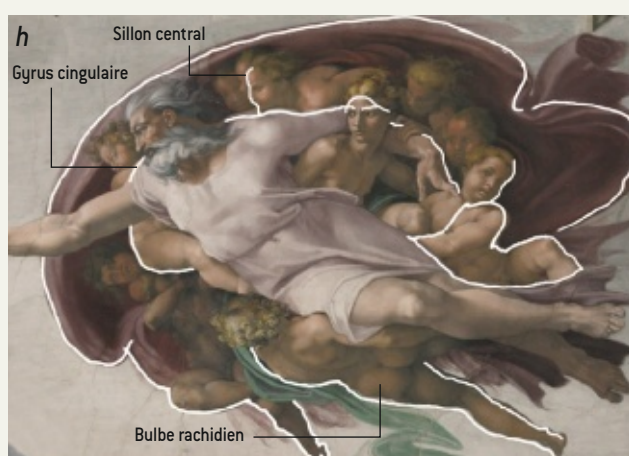
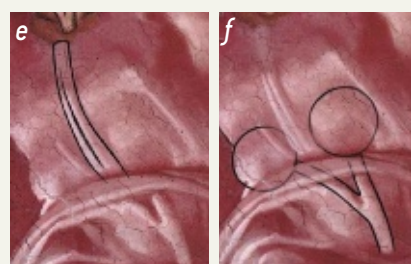
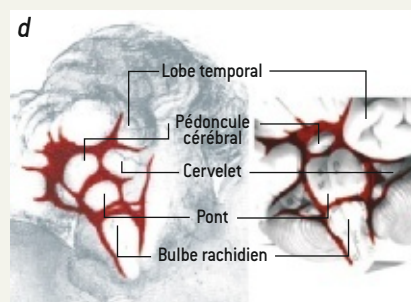




## IDÉES DE PHYSIQUE

# Les jetpacks ou l'homme-fusée

*S'élever dans l'air comme une fusée, grâce à un petit équipement individuel ? Cette prouesse devient possible : divers dispositifs sont en cours de développement.*

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

Déuni des pouvoirs de Superman, le héros de bandes dessinées Rocketeer utilise un réacteur placé dans son dos pour voler. Ce type de propulsion individuelle existe en réalité depuis plus de 50 ans ! Mais la puissance nécessaire interdisait une autonomie supérieure à la minute. Aujourd'hui, de nouveaux dispositifs permettent de voler durant plus d'une demi-heure. Sur quels principes physiques ces « jetpacks » sont-ils fondés, et quelles sont leurs limitations actuelles ?

Tous les jetpacks utilisent le principe de la propulsion à réaction, qui est fondé sur la loi de conservation de la quantité de

mouvement (produit de la masse par la vitesse). Lorsqu'un moteur expulse vers l'arrière un jet de fluide, il apparaît par réaction une force de poussée dont l'intensité est égale à la quantité de mouvement du fluide éjectée par unité de temps.

## Poussée par réaction

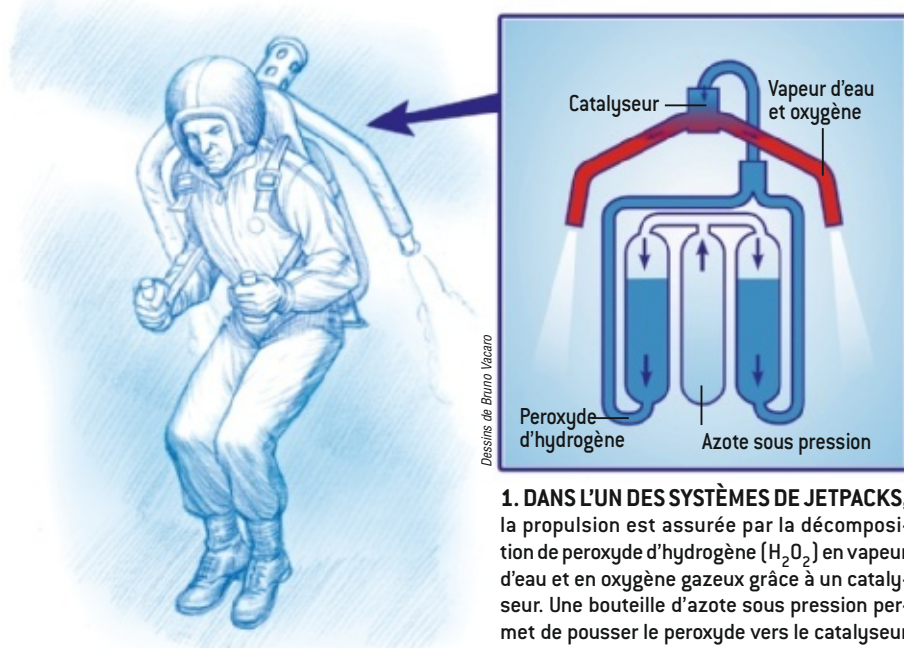
Faisons des estimations avec des chiffres ronds. La force nécessaire à la sustentation d'une personne de 100 kilogrammes (équipement compris !) est de 1 000 newtons. Par conséquent, si la vitesse d'expulsion du fluide est de 1 000 mètres par seconde, il faut éjecter un kilogramme de matière par seconde,

