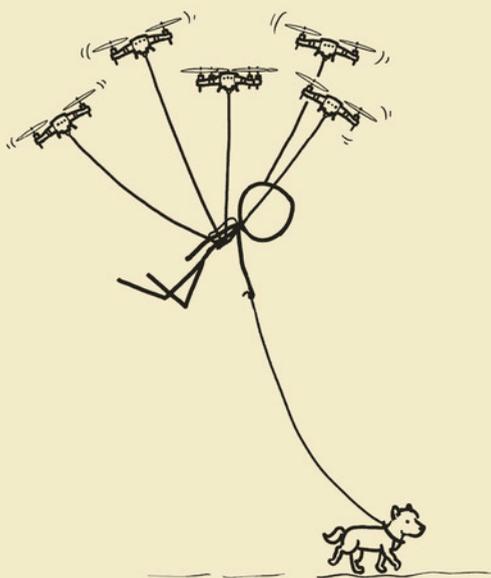


Par l'auteur de *Et si...?*

RANDALL MUNROE

# Et comment...?



**28 recommandations** délirantes  
pour pimenter **scientifiquement** votre vie

Flammarion

# EUX AUSSI ONT AIMÉ LES LIVRES DE RANDALL MUNROE...

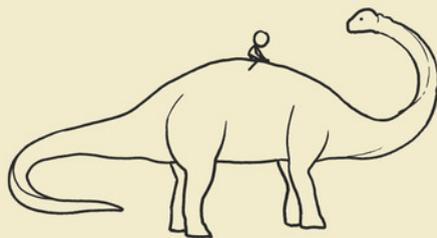
« Fascinant et divertissant  
d'un bout à l'autre »  
*The Wall Street Journal*



« Un régal pour les yeux  
et un plaisir pour l'esprit »  
*Scientific American*



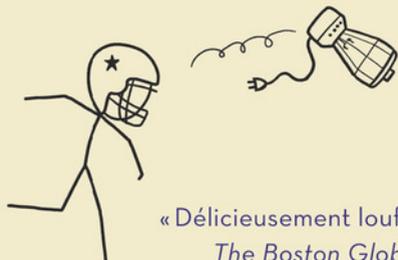
« Indispensable  
pour tous les curieux »  
*Popular Science*



« Hilarant »  
*Entertainment  
weekly*



« Délicieusement loufoque »  
*The Boston Globe*



« Brillant ! »  
*Bill Gates*



« Une magnifique  
réflexion  
sur l'impossible »  
*Newsweek*



Flammarion

**Et comment... ?**



# Et comment... ?

28 recommandations délirantes  
pour pimenter scientifiquement votre vie

RANDALL MUNROE

Traduit de l'anglais (États-Unis)  
par Sophie Lem

Flammarion

Copyright © 2019 by xkcd inc.

Tous droits réservés

L'ouvrage original a paru en 2019 sous le titre *How to* aux éditions Riverhead Books.

Les Éditions Flammarion remercient Nathalie Brousse pour l'aide apportée à l'établissement du texte.

Pour la traduction française :

© Flammarion, 2020

ISBN : 978-2-0815-1046-3

N° d'édition : L.01EHBNo01121.N001

Dépôt légal : octobre 2020

# Décharge de responsabilité

**N'essayez pas de trouver une application pratique aux réponses données.** L'auteur de ce livre est dessinateur humoristique et n'est spécialiste ni de la santé ni de la sécurité. Il aime que ça pète et que ça fasse des étincelles, ce qui signifie que la préservation de votre intégrité corporelle ne fait pas partie de ses priorités. L'éditeur et l'auteur déclinent toute responsabilité quant aux effets préjudiciables qui pourraient résulter, directement ou indirectement, de l'utilisation des informations fournies dans ce livre.

# Bonjour à tous! ←

Ce livre est un recueil de mauvaises idées. Du moins, la majorité d'entre elles sont mauvaises; je vous présente par avance mes excuses si quelques bonnes idées ont réussi à s'infiltrer.

De temps en temps, des idées qui semblent stupides au premier abord s'avèrent révolutionnaires. Pourquoi enduirait-on de moisissure une plaie qui s'est infectée? C'est *a priori* complètement idiot, mais la découverte de la pénicilline a montré qu'il s'agit parfois d'un remède miracle. Bien évidemment, il existe une foule de choses peu ragoûtantes que vous *pourriez* étaler sur une plaie et qui n'amélioreraient pas la situation. Toutes les idées saugrenues ne portent pas la marque du génie. Alors, comment distinguer les bonnes idées des mauvaises?

Première solution: tester l'idée et observer ce qui se produit. Une alternative consiste à déterminer ce qui arriverait *si* nous la mettions en pratique à l'aide d'un peu de maths, en faisant quelques recherches et en s'appuyant sur l'état actuel des connaissances.

Lorsque la NASA a décidé d'envoyer sur Mars le robot d'exploration *Curiosity*, les scientifiques ont dû trouver une solution pour le faire atterrir délicatement à la surface de la planète. Les robots précédents, plus petits, s'étaient posés à l'aide de parachutes et d'airbags. Les ingénieurs de la NASA ont donc étudié cette possibilité pour *Curiosity*, qui est de la taille d'une voiture; mais, dans l'atmosphère ténue de Mars, le rover était trop lourd pour que des parachutes ralentissent suffisamment sa chute. Pendant un temps, les scientifiques ont envisagé de munir le rover de fusées pour lui permettre de descendre tout doucement vers la planète. En phase d'approche, le souffle des propulseurs aurait toutefois créé des nuages de poussière qui auraient momentanément caché le sol martien, empêchant un atterrissage en toute sécurité.

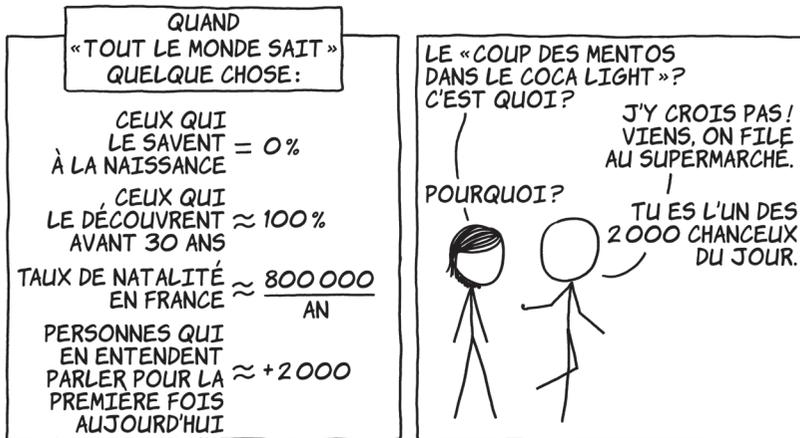
Finalement, les ingénieurs ont imaginé une sorte de «grue volante»: un véhicule capable de rester en vol stationnaire au-dessus de la surface de Mars grâce à des fusées, et qui déposerait *Curiosity* au sol au moyen d'un long câble. L'idée semblait ridicule, mais toutes les pistes alternatives qui émergeaient lorsque les ingénieurs se creusaient la cervelle étaient pires. Plus ils tournaient et retournaient dans leur tête l'idée de la grue volante, plus celle-ci leur semblait réalisable. Ils ont fini par tenter le coup... et ça a marché!

