

## Conserver l'énergie éolienne, ou comment entraîner une toupie du mieux possible par la force du vent ?

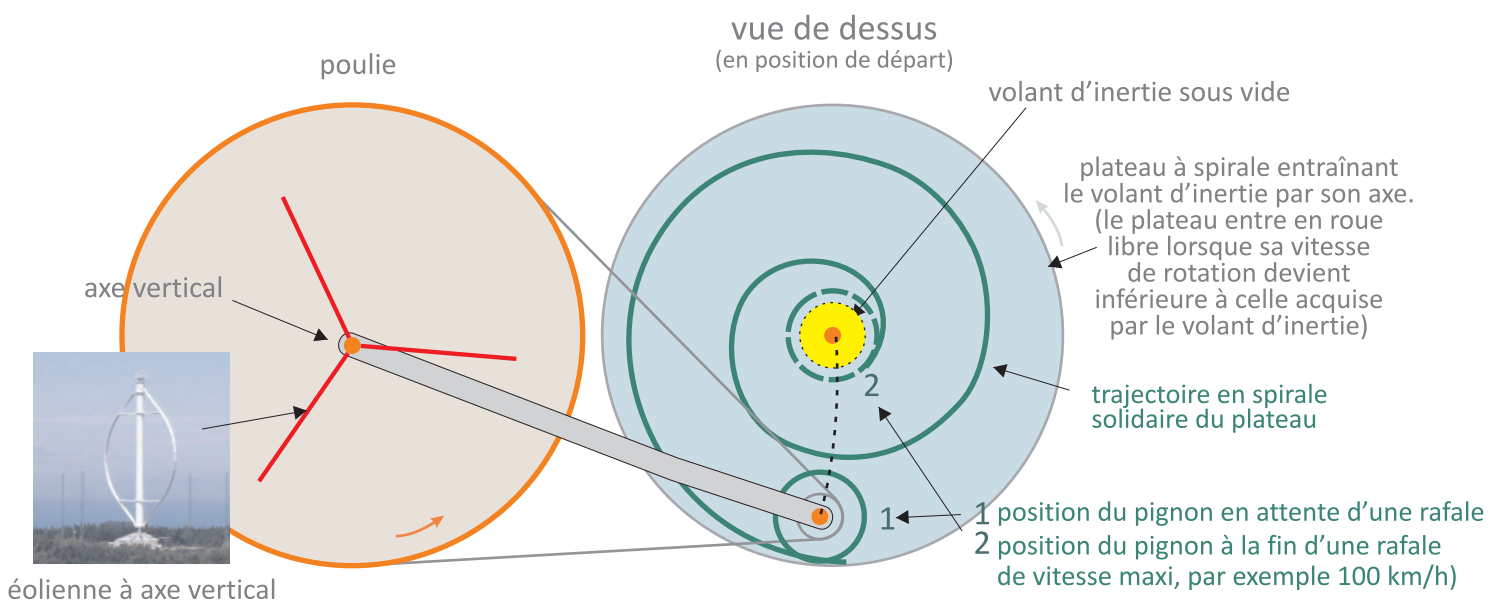
Pour lancer une toupie de façon efficace, il faut que la ficelle qu'on enroule autour de son axe lui confère un mouvement de rotation uniforme ou uniformément accéléré, ce qui semble exclure l'utilisation du vent, qui peut être tantôt stable à différents niveaux, ou en rafales partant de différents niveaux, voire totalement irrégulier. Pourtant, si on y parvenait, ces grosses toupies à grande vitesse que sont les volants d'inertie (1) sous vide seraient un bon moyen de conserver l'énergie du vent, car en allongeant le temps de consommation de l'électricité éolienne, on soulagerait l'emploi des centrales. (les centrales sont à ce jour le seul recours, pour équilibrer la production et la consommation, faute de pouvoir stocker l'électricité). Par ailleurs, lancer une toupie est un acte ponctuel, qui ne peut pas représenter à lui seul ce qu'il faudrait faire pour conserver toute l'énergie du vent. On doit aussi l'accumuler.

L'énergie cinétique que l'on peut stocker dans un volant d'inertie augmente en fonction de sa masse et du carré de sa vitesse. Cela veut donc dire que l'on stockera beaucoup plus d'énergie en multipliant la vitesse d'un volant d'inertie par 2 ( $2 \times 2 = 4$  fois plus) qu'en multipliant sa masse par 2 (2 fois plus). C'est pourquoi les volants d'inertie modernes sont faits très légers, de sorte à favoriser la prise de vitesse. Et comme il est évident qu'on ne peut pas donner une vitesse instantanée à un volant d'inertie, j'ai donc pensé l'entraîner par une roue spirale, car en faisant avancer un pignon sur une trajectoire en spirale (FIGURE 1), on introduit une progression dans la vitesse de rotation donnée au volant d'inertie, qui ressemble beaucoup au geste que l'on pourrait faire sur une toupie : le déroulé est faible lorsque le pignon est proche de la circonférence, ce qui est bien pour le début d'une rafale qui n'a pas beaucoup de puissance, et la résistance et le déroulé augmentent régulièrement au fur et à mesure que le pignon avance sur la spirale.

