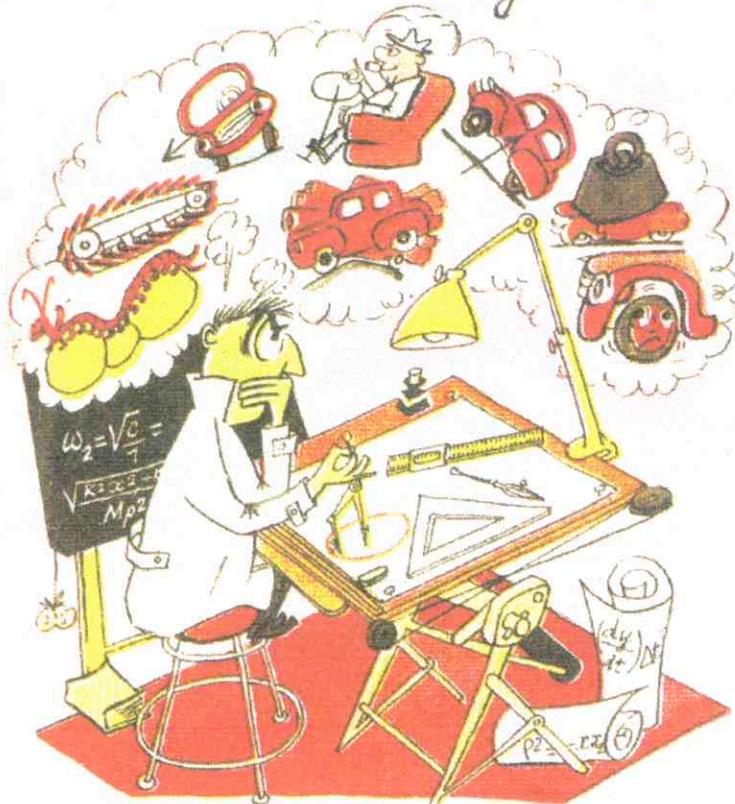




# si la suspension nous était contée

## les casse-tête de l'ingénieur

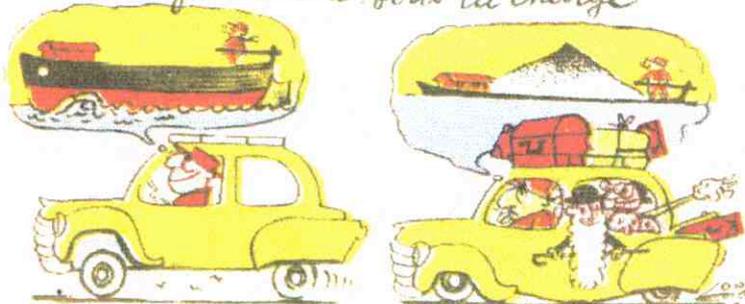


UNE voiture moderne doit pouvoir rouler vite sur n'importe quelle route. En outre, on doit y être aussi confortablement installé que chez soi dans un bon fauteuil.

Pour atteindre ce double but, il faut tour à tour vaincre les inégalités de la route, résister au vent, dompter la force centrifuge, maîtriser les mouvements aussi désagréables que divers, tels que le roulis, le tangage, le galop, etc.

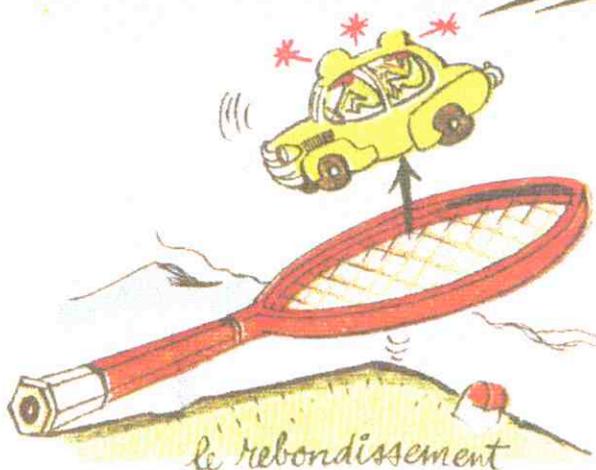
Autant de CASSE-TÊTE — souvent inconciliables — pour l'ingénieur de l'automobile.

