

Les Aventures d'Anselme Lanturlu

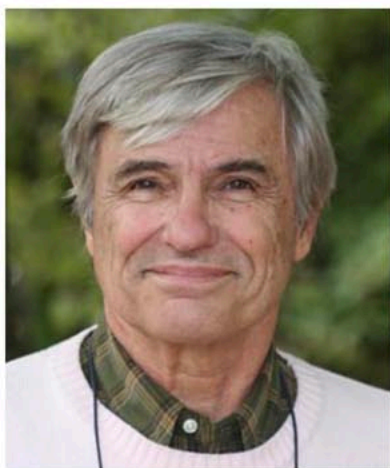
L'ASPIRISOUFFLE

Jean-Pierre Petit



Savoir sans Frontières

Association à but non lucratif créée en 2005 et gérée par deux scientifiques français. But : diffuser des connaissances scientifiques en utilisant la bande dessinée à travers des pdf gratuitement téléchargeables. En 2020 : 565 traductions en 40 langues avaient ainsi été réalisées. avec plus de 500.000 téléchargements.



Jean-Pierre Petit

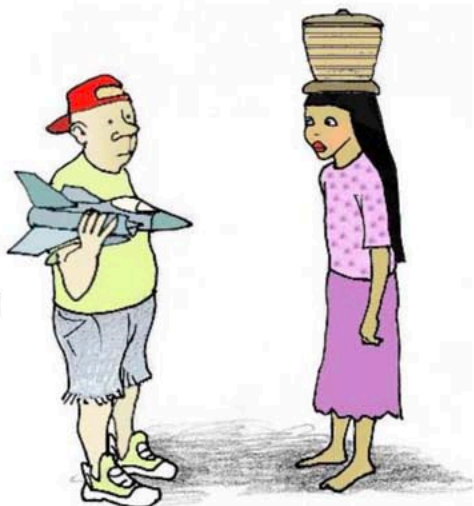


Gilles d'Agostini

L'association est totalement bénévole. L'argent des dons est intégralement reversé aux traducteurs.

Pour faire un don, utilisez le bouton Paypal sur la page d'accueil du site Internet

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



Coordonnées bancaires France ➔ Relevé d'Identité Bancaire (RIB) :

Etablissement	Quichet	N° de Compte	Cle RIB
20041	01008	1822226V029	88

Domiciliation : La banque postale
Centre de Marseille
13900 Marseille CEDEX 20
France

For other countries ➔ International Bank Account Number (IBAN) :

IBAN
FR 16 20041 01008 1822226V029 88

and ➔ Bank Identifier Code (BIC) :

BIC
PSSTFRPPMAR

Les statuts de l'association (en français) sont accessibles sur son site. La comptabilité y est accessible en ligne, en temps réel. L'association ne prélève sur ces dons aucune somme, en dehors des frais de transfert bancaire, de manière que les sommes versées aux traducteurs soient nettes.

L'association ne salarie aucun de ses membres, qui sont tous des bénévoles. Ceux-ci assument eux-mêmes les frais de fonctionnement, en particulier de gestion du site, qui ne sont pas supportés par l'association.

Ainsi, vous pourrez être assurés, dans cette sorte « d'œuvre humanitaire culturelle » que quelle que soit la somme que vous donniez, elle sera *intégralement* consacrée à rétribue les traducteurs.

Nous mettons en ligne en moyenne une dizaine de nouvelles traductions par mois.



... vous comprenez, sans
le frottement de l'air,
l'écoulement autour du
profil serait tout à fait
différent et ne donnerait
pas de portance...

PROLOGUE:

Un matin, Anselme Lanturlu se réveilla d'humeur fort maussade.

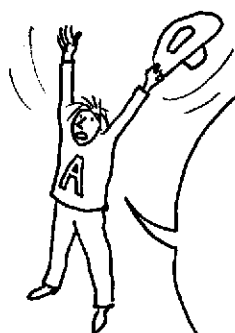


Amelme se sentait triste et vide. La Terre était plate comme jamais. Les jours se ressemblaient comme des gouttes de pluie...



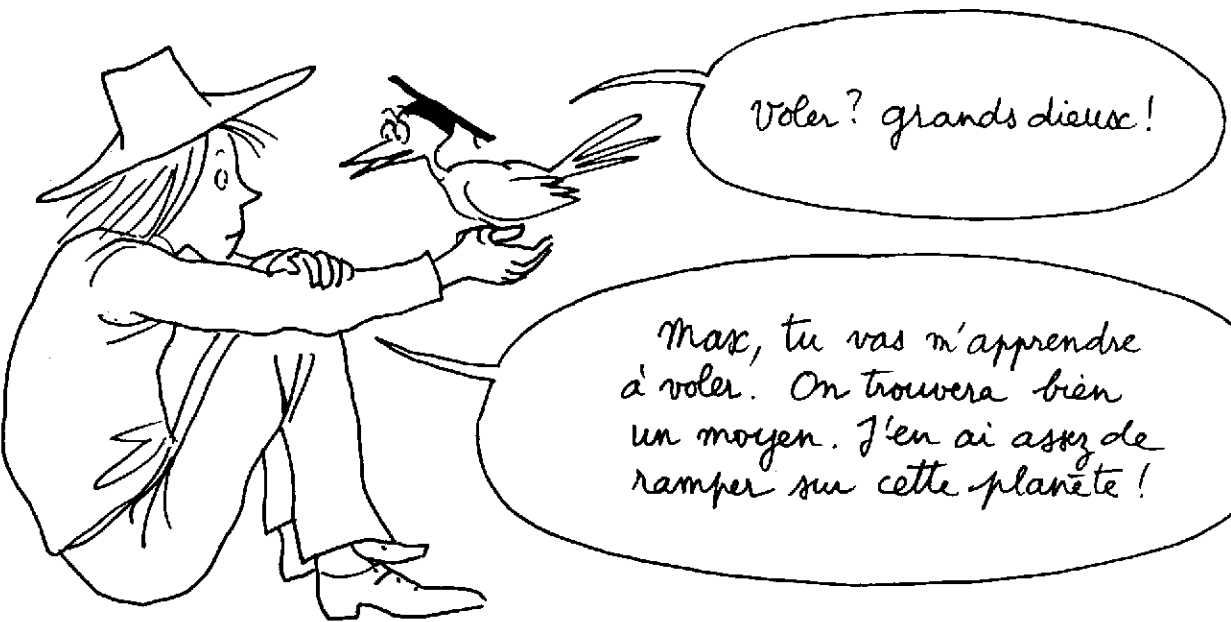
max, où est max?

Il est là-haut.
quelle chance il a !



MAX!
Moi AUSSI
JE VEUX

VOLER!



Voler? grands dieux!

Max, tu vas m'apprendre à voler. On trouvera bien un moyen. J'en ai assez de ramper sur cette planète!



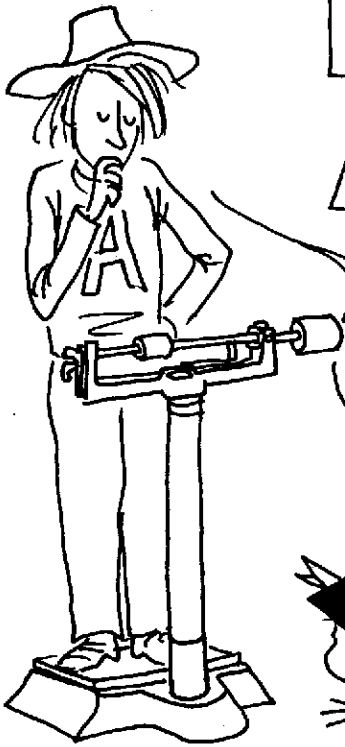
Regarde, je lève un pied. Et si je relève le second assez vite, peut-être que je....

ça doit être tout cet air qui me pèse sur les épaules



Au contraire! la poussée d'Archimède diminue ton poids de quatre-vingts grammes.

IL ÉTAIT UNE FOIS ARCHIMÈDE



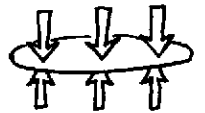
tu veux dire que, quand je me pèse,
la balance n'indique pas mon vrai
poids à cause de la poussée d'Archimède?



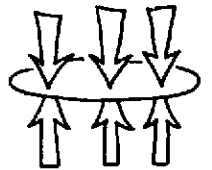
Exact, tu pèses en fait
80 grammes de plus.



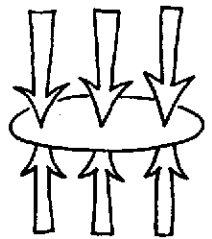
Le principe d'Archimède ...
on en parle... on en
parle... mais qu'est-ce que
c'est au juste ?

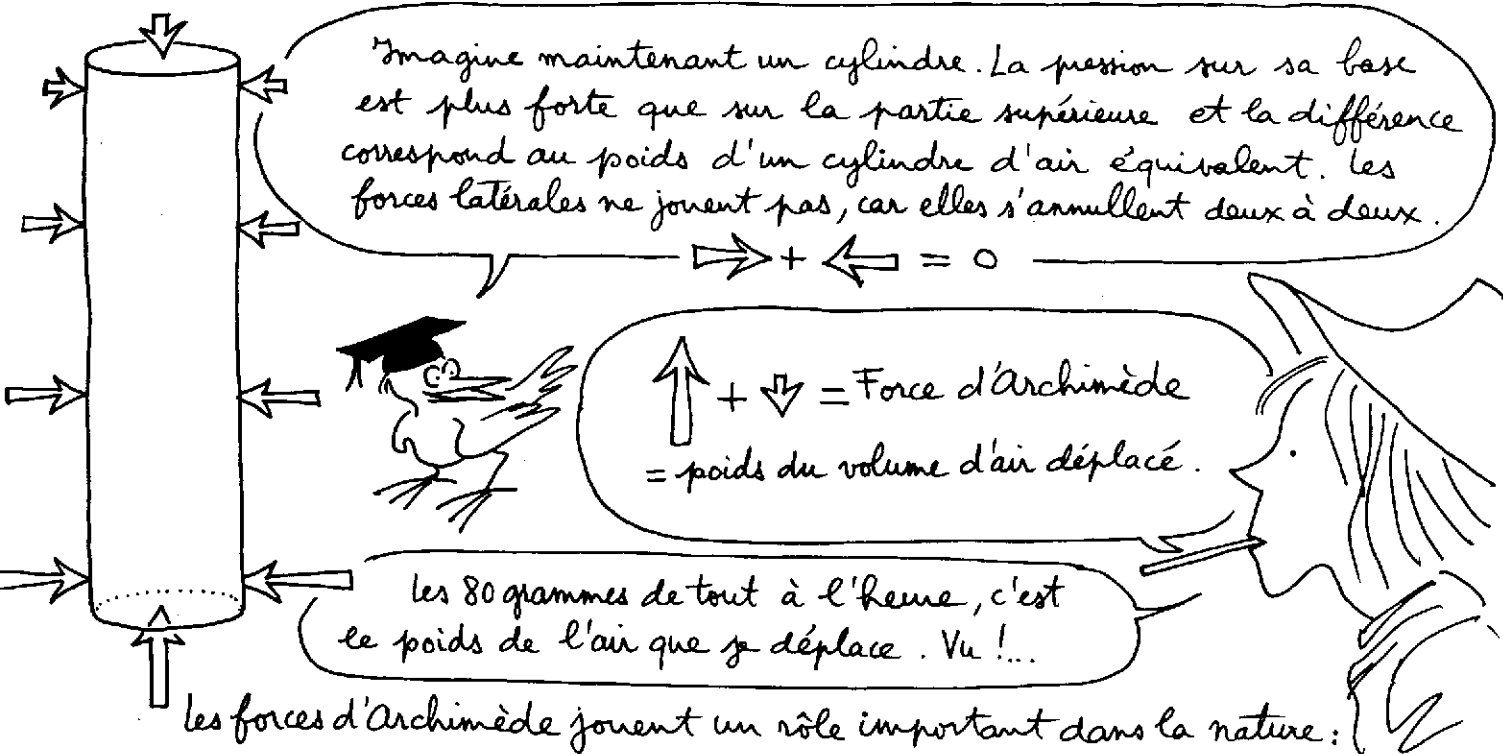


Forces agissant
sur un disque
plongé dans un
fluide :



Imagine un disque plongé
dans l'atmosphère. La colonne d'air qui est
au-dessus, pèse sur sa face supérieure. Plus cette
colonne d'air est haute, plus cette force est importante.
Mais, si le disque est infiniment mince, une force de
pression, égale et opposée, s'exerce sur sa face
inférieure et la somme des forces est nulle.



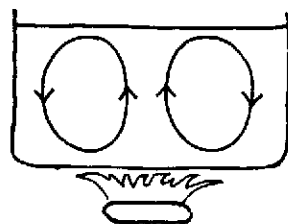
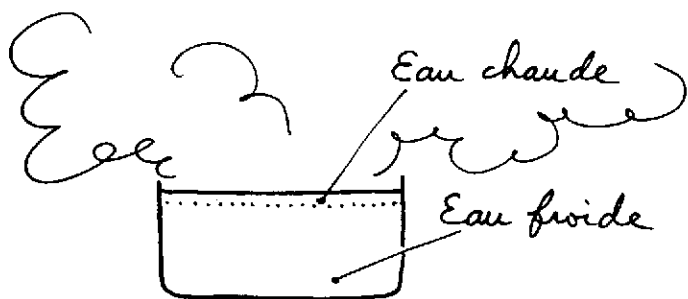


COURANTS DE CONVECTION

quatre-vingts grammes...
... c'est pas avec ça qu'on s'envole

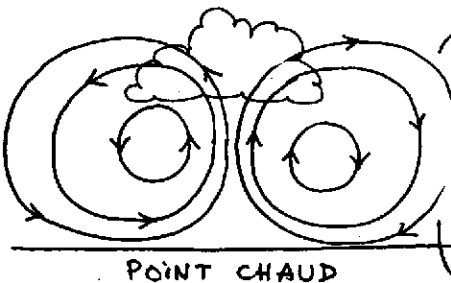
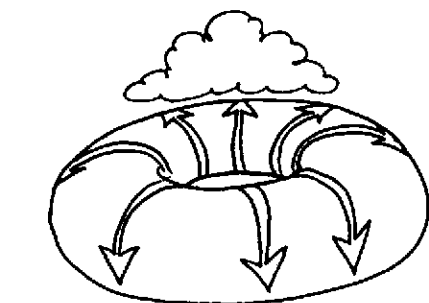




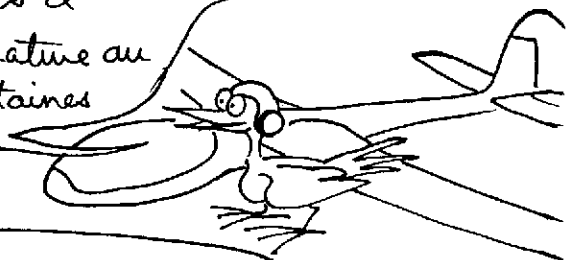


En revanche, si on chauffe l'eau par-dessous, en ce point, cette eau, dilatée, donc moins dense, aura tendance à s'élever. Elle se refroidira à la surface, se contractera et redescendra à la périphérie. C'est la CONVECTION NATURELLE.

Dans l'atmosphère, le même phénomène se produit. Certains points du sol absorbent plus la chaleur du soleil. L'air, en ces points, se gorgé d'humidité (plus il est chaud, plus il peut contenir d'eau à l'état de vapeur). Il se dilate par ailleurs et se met à monter. En altitude, le refroidissement provoque la condensation de la vapeur d'eau en gouttelettes et on obtient un beau CUMULUS.



Ce phénomène de brassage rend la température de l'air plus homogène. S'il n'existait pas, la température au sol atteindrait des centaines de degrés.



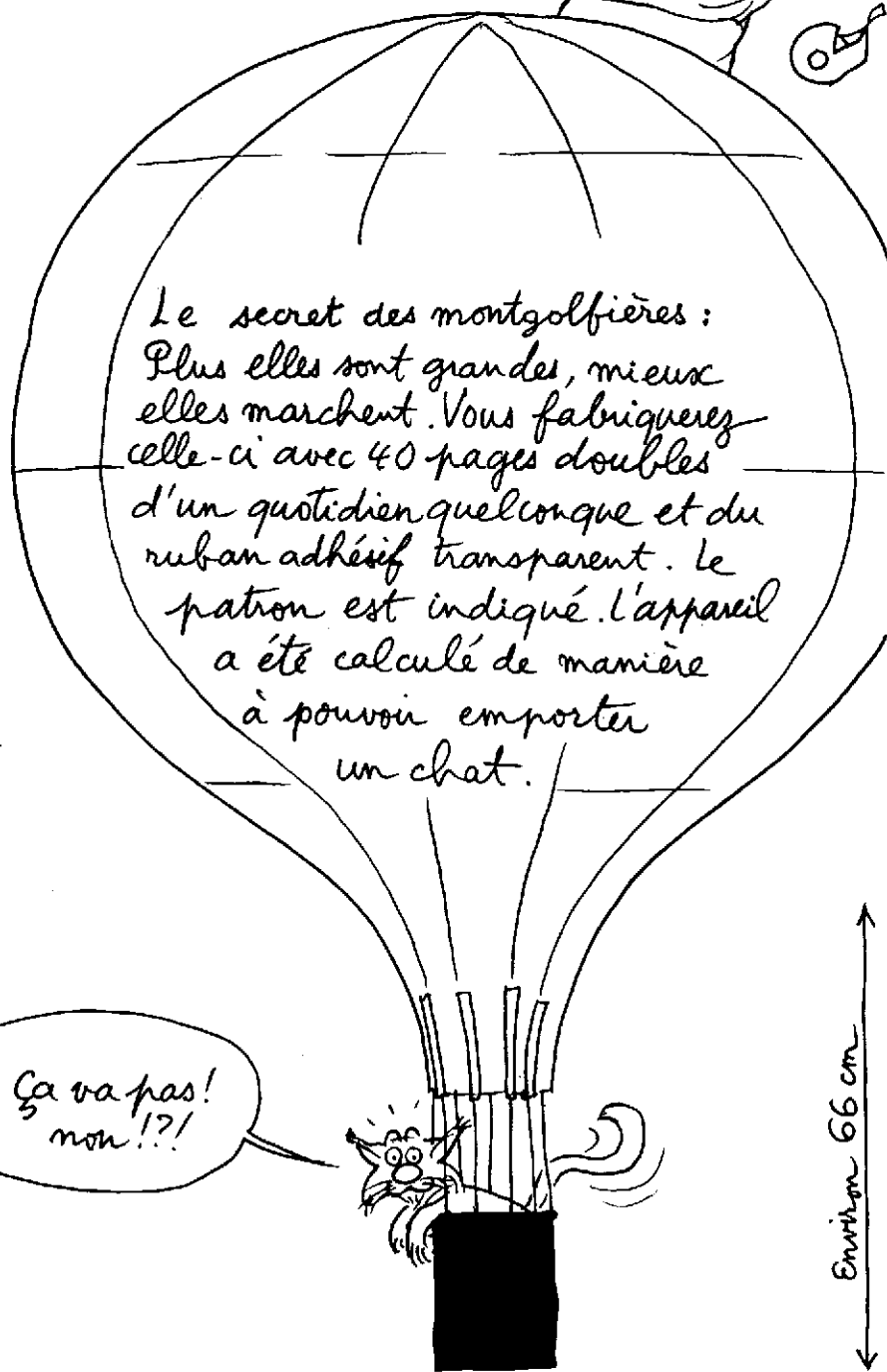
En m'accrochant à une de ces bulles d'air chaud, je pourrai peut-être m'envoler un jour ?



attention à vos pieds, bon sang !!

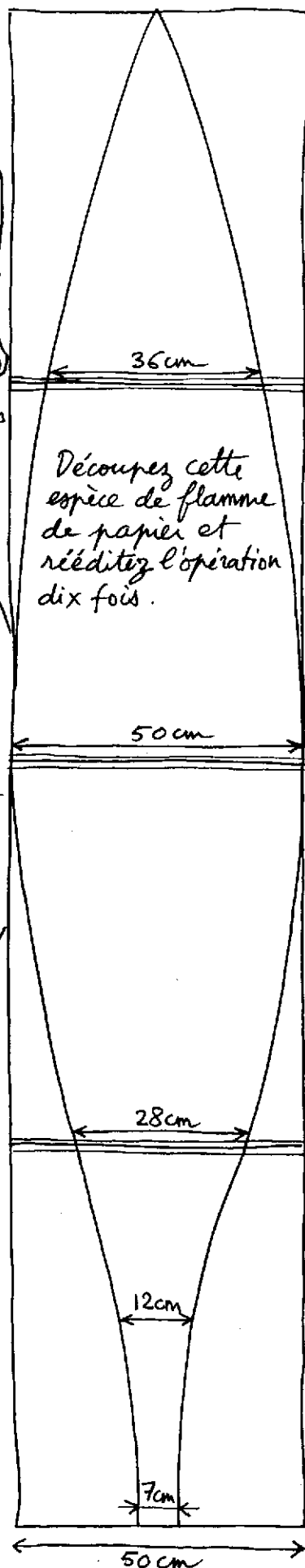


LES PLUS LÉGERS QUE L'AIR



Le secret des montgolfières :
Plus elles sont grandes, mieux
elles marchent. Vous fabriquerez
celle-ci avec 40 pages doubles
d'un quotidien quelconque et du
ruban adhésif transparent. Le
patron est indiqué. L'appareil
a été calculé de manière
à pouvoir emporter
un chat.