Nous débutons tous, dans la vie, sans savoir comment faire les choses. Avec un peu de chance, quand nous avons besoin d'aide, une personne plus expérimentée vient nous guider; mais parfois nous sommes bien obligés de nous débrouiller seuls

– ce qui implique de réfléchir par soi-même pour trouver des solutions, puis de déterminer si celles-ci sont bonnes ou non avant de se lancer.

Ce livre explore ainsi des méthodes inhabituelles pour effectuer des tâches courantes, et passe en revue tout ce qui se produirait si vous tentiez de les mettre en pratique. Pourquoi telle tentative fonctionnera-t-elle, ou bien est-elle vouée à l'échec? Le comprendre est à la fois amusant et instructif, et cette exploration nous mènera parfois à des conclusions surprenantes. Une idée a beau être mauvaise, l'étude du *pourquoi* est riche d'enseignements, et vous aidera même à en trouver une meilleure!

Et, même si vous connaissez déjà la bonne façon de procéder, il est toujours bénéfique d'essayer de regarder le monde avec les yeux de quelqu'un qui n'en a pas la moindre idée. Après tout, en France, chaque jour, plus de 2 000 personnes apprennent pour la première fois un fait généralement connu à l'âge adulte.



C'est la raison pour laquelle je n'aime pas que l'on se moque des gens qui admettent qu'ils ignorent ou qu'ils ne savent pas faire quelque chose. Tout ce que vous y gagnez, c'est qu'ils ne vous diront plus rien la prochaine fois qu'ils apprendront quelque chose... et vous manquerez une occasion de partager un bon moment.

Ce livre ne vous apprendra peut-être pas la bonne manière de lancer une balle, comment skier ou la meilleure façon d'organiser un déménagement, mais j'espère que vous en retirerez tout de même quelque chose. Et, en ce cas, vous serez l'un des 2 000 chanceux du jour!

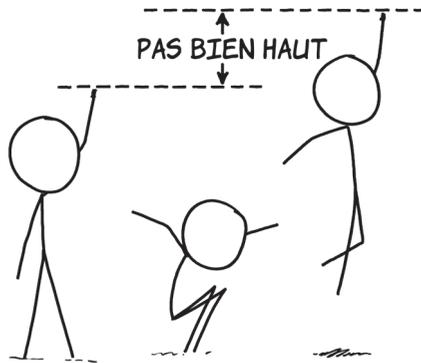


**Et  
comment... ?**



# Comment sauter vraiment haut

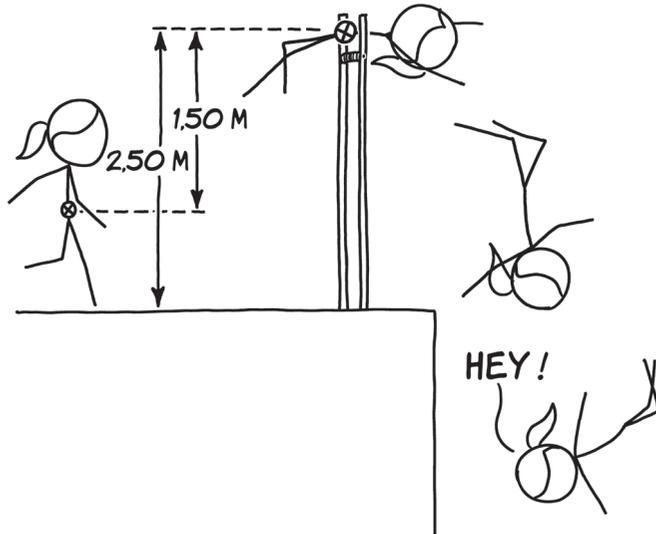
Les humains ne sautent pas bien haut.



Les joueurs de basket-ball font des bonds impressionnants pour atteindre des petits paniers placés en hauteur, mais leur taille leur facilite grandement le travail. En moyenne, un joueur professionnel ne saute pas beaucoup plus haut que 60 centimètres, et une personne non entraînée est plus proche des 30 centimètres. Si vous voulez sauter plus haut que ça, vous allez avoir besoin d'aide.

Il s'avère utile de démarrer par un sprint. C'est d'ailleurs la technique qu'adoptent les participants à une épreuve de saut en hauteur. Le record du monde dans cette discipline est de 2,45 mètres. Attention toutefois : la hauteur du saut est mesurée à partir du sol. Le centre de gravité d'un adulte normal se trouve quelque part au niveau de l'abdomen, à une hauteur correspondant à environ 55% de sa taille. Comme les athlètes qui pratiquent le saut en hauteur sont généralement grands, pendant le sprint, leur centre de gravité se situe déjà à plusieurs dizaines de centimètres de haut ; et pendant le saut, à cause de la façon dont ils enroulent leur corps

autour de la barre (technique du rouleau dorsal, ou Fosbury-flop), ce point peut même passer en *dessous* de cette dernière. Bref : réaliser un saut de 2,45 mètres ne signifie absolument pas que vous avez propulsé votre centre de gravité de 2,45 mètres vers le haut.



Si vous voulez battre un champion de saut en hauteur, deux options s'offrent à vous :

1. Vous consacrer dès votre plus jeune âge à l'entraînement, jusqu'à devenir le meilleur sauteur du monde.
2. Tricher.

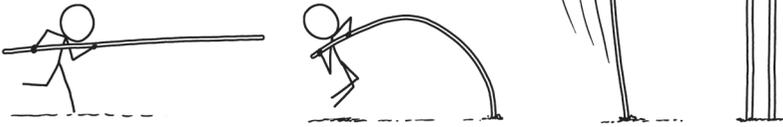
La première option est sans nul doute admirable, mais, si tel est votre choix, vous ne lisez pas le bon livre. Intéressons-nous plutôt à l'option n° 2.

Il y a plein de façons de tricher au saut en hauteur. Par exemple, emprunter une échelle pour passer par-dessus la barre ; mais on peut difficilement appeler ça *sauter*. Vous pouvez aussi enfilez les échasses à ressorts<sup>1</sup> qui sont à la mode chez les amateurs de sports extrêmes ; si vous êtes suffisamment sportif, elles vous donneront l'avantage sur un sauteur en hauteur non assisté. En revanche, pour ce qui est de la pure hauteur verticale, les athlètes ont déjà trouvé une meilleure technique : le saut à la perche.

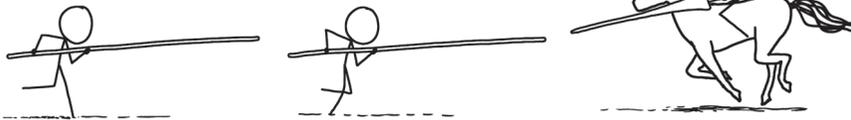
<sup>1</sup> Ou bien des Moon Shoes, pour ceux qui ont grandi dans les années 1990 (ces « mini-trampolines » à fixer sous chaque pied à l'aide de velcro étaient alors populaires).