soit l'équivalent d'un mètre cube d'air à pression atmosphérique. Avec une seule tuyère, la section de cette dernière doit donc être de dix centimètres carrés. L'énergie cinétique du gaz éjecté par seconde, qui est au rendement près la puissance requise du moteur, est de un demi-mégawatt, soit 700 chevaux.

Cette puissance semble hors de portée pour un dispositif compact. Et pourtant, ces chiffres sont à peu de choses près les caractéristiques du premier modèle de jetpack, la *Bell Rocketbelt* développée dans les années 1960. La puissance nécessaire était obtenue grâce à une réaction chimique : la décomposition de peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) à l'aide d'un catalyseur tel que l'argent. En moins d'un dixième de seconde, le liquide se décompose en eau et oxygène selon la réaction  $2 H_2O_2 \rightarrow 2 H_2O + O_2$  ; on obtient un gaz (mélange de vapeur d'eau et d'oxygène) à près de 750 °C et à la pression de 20 atmosphères.

L'avantage de ce procédé est qu'il est beaucoup moins dangereux et plus facile à mettre au point qu'un réacteur ordinaire à combustion, dont la température est bien plus élevée. En revanche, toute la matière éjectée doit être emportée dans le réservoir. En utilisant les estimations faites au paragraphe précédent, cela signifie qu'une quarantaine de kilogrammes de peroxyde d'hydrogène assurent une quarantaine de secondes d'autonomie.

En pratique, l'homme volant portait sur son dos deux bouteilles pleines de peroxyde d'hydrogène (pur à 90 pour cent), ainsi qu'une troisième bouteille pleine d'azote sous pression dont le rôle était de pousser à un débit suffisant le peroxyde



**1. DANS L'UN DES SYSTÈMES DE JETPACKS,** la propulsion est assurée par la décomposition de peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) en vapeur d'eau et en oxygène gazeux grâce à un catalyseur. Une bouteille d'azote sous pression permet de pousser le peroxyde vers le catalyseur et d'obtenir ainsi un débit suffisant.

d'hydrogène vers le catalyseur. Après la zone de décomposition, deux tuyères dirigées vers le bas et orientables permettaient au courageux pilote de contrôler son vol.

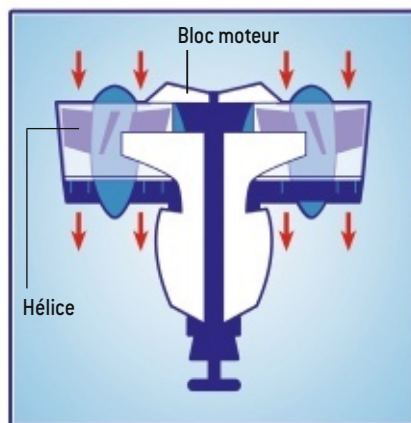
La quantité de peroxyde d'hydrogène que l'on peut embarquer étant limitée, les performances demeurent modestes : un vol de 20 secondes, à un peu plus de 55 kilomètres par heure et à une altitude maximum de 18 mètres. Toutefois, le caractère spectaculaire du vol a justifié une démonstration aux jeux Olympiques de Los Angeles en 1984.