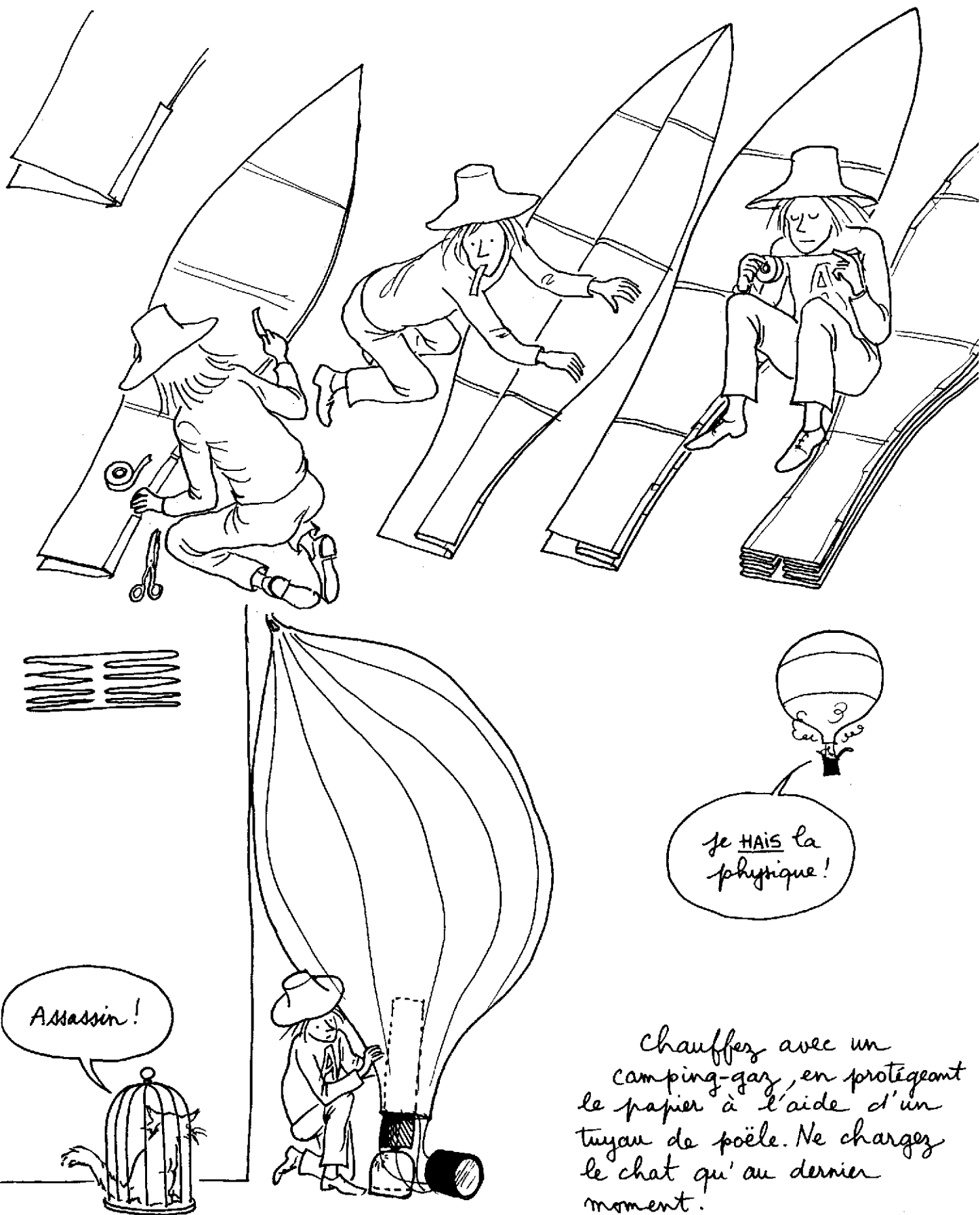
Ça va pas!
non!?!

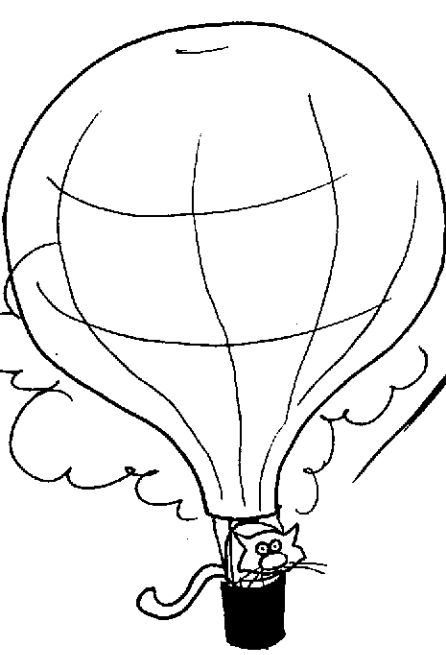


Découpez cette
espèce de flamme
de papier et
rééditez l'opération
dix fois.

quatre feuilles doubles de journal, assemblées à l'aide de ruban adhésif.

Voici comment Anselme assemble son plus léger que l'air :





Ce que je fais, aucun chat ne l'a jamais fait !



Rêves de papier... tout ceci ne me mènera pas bien haut. Et puis, cette machine est le jouet des vents. Je ne peux la mener où je veux...




Dépêche-toi, je fatigue !



Le secret du vol, qu'est-ce que c'est ?



A black and white line drawing of a person with short hair, wearing a tutu, sitting on a chair and working on a mechanical device that looks like a small airplane or a model car. They are using tools. A speech bubble above them says: "Rien à faire, ça ne marche pas. Il y a quelque chose que je n'ai pas compris !". To the right, a person's legs in high heels are visible, with a speech bubble saying "Tsss... Tsss...". Below, a woman with long hair is looking at the person working, with a speech bubble saying "Annelme, pour voler, il faut d'abord que tu te familiarises avec la MÉCANIQUE DES FLUIDES. Voler, ce n'est pas si simple!". Another speech bubble from the woman says "Un fluide, c'est quoi au juste ? C'est quelque chose qui s'écoule ?". A third speech bubble from the woman says "Oui, si tu veux. Mais c'est aussi plus complexe que tu ne le penses.". At the bottom, there is a drawing of a mechanical device, possibly a propeller or a part of the model car, with a speech bubble saying "Oui, si tu veux. Mais c'est aussi plus complexe que tu ne le penses.".

Rien à faire, ça ne marche pas.
Il y a quelque chose que je n'ai
pas compris !

Tsss...
Tsss...

Annelme, pour voler, il faut
d'abord que tu te familiarises
avec la MÉCANIQUE DES FLUIDES
Voler, ce n'est pas si simple !

Un fluide, c'est
quoi au juste ?
C'est quelque chose
qui s'écoule ?

Oui, si tu veux.
Mais c'est aussi
plus complexe que
tu ne le penses.



LES FLUIDES



J'ai enfoui la balle
et j'ai posé la pièce à la
surface. logiquement la
pièce devrait descendre
et la balle devrait
remonter.

Rien...

C'est peut-être
une question de temps...

Il est devenu
complètement fou,
votre copain?

Avec la physique,
il faut se méfier

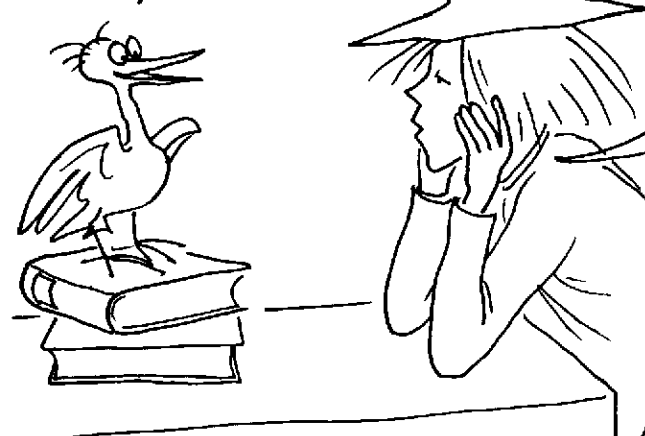
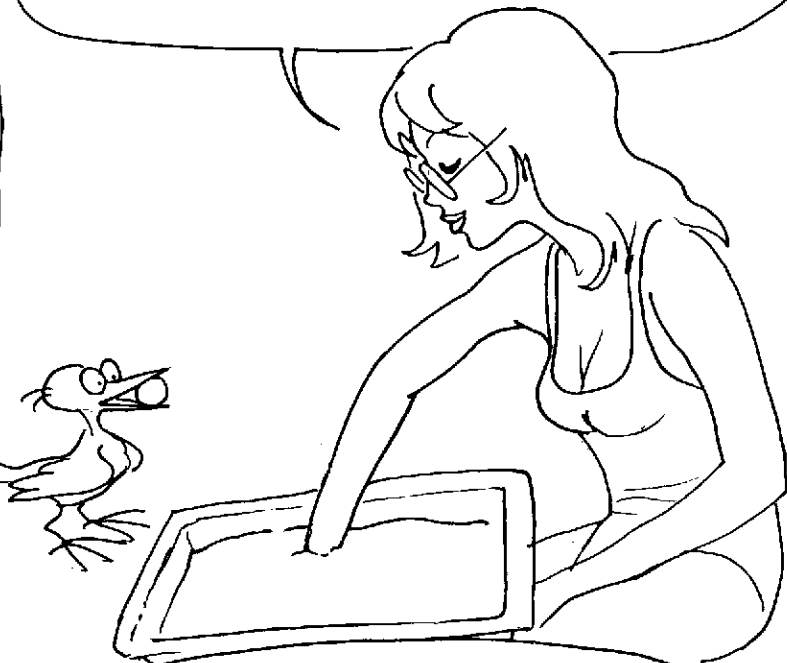
qu'est-ce
qui m'a fichu
une expérience
pareille!

J'en ai
assez!



Et la pièce est au fond. En secouant le sable, Anselme a permis aux grains de glisser les uns par rapport aux autres. Et le sable est devenu FLUIDE.

Sophie a dit que plus les grains étaient fins, plus le phénomène était rapide.



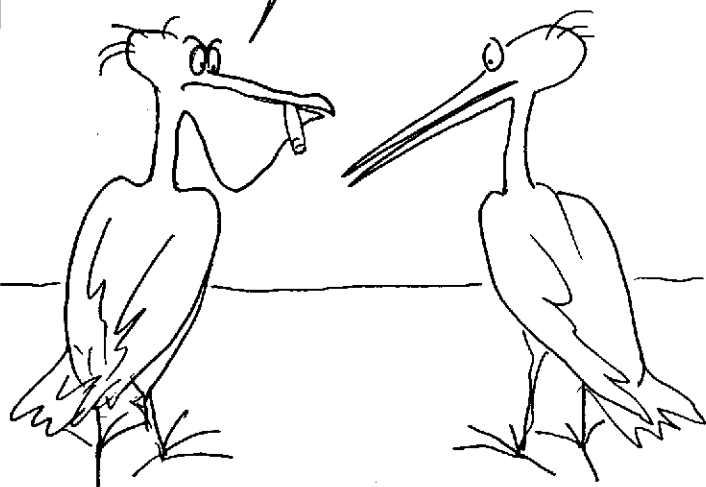
Alors, un FLUIDE, c'est une sorte de sable avec des grains très fins qui peuvent glisser aisément les uns contre les autres !?!



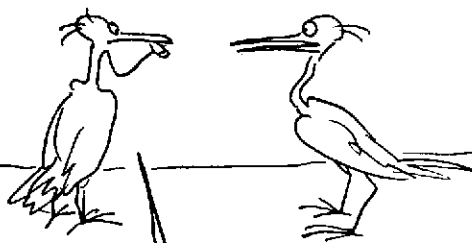
Sophie nous a dit que c'est comme ça que Lucrèce, au 1^{er} siècle avant Jésus-Christ avait eu l'intuition des ATOMES (de natura rerum)

Sophie, elle sait toujours tout mieux que tout le monde !

Ainsi, mon cher, les
camemberts seraient des
fluides très visqueux. Et
il paraîtrait que le
verre lui-même ... (*)

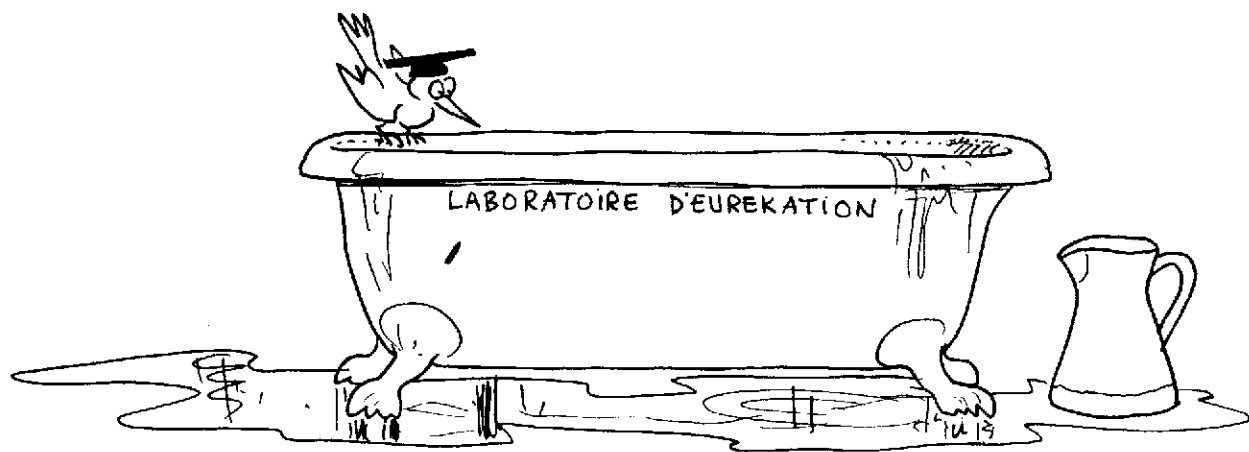


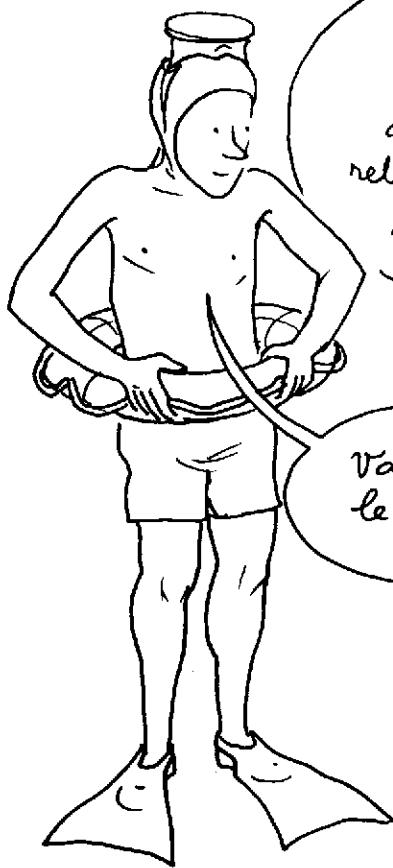
Vous voudriez dire
que le principe
d'Archimède !...



ne me faites pas dire ce que
je n'ai pas dit !

(*) le verre est effectivement un LIQUIDE extrêmement visqueux.





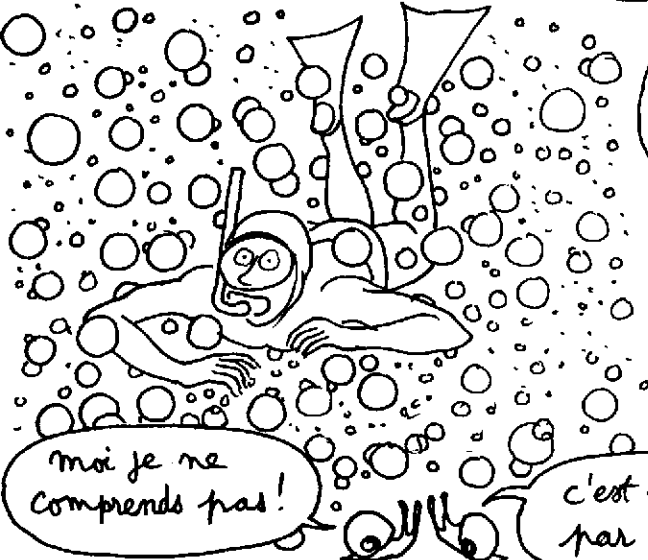
Tu vois, Anselme, pour bien comprendre un fluide, il faut se rappeler au départ que c'est un ensemble de molécules qui sont comme des petites balles et qui rebondissent et glissent les unes sur les autres dans ce qu'on appelle le CHAOS MOLÉCULAIRE.

Va pour le chaos



Il y a vingt milliards de milliards de ces petites balles dans un cm^3 de l'air que nous respirons. Ces molécules sont si petites qu'on ne pourrait même pas les voir avec le plus puissant des microscopes.

LA DENSITÉ

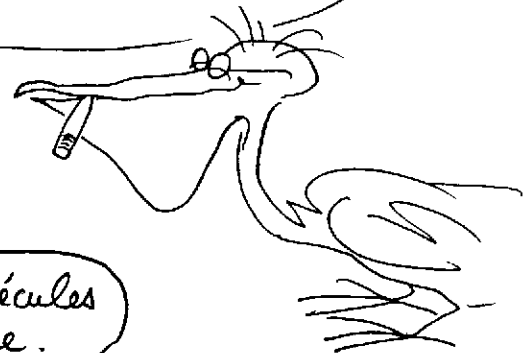


moi je ne comprends pas!

le concept de densité est tellement intuitif que nous avons failli ne pas en parler

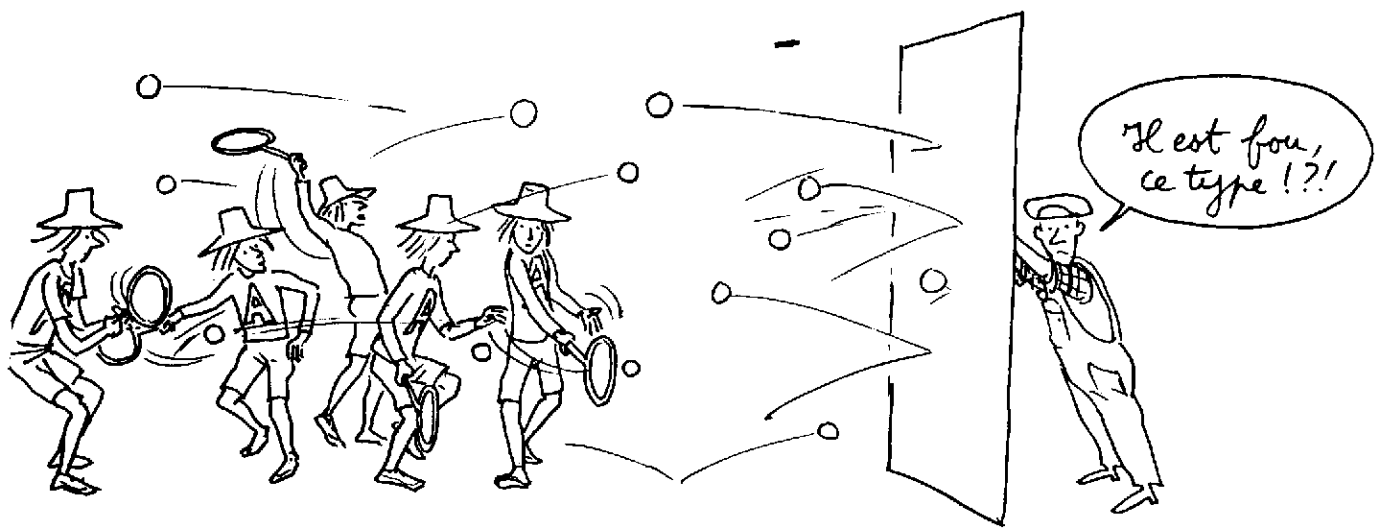


c'est le nombre de molécules par unité de volume.