## COMMENT SAUTER À LA PERCHE

### MÉTHODE 1: STANDARD

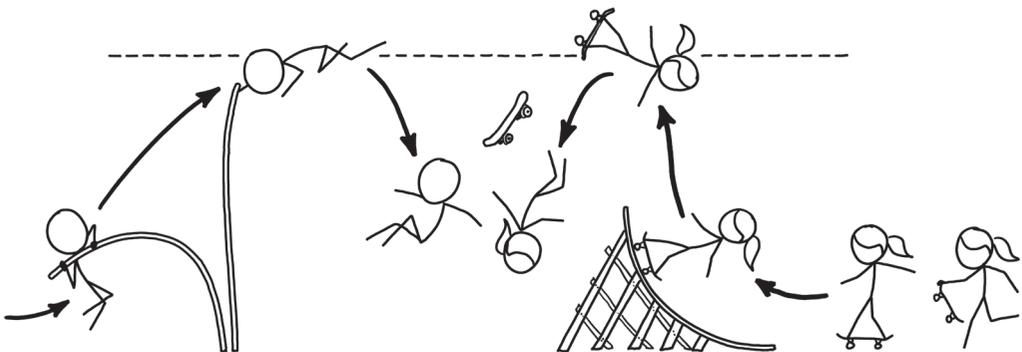


### MÉTHODE 2: EXTRÊME



En saut à la perche, les athlètes prennent leur élan, plantent devant eux une perche flexible, puis se propulsent dans les airs. Ils atteignent ainsi des hauteurs bien supérieures à celles des champions du saut en hauteur, qui sont privés d'un tel accessoire.

La physique du saut à la perche est intéressante, et n'a pas tant à voir avec la perche en elle-même qu'on ne croit. La clé de la propulsion ne se trouve pas dans l'élasticité de la perche, mais dans la vitesse de course de l'athlète. La perche n'est qu'un moyen efficace pour rediriger cette vitesse vers le haut. En théorie, le sauteur pourrait employer une autre méthode pour passer d'un mouvement *horizontal* à un mouvement *vertical*. Par exemple, il peut monter sur une planche à roulettes; à l'aide d'une rampe de lancement bien lisse, il atteindra à peu près la même hauteur que le perchiste.



Quelques rudiments de physique suffisent pour se faire une idée de la hauteur qu'un perchiste est capable d'atteindre en fonction de sa vitesse de course. Ce petit calcul fournit la hauteur atteinte par un objet lancé en l'air à une vitesse donnée :

$$\text{hauteur} = \frac{\text{vitesse}^2}{(2 \times \text{accélération de la gravité})} = \frac{\frac{100 \text{ mètres}}{10 \text{ secondes}}}{2 \times 9,805 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 5,10 \text{ mètres}$$

Un sprinter d'excellence court 100 mètres en 10 secondes. S'il s'élanche vers le haut à cette vitesse, il ira donc jusqu'à une hauteur de  $(100 \text{ mètres}/10 \text{ secondes})^2 / (2 \times 9,805 \text{ m/s}^2)$ , soit 5,10 mètres.

Rappelons en outre que le centre de gravité du perchiste se trouve déjà au-dessus du niveau du sol au moment du saut, ce qui ajoute plusieurs dizaines de centimètres à la hauteur finale qu'il atteint. Armand Duplantis, détenteur du record du monde de saut à la perche masculin depuis 2020, mesure 1,68 mètre ; son centre de gravité se situe ainsi à environ 92 centimètres du sol, ce qui nous donne une prédiction de 6,02 mètres pour la hauteur maximale qu'il peut atteindre.

Notre calcul tient-il la route par rapport aux faits ? Le record du monde est actuellement de 6,18 mètres. Pas mal pour une rapide estimation<sup>2</sup> !

Naturellement, si vous vous présentez à un championnat de saut en hauteur avec une perche, vous serez immédiatement disqualifié<sup>3</sup>. Mais, si vous agitez votre perche de façon suffisamment menaçante en entrant sur le terrain, les juges vous laisseront probablement effectuer votre saut, malgré toutes les objections qu'ils formulèrent en leur for intérieur.

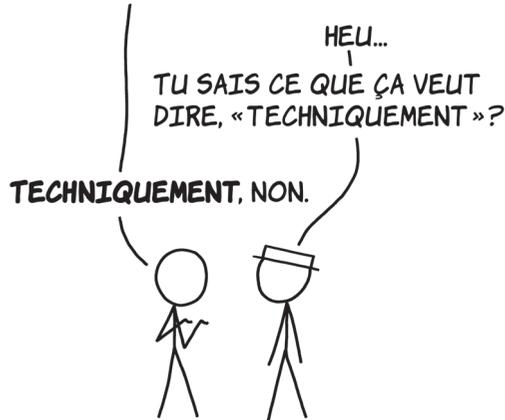
Votre record ne figurera pas dans les livres, mais qu'importe ? Dans le secret de votre cœur, vous saurez quelle hauteur vous avez atteinte.

<sup>2</sup> La physique offre d'autres perspectives intéressantes sur les records du monde en saut à la perche. Le poids d'un objet n'est pas le même en tout point du globe, d'une part parce que la Terre n'est pas complètement sphérique, et d'autre part parce que son mouvement de rotation tend à projeter les objets vers l'extérieur, et que cet effet dépend de la latitude. La différence de pesanteur d'un lieu à l'autre est au plus de 0,7% : un écart trop faible pour vous la remarquer quand vous vous déplacez, mais suffisant pour vous obliger à recalibrer votre nouvelle balance si l'intensité de la pesanteur mesurée à l'usine est légèrement différente chez vous. Et, bien évidemment, la variabilité de la pesanteur affecte les records de saut à la perche !

En juin 2004, Yelena Isinbayeva a établi à Gateshead, en Angleterre, le record du monde de saut à la perche féminin de l'époque, avec une hauteur de 4,87 mètres. Une semaine plus tard, Svetlana Feofanova a battu ce record de 1 centimètre en sautant 4,88 mètres. Feofanova a toutefois atteint cette hauteur à Héraklion, en Grèce, où l'attraction gravitationnelle est légèrement plus faible. La différence était juste assez significative pour qu'Isinbayeva puisse prétendre que Feofanova n'a battu son record qu'en raison de la gravité plus faible, et contester le résultat. Mais Isinbayeva n'a pas choisi de se lancer dans une discussion de physique aussi compliquée. Sa réponse fut plus directe : quelques semaines plus tard, elle a dépassé le record de Feofanova, toujours sur le sol britannique. À ce jour, elle détient toujours le record du monde féminin, avec 5,06 mètres.

<sup>3</sup> Du moins, j'imagine. Il est possible que personne n'ait jamais essayé.

SI ON NE SUIT PAS PARFAITEMENT  
LES RÈGLES, MAIS QU'EN GROS ON LES  
RESPECTE, TECHNIQUEMENT CE N'EST  
PAS DE LA TRICHE, ON EST D'ACCORD ?



En revanche, si vous êtes prêt à tricher plus hardiment, vous pouvez aller plus haut que 6 mètres. *Beaucoup* plus haut.

Évidemment, il est hors de question de se propulser avec une hélice ou une fusée. Avec toute la meilleure volonté du monde, il est impossible de qualifier le résultat de « saut »<sup>4</sup> : c'est plutôt un *vol*. Mais il n'y a rien de mal à... planer un peu.

Vous n'avez qu'à trouver le bon endroit d'où vous élaner ; le reste est une affaire d'aérodynamique !

En effet, la trajectoire d'un objet en mouvement est affectée par la façon dont l'air circule autour de lui, et le sport ne fait pas exception.

Par exemple, les coureurs portent des vêtements lisses et moulants pour réduire les frottements de l'air, ce qui leur permet d'aller plus vite, et donc de sauter plus haut<sup>5</sup>.

Lors d'un saut à ski, les athlètes adaptent également leur posture pour tirer parti de l'aérodynamique : ils dévalent tout d'abord la pente dans une position ramassée, afin de réduire les frottements de l'air et gagner de la vitesse ; et une fois dans les airs, ils se déploient et placent leurs skis en V pour maximiser la portance et atterrir le plus loin possible.