## l'enfoncement sous la charge



QUAND on roule seul dans une voiture, elle est chargée de 60 à 70 kilos en général. Mais si cinq personnes y prennent place, la charge passe à 350 kilos environ. Les ressorts seront donc un peu affaissés sous la charge. Suivant qu'elle roule à vide ou à pleine charge, la voiture sera plus ou moins haute au-dessus du sol.

La bonne tenue de route exige que la voiture soit toujours à la MÊME HAUTEUR AU-DESSUS DU SOL.



LA caractéristique essentielle d'un ressort est son élasticité : à peine libéré de la contrainte qu'on lui impose, il tend à reprendre sa forme primitive.

Lorsqu'on roule dans un trou, le ressort de suspension s'affaisse ; sur un dos d'âne, il se comprime.

Une fois le dos d'âne franchi, le ressort se détend brusquement. Il va ainsi projeter les passagers au plafond de la voiture, comme des balles de tennis. Dans le jargon automobile, c'est ce qu'on appelle le COUP DE RAQUETTE.

## le galop

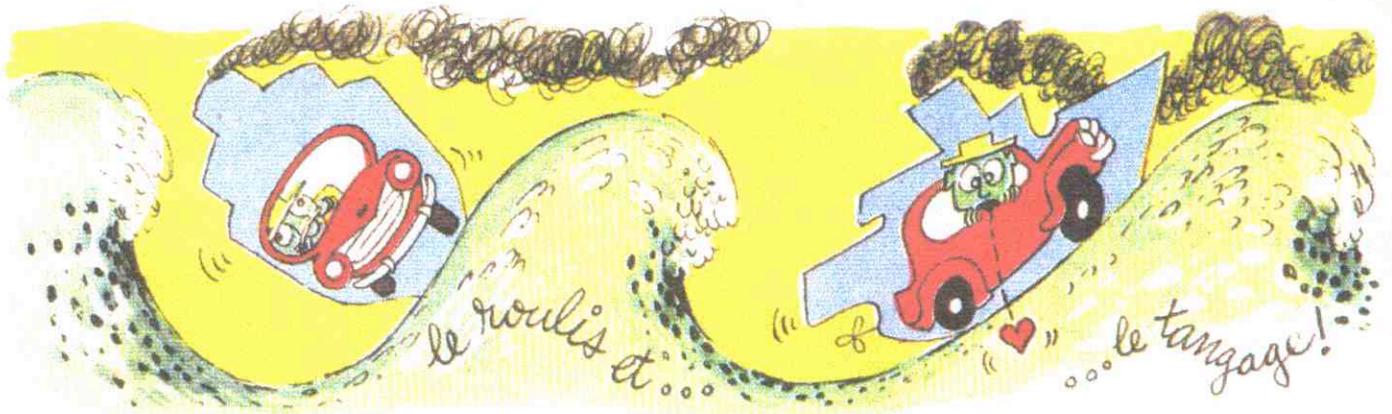


AVANT de revenir à sa position de repos, la lame du ressort va osciller et faire balancer la carrosserie.

Après le premier coup de raquette, le balancement va se poursuivre. Sans doute son amplitude ira-t-elle en diminuant, mais les passagers n'en souffriront pas moins. Ce mouvement s'appelle le GALOP (on dit encore le « pompage »). Il faut le freiner au plus tôt, sous peine d'arriver vanné à la moindre étape.



LE profil des routes elles-mêmes n'est pas toujours horizontal. Une voiture est appelée tantôt à grimper des cotes, tantôt à dévaler des pentes. Son centre de gravité se déplace. En montée, c'est comme si l'arrière était plus chargé ; en descente, le poids se reporte vers l'avant. Une suspension correcte doit maintenir la voiture PARALLELE AU SOL.



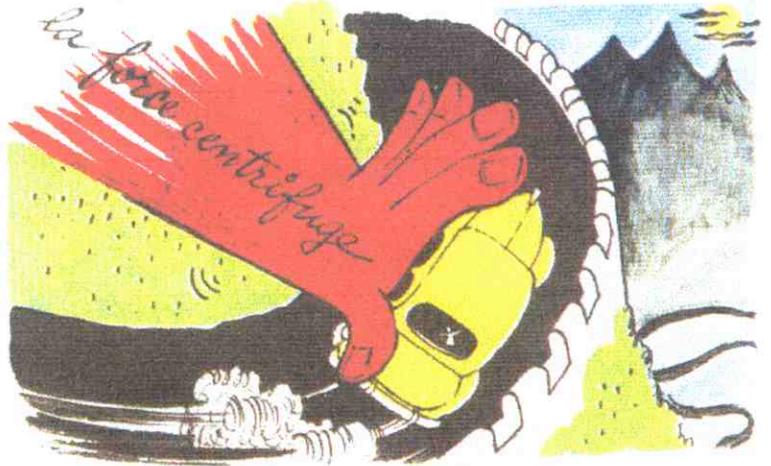
QUAND un navire fait route parallèlement à la crête des vagues, il se couche tantôt sur le flanc droit, tantôt sur le flanc gauche. Il « roule ». Les passagers ont le mal de mer. **LE ROULIS** se produit avec une voiture dont les ressorts sont trop souples sur une route où les nids de poule s'échelonnent à droite et à gauche (ou encore dans les virages alternés).