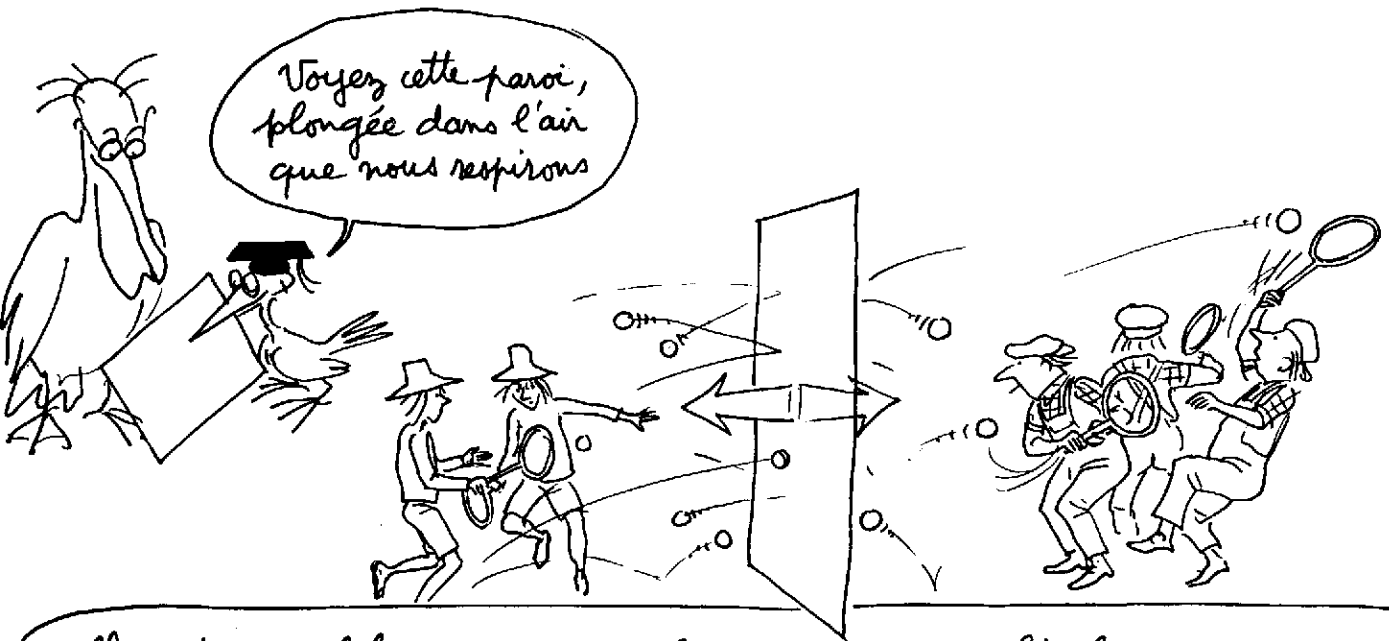


LA PRESSiON:

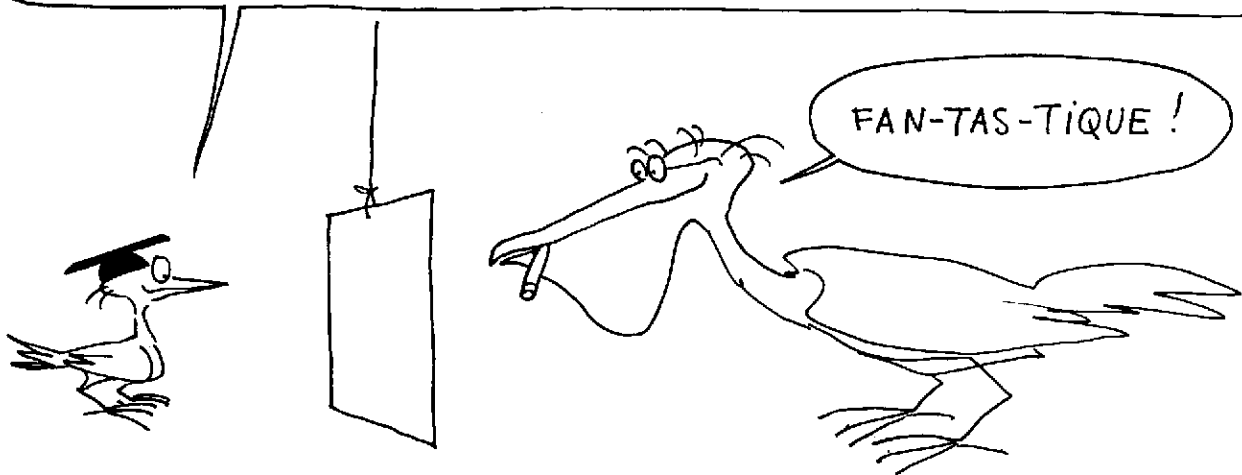




Ce sont les innombrables chocs moléculaires qui se produisent sur une paroi qui créent ce phénomène qu'on nomme **PRESSION**.

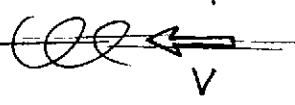
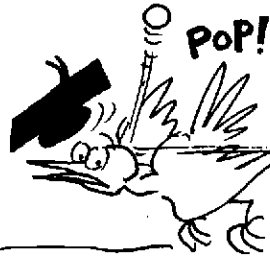
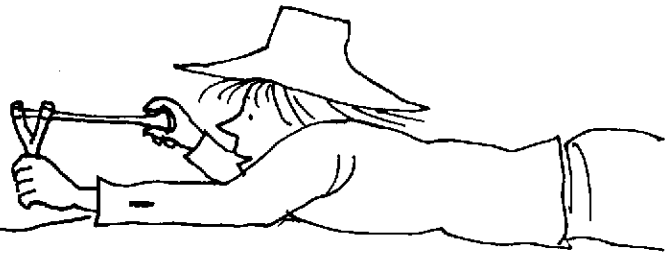


Elle reste immobile parce que les poussées des molécules qui s'exercent de part et d'autre, à travers les collisions, s'équilibrent.



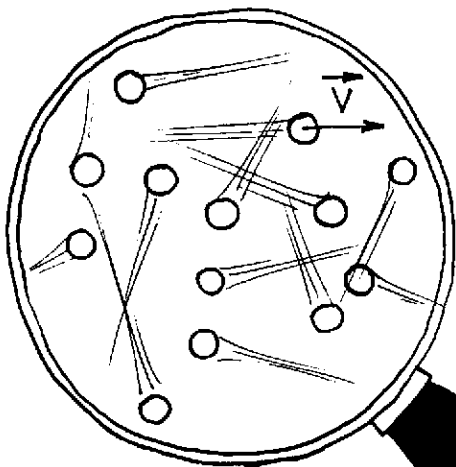
L'ÉNERGIE CINÉTIQUE :

Un objet de masse m ,
animé d'une vitesse V ...



... possède, PAR DÉFINITION
une ÉNERGIE CINÉTIQUE
égale à $\frac{1}{2} m V^2$

L'ÉNERGIE THERMIQUE :



Voici un élément de gaz. Les molécules, de
masse m , y sont animées de mouvements
désordonnés. Leur vitesse d'agitation, dite
vitesse d'agitation THERMIQUE est V .

L'ÉNERGIE THERMIQUE de cet élément,
de ce SYSTÈME, est simplement la
somme des $\frac{1}{2} m V^2$ (des énergies cinétiques)
de toutes les molécules qui le constituent.



LA TEMPÉRATURE:



La **TEMPÉRATURE ABSOLUE** d'un gaz est la mesure du $\frac{1}{2} m v^2$ (de l'énergie cinétique d'agitation) d'UNE MOLECULE dans ce gaz.

La Direction



On ne peut pas descendre plus bas: On ne peut pas être moins agité que lorsque l'on est immobile, non?

Sans agitation moléculaire, plus de collisions sur les parois, donc plus de pression!

Ça y est j'ai compris!



Résumons: plus il y a de molécules, plus elles sont agitées, chaudes, et plus la pression du gaz est élevée.

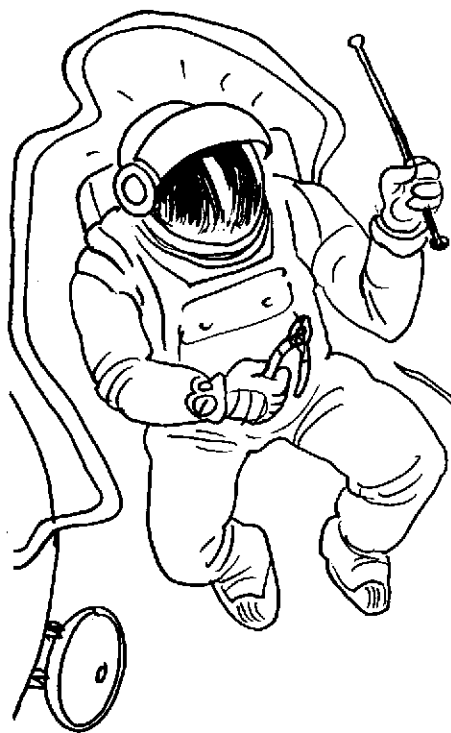


LA CHALEUR



Un objet placé dans un fluide est soumis à une infinité de microchocs moléculaires. De cette manière, les molécules peuvent transmettre, échanger de l'énergie, de la CHALEUR. Le pouvoir de transmettre de la chaleur croît avec la densité du fluide.

Pour cette raison, l'eau est plus conductrice de la chaleur que l'air.



Lorsqu'un cosmonaute "marche" dans l'espace, il évolue dans un air très raréfié (dix molécules par centimètre cube.) - Le degré d'agitation des molécules correspond à une température de 2500° . Et pourtant cet air ne brûle pas le cosmonaute, car il est trop peu dense pour communiquer efficacement sa chaleur.

Brrr... 2500° et je gèle !

la température est élevée mais le flux de chaleur est infime.

ÉNERGIE D'ENSEMBLE :



A cette vitesse d'ensemble v correspond une ÉNERGIE CINÉTIQUE D'ENSEMBLE $\frac{1}{2} M v^2$

M étant la masse totale de gaz contenue dans la bouteille.



Vous voulez dire qu'il y a deux sortes d'énergies cinétiques, alors ?..

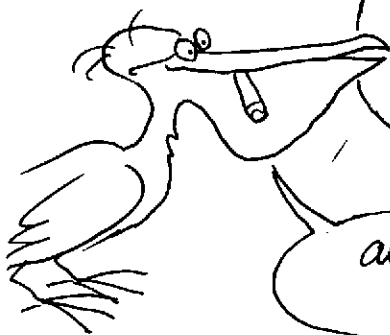


Oui et non...
Le système des molécules contenues dans le flacon a une ÉNERGIE TOTALE qui est la somme de cette ÉNERGIE D'ENSEMBLE et de l'énergie d'agitation thermique



Dis donc, c'est sacrément compliqué, la mécanique des fluides !

tu veux voler ?
alors apprends à voler !



Bien Le livre dit que, dans un système de molécules, on peut transformer de l'énergie d'agitation thermique en énergie d'ensemble

Autrement dit : de la CHALEUR en MOUVEMENT.

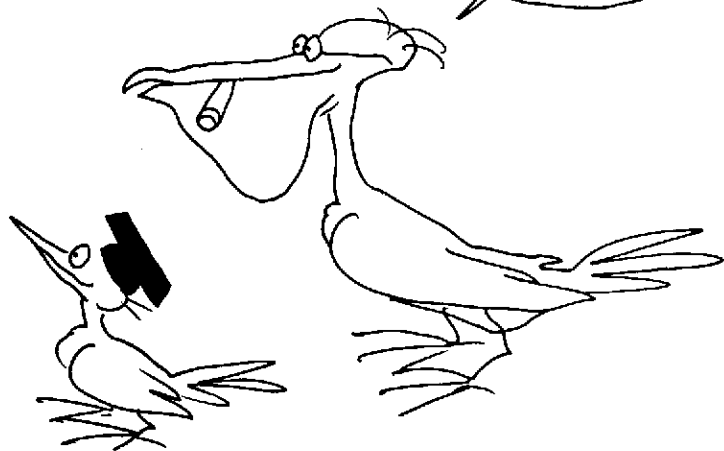




Pour ce faire, il suffit
d'enlever le bouchon

SYSTÈME DE N
MOLECULES : ÉNERGIE
THERMIQUE $N \times \frac{1}{2} m V^2$

chiche !



LA CONSERVATION DE L'ÉNERGIE :

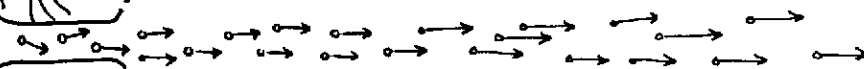


Hé!?

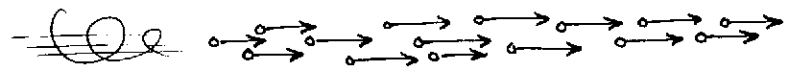
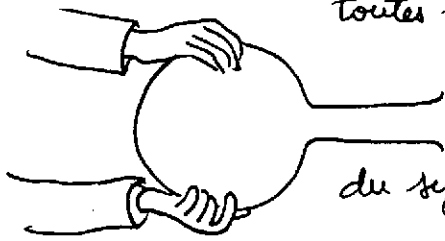
Pour simplifier, on
suppose que cette détente
du gaz s'effectue sans
obstacle extérieur,
dans le vide

de Direction

$V =$
Vitesse
d'agitation
des
N molécules



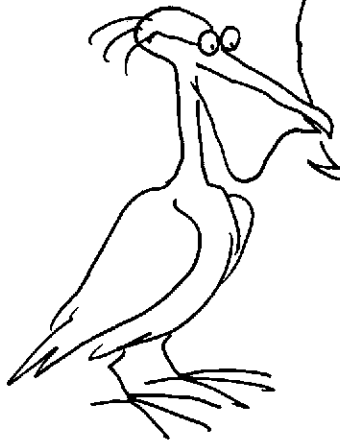
Si cette transformation CHALEUR \rightarrow MOUVEMENT est totale, les molécules auront toutes la même vitesse v (d'ensemble) et l'énergie



du système est l'énergie d'ensemble $N \times \frac{1}{2} m v^2$

D'après le **PRINCIPE DE CONSERVATION DE L'ÉNERGIE**, l'énergie totale du système, c'est à dire la somme de l'énergie d'ensemble et de l'énergie cinétique d'agitation (thermique) est **CONSTANTE**, dans ce processus.

La Direction



Dites, si j'ai bien compris, dans le cas particulier de cette détente totale, la conservation de l'énergie donne $N \times \frac{1}{2} m V^2 = N \times \frac{1}{2} m v^2$ soit $v = V$?

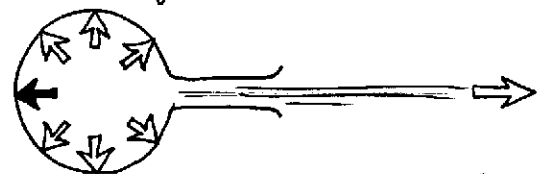
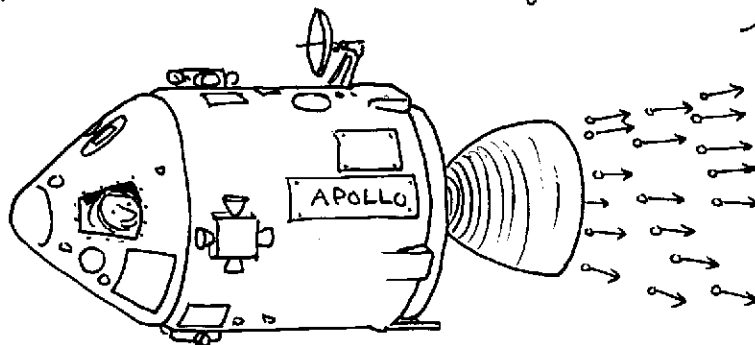
tout juste !



Application de cette transformation d'énergie thermique en énergie cinétique d'ensemble :

PROPULSION PAR RÉACTION

La tuyère des moteurs-fusées, ou "coquetier", est une géométrie qui permet la meilleure transformation chaleur \rightarrow vitesse. La force propulsive vient du fait que, durant cette détente, la somme des forces de pression sur



l'enveloppe n'est plus nulle.

J'ai compris !

Pour voler, apparemment, il doit suffire de souffler de l'air vers le bas.

Essayons ceci

hum, pas très efficace...

PSCHOUF !

Regarde, Anselme, les ailes des oiseaux n'ont pas la forme de parapluies ! Tu veux toujours tout comprendre tout de suite. Il faut continuer...

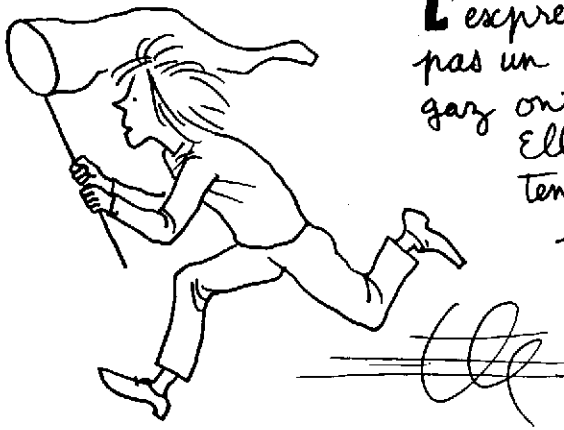
tu as raison, Sophie

elle n'est pas mal roulée !

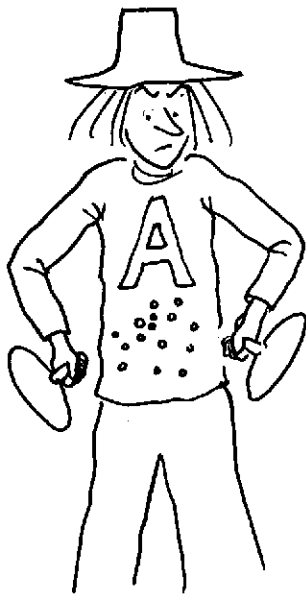
vous n'êtes pas mal enroulés non plus

m m m....

ÉCOULEMENTS A DENSITÉ CONSTANTE



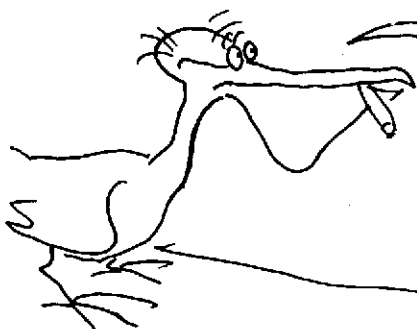
L'expression "libre comme l'air" n'est pas un vain mot. Les molécules d'un gaz ont horreur de la promiscuité. Elles ont à cœur de maintenir la plus de distance possible entre elles.



Rien à faire pour augmenter la densité de l'air par ce moyen

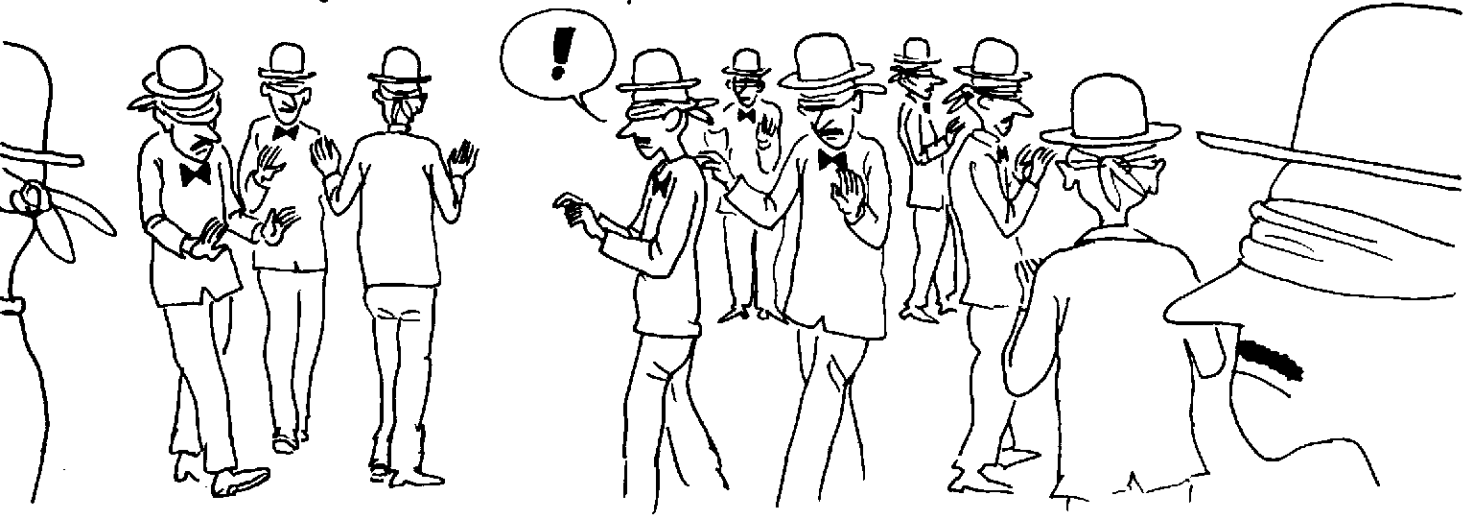
Rate! tu n'es pas assez rapide! On t'a vu venir

Qu'est-ce qui fait fuir les molécules au moment où les raquettes se rapprochent?



la trouille peut-être?