Cependant, pour que cela fonctionne, il ne faudrait pas que cette roue spirale soit fixe dans les 2 sens sur son axe, car on serait alors comme un cycliste, qui après avoir accéléré ralentirait son rythme de pédalage. Pour conserver la vitesse, il faudrait donc comme sur une bicyclette que la spirale entre en "roue libre" aussitôt que la rafale a donné son maximum de vitesse au volant d'inertie. Et il faut aussi que cette spirale puisse revenir dans sa position de départ, car les rafales de vent sont alors comme un cycliste qui pédalerait de plus en plus vite pour tenter de franchir un sommet, et qui doit pouvoir revenir sur un pignon plus grand, quelque temps après pour faire une nouvelle tentative. C'est pourquoi cette roue spirale doit également être dotée d'un ressort de rappel, lui permettant de pivoter lentement en sens inverse du volant aussitôt qu'elle entre en roue libre. (ce mouvement inverse pouvant être stoppé avant d'arriver à son terme, si jamais le pignon mû par le rotor de l'éolienne vient à reprendre prise sur la chaîne)

(1) Des volants d'inertie équipaient les bus de Zurich dans les années 30. Ils les relançaient de temps à autre en des endroits précis par de l'électricité. Ils étaient donc non polluants. Leur disparition apporte une preuve de plus que l'innovation vise plus souvent le profit, que le bien public.

**FIGURE 1**



Cette idée a cependant de gros défauts :

Premier défaut : si le volant d'inertie a déjà une certaine vitesse, on peut trouver inutile de faire parcourir au pignon la partie de la spirale correspondant à une vitesse déjà acquise.

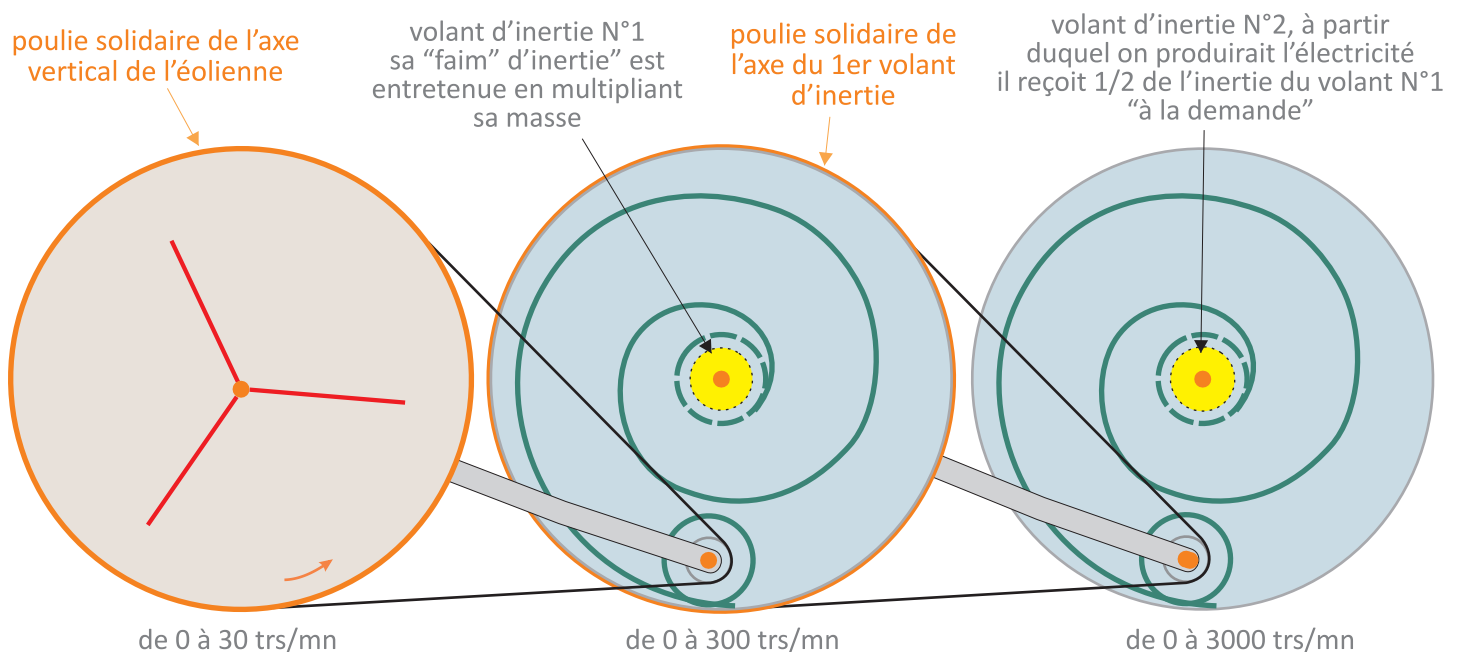
Deuxième défaut : si ce volant d'inertie est déjà en rotation, les nouvelles rafales auront de plus en plus de difficulté à lui donner un surcroît de vitesse. Si les choses devaient en rester ainsi, on peut imaginer un cas extrême, où une rafale très forte survenue dès le matin, rendrait toutes les rafales suivantes de la journée inutiles, car de moindre intensité (pas d'adaptation à la disparité du vent, ni d'accumulation de l'énergie)