Dans une région où les vents vous sont favorables, vous pourrez aussi tirer parti de l'aérodynamique pour « booster » votre saut en hauteur.

Quand un sprinter court avec le vent dans le dos, il va plus vite. De même, en sautant à un endroit où le vent souffle vers le haut, vous monterez plus haut !

<sup>4</sup> Tricher, pourquoi pas ; mais il y a des limites.

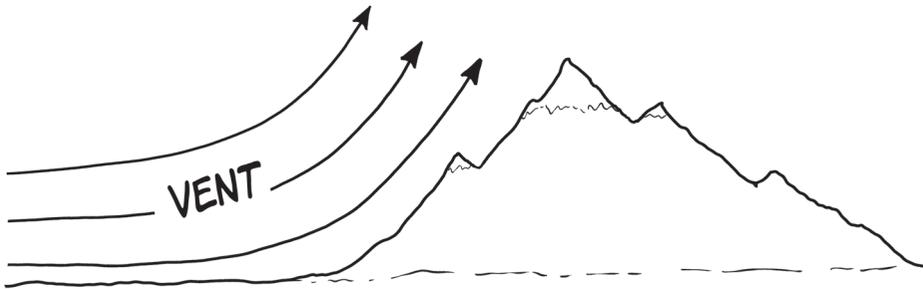
<sup>5</sup> Au moment où j'écris ces mots, le record du saut en hauteur réalisé par un athlète en crinoline n'a pas encore été établi, mais s'il existait, il serait probablement moins élevé que le record en tenue normale.

Pour décoller et vous faire porter par le vent, vous aurez besoin d'un vent fort – plus précisément, un vent plus rapide que votre *vitesse terminale*. Il s'agit de la vitesse maximale qu'un objet atteint lors d'une chute, et qui correspond à la phase où les frottements de l'air compensent son poids. Pour qu'un vent ascendant vous soulève du sol, sa vitesse doit être au moins égale à votre vitesse terminale. En effet les mouvements sont relatifs : d'un point de vue physique, cela revient au même que vous chutiez à travers une masse d'air, ou qu'un vent souffle vers le haut autour de vous<sup>6</sup>.

Les humains étant bien plus denses que l'air, leur vitesse terminale est assez élevée. La vitesse terminale d'une personne qui chute est d'environ 210 km/h. Si le vent ascendant est beaucoup plus lent que cette valeur, il n'aura pas grand effet sur la hauteur de votre saut.

Les oiseaux se servent de colonnes d'air chaud ascendant, couramment appelées « thermiques », pour gagner en altitude sans battre des ailes. Ils planent dans les airs en décrivant des spirales, laissant la colonne d'air les porter vers le haut. Néanmoins ces courants ascendants sont relativement faibles et ne suffiront pas à vous soulever.

Au niveau du sol, les courants ascendants les plus forts que vous trouverez se créent près des reliefs. En effet, lorsque le vent rencontre une montagne ou une falaise, le flux de l'air est dévié vers le haut, créant ce qu'on appelle des « ondes de relief ». Dans certaines zones, les vents ascendants qui en résultent sont très puissants.



Malheureusement, même aux meilleurs endroits, la vitesse de ces vents verticaux est bien loin de la vitesse terminale humaine. Au mieux, vous ne gagnerez que quelques centimètres grâce à ce stratagème<sup>7</sup>.

Au lieu de vous évertuer à trouver des vents plus puissants, tentez de réduire votre vitesse terminale à l'aide de vêtements adaptés. En *wingsuit* – une combinaison en forme d'aile qui comporte de larges surfaces de tissu entre les bras et les

<sup>6</sup> Du moins, du point de vue de la physique. Du point de vue personnel, cela fait probablement une grosse différence.

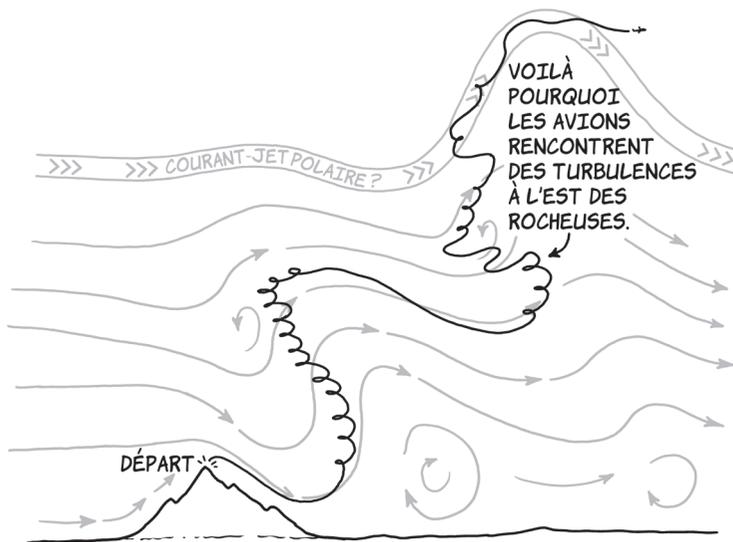
<sup>7</sup> Vous devrez aussi convaincre les juges d'organiser la compétition au bord d'une falaise, ce qui présentera peut-être quelques difficultés.

jambes –, cette vitesse est réduite à 50 km/h environ. Cela ne vous fera toujours pas chevaucher les vents ascendants, mais votre saut gagnera vraiment en hauteur. N'oublions pas toutefois que vous exécuterez votre sprint de départ en wingsuit, ce qui annulera probablement l'avantage apporté par le vent...

Pour ajouter une hauteur substantielle à votre saut, il vous faudra délaissier le wingsuit et basculer dans le monde des parachutes et des parapentes. Ces dispositifs réduisent suffisamment la vitesse de chute d'une personne pour que les vents la soulèvent facilement. Les parapentistes expérimentés décollent à partir du sol et se laissent porter par les thermiques et les ondes de relief jusqu'à des milliers de mètres d'altitude.

Si c'est un *vrai* record en saut que vous voulez décrocher, vous pouvez encore faire mieux.

Dans la plupart des régions montagneuses, les ondes de relief ne se propagent que dans la basse atmosphère, ce qui limite la hauteur atteinte par les planeurs. Or il arrive qu'à certains endroits, lorsque les conditions sont idéales, ces perturbations interagissent avec un vortex polaire et le courant-jet polaire<sup>8</sup>, créant des ondes qui atteignent la stratosphère.



En 2006, dans la cordillère des Andes, Steve Fossett et Einar Enevoldson ont mis à profit de telles ondes stratosphériques pour s'élever en planeur jusqu'à 15 460 mètres

<sup>8</sup> Le courant-jet polaire (ou jet de la nuit polaire) est un flux d'air s'écoulant rapidement à haute altitude près de l'Arctique et de l'Antarctique à certaines périodes de l'année. À ne pas confondre avec *Le Jet de la nuit polaire*, un ravissant livre d'images racontant l'histoire d'un enfant qui rend visite au Père Noël, par une belle nuit d'hiver, en volant jusqu'au pôle Nord à bord de son jet privé.

au-dessus du niveau de la mer – deux fois plus haut que l’Everest, et plus haut que n’importe quel vol commercial. Un record pour les planeurs ! Ils ont même affirmé qu’ils auraient pu se laisser porter encore plus haut si la basse pression de l’air n’avait fait gonfler leurs combinaisons pressurisées ; celles-ci les ont gênés à un tel point qu’il leur est devenu totalement impossible de manœuvrer les commandes, ce qui les a forcés à redescendre.