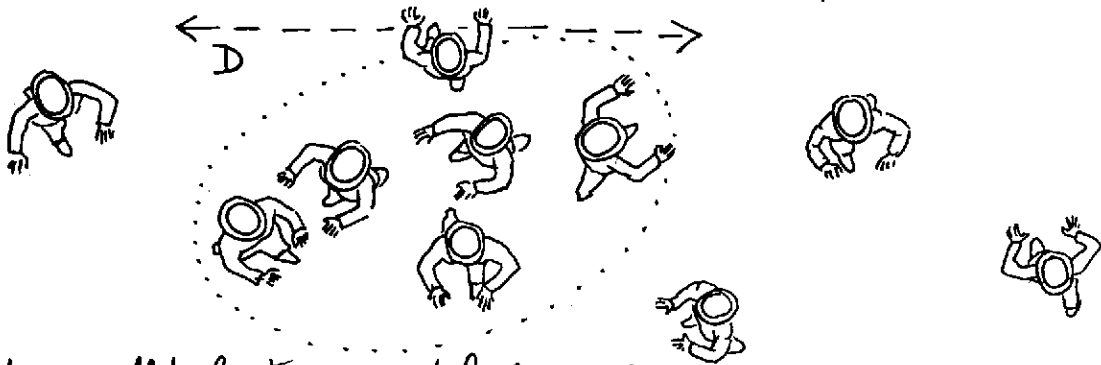
Il faut imaginer une place sur laquelle errent des gens qui ont les yeux bandés. Ils vont jouer le rôle des molécules et la vitesse à laquelle ils se déplacent, au hasard, en tous sens, sera une image de la vitesse d'agitation thermique V .



Ils ne vont nulle part en particulier. Toutes les t secondes, en moyenne, après avoir parcouru un chemin l , ils se heurtent. On appelle l le LIBRE PARCOURS MOYEN et t le TEMPS DE LIBRE PARCOURS MOYEN.

Dans l'air que nous respirons, V , vitesse d'agitation thermique, est proche de 340 m/sec . Le libre parcours moyen moléculaire est voisin d'un cent millièème de centimètre, tandis que le temps qui s'écoule entre deux collisions d'une molécule avec ses voisines n'est que d'un dix millièème de millièème de seconde.

Rien n'incite ces gens aux yeux bandés à s'assembler, au contraire: leur mouvement d'agitation incessant amènerait tout attroupement de diamètre D à se disperser en un temps D/V .



C'est en effet le temps qu'il faut à ces personnages pour parcourir la distance D , donc pour quitter le lieu de l'attroupement.



Ces gens, muets par surcroît, ne voient pas plus loin que le bout de leurs mains. Si un objet pénètre dans cette foule à une vitesse v inférieure à la vitesse d'agitation V , les personnages pourront s'en informer, en se heurtant, de proche en proche. Et ainsi ils pourront s'écarter AVANT que l'objet ne soit sur eux. Cette information chemine

à la vitesse de leur marche, c'est-à-dire à la vitesse d'agitation V .

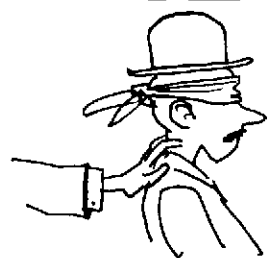
LE SON

est la propagation, à DENSITÉ CONSTANTE, d'une impulsion de pression. C'est une sorte d'onde de bousculade, qui se propage à la vitesse V .

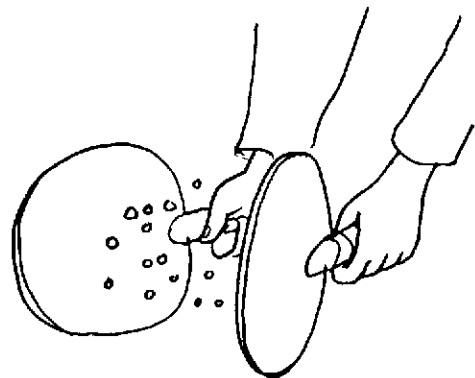


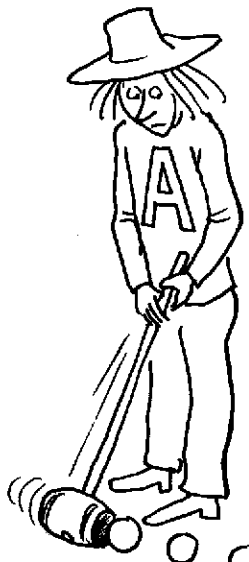
Il faut bien comprendre que le son est la propagation d'une impulsion et non une propagation de matière.

Le son est une ONDE de PRESSION



C'est à la vitesse du SON que les molécules sont averties du moindre déplacement des raquettes d'Anselme. Elle peuvent donc s'enfuir aisément en maintenant leur DENSITÉ CONSTANTE

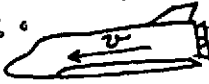


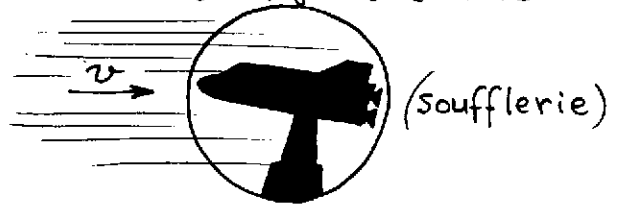


Anselme a aligné des boules de croquet. Il communique une impulsion à la première qui la transmet à la seconde ... et ainsi de suite:
Image linéaire de la propagation du SON.



Propagation de l'impulsion

La notion de vitesse est RELATIVE. Ainsi v sera pour nous indifféremment la vitesse d'un objet pénétrant dans un fluide au repos  ou la vitesse d'ensemble du gaz arrivant sur un objet FIXE :



LE RAPPORT $M = \frac{v}{V}$ SERA APPELÉ, PAR DÉFINITION NOMBRE DE MACH. V EST LA VITESSE DU SON.

Si $v < V$, C'EST À DIRE SI $M < 1$ LE FLUIDE SERA DIT EN RÉGIME SUBSONIQUE. L'ÉCOULEMENT S'EFFECTUERA À DENSITÉ CONSTANTE ET IL SERA APPELÉ "INCOMPRESSIBLE".

La Direction

LOI DE BERNOULLI

Ça ne sent pas
très bon, ici !

ça sent la taupe ! Qu'est-ce
que tu veux que ça sente ?

Voyons, voyons,
Daniel Bernoulli : physicien
suisse, 1700-1782 ...

?

Comme cela, ça
devrait aller

qu'est ce qu'il
fricote là-haut ?

voilà, ça y est.

ça y est
quoi ?!

mon système de
ventilation automatique

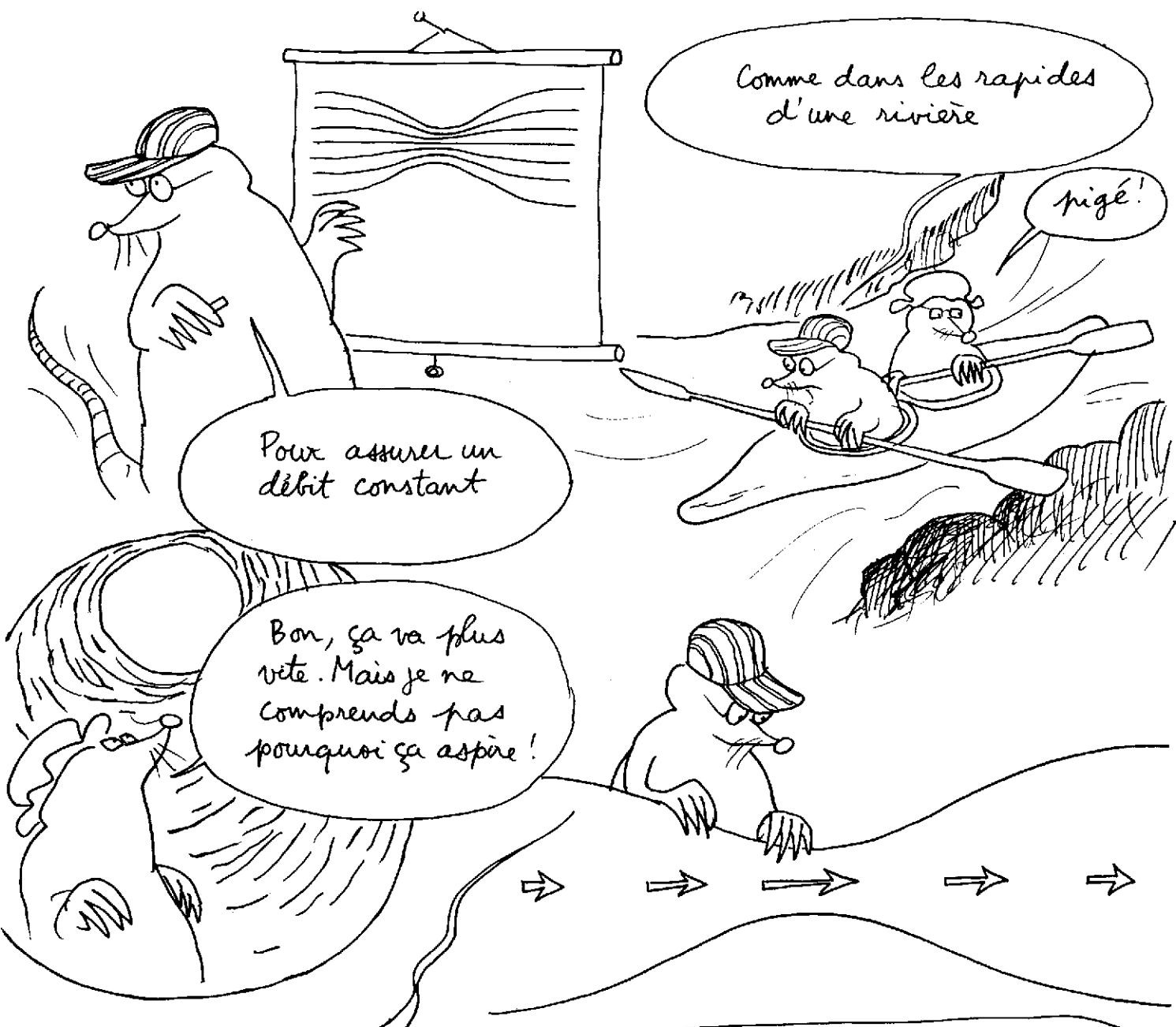
Le vent souffle, c'est bon !
tu sens l'aspiration ?

?!?

Oui, mais pourquoi
est-ce que l'air du terrier
est aspiré ?

le tumultus est
un obstacle au passage
de l'air. Pour le franchir,
celui-ci doit accélérer

accélérer,
pourquoi ?



Comme dans les rapides d'une rivière

pigé!

Pour assurer un débit constant

Bon, ça va plus vite. Mais je ne comprends pas pourquoi ça aspire!

Prends un élément de fluide (un paquet de molécules) qui passe par un rétrécissement. Son énergie va rester constante. L'accélération va donc se faire au détriment de l'énergie thermique, donc du mouvement d'agitation.



Et si la vitesse d'agitation baisse, la pression diminue.

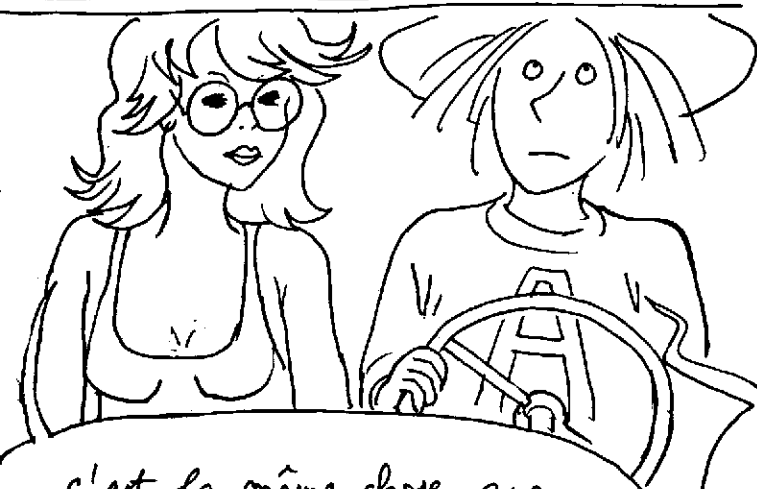
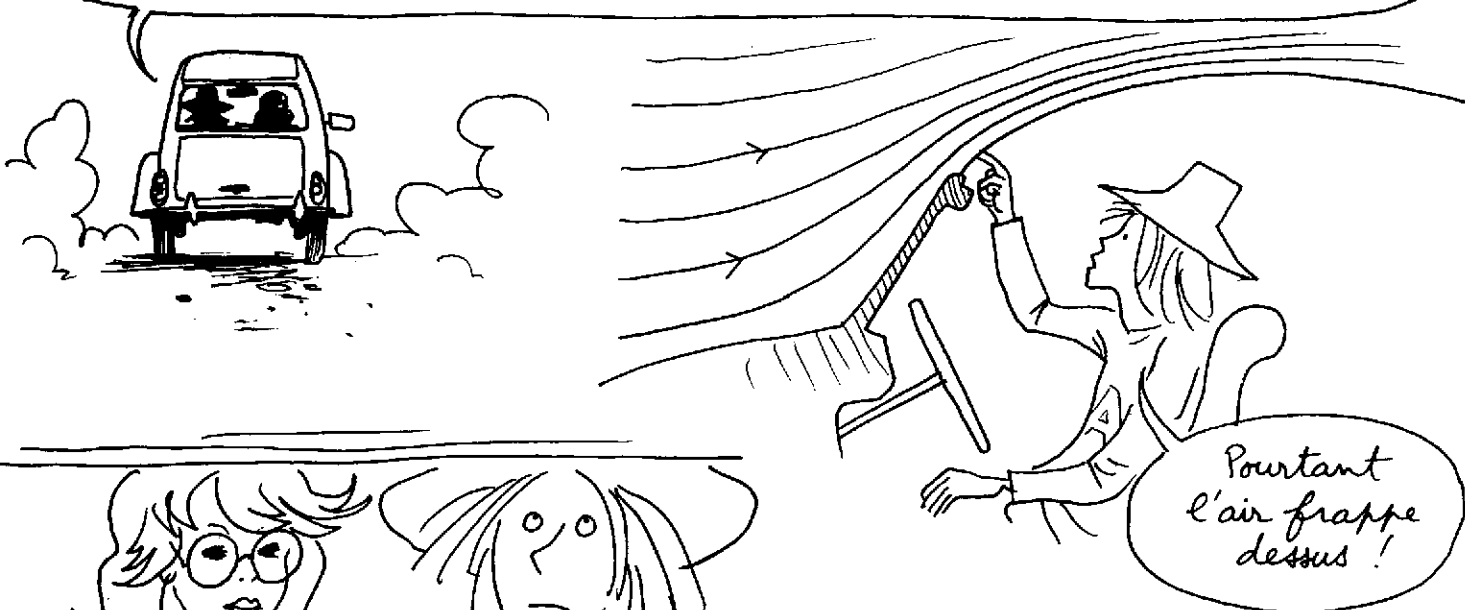


Comme la pression varie proportionnellement à la température et à la densité, cette pression va baisser

Et c'est pour cela que l'air du terrier va être aspiré



C'est curieux, à l'arrêt, la capote était toute déployée et pendait vers l'intérieur. Et maintenant que nous roulons, elle est toute gonflée vers l'extérieur.



C'est la même chose que pour le terrier de la taupe. La 2CV lui ressemble un peu, non ?

alors l'air doit accélérer pour contourner la voiture à densité constante. La température baisse, donc la pression aussi et la capote est aspirée. Pigé.

c'est le même phénomène qui fait monter
le parfum dans mon vaporisateur

... et qui aspire les fumées dans
les cheminées, grâce au vent.

Depuis quand
les cheminées
parlent-elles ?

Bizarre,
j'aurais plutôt cru
que l'air se serait
entassé dans cet
entonnoir.

Énoncé suivant la

LOI DE BERNOULLI :

Pression et vitesse
varient inversement.

la Direction

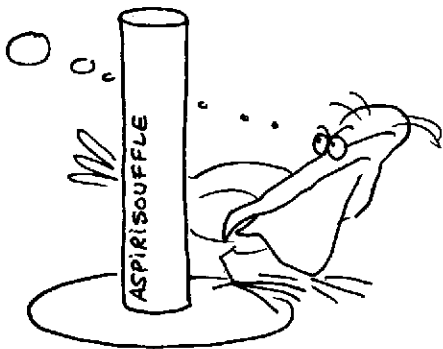
A la vérité, la mécanique des fluides défie bien
souvent notre intuition et notre sens commun.

Exemple de

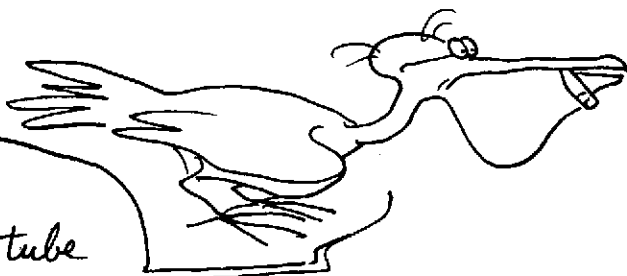
PARADOXE

lié à la loi de Bernoulli :

C'est pas
intuitif pour
un rond. Enfin...



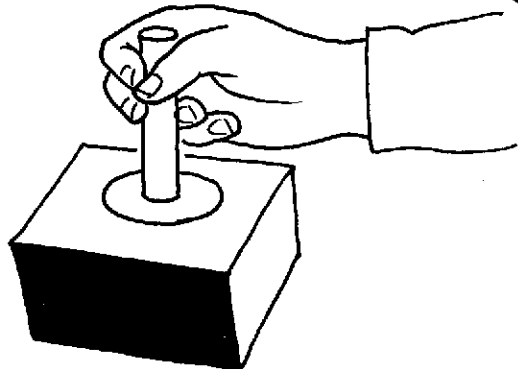
Qu'est-ce que
c'est que cela ?
Encore un de
leurs trucs !

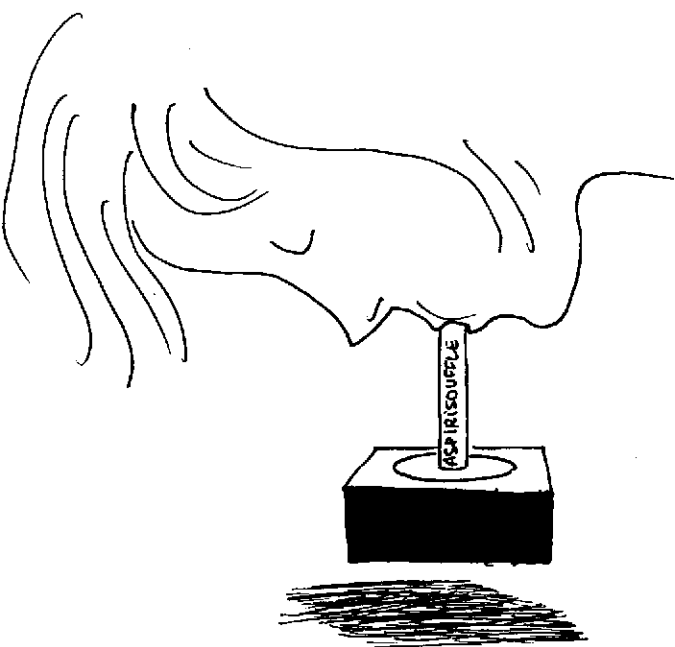


apparemment
c'est un simple tube
collé sur un disque

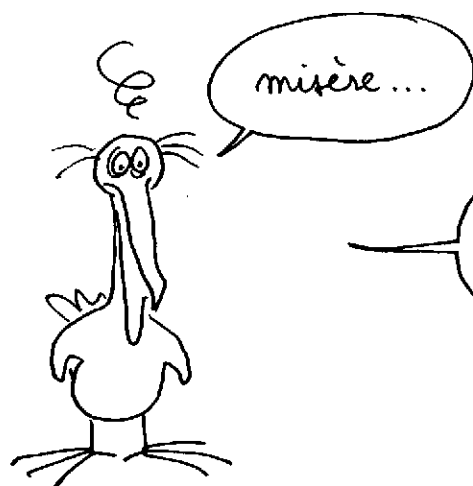
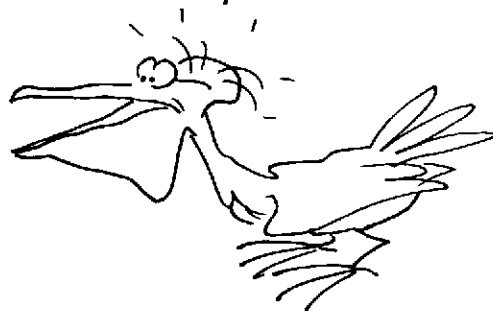


tube qu'il pose
sur une boîte
d'allumettes !!!



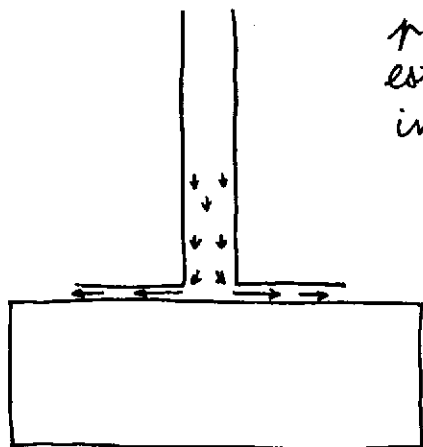


Il... souffle... et
il soulève la boîte !!!