Aujourd'hui, l'entreprise *Thunderbolt Aerosystems* assure la pérennité et la commercialisation de tels dispositifs. Son modèle TP-R2G2D est conçu pour emporter quelques kilogrammes de kérosène et le brûler en même temps que se décompose le peroxyde : cette combustion augmente la vitesse d'éjection des gaz, ce qui permet de réduire le débit et d'améliorer l'autonomie. Le constructeur californien annonce une autonomie de 75 secondes pour un parcours de plus de 1 000 mètres, à une vitesse de pointe de 120 kilomètres par heure. Notons qu'il existait un dispositif français, le *Ludion* SA-610, qui a volé au salon du Bourget en 1967 avec un propulseur différent, l'isopropyl-nitrate.

## Gagner en autonomie

Que faire pour améliorer les performances des jetpacks ? Les facteurs limitants sont d'une part la masse importante de fluide à éjecter, d'autre part la puissance requise pour cette éjection. La matière qui sert à la propulsion était initialement embarquée dans des réservoirs portés par l'homme volant. Si l'on veut une quantité plus importante, il est nécessaire d'utiliser l'air ambiant. Cela signifie-t-il le retour au réacteur ?

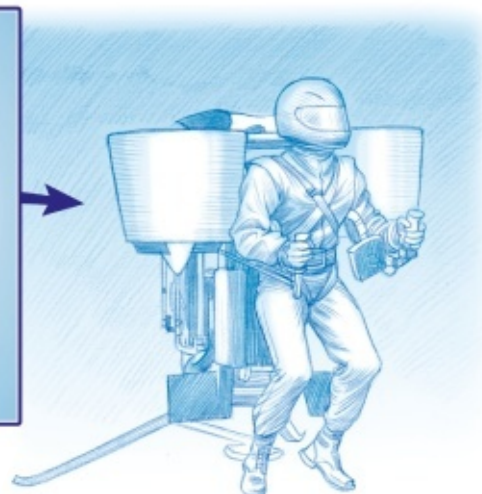
C'est ce que pense le Suisse Yves Rossy, surnommé « Jetman » depuis qu'il vole avec des ailes de 2,40 mètres en fibre de carbone, fixées sur son dos et propulsées par quatre petits réacteurs à kérosène. En mai 2011, il a réalisé un vol spectaculaire de huit minutes à 300 kilomètres par heure au-dessus du Grand Canyon du Colorado. Le choix d'ailes aérodynamiques lui permet sans doute de bénéficier d'un



effet de portance, qui améliore la sustentation. Néanmoins, le départ du vol s'est fait à partir d'un hélicoptère à haute altitude, et l'arrêt par le déclenchement de parachutes : décollage et atterrissage sont fort délicats avec un engin qui se contrôle uniquement avec les mouvements du torse, de la tête et des bras !

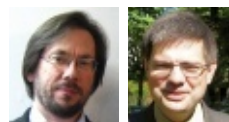
Pour explorer d'autres pistes, revenons à la physique de la propulsion à réaction : la poussée est le produit du débit massique par la vitesse du gaz éjecté, tandis que la puissance requise est le produit du débit massique par le carré de cette vitesse. Si l'on multiplie le débit massique par 10, on obtiendra la même poussée en divisant par 10 la vitesse d'éjection et la puissance. Comme le débit est plus important et la vitesse plus faible, cela signifie que la section de la tuyère d'éjection sera plus grande, dans notre cas d'un facteur 100. Le diamètre correspondant sera donc dix fois plus grand, soit une trentaine de centimètres au lieu des deux ou trois centimètres du premier jetpack.

C'est cette solution qui a été retenue pour la conception du récent *Martin Jetpack*. L'homme volant porte sur le dos deux hélices carénées qui expulsent de l'air vers le bas. Le moteur du dispositif fonctionne à l'essence et déploie une puissance de 150 kilowatts. Il soulève une charge utile de 130 kilogrammes avec une autonomie de 30 minutes, ce qui lui permet de parcourir 50 kilomètres à 100 kilomètres par heure. Présenté au public en 2008, le *Martin Jetpack* a effectué en mai 2011 à Canterbury



**2. LE MARTIN JETPACK** met en œuvre deux hélices carénées mues par un moteur à essence et qui expulsent de l'air vers le bas.