Bref, si vous voulez faire le saut d’une vie, il ne vous reste plus qu’à vous munir d’une tenue qui reproduise la forme d’un planeur – vous pouvez en construire une en carbone, résine et fibre de verre –, et à prendre votre billet pour l’Argentine.

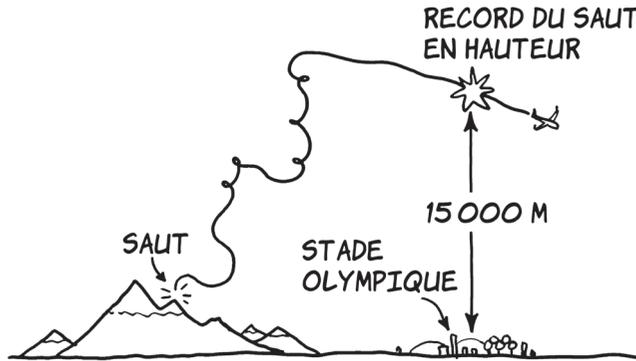


Ainsi, si vous trouvez le bon endroit et que les conditions sont idéales, vous vous enfermerez hermétiquement dans votre combinaison de planeur<sup>9</sup>, sauterez, et chevaucherez les courants ascendants jusqu’à la stratosphère, plusieurs kilomètres plus haut. Pas mal pour un simple saut<sup>10</sup> !

<sup>9</sup> Vous devrez pressuriser la cabine du planeur autour de vous, mais cela ne devrait pas être trop difficile... Débrouillez-vous pour que la coque en fibre de verre soit étanche, et ajoutez un tuyau communiquant avec l’extérieur pour respirer. Lorsque vous serez à quelques kilomètres d’altitude et que la pression de l’air commencera vraiment à chuter, vous n’aurez qu’à boucher le tuyau pour vous enfermer hermétiquement. Vous pourriez être coincé là-haut pendant un certain temps, alors faites en sorte que la cabine soit assez grande pour ne pas manquer d’air.

<sup>10</sup> Nous avons oublié un petit détail : les portes. Après avoir atterri, appelez un copain pour qu’il vous sorte de là avec un marteau.

Si vous avez vraiment beaucoup de chance, vous trouverez peut-être un endroit où le vent vous pousse vers l'emplacement où se déroulent les Jeux olympiques. Lorsque vous sauterez de votre falaise, les vents stratosphériques vous porteront jusqu'au stade...



... vous permettant d'établir le record de saut en hauteur le plus sensationnel de l'histoire du sport.

Les juges ne vous attribueront probablement pas de médaille. Quoi qu'il en soit, vous serez le vrai et l'unique champion.

# Comment organiser une soirée piscine

C'est décidé : il vous faut organiser une fête autour de votre piscine. Vous êtes fin prêt : vous avez fait provision de boissons et de nourriture, sorti des jeux gonflables et des serviettes, et vous vous êtes même procuré des anneaux lestés à jeter au fond de l'eau et à ramener en plongeant. Et pourtant, la nuit précédant la fête, vous n'arrivez pas à chasser l'impression étrange qu'il vous manque quelque chose. En contemplant distraitement votre jardin, vous réalisez enfin l'atroce vérité.

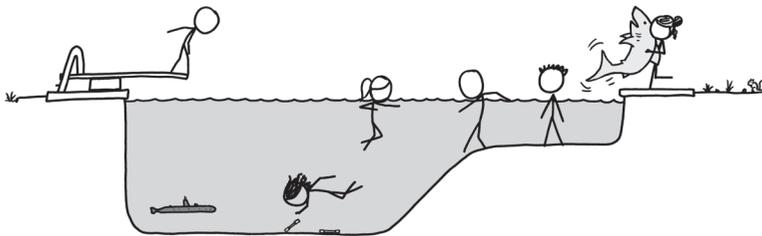
Vous n'avez pas de piscine.

Ne paniquez pas. Vous pouvez résoudre ce problème. Rien de bien sorcier : il vous faut juste un peu d'eau et le contenant adéquat. Occupons-nous d'abord de ce dernier.

Il y a deux sortes de piscines : les piscines *creusées* et les piscines *hors-sol*.

## LES PISCINES CREUSÉES

---



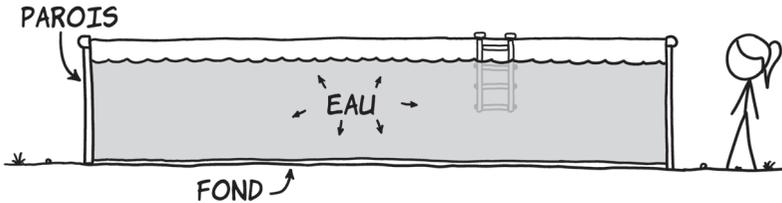
Une piscine creusée, en fin de compte, n'est qu'une sorte de trou amélioré. Ce type de piscine est un peu plus long à construire que l'autre, mais moins susceptible de s'effondrer au beau milieu de la fête.

Si vous souhaitez vous lancer dans la construction d'une piscine creusée, consultez d'abord le chapitre 3, « Comment creuser un trou ». Suivez les instructions pour obtenir un trou d'environ 6 mètres sur 10 pour 1,60 mètres de profondeur. N'oubliez pas de recouvrir les parois d'un enduit qui empêchera l'eau de se transformer en boue ou d'être entièrement absorbée par le terrain avant la fin de la fête. Si du film plastique géant ou des bâches traînent chez vous, c'est le moment de vous en servir. À défaut, optez pour un revêtement en spray à base de caoutchouc, comme celui qui sert à étanchéifier le fond des bassins des carpes koï. Vous n'aurez qu'à dire au vendeur que vos carpes sont vraiment très grosses, ou tout autre mensonge de votre invention.



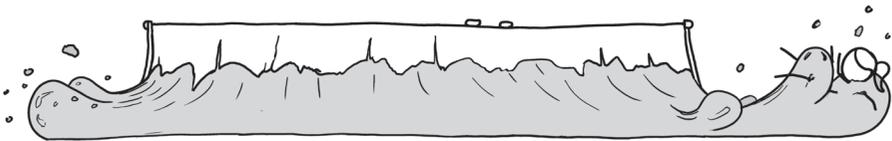
## ALTERNATIVE : LES PISCINES HORS-SOL

La piscine creusée n'est pas faite pour vous ? Alors rabattez-vous sur une piscine hors-sol. Leur conception est relativement simple.



Malheureusement, l'eau pèse son poids : toute personne ayant déjà rempli un aquarium par terre avant d'essayer (vainement) de le soulever pour le remettre à sa place en a fait la douloureuse expérience... Et plus la hauteur d'eau est importante, plus les ennuis vont s'accumuler : en effet, plus la colonne d'eau qui surplombe une partie de la piscine est lourde, plus la pression est élevée à ce niveau. En bas, le poids de l'eau est compensé par le sol, qui soutient le fond de la piscine. Sur les côtés, en revanche, les parois de la piscine doivent supporter la pression exercée par l'eau, et sont donc repoussées vers l'extérieur. Dans le cas d'une piscine circulaire, la contrainte qui en résulte est appelée *contrainte circonférentielle*. Celle-ci est maximale à la base des parois, où la pression de l'eau est la plus forte. Quand la contrainte circonférentielle excède la résistance à la traction de la paroi, cette dernière cède<sup>1</sup>.