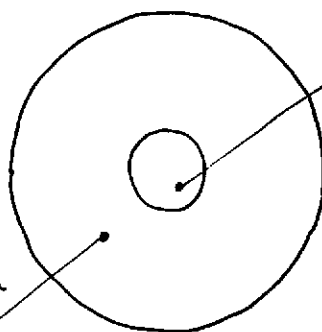


Comment peut-on
aspirer en soufflant?

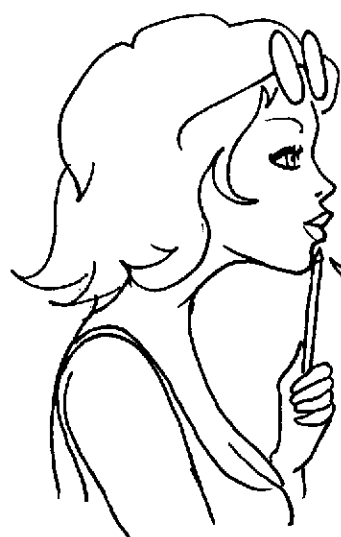
Au raccord cylindre-disque, la section de passage du gaz diminue brusquement et l'air est violemment accéléré. La pression devient alors inférieure à la pression atmosphérique.



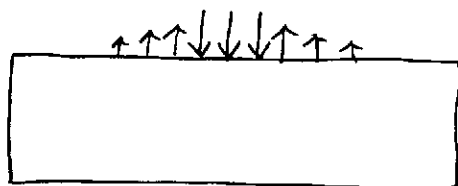
La partie périphérique est, par rapport à la pression atmosphérique, en dépression



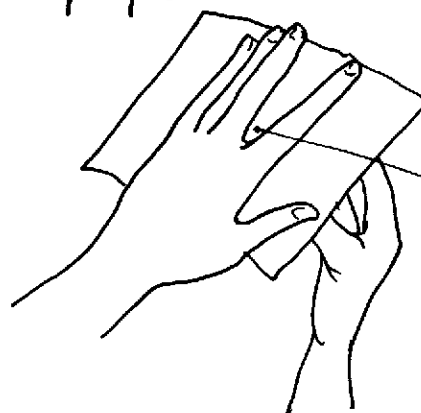
La portion de la paroi de la boîte qui est en face du canal central, se trouve, vis-à-vis de la pression ambiante, en surpression



Il se trouve que le résultat
de tout cela est une succion



Vous pouvez réaliser une expérience
analogue avec une simple feuille
de papier :

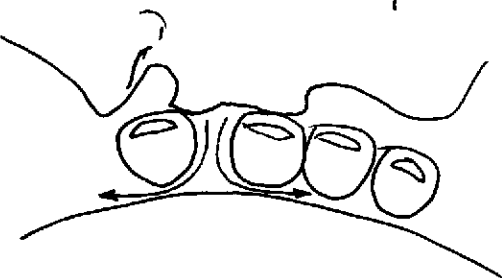


Tenez-la comme ceci

Soufflez ici, très fort.

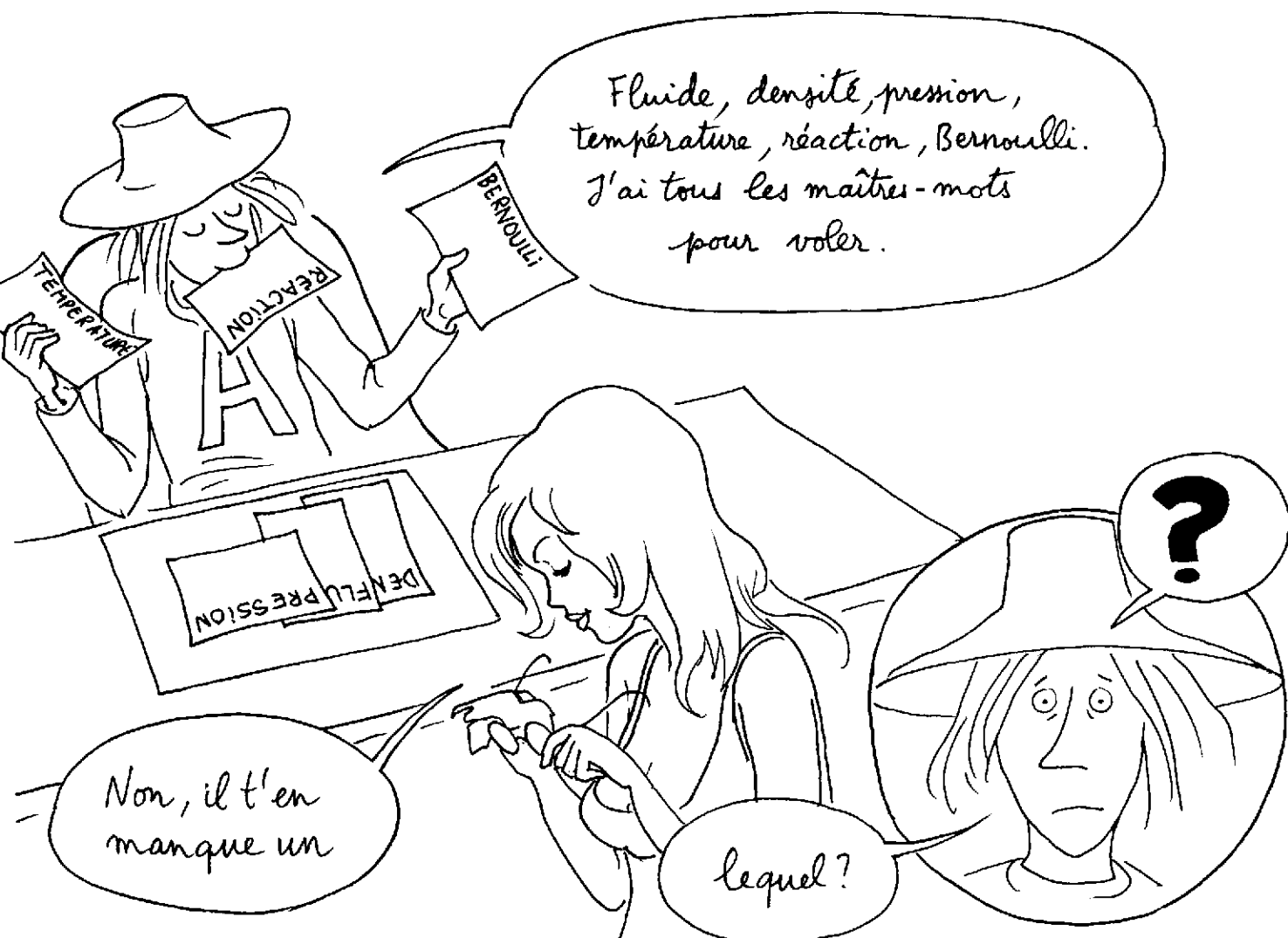


Dès que vous soufflez,
lâchez la feuille.
Elle restera un court
moment plaquée.

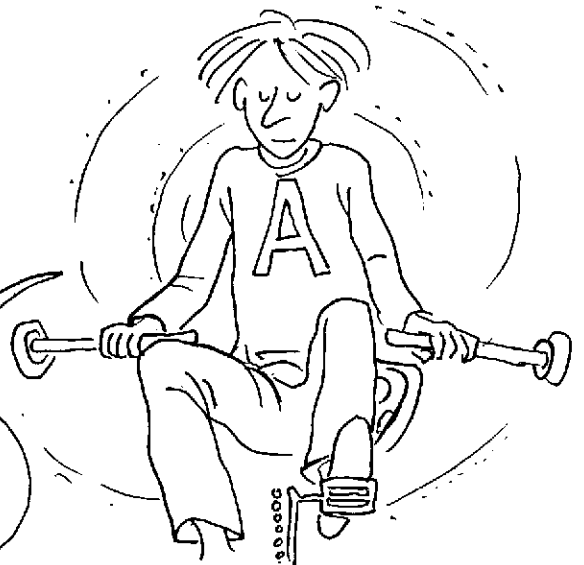
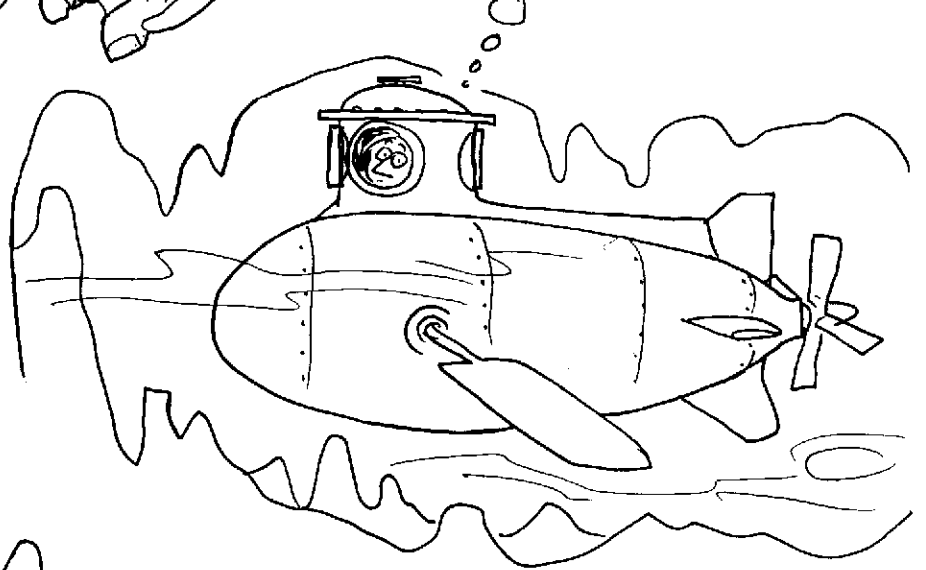
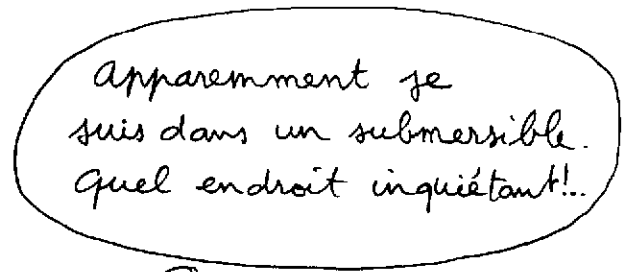
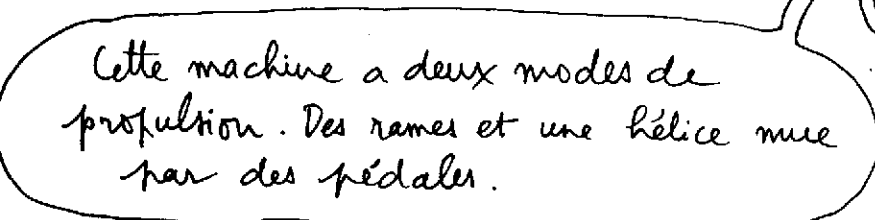
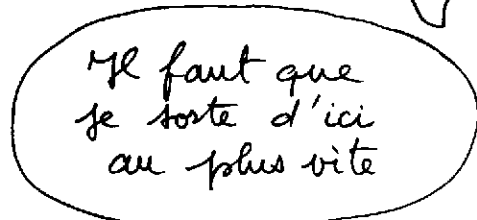


Nota bene:

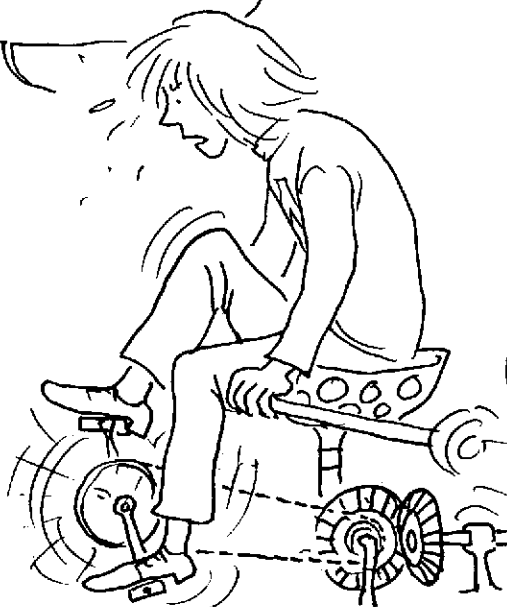
Il faut souffler FORT!
La Direction



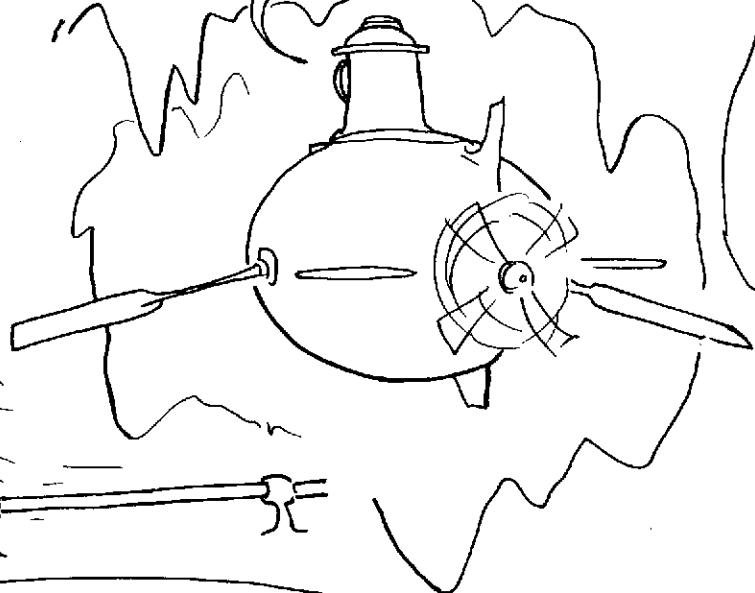
LE SONGE DE LANTURLU :



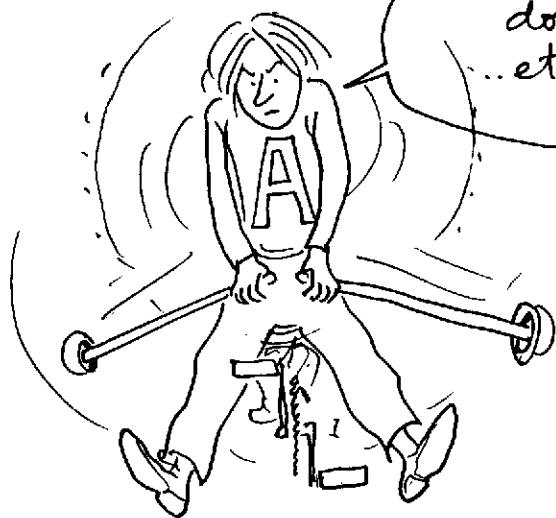
Diable, je pédale
depuis une heure...



... et je n'avance pas
d'un pouce !

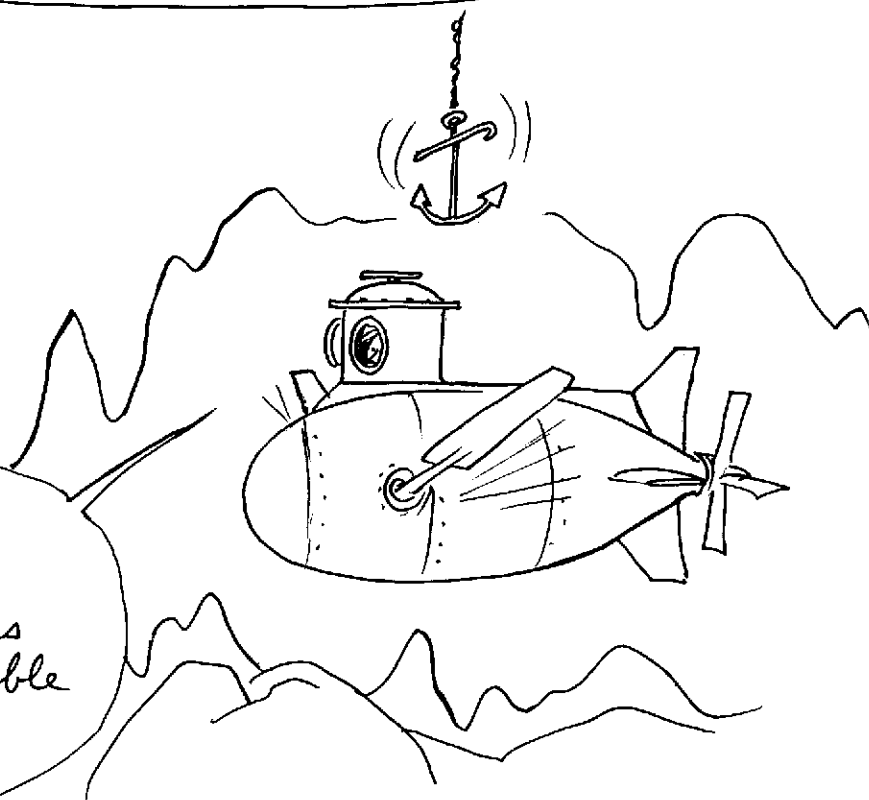


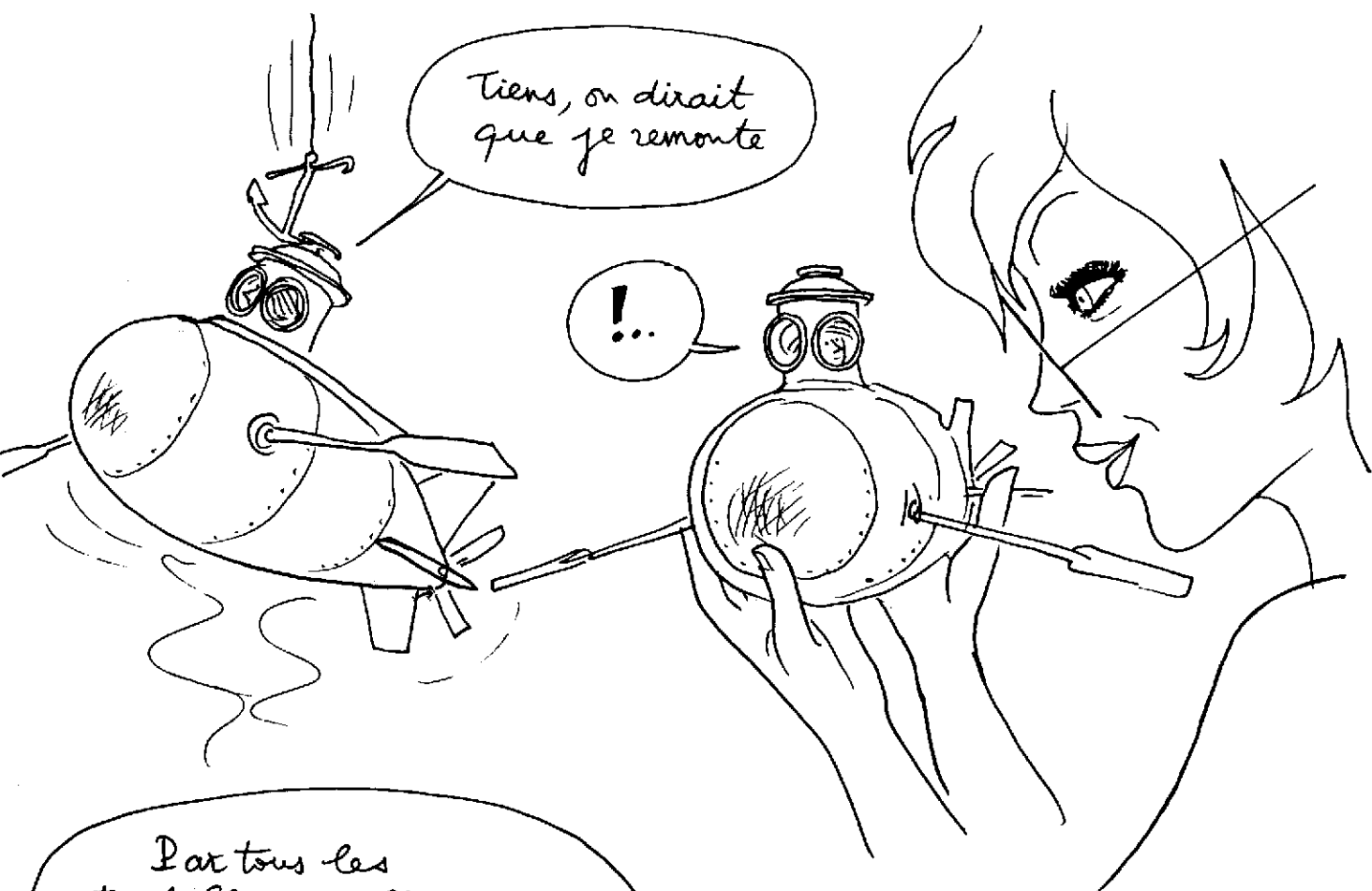
Essayons les rames.... Ça ne
donne rien non plus....
... et je ne sens aucune résistance !!