## LES AUTEURS



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

## ✓ SUR LE WEB

<http://www.rocketbelts.americanrocketman.com/>

<http://www.thunderman.net/>

<http://martinjetpack.com/>

<http://www.jetlev-flyer.com/>

## ✓ BIBLIOGRAPHIE

K. Michaelson, *Rocketman : My Rocket-Propelled Life and High-Octane Creations*, Motorbooks, 2007.

Retrouvez les articles de J.-M. Courty et E. Kierlik sur [www.pourlascience.fr](http://www.pourlascience.fr)



**3. DANS LE DISPOSITIF JETLEV-FLYER**, de l'eau est aspirée via un tuyau assez gros et expulsée par deux tuyères. La pompe et son carburant sont dans le bateau auxiliaire, ce qui évite de soulever une lourde charge.



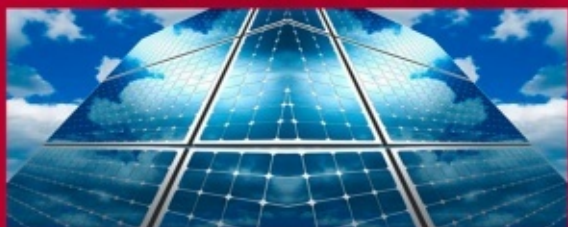
(Nouvelle-Zélande) un vol automatique jusqu'à une altitude de 1 500 mètres avec une vitesse ascensionnelle de quatre mètres par seconde. Mais comme en témoignent les vidéos, l'engin a un peu perdu son caractère portable : plus de 120 kilogrammes à vide et un encombrement de 1,5 mètre dans les trois directions de l'espace...

Une autre approche est de changer de fluide. Pourquoi ne pas remplacer l'air par

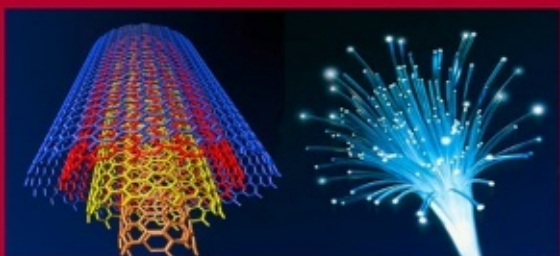
de l'eau ? Ce liquide ayant une masse volumique 1 000 fois supérieure, une vitesse d'éjection 30 fois plus faible suffira avec des tuyères de mêmes dimensions (le débit massique à section donnée est proportionnel à la vitesse d'éjection). À géométrie comparable, la puissance nécessaire est alors 30 fois plus faible.

C'est la solution retenue pour le *Jetlev-Flyer*, qui permet de voler jusqu'à huit mètres au-dessus d'un plan d'eau. Le harnais de l'utilisateur est juste équipé de deux tuyères orientées vers le bas et relié, grâce à un tuyau flexible d'une dizaine de mètres de long, à un vaisseau indépendant qui transporte la pompe et son carburant (ce bateau est miraculeusement absent de toutes les vidéos...). Pour un peu moins de 100 000 euros, voilà de quoi parader le long des berges de Paris-plage cet été !

## 59<sup>e</sup> CONGRES NATIONAL PHYSIQUE CHIMIE



SCIENCES &  
INNOVATIONS  
TECHNOLOGIQUES  
**MONTPELLIER 2011**



**du 23 au 26 OCTOBRE**

## MONTPELLIER

*Congrès des Professeurs de  
Physique Chimie*

*Renseignements et Inscriptions*

<http://montpellier2011.udppc.asso.fr>

*Tout un programme vous attend en  
Languedoc Roussillon : conférences,  
visites, ateliers, rencontres entre collègues,  
découverte de la région et de ses produits ....*



Union des professeurs  
de physique et de chimie

## SCIENCE &amp; GASTRONOMIE

## Améliorer le pistou

*Le goût et la longueur en bouche de la préparation dépendent de sa microstructure. On peut enrichir celle-ci en réconciliant tradition et modernité.*

Hervé THIS



**A**lors que l'on envoie des sondes vers les confins du Système solaire et que l'on construit des nanomoteurs, certains cuisiniers préconisent d'utiliser des outils anciens : la bassine en cuivre pour les confitures, le feu de bois, le pilon et le mortier... Souvent, c'est un attachement à des objets familiers qui les retient de passer à des techniques actuelles, mais, parfois aussi, les techniques modernes ne donnent pas les mêmes résultats que les techniques traditionnelles.