# FLOUUUUTCH



Prenons un matériau au hasard : le papier d'aluminium. Quelle est la hauteur d'eau à ne pas dépasser pour remplir une piscine dont les parois sont faites de papier alu ? Nous pouvons répondre à cette question – et à bien d'autres – en appliquant la formule suivante à la conception de notre piscine :

$$\text{contrainte circonférentielle} = \text{profondeur de l'eau} \times \text{densité de l'eau} \times \text{pesanteur} \times \frac{\text{rayon de la piscine}}{\text{épaisseur de la paroi}}$$

<sup>1</sup> En pratique, la paroi cédera probablement avant, en raison des irrégularités du matériau et de sa propre courbe contrainte-déformation ; mais la valeur de la résistance à la traction nous donne un bon ordre de grandeur.

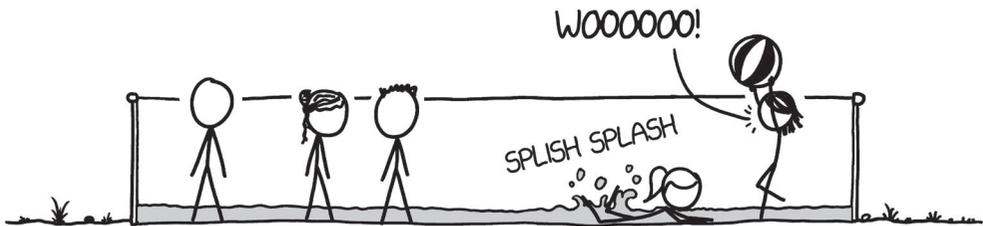
Ainsi, la hauteur d'eau à partir de laquelle la contrainte circonférentielle dépasse la résistance de la paroi vaut :

$$\text{hauteur d'eau} = \frac{\text{épaisseur de la paroi} \times \text{résistance de la paroi}}{\text{masse volumique de l'eau} \times \text{intensité de la pesanteur} \times \text{rayon de la piscine}}$$

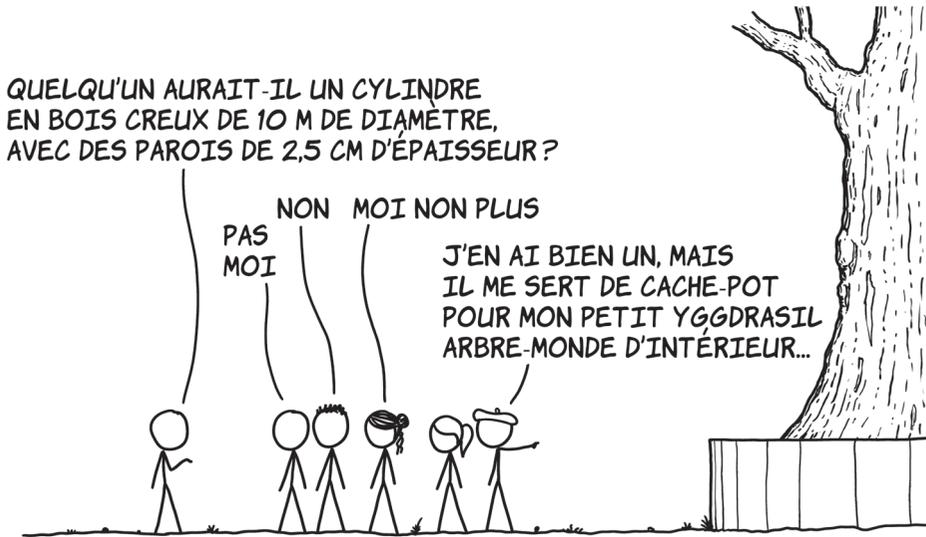
L'aluminium présente une résistance à la traction d'environ 300 mégapascals (MPa) et l'épaisseur d'une feuille d'aluminium est à peu près de 0,02 millimètre. Notre belle piscine aux reflets d'argent fera au moins 10 mètres de diamètre pour que l'espace de jeu soit suffisant. En insérant ces valeurs dans la formule, on calcule la hauteur d'eau à ne pas dépasser :

$$\text{hauteur d'eau maximale} = \frac{0,02 \text{ mm} \times 300 \text{ MPa}}{1 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \frac{10}{2} \text{ m}} \approx 0,12 \text{ m}$$

Nous pourrions donc remplir notre piscine d'une dizaine de centimètres d'eau avant que ses parois ne cèdent. Hélas, cette profondeur convient peut-être pour une pataugeoire, mais pas pour passer une soirée mémorable.



Si nous remplaçons la feuille d'aluminium par des planches de bois de 2,5 centimètres d'épaisseur, le calcul donne un résultat bien plus satisfaisant. La résistance à la traction du bois est inférieure à celle du papier d'aluminium, mais il compense ce handicap par l'épaisseur : nos planches résisteront à la pression d'une colonne d'eau de près de 23 mètres. Vous avez sous la main un cylindre en bois de 10 mètres de diamètre et de 2,5 centimètres d'épaisseur ? Bingo !



Vous pouvez également fixer à l'avance la profondeur d'eau voulue et le matériau, et exploiter la formule pour déterminer l'épaisseur minimale de la paroi :

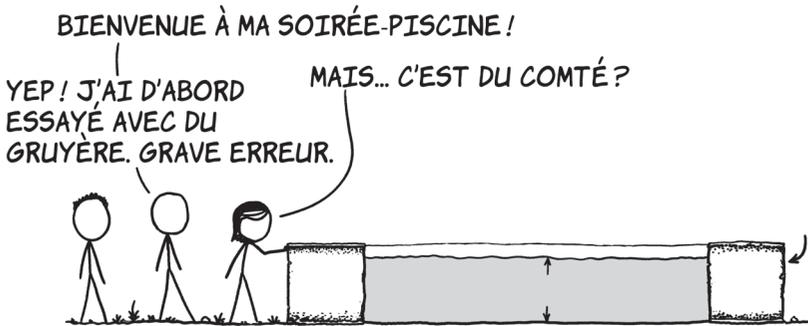
$$\text{épaisseur minimale de la paroi} = \frac{(\text{profondeur de l'eau} \times \text{masse volumique de l'eau} \times \text{intensité de la pesanteur}) \times \text{rayon de la piscine}}{\text{résistance à la traction de la paroi}}$$

Ce qu'il y a de bien avec cette formule, c'est que vous pouvez vous en servir pour n'importe quel matériau, même le plus improbable. La physique se fiche que la question soit bizarre. Elle fournit des réponses, sans juger. Par exemple, dans un manuel très complet de 456 pages intitulé *Rhéologie et texture du fromage*, on apprend que la résistance à la traction du comté est de 70 kPa. Voyons tout de suite ce que ça donne !

Pour jouer dans la piscine, il vous faut au moins un mètre d'eau. Nous obtenons :

$$\text{épaisseur minimale de la paroi} = \frac{1 \text{ m} \times 1 \text{ kg/L} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 5 \text{ m}}{0,070 \text{ MPa}} \approx 0,12 \text{ m}$$

Bonne nouvelle : un mur de fromage de 70 centimètres d'épaisseur suffira à retenir l'eau de votre piscine ! La mauvaise nouvelle, c'est que vos invités seront peut-être réticents à l'idée de piquer une tête.



Étant donné les problèmes pratiques posés par le fromage, il serait plus raisonnable de vous en tenir aux matériaux traditionnels tels que le plastique et la fibre de verre. La fibre de verre a une résistance à la traction d'environ 150 MPa, ce qui signifie qu'une paroi d'un millimètre d'épaisseur suffira à contenir l'eau de votre piscine avec une bonne marge de sécurité.