SI le navire vogue face à la houle, il va tour à tour grimper sur la crête des vagues et plonger dans les creux; c'est **LE TANGAGE**.

On retrouve le même mouvement dans une voiture mal suspendue qui roule sur une chaussée légèrement ondulée. Elle tangue. Ce mouvement de bascule est fort désagréable.



ON doit pouvoir rouler en voiture par tous les temps. Quand le vent souffle en tempête sur le flanc de la voiture, il la fait pencher d'un côté. Ce n'est pas bon pour la tenue de route; il faut que la voiture puisse résister au **VENT LATÉRAL**.



DANS un virage que l'on franchit à vive allure, la carrosserie s'incline à l'extérieur du virage sous la poussée de cette force de la nature qu'on appelle la **FORCE CENTRIFUGE**. C'est elle qui plaque le caillou dans la fronde tant qu'on la fait tourner.

La Traction-Avant Citroën dompte la force centrifuge.

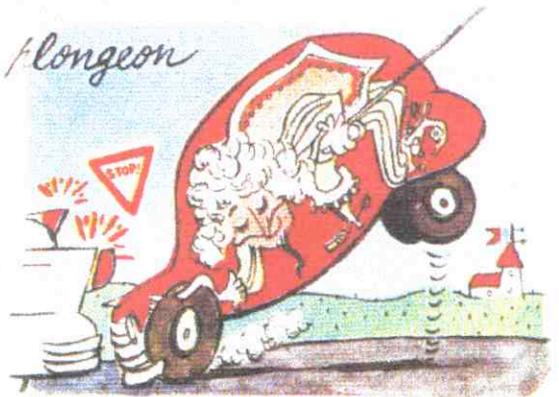


SI, pour être agréable, la suspension est trop élastique et qu'on démarre vigoureusement avec toute la puissance du moteur, la voiture va bondir, elle va se cabrer comme un cheval aiguillonné par l'éperon. Elle restera cabrée tant que l'on continuera à accélérer; il faut refreiner ce **CABRAGE** comme on maîtrise un pur-sang.

### le plongeon

EN revanche, si l'on donne un coup de frein brutal, la voiture, accrochée à la route, va plonger, piquer du nez. On dirait qu'elle salue d'un profond coup de chapeau.

Ce salut n'est pas salutaire pour les passagers.



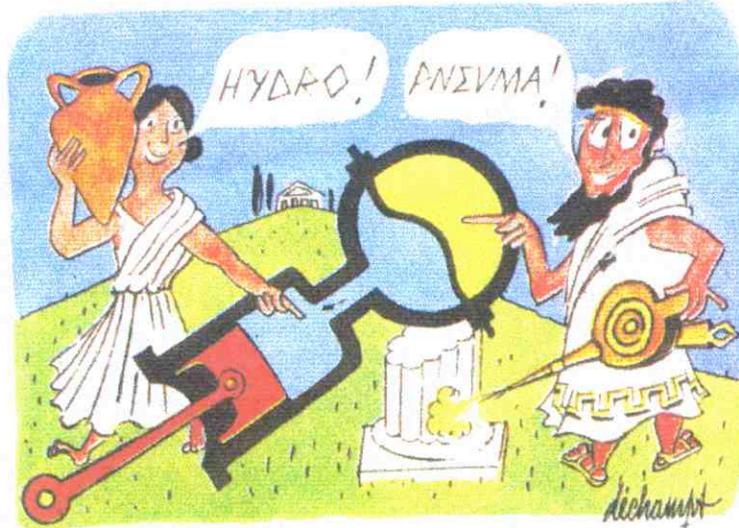
TOUTES les routes ne sont pas plates, il y en a de bombées. En outre, on ne peut pas rouler au milieu de la route, il faut tenir sa droite. La voiture va pencher vers le bas-côté droit. Si, pour doubler une voiture, on roule momentanément à gauche, la voiture va pencher à gauche. Quand on conduit vite, ces airs penchés ne disent rien qui vaille.