Troisième défaut : supposons qu'une rafale ait donné un peu plus de vitesse au volant d'inertie, eh bien on n'en a pas encore tiré parti comme on devrait, puisqu'on n'utilise que sa plage de vitesse montante (par ex de 10 à 25), alors que sa plage de vitesse descendante (de 25 à 10) a le même potentiel d'énergie.

Le premier défaut n'en est peut-être pas un, car un cycliste dans une descente qui veut encore accélérer doit pédaler vite, mais il n'a que très peu d'effort à fournir tant que le pignon n'est pas "en prise". Il se produirait donc quelque chose de similaire : l'éolienne tournerait sans résistance pendant le temps très court où elle ferait avancer le pignon sur la chaîne jusqu'au point où il serait à nouveau "en prise", et profiterait de son élan.

Pour le deuxième défaut (adaptation et accumulation), il faudrait agencer les choses de telle sorte que toute nouvelle rafale soit toujours pour ce premier volant "la meilleure", et qu'il ait toujours "faim d'inertie". Mais on ne veut pas le faire en générant de l'électricité à cet endroit, puisqu'on cherche à accumuler l'énergie pour la rendre disponible "à la demande". Il faudrait alors trouver un moyen d'augmenter la masse de ce premier volant, pour le ralentir. L'intérêt de ceci serait par exemple que si le vent fait déjà tourner le rotor de l'éolienne à 12 trs/mn, et qu'il entraîne le volant d'inertie à 120 tours/mn, on puisse en doublant sa masse le ramener à une vitesse de 60 tours/mn, car ainsi on se garde la possibilité d'accumuler l'énergie du vent, en amenant à son tour cette masse double à 120 trs/mn. Et lorsque cette masse double (ou triple, ou décuple, etc) serait à une vitesse qu'on estimerait maximale, compte tenu des conditions, c'est alors qu'il y aurait la possibilité de demander le transfert de l'énergie cinétique de ce premier volant sur un second pour faire de l'électricité, ou bien de ne pas le faire, s'il s'avère qu'on n'a pas besoin d'électricité, et dans ce cas, on préférerait à nouveau augmenter la masse du volant N°1. Mais s'il s'avère au contraire que l'on a besoin d'électricité, et qu'on transfère l'énergie cinétique du premier volant sur le second (ce qui n'est possible que pour la moitié de celle-ci), on aurait alors plus d'assurance de donner une grande vitesse à ce second volant, que si la masse du premier volant était restée à une unité, pour la même raison qu'entre deux sprinters sur le plat utilisant le même braquet et pédalant au départ à la même vitesse, celui qui appuiera 2 fois plus lourdement sur ses pédales ira plus vite et l'emportera. On peut toutefois penser, que l'augmentation de la masse d'un volant d'inertie sous vide pendant qu'il est en rotation, n'est pas un mince problème technique.

FIGURE 2 (accélération du rotor)



Le troisième défaut (de 10 à 25 ok, mais de 25 à 10 ?) gaspillerait la moitié de l'énergie du vent. Or on ne peut pas espérer obtenir un surcroît de vitesse à partir d'un mouvement de décélération du rotor, car cela reviendrait à vouloir lancer une toupie en tirant sur sa ficelle fortement au départ, puis de moins en moins fort. Si on admet que ce problème est insoluble, et que de surcroît, l'augmentation de la masse du premier volant pendant sa rotation est une chose complexe à obtenir, alors on doit renoncer à stocker directement l'énergie cinétique du vent dans un volant d'inertie, et se résoudre à passer par un intermédiaire.