Par exemple, c'est un fait que le cuivre (toxique quand il est à doses notables) des bassines permet de ponter les molécules de pectines qui, extraites des fruits, font prendre les confitures, de sorte que ces dernières sont plus fermes. Par exemple, c'est un fait que des cuillers en bois font des sauces mayonnaises de consistance et de goût différents de celles qui sont obtenues, à partir des mêmes ingrédients, à l'aide d'un fouet ou d'un mixeur. En effet, la cuiller en bois écrase les gouttelettes d'huile contre le bord du récipient, ce qui produit une émulsion de microstructure particulière. Comme le goût résulte des solutés de la phase aqueuse de l'émulsion, pour la saveur, ainsi que des composés hydrophobes plutôt présents dans les gouttelettes d'huile, pour l'odeur, des microstructures différentes engendrent des goûts différents.

Il y a donc lieu de s'interroger chaque fois que la tradition est opposée à la modernité : faut-il mettre au musée les « bonnes vieilles méthodes d'antan » ou, au contraire,

les conserver, en comprenant leurs vertus, afin, éventuellement, de les perfectionner ?

La question a été récemment posée à propos de la confection du pistou (certains disent « sauce au basilic frais », ou « sauce au pistou »), et les tests expérimentaux montrent que la réconciliation éclairée de la tradition et de la modernité mérite d'être conservée comme une méthode générale.

Nous sommes partis de la préconisation d'un cuisinier étoilé, selon lequel le pistou doit toujours se faire au mortier et au pilon. La recette est simple : il suffit de piler de l'ail, des pignons de pin, du basilic, de l'huile d'olive, éventuellement avec des tomates, du sel, du poivre et du parmesan, jusqu'à l'obtention d'une pâte... qui accompagne merveilleusement des pâtes, par exemple. La « précision culinaire » donnée était que le résultat est bien « meilleur » quand la préparation est faite au mortier et au pilon que quand elle est faite au mixeur électrique. Passéisme ?

L'expérience valant tous les raisonnements, nous avons comparé les pistous obtenus à partir des mêmes ingrédients, dans les mêmes proportions, préparés des deux manières. Il n'est point besoin d'avoir l'œil particulièrement aiguisé, ni le palais particulièrement averti, pour constater la différence : la préparation au mortier est d'un vert terne, brun, et elle est d'une consistance un peu granuleuse, avec beaucoup de longueur en bouche pour le goût du pistou. Je suppose que la nécessité de mastiquer permet de mieux percevoir les composés sapides et odorants, conformément à des mesures dont il a déjà été fait

état dans cette rubrique et qui montrent que la sensation est augmentée par l'allongement de la mastication. Travaillée au mixeur, la préparation est d'un vert très frais, printanier ; elle est bien lisse, et, en bouche, a une « attaque » puissante, mais moins de longueur en bouche.

Que choisir ? Puisque l'on nous propose pile ou face, choisissons évidemment la tranche : contentons-nous du meilleur... que l'on obtient en mêlant les deux préparations, de sorte que le vert printanier du pistou fait au mixeur imposera sa couleur et une belle attaque, tandis que le pistou fait au mortier donnera de la longueur en bouche !

Une telle procédure mérite d'être généralisée : chaque fois que nous ciselons du persil, de l'échalote, du basilic, du cerfeuil, de la verveine, de la sauge, de la coriandre fraîche, etc., ne nous contentons pas d'utiliser un couteau pour obtenir des fragments aussi petits que possible. Utilisons aussi un mixeur pour bien ouvrir toutes les cellules des fragments de tissus végétaux, ce qui libérera les composés odorants et sapides contenus dans ces cellules. Ne soyons pas lades de nos efforts : c'est le goût des préparations culinaires qui est en jeu ! ■



Hervé This est chimiste dans le Groupe INRA de gastronomie moléculaire, professeur à AgroParisTech et directeur scientifique de la Fondation Science & Culture Alimentaire (Académie des sciences).



Retrouvez les articles de Hervé This sur [www.pourlascience.fr](http://www.pourlascience.fr)