## COMMENT SE PROCURER DE L'EAU

---

Maintenant que votre piscine est prête (qu'elle soit enterrée ou hors-sol), il s'agit de la remplir. D'accord, mais de quelle quantité d'eau avez-vous besoin ?

La taille d'une piscine extérieure privée est extrêmement variable : considérons qu'une piscine de taille moyenne avec plongeoir contient environ 75 m<sup>3</sup> d'eau.

Si vous disposez d'un tuyau d'arrosage et d'un accès à l'eau courante, votre premier réflexe sera probablement de remplir votre piscine en ouvrant le robinet. La rapidité de remplissage de votre piscine dépendra alors du débit du tuyau et du réseau de distribution.

Avec une bonne pression et un gros tuyau, le débit variera entre 40 et 80 litres par minute, et vous remplirez votre piscine en un jour ou deux. Si le débit est trop faible, ou si vous dépendez de l'eau d'un puits qui pourrait se tarir avant que vous ayez fini, il faudra opter pour une autre solution.



## ACHETER DE L'EAU SUR INTERNET

---

Dans plusieurs régions du monde, des vendeurs en ligne comme Amazon proposent une livraison le jour même. Un pack de 24 bouteilles d'eau Fiji<sup>2</sup> d'un demi-litre coûte actuellement une trentaine d'euros. Si vous avez près de 200 000 euros à dépenser, sans compter le prix d'une livraison express dans la journée, vous n'avez qu'à commander tout simplement une piscine en bouteilles. En prime, l'eau de votre piscine viendra directement des îles Fidji.

Mais un nouveau défi vous attend : une fois l'eau livrée, vous devrez la transvaser dans votre piscine.

Ce sera plus compliqué que vous ne le pensez. Bien sûr, vous pourriez dévisser le bouchon de chaque bouteille et en verser le contenu dans la piscine, mais l'opération prend quelques secondes par bouteille. Étant donné que vous devez vider 150 000 bouteilles et qu'une journée ne compte que 86 400 secondes, toute méthode prenant plus d'une seconde par bouteille est vouée à l'échec.

## LA GUERRE DES BOUTEILLES

---

Pourquoi ne pas tenter de faire sauter les bouchons de chaque pack de bouteilles avec un objet tranchant ? Sur de nombreuses vidéos en ligne tournées au ralenti, on voit des gens décapiter avec un sabre des rangées entières de bouteilles d'eau. D'après les vidéos, il semble que ce geste soit particulièrement difficile à réussir, le sabre ayant tendance à dévier vers le haut ou vers le bas. Sans vouloir vous décourager, même si vous êtes fier de votre swing et que votre bras est d'une endurance à toute épreuve, cette méthode est encore trop lente.

<sup>2</sup> L'eau Fiji est une marque d'eau de source créée par un entrepreneur canadien, et embouteillée aux îles Fidji. Elle est présentée comme « l'eau la plus pure sur Terre » par la société californienne qui l'exploite (NDT).

Les armes à feu ne seraient pas beaucoup plus efficaces. Avec une installation bien pensée, un fusil de chasse pourrait perforer un pack entier en un coup ; mais quelques bouteilles risqueraient de réchapper au tir, et il n'est pas dit que les autres se videraient assez rapidement. Vous vous retrouveriez avec une piscine pleine de plomb qui, surtout si vous ajoutiez du chlore à l'eau, se corroderait et finirait par contaminer les nappes phréatiques.

Il existe une grande variété d'armes, toutes plus puissantes les unes que les autres, qui pourraient servir à détruire les bouteilles ; nous n'en ferons pas la revue exhaustive. Avant de clore le chapitre armement et de passer à une solution plus pratique, nous examinerons l'option la plus extrême et la moins réaliste de toutes. Pourriez-vous ouvrir vos bouteilles avec une bombe nucléaire ?

C'est une suggestion complètement ridicule, il n'est donc pas surprenant qu'elle ait été étudiée par le gouvernement américain durant la guerre froide. Au début de l'année 1955, la *Federal Civil Defense Administration* a acheté de la bière, des sodas et de l'eau gazeuse dans des magasins de quartier pour tester l'effet d'armes nucléaires sur ces boissons.



Naturellement, les expérimentateurs n'essayaient pas d'*ouvrir* les bouteilles. Le but du test était de vérifier comment les contenants résistaient au choc, et si les boissons étaient contaminées ou non. Les responsables de la protection civile pensaient qu'après une explosion nucléaire dans une ville américaine, les premiers intervenants auraient probablement besoin d'eau potable, et ils voulaient vérifier si les boissons commerciales constituaient une source sûre d'hydratation<sup>3</sup>.

La saga de la guerre nucléaire du gouvernement contre la bière est décrite dans un rapport de 17 pages intitulé *The Effect of Nuclear Explosions on Commercially Packaged Beverages* (« Effet des explosions nucléaires sur les boissons condition-

<sup>3</sup> Ils se sont particulièrement intéressés à la bière, une boisson qui pourtant ne semble pas idéale dans un scénario post-attaque nucléaire, ce qui conduit à se demander si l'ensemble du programme n'a pas été organisé à la hâte pour couvrir un employé surpris à facturer ses consommations sur un compte professionnel.

nées commercialement»), dont une copie a été exhumée par l'historien des armes nucléaires Alex Wellerstein.

Le rapport décrit comment les bouteilles et les canettes ont été disposées à différents endroits à proximité du site d'essai du Nevada : certaines étaient placées dans des réfrigérateurs, d'autres sur des étagères, d'autres simplement posées par terre<sup>4</sup>. L'expérience a été menée à deux reprises, durant deux essais nucléaires différents effectués dans le cadre de l'opération *Teapot*.

Les boissons ont étonnamment bien résisté au choc. La plupart des contenants, hormis ceux qui ont été perforés par des débris ou qui ont éclaté lorsqu'ils ont été projetés hors des étagères, sont restés intacts. Les niveaux de contamination radioactive étaient faibles, et les boissons avaient encore un goût acceptable.

Des échantillons de bière post-explosion ont été envoyés à cinq «laboratoires qualifiés»<sup>5</sup> pour des «essais soigneusement contrôlés». De l'avis général, la bière avait bon goût. Les auteurs du rapport en concluent que la bière récupérée après une explosion nucléaire peut être considérée comme une source sûre d'hydratation d'urgence, mais qu'elle devrait probablement faire l'objet d'analyses approfondies avant d'être remise sur le marché.

Les bouteilles en plastique n'étaient pas courantes dans les années 1950 ; tous les tests ont donc porté sur des contenants en verre et en métal. Les essais suggèrent toutefois que les armes nucléaires ne sont probablement pas de bons décapsuleurs.

---

## UTILISER UN BROYEUR INDUSTRIEL

---

Heureusement pour nous, dans ce genre de situation, il existe un type d'appareil bien plus efficace qu'un sabre, qu'un fusil de chasse ou qu'une bombe nucléaire : le broyeur de plastique industriel. Les broyeurs sont utilisés par les centres de recyclage pour déchiqueter de grandes quantités de bouteilles en plastique et, cerise sur le gâteau, ils filtrent les liquides !

