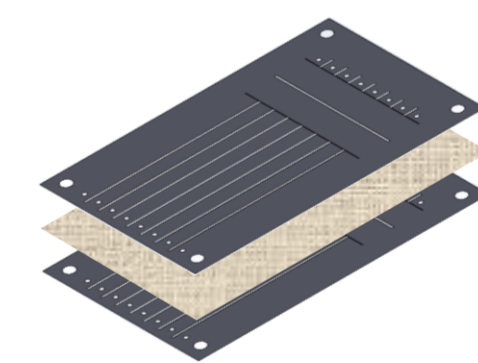
5. Guidage



Le ressort agit indirectement sur les lames d'ancrage pour les ramener en position fermée.

6. Ancrage

Pièce composite « sandwich » en aluminium et en tissu ; assure l'ancrage pendant les phases 1 et 3.



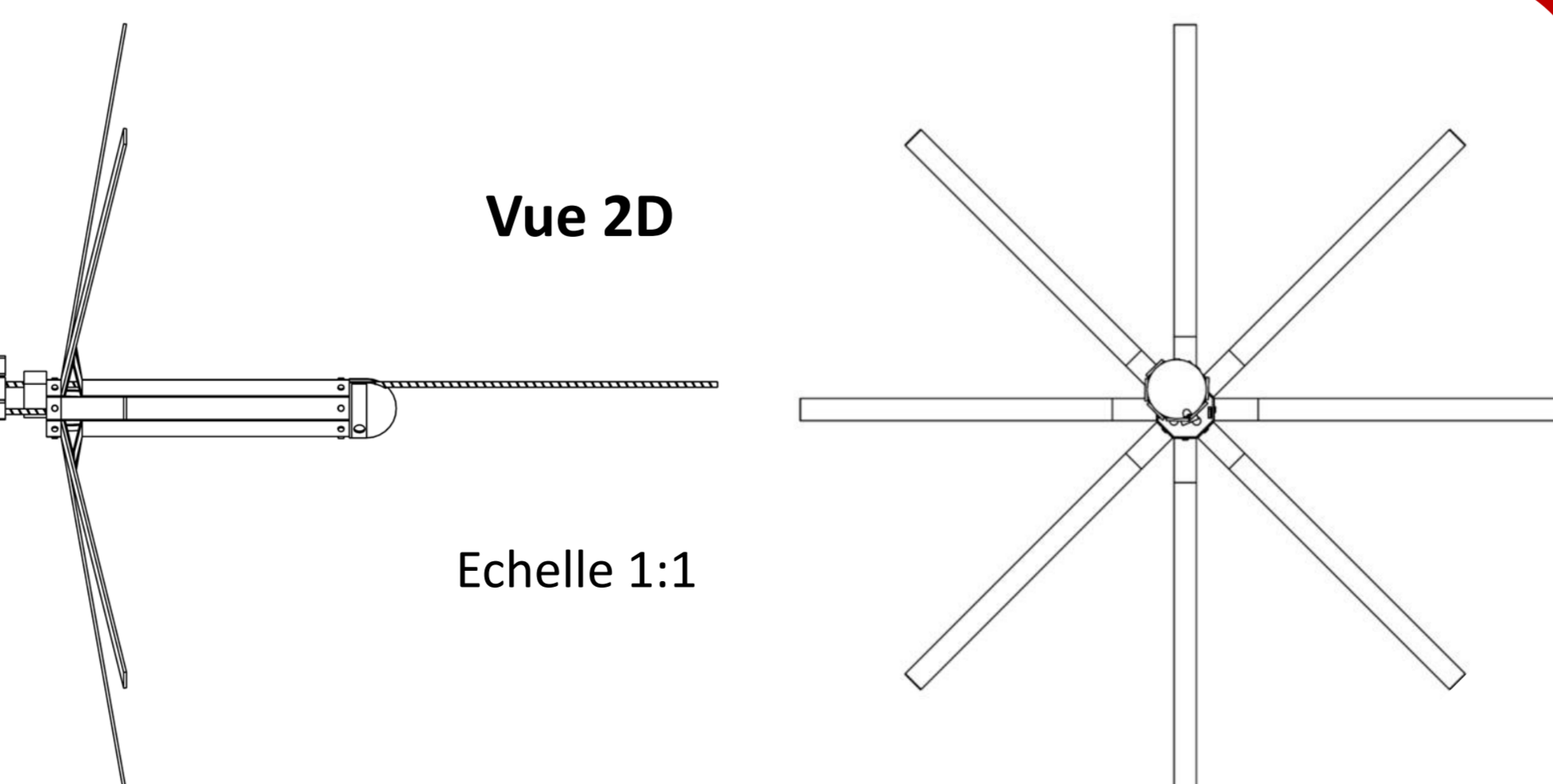
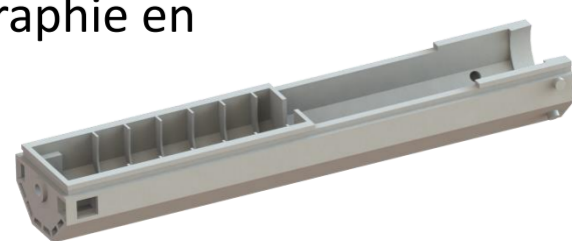
Fabrication

1. Usinage laser des plaques
2. Collage du tissu aux plaques
3. Découpage manuel

Miniaturisation

$$L = \frac{Re \cdot \nu}{u} \approx 10^{-1} m$$

Fabrication Carter
Micro-impression en 3D par stéréolithographie en AccuraXtreme.



Conclusion

- Robot autonome
- Problèmes de miniaturisation
- Interdisciplinarité
- Travail collectif

À faire :

- Production et tests
- Davantage de miniaturisation
- Optimisation

Références :

- [1] J. E. Avron & al.
Push me pull you: an efficient microswimmer
[2] E. M. Purcell
Life at low Reynolds number