**A** H ! Si on pouvait inventer un système dans lequel la carrosserie resterait toujours horizontale et parallèle au sol, avec beaucoup ou peu de passagers, par calme plat ou par tempête, en ligne droite ou en virage, ce serait l'idéal, ce serait **LA SUSPENSION PARFAITE**.  
On arrivera probablement un jour à cette perfection puisque, tous les jours, à force de recherches, on s'en rapproche. La suspension hydropneumatique a marqué une étape sérieuse dans cette voie.



**O** BSERVEZ un mulet en montagne. Il a quatre pattes indépendantes, il est bien suspendu sur des muscles-ressorts obéissants et indépendants. Il peut fléchir les deux pattes de droite s'il marche à flanc de coteau, pour maintenir son chargement horizontal.  
Il est aussi indispensable pour une voiture de s'adapter aux inégalités du sol.  
Ce n'est pas avec un chariot à deux essieux rigides qu'on y arrivera. Il faut que les 4 roues puissent se débattre séparément au gré des cahots de la route. Une bonne suspension exige **4 ROUES INDEPENDANTES**.



**P** ARMI les nombreux matériaux avec lesquels on peut faire des ressorts, il y a les gaz. Pour la suspension de ses voitures, Citroën a choisi les gaz parce qu'ils sont bien plus élastiques que l'acier quand on les comprime.  
Pour les comprimer, on se sert d'un piston. Pour transmettre la pression, on utilise un liquide spécial.  
A la rigueur, ce liquide pourrait être de l'eau, et le gaz pourrait être de l'air.  
En grec, l'eau se dit UDOR (ou HYDRO). L'air se dit PNEUMA ; ainsi est né le mot **HYDROPNEUMATIQUE** qui désigne la suspension Citroën.

## Comment fonctionne la suspension hydropneumatique ?

**P** OUR être très confortable, une voiture a besoin de ressorts très flexibles. Mais le confort n'est pas tout. Il faut qu'elle puisse aller vite en toute sécurité, c'est-à-dire « tenir la route ». Or, il se trouve que, pour bien tenir la route, la suspension doit être très fortement amortie, ce qui la rend très dure. Ainsi, dans l'automobile, le confort a toujours été en contradiction avec la sécurité.

En utilisant l'acier, l'huile ou le caoutchouc, les ingénieurs de l'automobile du monde entier se sont efforcés, avec plus ou moins de succès, de faire une moyenne, un compromis entre les exigences du confort et celles de la tenue de route. Pour les vitesses modérées, entre 30 et 60 à l'heure, on peut dire que tous les grands constructeurs y ont à peu près réussi.

Mais pour les grandes vitesses, plus de 100 à l'heure par exemple, il a toujours fallu choisir entre le confort et la tenue de route :

Les constructeurs de voitures

de course ont évidemment donné la préférence à la tenue de route; les constructeurs de voitures de grand luxe au confort.