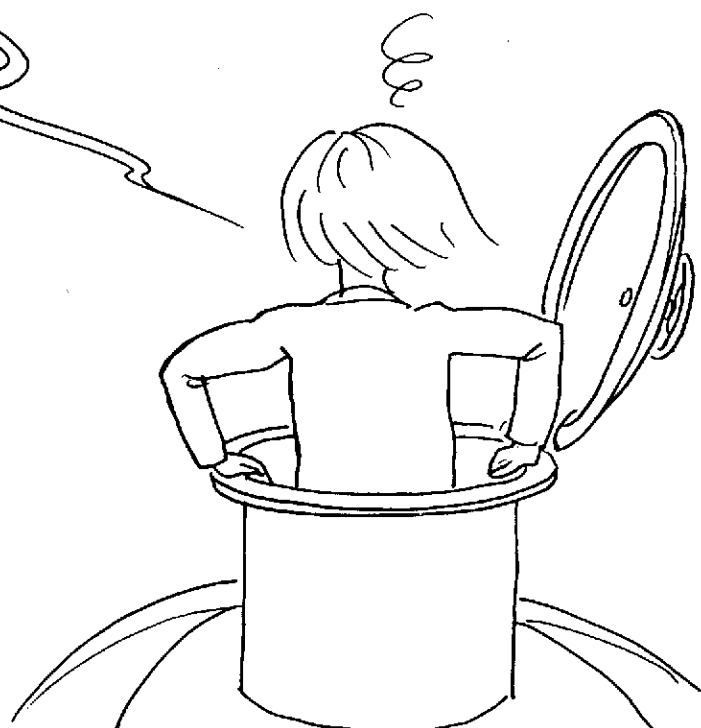
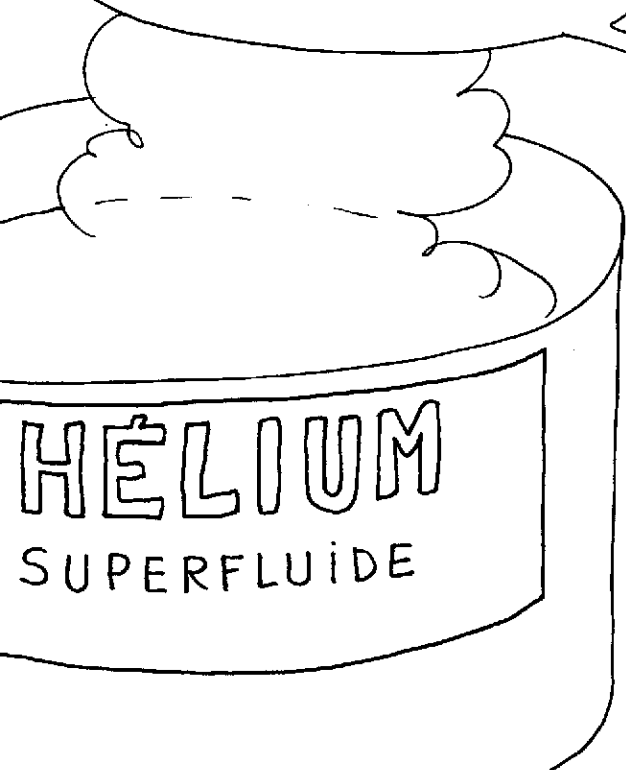
Je dois être dans le
vide ?

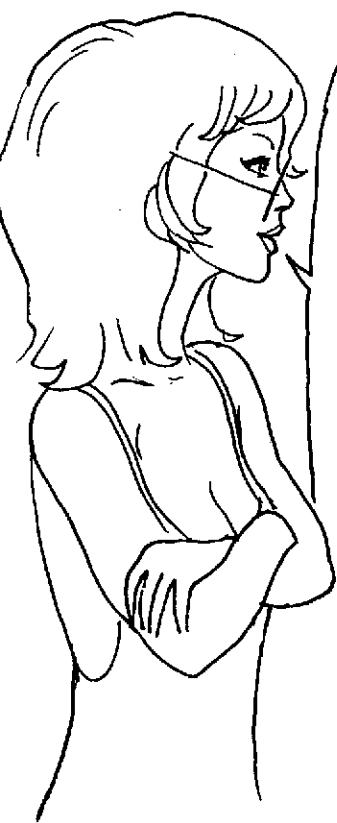
Et non, si j'étais dans
le vide, mon sous-marin
ne flotterait pas !





Par tous les
tourbillons de l'enfer,
Sophie, explique-moi
ce que tout cela signifie !

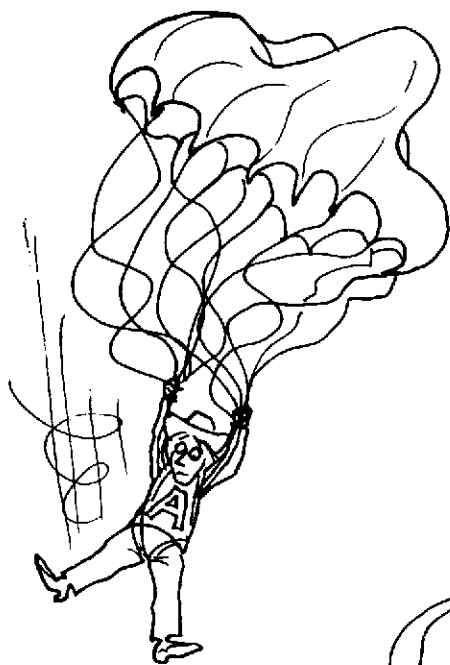




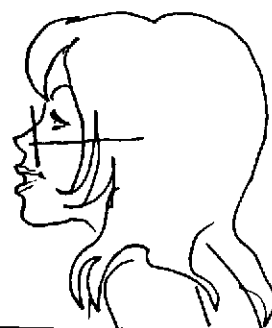
Tu étais simplement dans de l'hélium SUPERFLUIDE. Rappelle-toi l'histoire de la caisse de sable. Le frottement des grains les uns sur les autres était tellement important que le sable s'écoulait avec difficulté. Ici c'est l'inverse. En dessous d'une certaine température, très basse, la fluidité de l'hélium devient infinie et les frottements nuls.



mais, quel rapport entre les frottements, et le fait de ramer, de voler, ou de se propulser à l'aide d'une hélice ?



Tu avais raison, en un sens, avec ton parapluie. Pour prendre appui sur l'air, il faut avoir prise sur lui.



Si l'air était SUPERFLUIDE, ton parachute ne te servirait à rien. Pire, il ne se gonflerait même pas et tu tomberais en chute libre !

Le premier animal qui entreprit d'escalader les cieux comprit vite qu'il lui faudrait s'accrocher, d'une manière ou d'une autre, à ce milieu.

Ainsi le vol d'un plus lourd que l'air est semblable à une course permanente où l'on tente de prendre appui sur un milieu inconsistant qui se dérobe sans cesse.

Encore faut-il pouvoir prendre appui sur ce milieu.

Si celui-ci est SUPERFLUIDE les molécules glissent les unes sur les autres et sur les objets sans aucun FROTTEMENT.

Les oiseaux sont alors contraints d'aller à pied, les éoliennes ne tournent pas et les transports aériens ne peuvent être assurés que par des ballons propulsés par réaction.

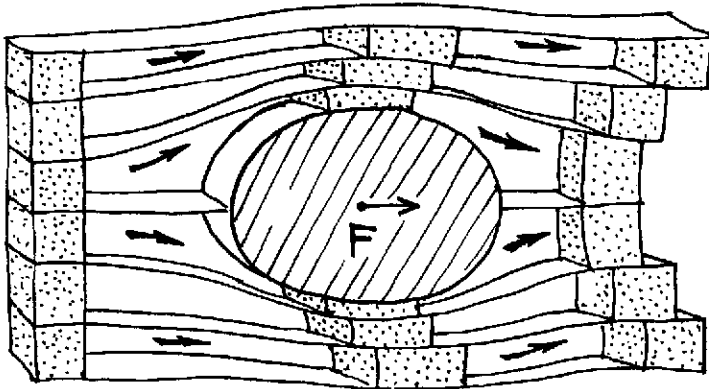
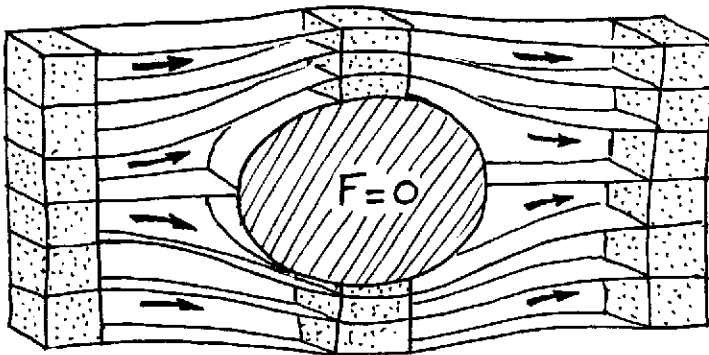
Le vol est donc lié au frottement gazeux.



FLUIDES AVEC FROTTEMENTS



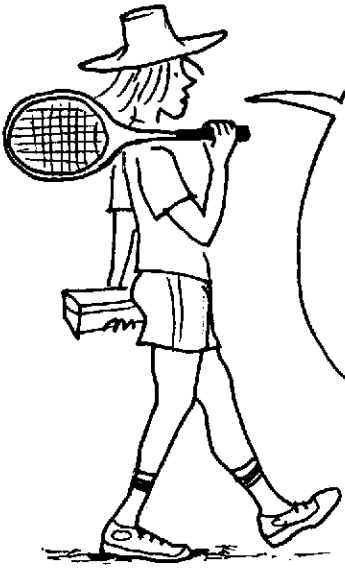
Comme ces assiettes, les couches superposées de gaz ne glissent les unes par rapport aux autres qu'avec un certain frottement.



Figurons un objet immobile sur lequel arrivent des molécules que nous allons représenter comme situées dans des boîtes cubiques.

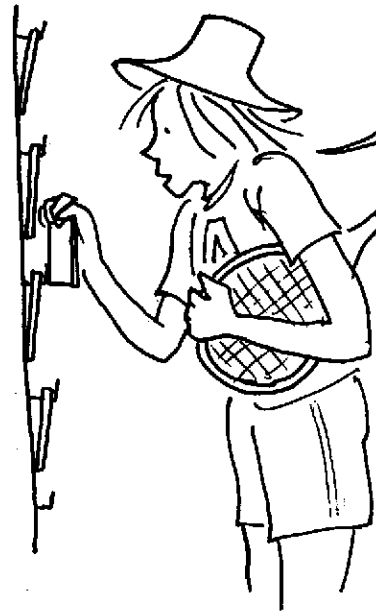
- En l'absence de tout frottement, après avoir contourné l'objet, les molécules se retrouvent empilées les unes sur les autres, comme en amont.

- En revanche le frottement va ralentir les molécules situées près de l'objet. En aval, les "boîtes" seront décalées. L'objet freine le gaz, réciproquement le gaz exerce une force F sur l'objet : LA TRAÎNÉE DE FROTTEMENT.



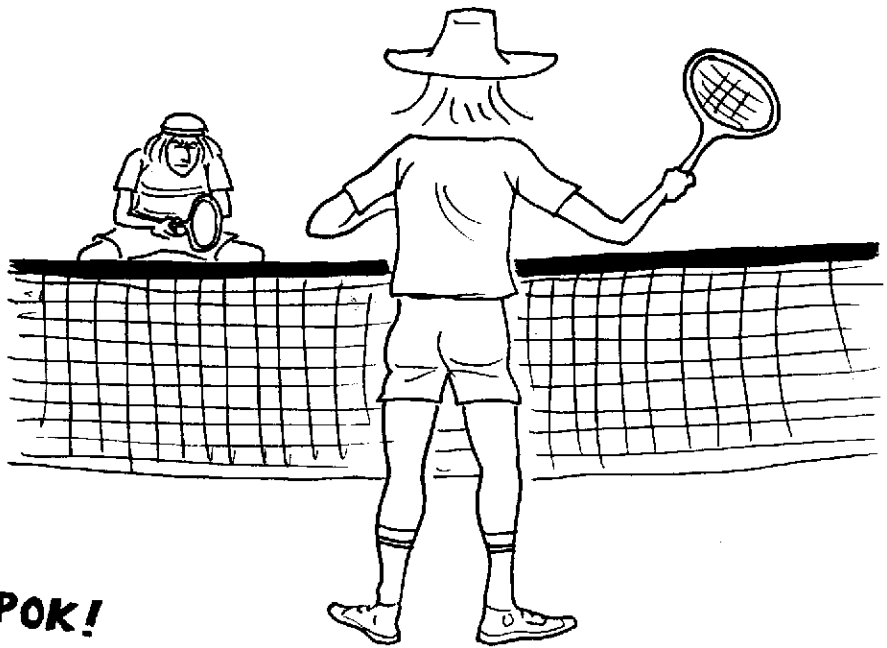
Ouais, tout cela est bien compliqué.
Je vais aller me détendre un peu en
jouant au tennis. Ça, au moins, c'est de
la mécanique toute bête, de la balistique.
On tape sur une balle, boum. Et si
on calcule bien, elle tombe dans
le court.

LA BALLE LIFTÉE



Je vais m'inscrire.
Voyons, voilà une place libre.
Björn Borg... connais pas.

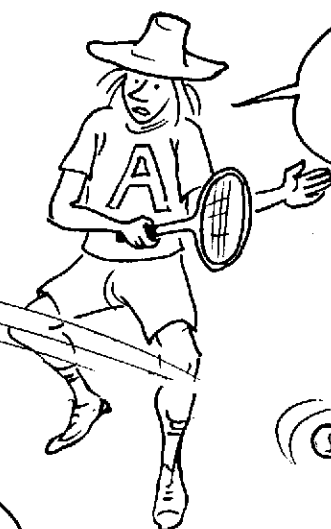
ready?



CHPOK!



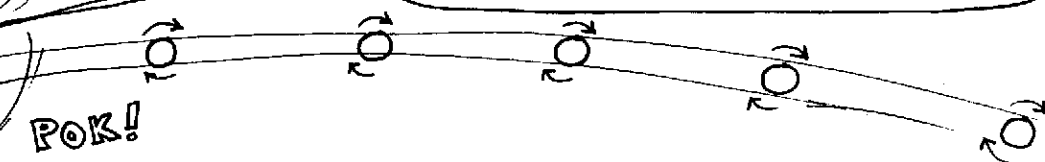
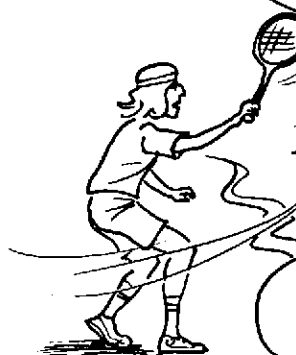
Bon sang, je n'en touche pas une. Ce type a une façon bizarre de relever sa raquette quand il frappe. Cela devrait pourtant faire monter les balles.



En fait ça les fait descendre!

Comment faites-vous cela?

c'est simple: je fais tourner la balle dans ce sens.



Elle tend à descendre. Cela me permet de taper plus fort, en la mettant dans le court.



PPFFFF...

oui... bien sûr

6-0, 6-0
enfin...

clair comme du
jus de pipe



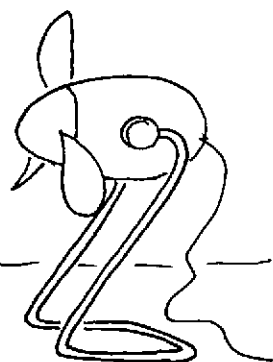
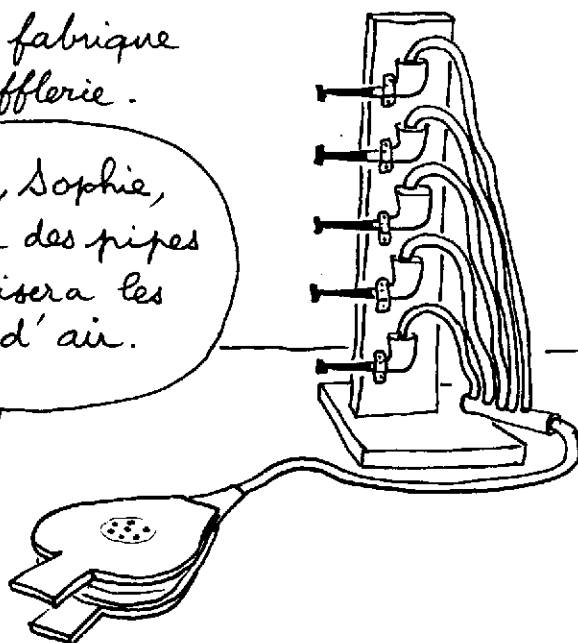


voyons, Borg envoie la balle de gauche à droite sur la figure de la page précédente. Je vais faire arriver l'air sur la balle de droite à gauche, ce qui revient au même.

Anselme fabrique une soufflerie.



tu vois, Sophie, la fumée des pipes matérialisera les filets d'air.



Il reste à assurer la rotation de la balle. Ceci devrait convenir

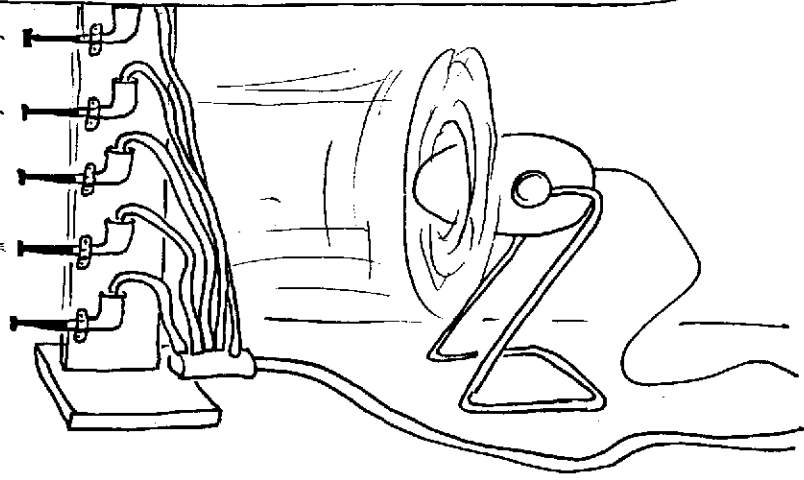


Voilà, ça marche très bien !

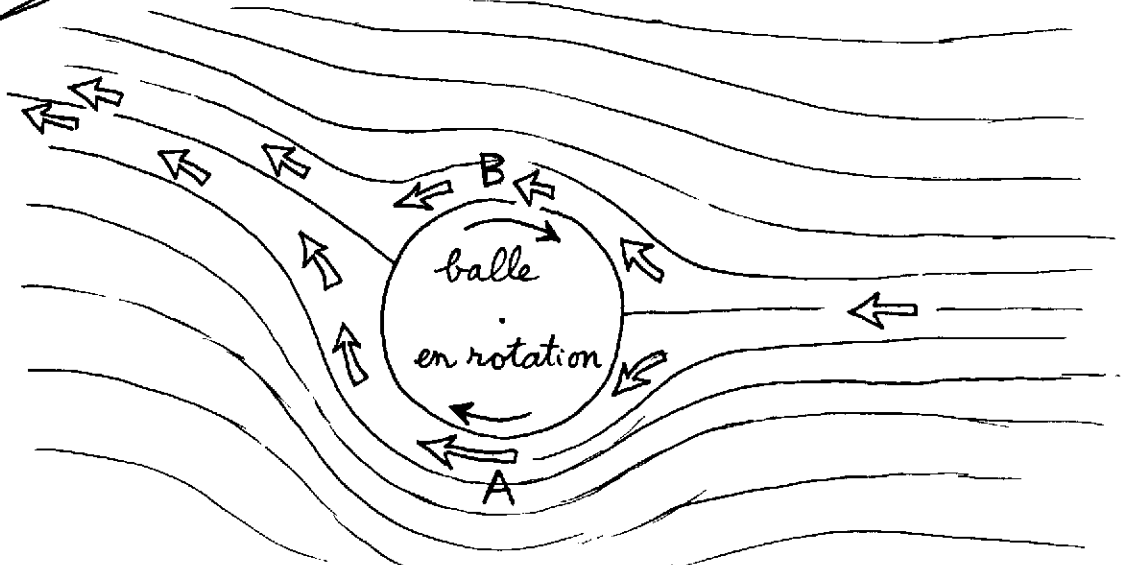




Tiens, la rotation de la balle projette la fumée vers le haut et, en même temps, je sens une force qui tire la balle vers le bas.

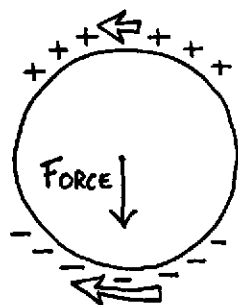


l'explication: grâce au frottement, la rotation de la balle entraîne l'air. Ceci crée une SURVITESSE en A et une SOUS VITESSE en B



Il ne reste plus qu'à appliquer la loi de Bernoulli.

