

# Synthèse structurée du projet d'éolienne de démonstration

Posts 1 à 18 — rappel explicite du numéro de post dans chaque paragraphe de synthèse

Ce document résume l'évolution du projet depuis l'idée fondatrice jusqu'aux limites actuelles du prototype. L'objectif est de conserver une lecture rapide du cheminement technique, en rappelant systématiquement le numéro de post correspondant.

## 1. Lecture d'ensemble

Le projet part d'une intuition aérodynamique simple, puis évolue progressivement vers une architecture cohérente intégrant flux d'air, géométrie du cône, profil des pales, fabrication additive et choix du générateur.

Le prototype joue un rôle de validation : il confirme plusieurs principes mais révèle aussi les limites du PLA imprimé pour des pales fines, mobiles ou torsionnées.

La version actuelle valide surtout une logique de démonstration et de mise au point. Une version réellement fonctionnelle à géométrie variable demanderait des pales plus massives, un matériau plus technique et une architecture mécanique plus robuste.

## 2. Synthèse chronologique par post

### Post 1 — Idée fondatrice

Le projet naît d'une intuition aérodynamique : ne pas seulement capter le vent, mais organiser son parcours, en combinant surface d'interaction, compression partielle en entrée et détente guidée en sortie.

### Post 2 — Rôle du prototype initial

Le premier prototype n'a pas été conçu comme un objet final, mais comme une preuve de réalité. Il a permis de confronter l'idée aux contraintes de montage, d'encombrement, de stabilité et de comportement réel du flux.

### Post 3 — Passage vers une version micronisée

Le projet évolue d'un support d'essai vers un démonstrateur compact, transportable et plus lisible. La miniaturisation devient à la fois un enjeu technique, pédagogique et de valorisation.

### Post 4 — Défis de la miniaturisation

Réduire l'échelle ne revient pas à simplement réduire les dimensions. À petite taille, tolérances, comportement du flux, fabrication et lisibilité deviennent plus critiques.

### Post 5 — Composant dimensionnant : le générateur

L'intégration du générateur marque le passage d'une logique exploratoire à une logique de conception. Sa taille et son intégration commencent à imposer la géométrie globale du système.

### Post 6 — Comparer les générateurs

Le choix du générateur doit équilibrer encombrement, vitesse atteignable, couple résistant, lisibilité et potentiel de miniaturisation. Le projet passe d'une logique de pièce trouvée à une logique de compromis structuré.

### Post 7 — Dimensionnement du rotor et impression 3D

Les premiers diamètres compacts (60/120 mm) se heurtent à la limite d'épaisseur imprimable. Pour préserver un profil lisible et fabricable, le projet s'oriente vers une géométrie plus grande : 70/200 mm.

### Post 8 — Le générateur freine le système

Produire de l'électricité impose un couple résistant. En micro-éolien, ce freinage devient central : il conditionne le démarrage, la vitesse et le choix de la géométrie.

### **Post 9 — Vers un cône à géométrie variable**

Le système ne peut pas être pensé comme une forme fixe. La géométrie du cône doit pouvoir être considérée comme un paramètre d'adaptation au vent, au régime et au couple résistant.

### **Post 10 — Géométrie variable et démarrage**

L'ouverture du cône est pensée comme un levier de démarrage : plus ouvert à faible vent pour lancer la rotation, plus resserré ensuite pour mieux exploiter le flux.

### **Post 11 — Régulation par bague mobile**

La variation d'ouverture est associée à une bague mobile et à une logique mécanique simple de type parapluie. L'objectif n'est pas la complexité, mais une adaptation lisible du système.

### **Post 12 — Profil des pales**

La pale devient un organe de canalisation du flux : plus large en amont, plus fine en aval, profil courbe inspiré des turbines hydrauliques et torsion statique retenue à 15°. Le PLA imprimé impose ici une forte limite de déformabilité.

### **Post 13 — Passage à la géométrie définie**

Le concept est traduit en paramètres concrets : largeur variable, vrillage, courbure, nombre de pales et espacement. Le système devient modélisable et fabricable.

### **Post 14 — Vrillage fixe ou réglable**

La possibilité d'un vrillage réglable est étudiée, mais les faibles niveaux d'énergie et la rotation du système rendent la commande difficile. Une version réglable reste utile comme banc de mise au point, mais pas comme solution acquise.

### **Post 15 — Hypothèse d'ailette mince en ABS**

Une ailette fine est envisagée pour explorer une certaine souplesse, mais la tenue mécanique reste incertaine. L'essai sert davantage à cadrer la limite acceptable qu'à valider une solution définitive.

