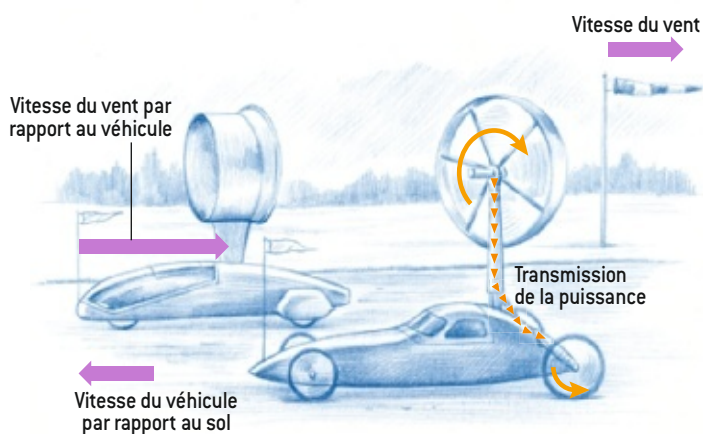




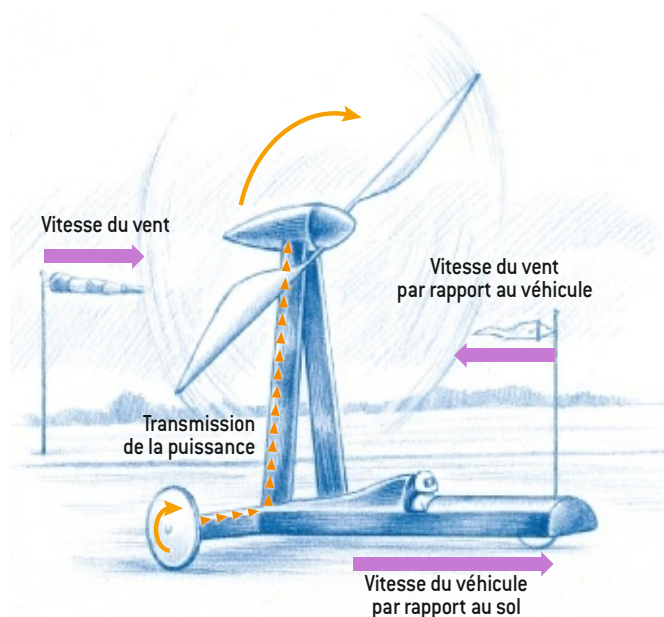
2. UN VENT DE FACE PEUT ÊTRE EXPLOITÉ pour faire tourner une hélice montée sur un véhicule sans moteur. La rotation de l'hélice étant transmise aux roues du véhicule, ce dernier peut alors remonter le vent, par une propulsion purement éolienne.

tapis est égale à $V/(k-1)$: le mobile remonte donc le long du tapis roulant. En revanche, si les engrenages sont dans le rapport inverse ($k < 1$), le véhicule se déplace, mais dans la direction opposée au tapis ! Dans le cas d'un rapport simple ($k = 1$), le système ne peut évidemment pas fonctionner.

Une hélice couplée aux roues et du vent

Comment réaliser ce type de véhicule avec du vent à la place d'un tapis roulant ? Il faut pour cela utiliser un dispositif qui s'appuie sur l'air sans « glisser » dessus et muni d'un système d'engrenage pour faire levier. Ce qui s'en rapproche le plus est une hélice couplée aux roues de telle sorte qu'elle puisse les actionner (voir la figure 2). Quelle force les roues peuvent-elles exercer sur le sol pour propulser le véhicule ? Avec une démultiplication suffisante et une bonne transmission mécanique, cette force peut être aussi grande que souhaité, dans le sens du vent ou contre lui. La seule contrainte est *in fine* énergétique : la puissance de la force motrice doit être inférieure à la puissance que fournit le vent à l'ensemble du véhicule.

En termes de forces, cela signifie que le produit de la force motrice par la vitesse



3. PAR VENT ARRIÈRE, ON PEUT DÉPASSER LA VITESSE DU VENT. En effet, si la rotation des roues est utilisée pour faire tourner l'hélice, cette dernière fournit alors une force de propulsion qui accélère le véhicule, même quand il a atteint la vitesse du vent.

du véhicule au sol doit être inférieur au produit de la force du vent par la vitesse relative du vent par rapport à l'engin. Si le véhicule est à l'arrêt, on comprend alors que la force de propulsion peut être très élevée et que l'on peut sans souci remonter le vent à petite vitesse. Pourquoi pas aussi vite que l'on veut ? D'une part, parce qu'une partie de l'énergie éolienne est dissipée par les frottements aérodynamiques sur l'engin ; d'autre part, parce que la conversion de puissance entre l'hélice et les roues motrices ne saurait être parfaite. D'où l'importance de la conception du véhicule.