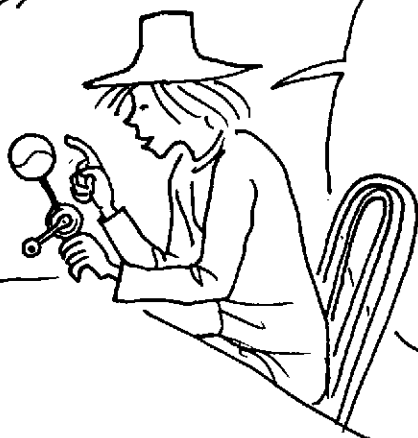
SOUS VITESSE - SURPRESSION



Vitesse
de l'air



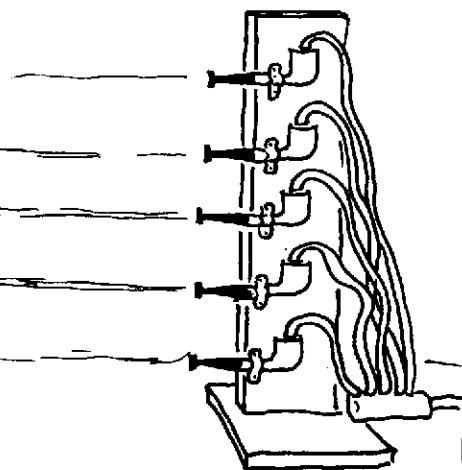
SURVITESSE - DÉPRESSION



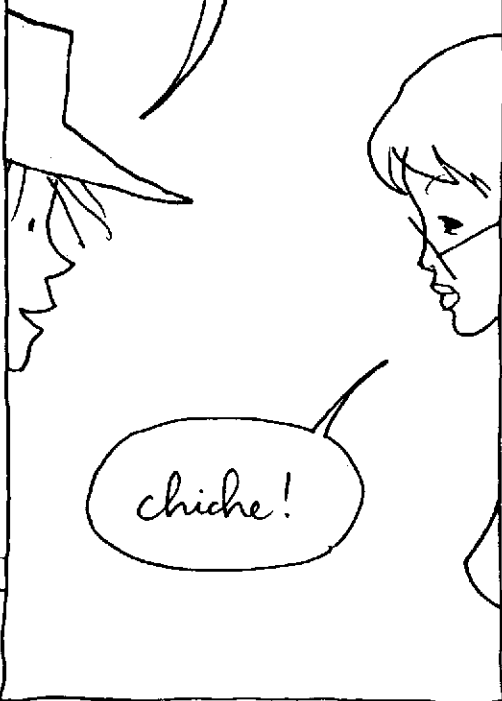
Pression et vitesse varient inversement.
Donc, sur le dessous = DÉPRESSION
Sur le dessus = SURPRESSION, d'où le
sens de la force aérodynamique.

Tout ceci n'est possible
qu'à cause du frottement
de l'air sur la balle.
Dans une atmosphère
SUPERFLUIDE, exempte de
frottement, vous ne
pourriez plus faire
vos balles liftées.

Viens, en inversant le sens de
rotation, la fumée est soufflée vers
le bas et la force s'inverse. Cela
me donne une PORTANCE.

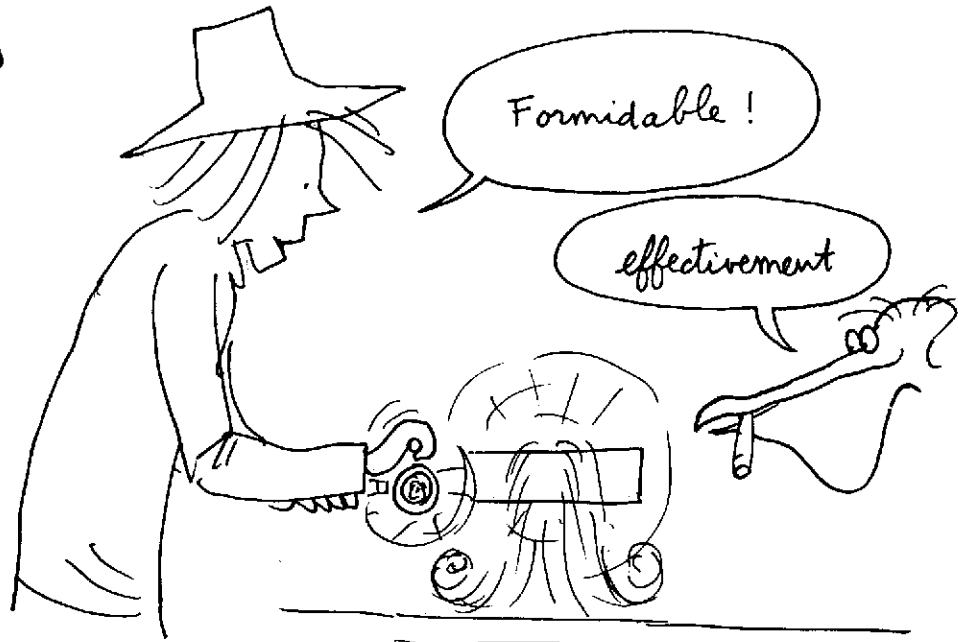


Ce qui marche avec
une sphère marcherait
peut-être avec un
cylindre en rotation?

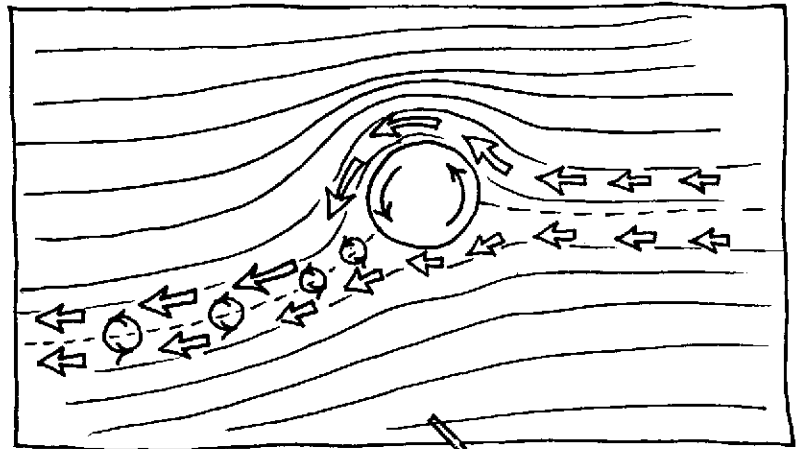


chiche!

LE ROTOR DE FLETTNER



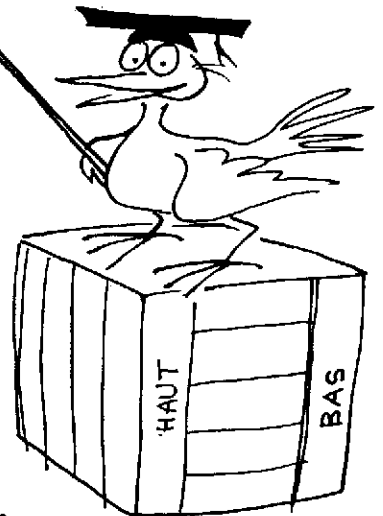
Chers collègues et amis,
Examinons ensemble ce
qui se passe dans le SILLAGE.
La rotation du cylindre
produit des vitesses différentes
entre l'écoulement supérieur
et l'écoulement inférieur.



En aval de ce cylindre, lorsque les deux couches
d'air se rejoignent, elles frottent l'une contre l'autre.
Ceci a pour effet :

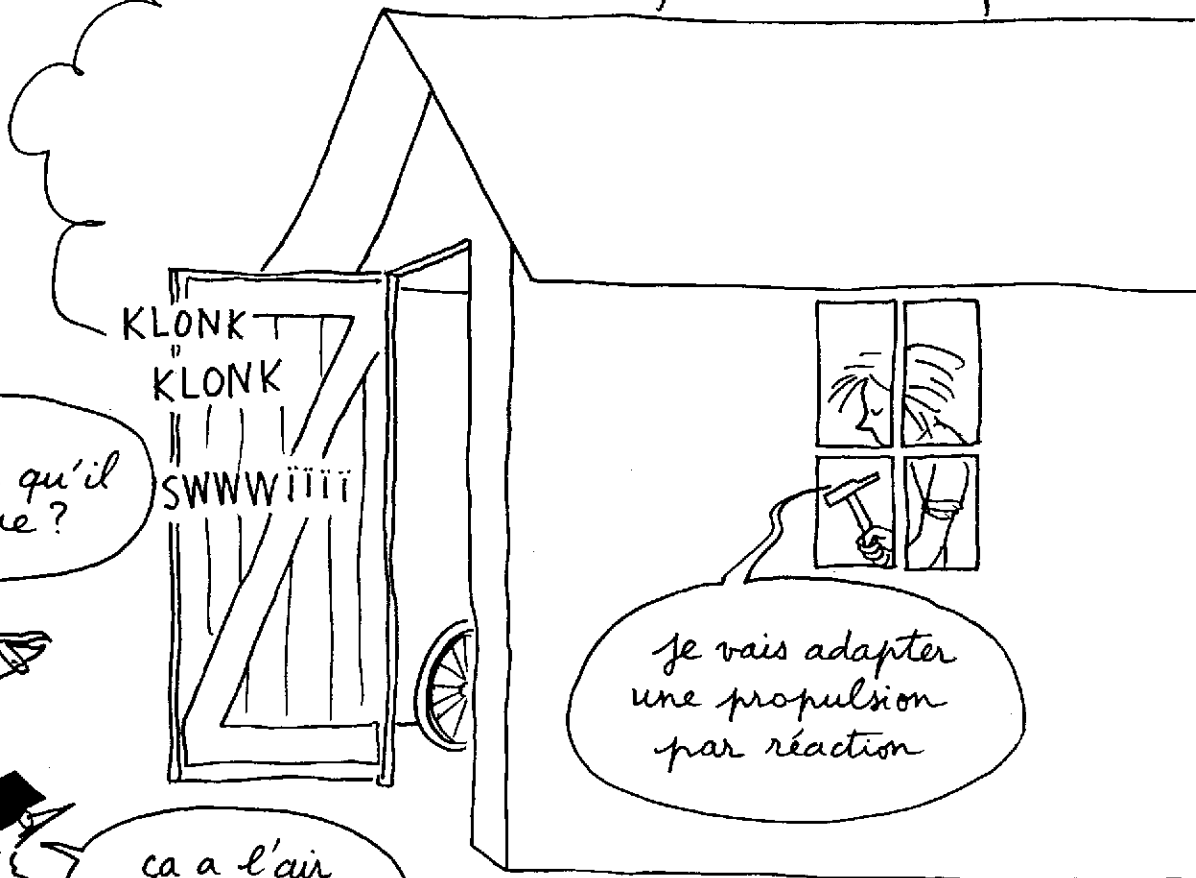
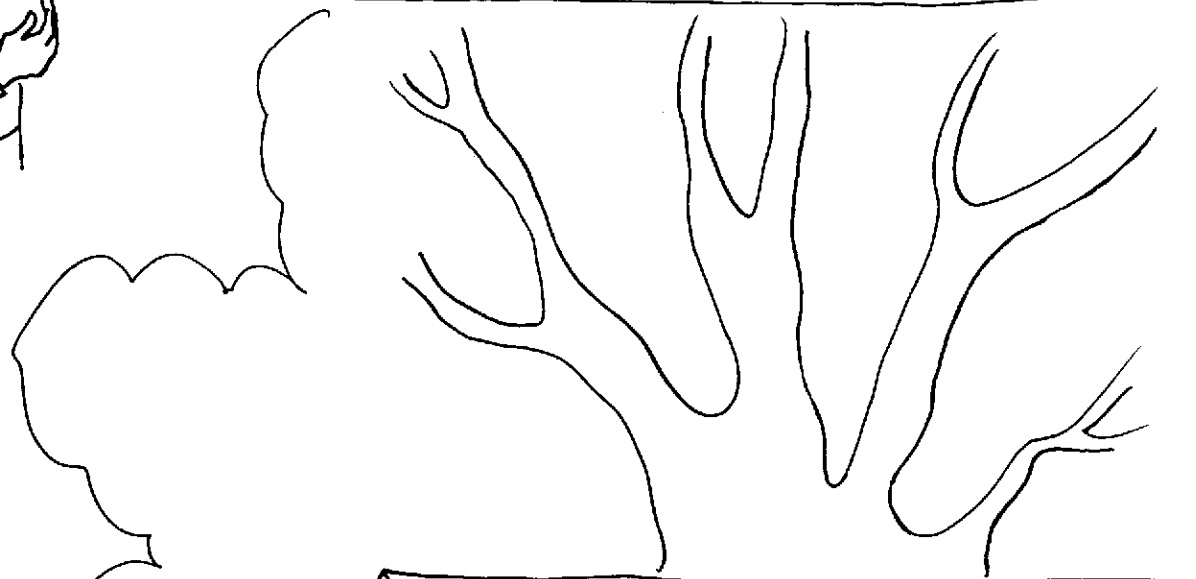
- a) de créer des microtourbillons.
- b) de supprimer progressivement la différence
entre les vitesses.

Il existe une différence de pression entre la
partie supérieure de la nappe et sa partie inférieure,
liée à l'écart entre les vitesses (Bernoulli). C'est ce
qui explique la courbure des filets d'air en aval.





En déplaçant dans l'air un cylindre en rotation, j'obtiens une PORTANCE. Ceci me donne une idée : je devrais pouvoir fabriquer une machine volante.



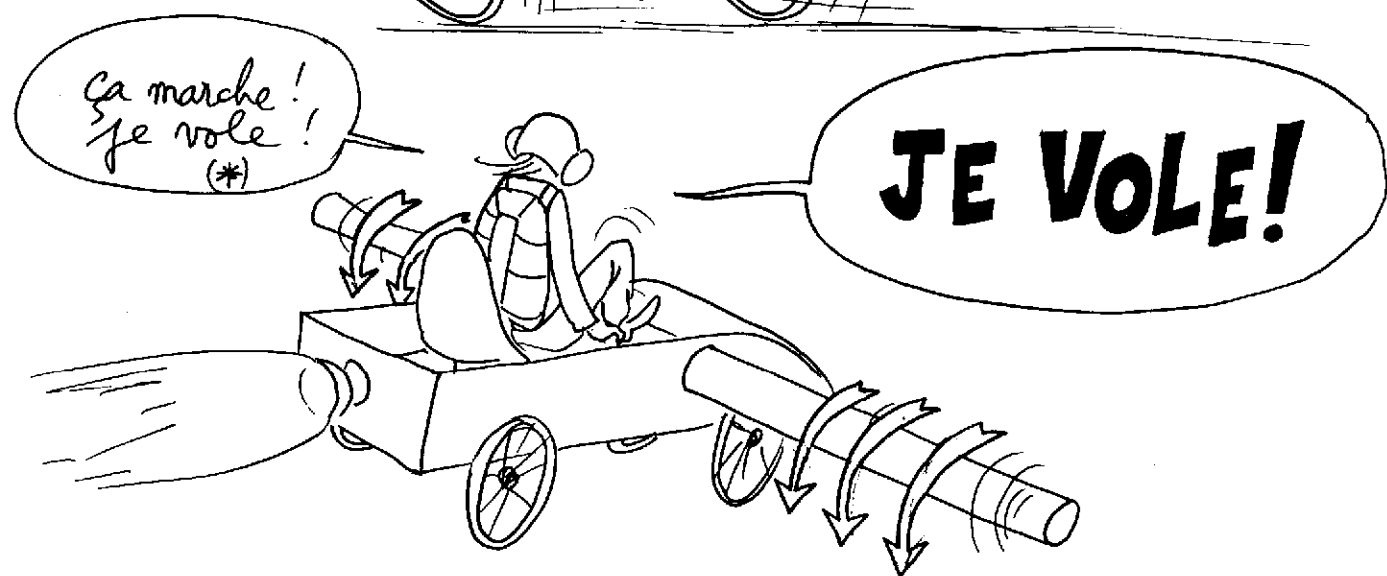
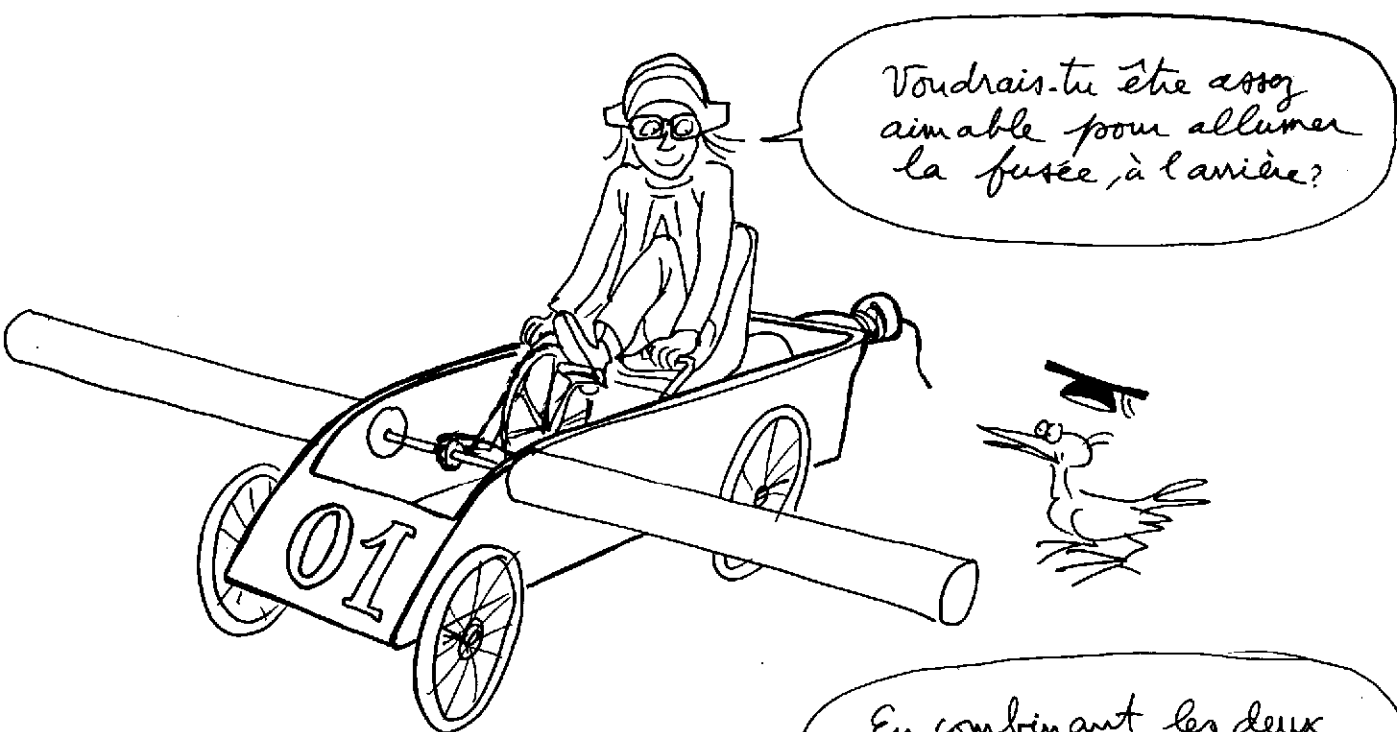
qu'est-ce qu'il fabrique ?



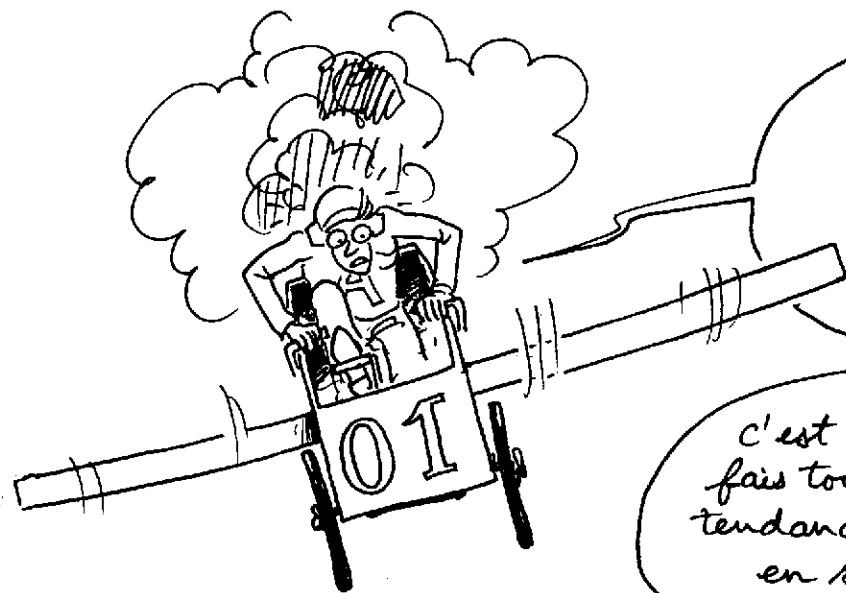
ça a l'air compliqué !



je vais adapter une propulsion par réaction



(*) En mettant la puissance ad hoc, ça pourrait très bien marcher!