En attendant de dire quel intermédiaire, faisons l'hypothèse que l'axe vertical de l'éolienne (Figure 3, en rouge) soit mis en rotation par une entrée d'énergie cinétique idéale arrivant à intervalles irréguliers, telle que par exemple l'énergie cinétique d'une rafale de vent imaginaire, qui serait uniquement montante de 0 à 100 km/h, survenant de temps à autre. L'existence d'une telle "rafale standard" serait idéale, car on sait qu'avec la même vitesse moyenne de vent sur une période donnée, une éolienne classique peut produire jusqu'à deux fois plus d'électricité si le vent est en rafales, plutôt que régulier et sans accoups. Une première rafale "standard" ferait avancer le pignon sur la spirale du volant N°1, et lui donnerait une certaine vitesse, jusqu'à ce que cette spirale d'entraînement entre en roue libre et reprenne sa position de départ (ressort de rappel). A la rafale suivante, le pignon progresserait rapidement sur la partie de la spirale correspondant à la vitesse déjà acquise par le volant (comme le cycliste qui veut encore accélérer dans une descente), et lorsque ce pignon entrerait "en prise", la vitesse du volant N°1 augmenterait, et les choses se répéteraient ainsi de "rafale standard" en "rafale standard", jusqu'à ce que ce pignon N°1 parvienne au centre de sa spirale, et que le maximum de vitesse soit donné (soit 10 fois la vitesse de rotation de l'axe du rotor, si le rayon de sa poulie fait 10 fois celui du pignon N°1). Et comme il n'y aurait plus la possibilité d'accumuler de l'énergie sur ce volant N°1, il faudrait alors le "décharger" de son inertie, en demandant l'entraînement du volant N°2 ce qui doit faire perdre la moitié de sa vitesse au volant N°1, et le met à nouveau en situation d'être accéléré par une nouvelle rafale "standard". Et lorsqu'il serait de nouveau porté à sa vitesse maximale par de nouvelles rafales "standard" survenant tôt ou tard, il faudrait de nouveau décharger ce premier volant sur le volant N°2, ce qui permettrait au pignon N°2 d'avancer un peu plus loin sur sa spirale, faisant accélérer le volant N°2. Et ainsi de suite jusqu'à ce que ce volant N°2 parvienne à son tour à 10 fois la vitesse de rotation du volant N°1. Et si ces 2 volants étaient de masse égale, alors la quantité d'énergie stockée dans ce volant N°2 serait de 100 fois (10 au carré) celle du N°1. Mais si on veut faciliter la mise en rotation des volants successifs, il faudrait prévoir que l'énergie stockée dans un volant soit seulement 10 fois celle stockée dans le volant précédent, ce que l'on peut obtenir en faisant que la masse du volant récepteur soit seulement égale à 1/10 ème de celle du volant émetteur, et ainsi bien que multipliée par 10 à chaque étape, la prise de vitesse des volants successifs en serait facilitée. Et il y aurait donc ainsi, par l'augmentation de la vitesse dans des volants d'inertie sous vide en série (Figure 3-1), la possibilité de stocker de grandes quantités d'énergie cinétique, ce qui pourrait peut-être servir pour autre chose que les éoliennes, qui ne reçoivent qu'une quantité d'énergie cinétique limitée. Mais pour une éolienne, il faudrait déterminer le nombre et la masse des volants d'inertie selon l'énergie cinétique qu'elle reçoivent sur une année. Ainsi elles pourraient fournir le réseau en permanence, même quand il n'y a pas de vent, pourvu qu'elle soient en nombre suffisant, et qu'on leur laisse le temps d'accumuler un an de notre consommation annuelle. Pour ce qui est des pertes à cause des frottements de toutes sortes, elles ne sont pas une fatalité, car il existe des moyens magnétiques de transmission (sans pignons, ni chaînes). Pour limiter les coûts et faciliter la maintenance de telles machines, on pourrait aussi diminuer le nombre de partie mobiles, en n'utilisant qu'un seul très gros volant d'inertie (Figure 3-2), s'il s'avère exact par le calcul, qu'un seul volant très massif entraîné par un plateau à spirale d'un diamètre égal à celui des réservoirs suffirait à stocker un an de l'énergie du vent.

Ce présupposé de l'existence possible d'une "rafale standard" pour éviter le gaspillage de l'énergie des segments de vent descendants, apporterait donc aussi la solution au défaut N°2, puisqu'il permettrait l'accumulation de l'énergie du vent.

FIGURE 3 (1) : accumuler l'énergie cinétique en "déchargeant" l'inertie sur le volant suivant par augmentation de la vitesse