Avec un rendement énergétique total de 50 pour cent, on trouve que l'on peut remonter le vent à une vitesse égale en module à la vitesse du vent. Est-ce réalisable ? Depuis quelques années, l'*Aeolus Race*, aux Pays-Bas, regroupe des équipes d'universitaires dans une course face au vent. Lors des phases de tests de l'édition de l'an dernier, un nouveau record a été établi avec une vitesse égale à 75 pour cent de la vitesse du vent (légèrement incliné de 20 degrés par rapport à la marche de l'engin). La marge de progression reste donc importante. Peut-être dès cette année, pour l'édition 2012 qui se tiendra à Den Helder du 22 au 25 août ?

Voyons comment on peut utiliser ce dispositif pour aller plus vite que le vent, en

LES AUTEURS



Jean-Michel COURTLY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'Université Pierre et Marie Curie, à Paris. Leur blog : <http://blog.idphys.fr>

Retrouvez les articles de J.-M. Courtly et E. Kierlik sur www.pourlascience.fr

✓ BIBLIOGRAPHIE

M. Gaunaa *et al.*, Theory and design of flow driven vehicles using rotors for energy conversion, *Proceedings EWE 2009*, Marseille, 2009.

B. L. Blackford, The physics of a push-me pull-you boat, *American Journal of Physics*, vol. 46, pp. 1004-1006, 1978.

Vidéo du véhicule à quatre roues sur un tapis roulant : http://www.youtube.com/watch?v=pw_B2MnMqZs

vent arrière. Dans ce cas de figure, à mesure que le véhicule accélère, la vitesse du vent par rapport au mobile diminue ; il en est donc de même de la puissance fournie par le vent, qui va jusqu'à s'annuler si le véhicule atteint la vitesse du vent. La solution, très astucieuse, est d'inverser le dispositif : les roues, entraînées par le mouvement du véhicule, font tourner une hélice devenue alors propulsive comme dans le cas d'un avion (voir la figure 3).

Imaginons que le véhicule avance à la vitesse du vent (en étant par exemple lancé grâce à une voile au large et en revenant vent arrière). Un bilan d'énergie montre que l'on peut obtenir de l'hélice une force propulsive supérieure à la force exercée par le sol sur les roues. Si nous allons à la vitesse du vent, aucune puissance n'est fournie ou reçue du vent ; en revanche, le moment

de la force de réaction du sol, qui fait tourner les roues du véhicule, peut nous fournir une puissance égale au produit de la composante horizontale de la réaction par la vitesse du véhicule. Pour un rendement total de 50 pour cent, on trouve que l'engin peut atteindre deux fois la vitesse du vent, soit une vitesse relative (par rapport au vent) égale à la vitesse du vent.

En juin 2010, le rendement du *Blackbird* de Rick Cavallaro était encore meilleur, puisque ce véhicule a atteint 2,85 fois la vitesse du vent. Cette première résultait du souhait de cet ingénieur de mettre fin à un débat animé sur la possibilité réelle d'aller plus vite que le vent en vent arrière. Le débat s'était enlisé dans des échanges stériles autour de grands principes. Comme toujours en physique, c'est l'expérience qui a eu le dernier mot.

universcience présente

cité
des sciences & de l'industrie

les conférences

entrée libre

à la Cité des sciences et de l'industrie

Curiosity sur Mars

Repartons à la découverte de la fascinante planète Mars. À partir des premières images captées par le rover *Curiosity*, quelques spécialistes détailleront les particularités de la mission : le plus gros rover jamais envoyé sur Mars, un mode d'atterrissage inédit, une caméra panoramique, un cratère témoin de la présence d'eau liquide sur la planète...

> Réservation conseillée sur conferences@universcience.fr

[SAMEDI 11 AOÛT À 15H] → Auditorium

programme complet sur www.universcience.fr

En partenariat avec

Avec le soutien de

SAF

L'ASTRONOMIE

SCIENCE

CIEL ESPACE

Planet astronomy.com