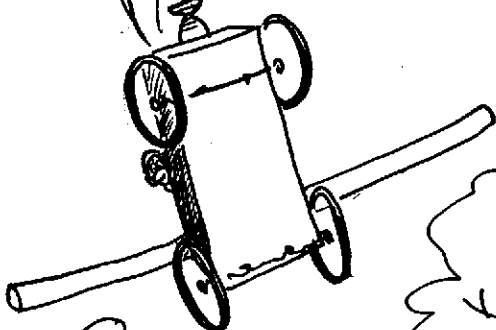


mais !... qu'est-ce
qui se passe ? ! ?
ma machine s'engage
en piqué ! ? !

c'est normal. comme tu
fais tourner l'air, cela a
tendance à te faire tourner
en sens inverse.

c'est le principe
de l'ACTION-RÉACTION

le principe
de QUOI ! ? !



André, si tu m'avais demandé ! Il y
a beaucoup plus simple, mais tu veux toujours
tout faire tout seul ! Viens, le café est prêt





Ah, ces
savanteriers!

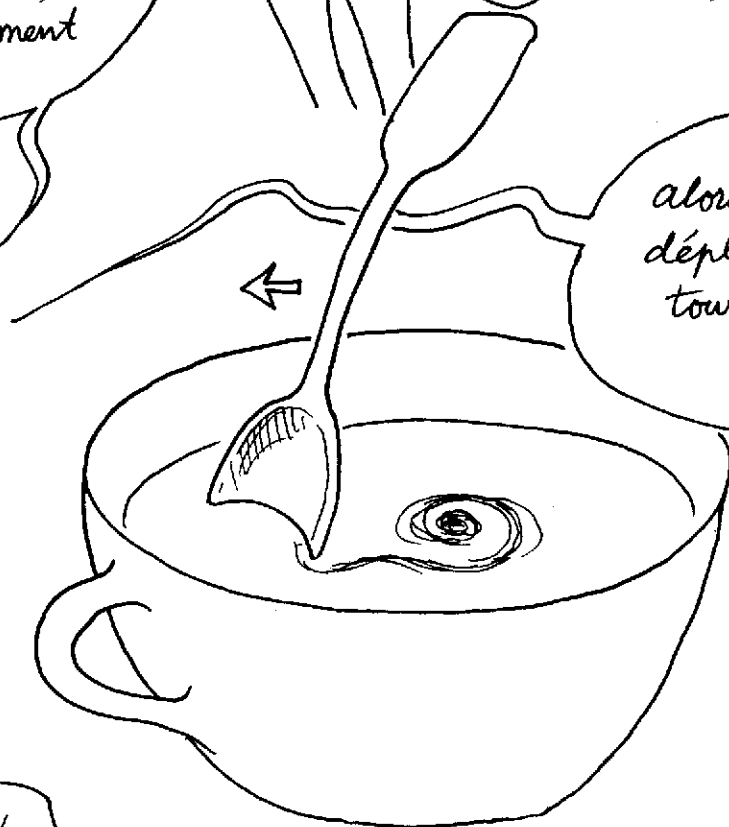
C'est drôle, ce
qui se passe dans
une tasse de café



Tu vois, quand
je déplace la cuillère
tout doucement, je
sens seulement une
faible résistance,
due au frottement



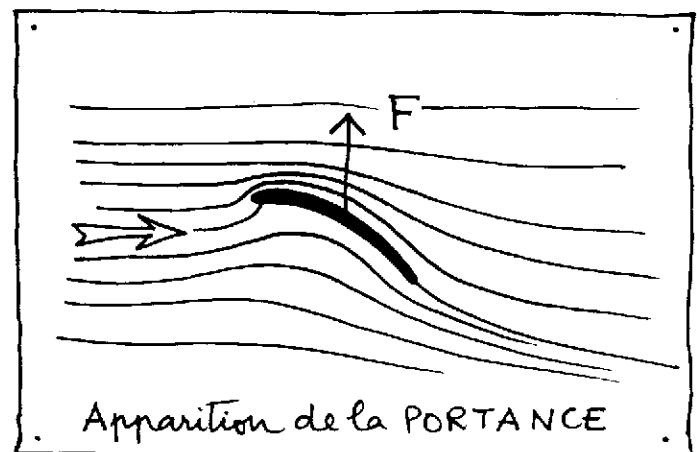
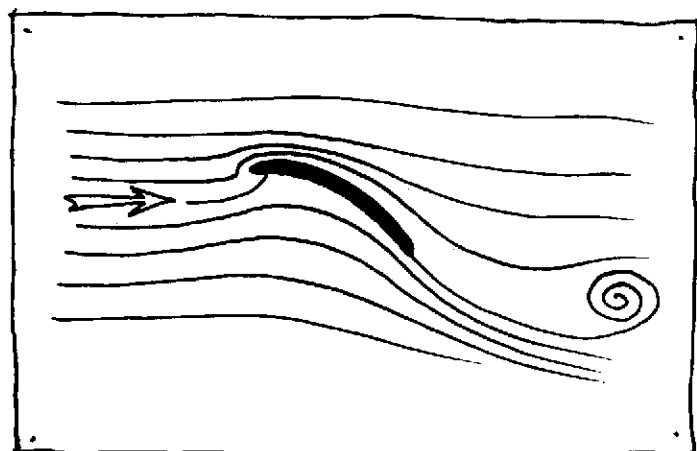
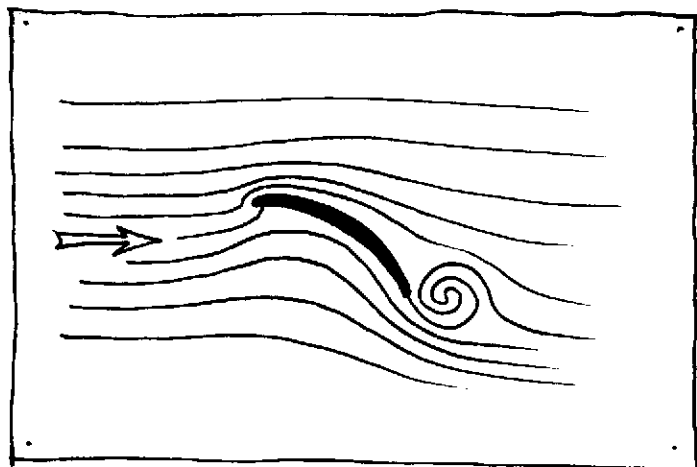
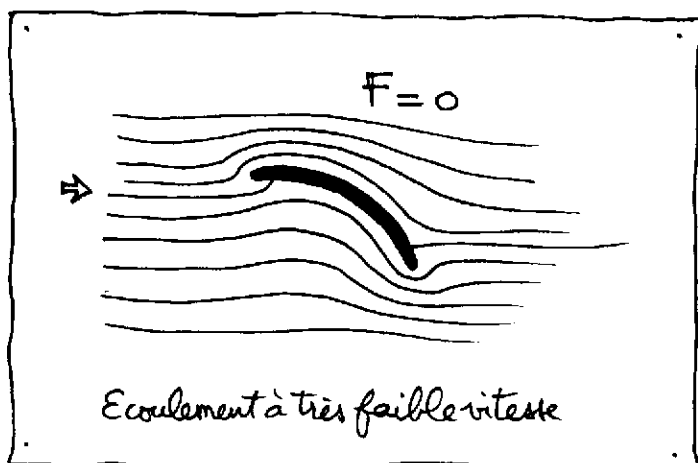
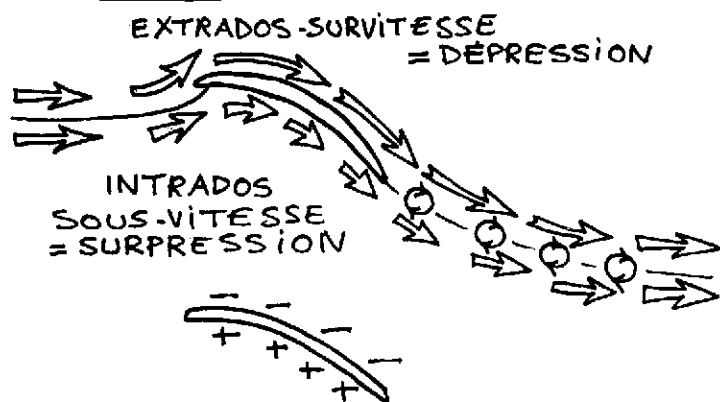
alors que si je la
déplace vite, un
tourbillon se
détache

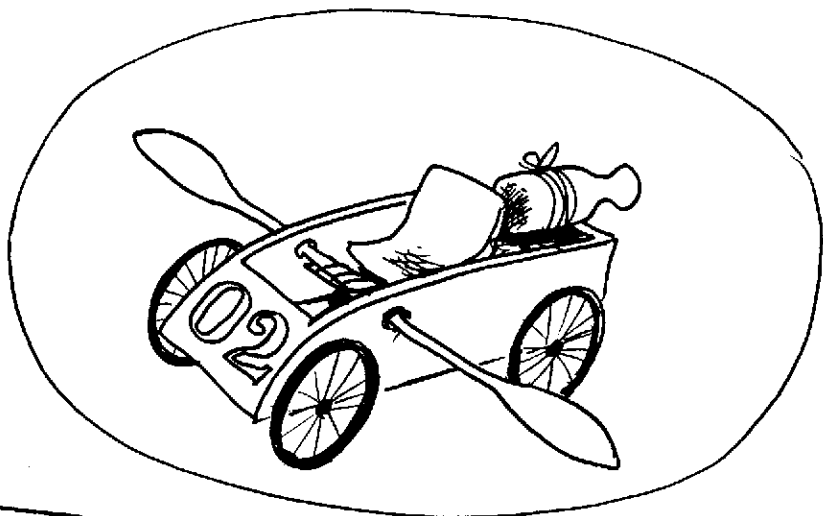




Sur les dessins ci-contre tu vois comment l'écoulement autour de la cuillère se modifie lorsqu'on quitte les très faibles vitesses.

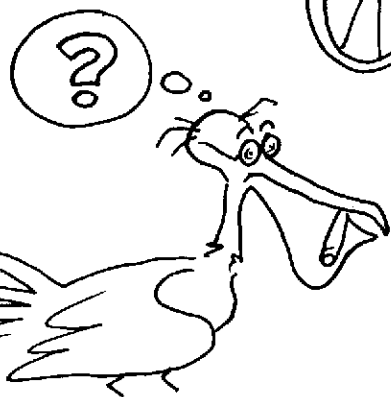
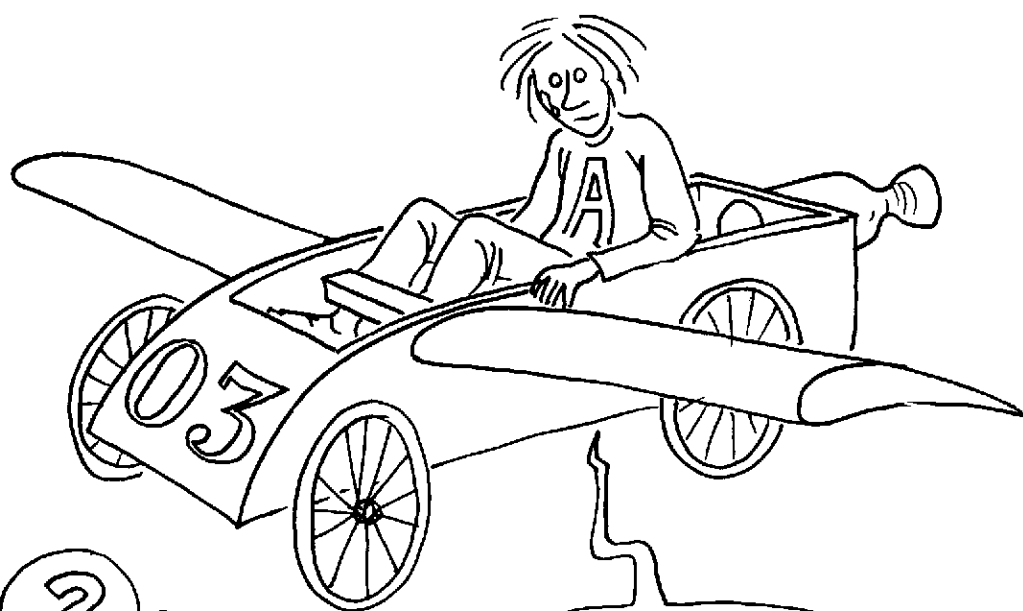
Un tourbillon se détache et un système de sur-vitesse sur l'EXTRADOS (dessus) et de sous-vitesse sur l'INTRADOS (dessous) s'établit.





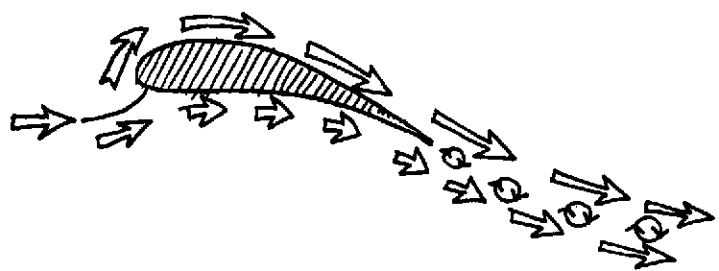
Formidable, je vais pouvoir
voler avec des cuillères !

L'AILE est une
cuillère améliorée

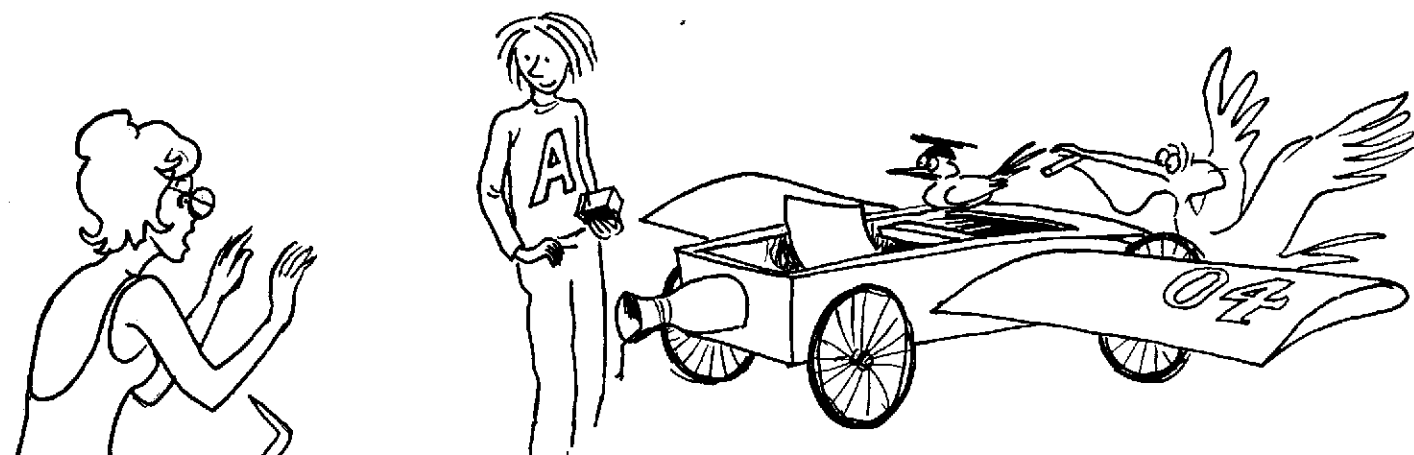


D'accord, mais où
est la rotation ?





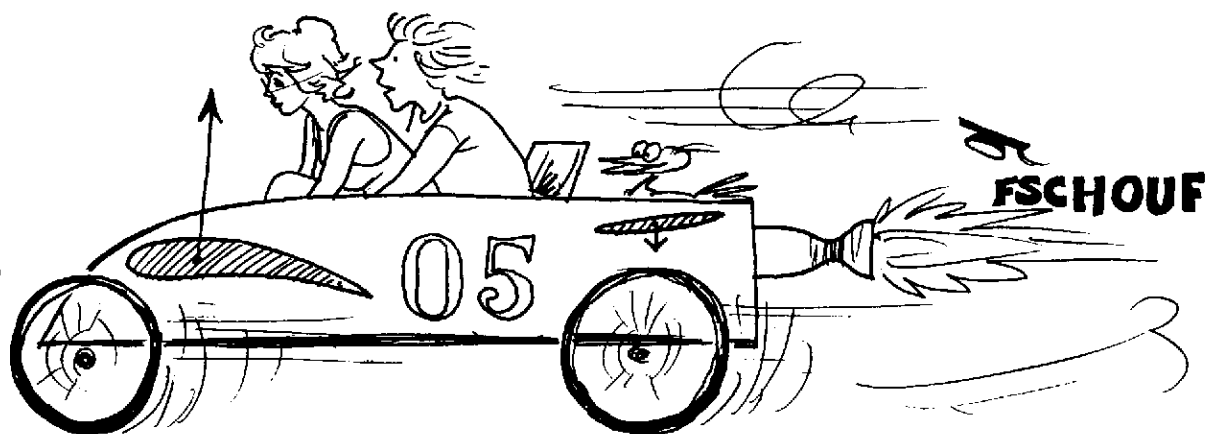
On retrouve en aval de l'AILE le même système de microtourbillons que derrière le cylindre tournant. Ainsi on peut considérer l'aile comme un ROTOR FIXE.



attention ! tu vas encore te casser la figure. Comme tout à l'heure cette machine, en mettant l'air en rotation, va se mettre à piquer !

Il faut mettre un empennage

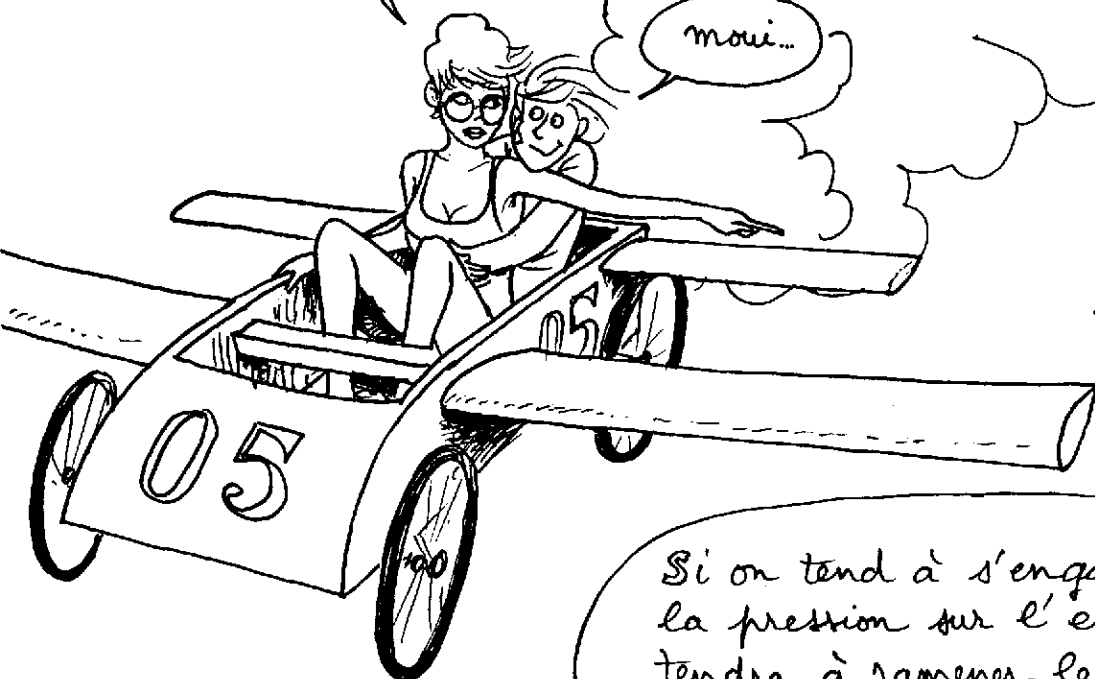




L'EMPENNAGE est une petite aile inclinée dans l'autre sens qui produit donc une portance négative et "rabat" la queue de l'AVION. Ceci l'empêche de s'engager en piqué.

Regarde, Anselme, ce système est autostable

mou...



Si on tend à s'engager en piqué la pression sur l'empennage tendra à ramener le tout en ligne de vol.

même chose quand
on s'engage en calbré



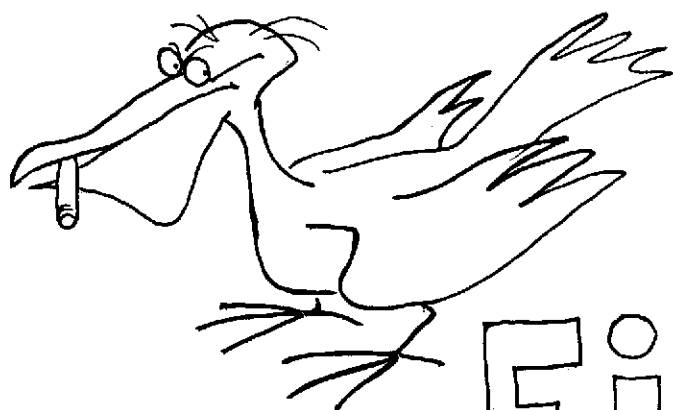
Anselme, tu
n'écoutes pas ce
que je te dis!

mais si, mais si ...

c'est merveilleux de
se sentir autostable



Et c'est ainsi qu'Anselme
apprit à voler.
Finalement c'était
bête comme chou.
Et son intérêt pour la science
ne fit que croître avec l'altitude...



FIN