### **Post 16 — Solution prototype retenue**

La géométrie 70/200 mm sur 200 mm de longueur est retenue, avec 15 à 20 pales et une torsion imposée mécaniquement. Le principe dynamique (ouverture + vrillage) est validé conceptuellement, mais jugé non exploitable en version imprimée 3D fine.

### **Post 17 — Validation de faisabilité**

Les ordres de grandeur d'efforts aérodynamiques restent faibles. Le couple nécessaire au vrillage est du même ordre que le couple disponible, et le vrillage simultané d'un jeu complet de pales dépasse très largement ce que le vent peut fournir. La faisabilité actuelle est donc limitée par le matériau et le procédé.

### **Post 18 — Guidage des pales et répartition des charges**

Le guidage des pales doit être assuré en amont et en aval pour éviter une concentration des contraintes sur les zones les plus fines, surtout à l'aval du cône. Cette exigence oriente déjà une future version plus robuste.

## **3. Points de convergence entre les posts**

**Posts 1 à 4 :** le projet passe d'une idée exploratoire à une démarche de miniaturisation raisonnée. Le changement d'échelle n'est jamais neutre : il transforme la lisibilité, la fabricabilité et la physique du système.

**Posts 5 à 8 :** le générateur devient une pièce dimensionnante. Il ne suffit pas de produire une tension : il faut aussi rester compatible avec les vitesses réellement atteignables et le couple résistant induit.

**Posts 9 à 12 :** la géométrie variable devient un axe fort de réflexion, mais la fabrication additive impose rapidement une limite : la torsion dynamique des pales est séduisante en théorie, mais très pénalisée par la rigidité et la fragilité

du PLA.

**Posts 13 à 18** : le projet entre dans une phase d'ingénierie plus explicite : géométrie des pales, vrillage, faisabilité, guidage et répartition des charges sont mis en relation. La conclusion est claire : le concept est pertinent, mais le procédé de réalisation actuel est trop limitant pour la version dynamique.

## 4. Calculs et conclusions techniques retenus

Référence	Valeur retenue	Lecture technique
Post 16	Cône 70 / 200 mm – longueur 200 mm	Compromis retenu pour préserver le profil tout en restant imprimable.
Post 16	Angle total $\approx 66^\circ$	Géométrie plus ouverte que les premières hypothèses, mais plus cohérente avec le profil réel des pales.
Post 12 & 16	Torsion statique $\approx 15^\circ$	Valeur conservée comme orientation fixe réaliste pour une pale imprimée.
Post 7	Épaisseur minimale pratique $\geq 0,8$ mm	En dessous, le profil n'est plus reproductible correctement en impression 3D standard.
Post 17	Couple aérodynamique disponible $\approx 0,01$ à $0,02$ N-m	Les efforts restent faibles ; la mécanique doit être très légère et peu dissipative.
Post 17	Vrillage d'une pale $\approx 0,008$ N-m	Déjà du même ordre que le couple disponible.
Post 17 + remarque de validation	Vrillage de 20 pales $\approx 0,16$ N-m	Le vrillage collectif des pales dépasse nettement ce que le vent peut imposer : fonction irréaliste en l'état.

## 5. Conclusion générale

**Conclusion issue des posts 1 à 18** : le projet est techniquement crédible comme démonstrateur, et le raisonnement de conception est solide. Les posts montrent une progression logique : idée, prototype, dimensionnement, choix de générateur, géométrie variable, validation mécanique et identification des limites.

**Conclusion issue des posts 12, 16 et 17** : la torsion dynamique des pales ne peut pas être retenue dans l'état actuel. Le PLA imprimé en faible section est trop rigide pour une déformation utile et trop fragile pour une cinématique répétée. La torsion doit donc rester statique à ce stade.

**Conclusion issue des posts 16 à 18** : la prochaine étape sérieuse n'est pas seulement d'optimiser le profil, mais de changer de niveau de réalisation : pales plus massives, guidage amont/aval, matériau technique, et éventuellement fabrication par injection ou usinage pour rendre la géométrie variable réellement exploitable.

## 6. Orientation proposée pour la suite du projet

1. Conserver le prototype imprimé comme démonstrateur statique et support de validation visuelle.
2. Documenter séparément la version conceptuelle à géométrie variable comme piste d'évolution industrielle.
3. Préparer une future version avec pales épaissies, guidage double (amont/aval) et matériau plus robuste.
4. Si nécessaire, distinguer clairement deux branches : une version pédagogique imprimée et une version mécaniquement ambitieuse à développer autrement.