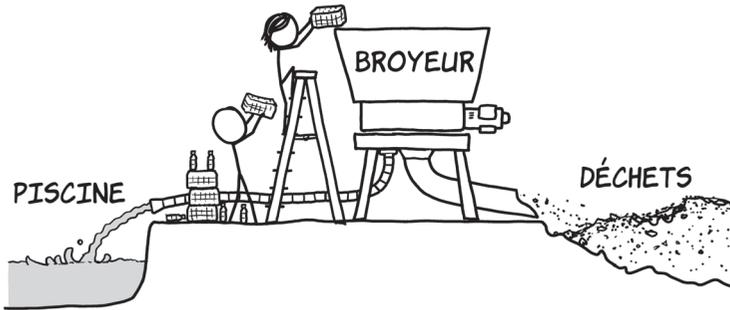
Un broyeur tel que le Brentwood AZI5WL 15kW traite environ 30 tonnes de matériaux (plastique et liquide) par heure, selon les documents promotionnels de la compagnie. Votre piscine sera donc remplie en un peu plus de 2 heures.

---

<sup>4</sup> Dans un souci du détail maniaque et un peu étrange, les bouteilles au sol avaient été placées selon différents angles soigneusement mesurés par rapport au point zéro où l'explosion devait se produire : certaines avaient l'une ou l'autre de leur extrémité orientée vers le point zéro, d'autres étaient placées à 45°, d'autres encore à la verticale. Les expérimentateurs voulaient peut-être déterminer de quelle façon vous devriez entreposer vos bouteilles par rapport au centre-ville pour maximiser leurs chances de conservation en cas d'attaque nucléaire.

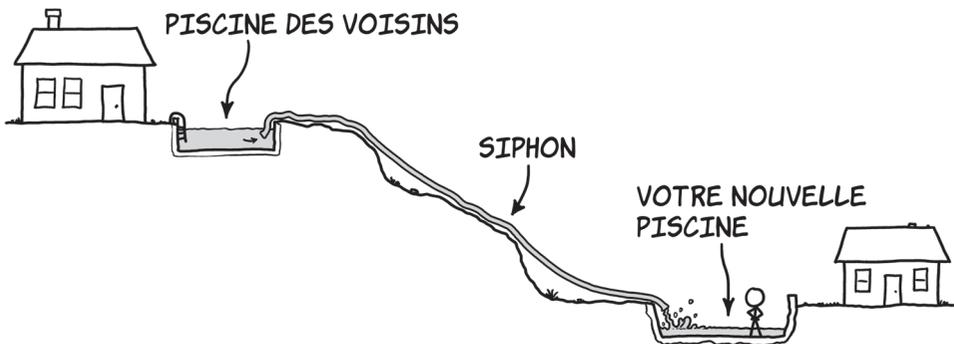
<sup>5</sup> Un euphémisme pour «de bons amis à nous».

Le prix des broyeurs industriels comporte cinq à six chiffres, ce qui fait beaucoup pour une fête (bien que cela ne soit qu'une broutille par rapport à tout ce que vous avez déjà dépensé pour acquérir vos bouteilles d'eau). Qui sait: en mentionnant au vendeur la présence de bombes nucléaires entreposées dans votre garage, vous obtiendrez peut-être un rabais ?



## FAIRE FAIRE LE TRAVAIL À QUELQU'UN D'AUTRE

Si vos voisins ont une piscine et que votre propriété est située légèrement en contrebas de la leur, vous pouvez leur voler leur eau en la siphonnant. Si vous parvenez à relier les deux piscines avec un tuyau, vous créez un écoulement régulier de leur piscine vers la vôtre.



Note: un siphon peut aspirer l'eau d'une piscine et la faire passer par-dessus de petits obstacles tels qu'une clôture; mais, si le sommet du tuyau se trouve à plus de 10 mètres au-dessus de la piscine des voisins, l'eau ne s'écoulera pas. C'est en effet la pression atmosphérique qui entraîne l'eau dans le siphon; et, au-delà de 10 mètres environ, le poids de la colonne d'eau devient trop important, de sorte que le siphon se désamorce.

## FABRIQUER DE L'EAU

Une molécule d'eau ( $H_2O$ ) est composée de deux éléments : l'hydrogène et l'oxygène. Il y a beaucoup d'oxygène dans l'atmosphère<sup>6</sup>, et, bien que l'hydrogène soit plus rare, il n'est pas encore trop difficile à trouver.

La bonne nouvelle, c'est que, si vous réunissez une bonne quantité d'hydrogène et d'oxygène gazeux, il est facile d'obtenir de l'eau. Un petit peu de chaleur et la réaction chimique se produira, encore et encore. En fait, elle est même assez difficile à arrêter.

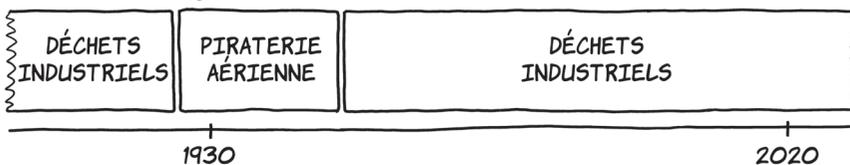
J'AI TROUVÉ UNE FAÇON DE  
DÉCLENCHER LA RÉACTION  
D'OXYDATION DONT NOUS  
AVIONS BESOIN. ET EN PLUS, LE  
PROCESSUS S'AUTO-ENTRETIENT !

UN FEU. TU ES EN TRAIN  
DE DÉCRIRE UN FEU.



La mauvaise nouvelle, c'est que cette réaction chimique s'amorce parfois par accident. De gros dirigeables remplis d'hydrogène ont évolué quelque temps au-dessus de nos têtes, mais, après quelques incidents dramatiques dans les années 1930, ils ont été remplacés par des dirigeables à l'hélium, un gaz inerte. De nos jours, si vous cherchez de l'hydrogène gazeux, le meilleur endroit pour en trouver est le secteur de la collecte et du retraitement des sous-produits de l'extraction des combustibles fossiles.

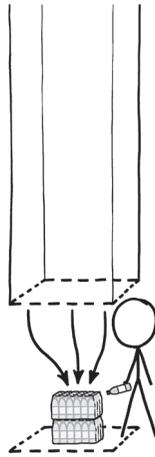
### MEILLEURE FAÇON DE SE PROCURER DE L'HYDROGÈNE :



<sup>6</sup> Du moins, c'était le cas au moment où j'ai écrit ces lignes.

## RÉCUPÉRER L'EAU PRÉSENTE DANS L'AIR

Vous n'avez pas vraiment besoin de vous embêter à combiner de l'hydrogène et de l'oxygène pour créer de l'eau : elle flotte déjà dans l'air sous forme de vapeur – qui se condense parfois en gouttelettes pour former des nuages, ou même tomber sous forme de pluie. Si vous dessinez un carré d'un mètre de côté au sol, la colonne d'air située au-dessus contient en moyenne l'équivalent de 23 litres d'eau, soit deux packs de 24 petites bouteilles<sup>7</sup>.



Si toute cette eau tombait sous forme de pluie, elle formerait une couche d'environ 2,5 centimètres d'épaisseur. En considérant une humidité de l'air moyenne, une propriété de 4 000 mètres carrés vous donne accès à presque 100 mètres cubes d'eau. C'est plus que suffisant pour remplir une piscine ! Malheureusement, une grande partie de cette eau est située bien trop haut au-dessus de vous, et est difficile d'accès. L'humanité a toujours rêvé de faire tomber la pluie sur commande, mais malgré des tentatives périodiques d'ensemencement des nuages, personne n'a trouvé un moyen fiable de provoquer des précipitations.

<sup>7</sup> Il ne s'agit que d'une moyenne : cette quantité d'eau varie de presque zéro dans l'air froid au-dessus des déserts, à près de 340 litres sous les tropiques durant un jour humide.