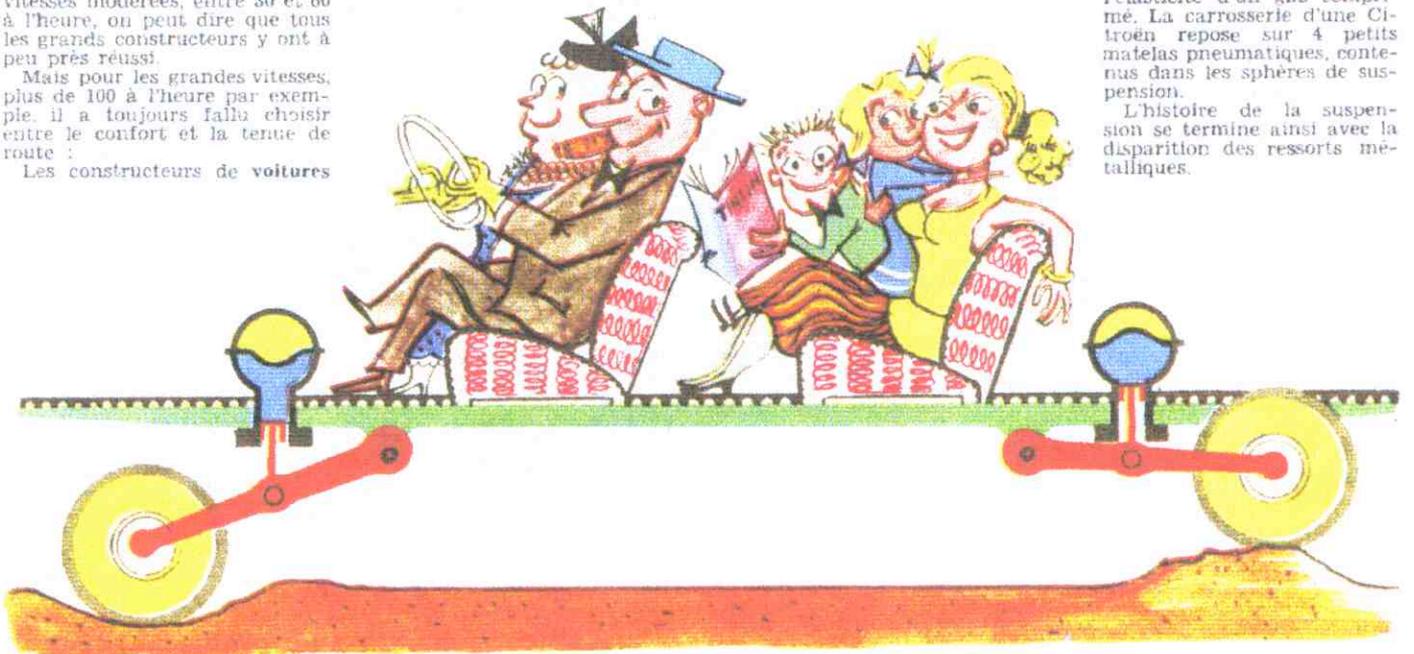
Pour la première fois dans l'histoire de la suspension automobile, CITROËN a réussi, grâce à l'hydropneumatique, à concilier les inconciliables : Confort et sécurité vont désormais de pair.

Ce système entièrement nouveau permet de réaliser en même temps :

- le plus grand confort connu à ce jour;
- la meilleure tenue de route aux plus grandes vitesses.

Le secret ? Remplacer l'élasticité des ressorts d'acier par l'élasticité d'un gaz comprimé. La carrosserie d'une Citroën repose sur 4 petits matelas pneumatiques, contenus dans les sphères de suspension.

L'histoire de la suspension se termine ainsi avec la disparition des ressorts métalliques.



**LA POMPE HAUTE PRESSION** aspire le liquide contenu dans le réservoir et le renvoie dans l'accumulateur de pression.

**L'ACCUMULATEUR** tient en réserve le liquide accumulé et réserve la pression nécessaire pour soutenir le piston des cylindres de suspension à la hauteur correcte.

**LES SPHÈRES DE SUSPENSION** sont remplies en haut de gaz comprimé et bas de liquide sous pression. Une membrane en caoutchouc sépare le liquide et l'empêche de se mélanger au gaz.

**LES CYLINDRES DE SUSPENSION** sont liés à la carrosserie (partie suspendue), les pistons qui glissent dans les cylindres sont liés aux roues (partie non suspendue). Par l'intermédiaire du système de bielles, le piston agit sur le moteur de car et le comprime dans le haut de la sphère de suspension. La carrosserie repose donc directement sur quatre petits cylindres pneumatiques.

**LA BARRE ANTI-ROULIS** empêche le poids (voir plus haut). Elle sert, notamment à déclencher le fonctionnement des correcteurs de hauteur.

**LE CORRECTEUR DE HAUTEUR** sert à maintenir constamment la voiture à sa hauteur correcte au-dessus du sol, quelle que soit la charge. Si quatre personnes montent dans la voiture, celle-ci s'affaisse davantage qu'une seule personne. Sous l'impulsion du poids, la barre anti-roulis pivote autour ainsi un robinet, le correcteur, qui détourne dirige dans les cylindres de suspension la pression nécessaire pour faire remonter la voiture à sa hauteur normale.

**LE CONJONCTEUR DISJONCTEUR** sert à maintenir l'accumulateur chargé à la bonne pression. Quand la pression baisse dans l'accumulateur, le conjoncteur dirige le liquide sous pression provenant de la pompe dans l'accumulateur. Quand la pression dans l'accumulateur devient suffisante, le disjoncteur arrête l'arrivée du liquide.

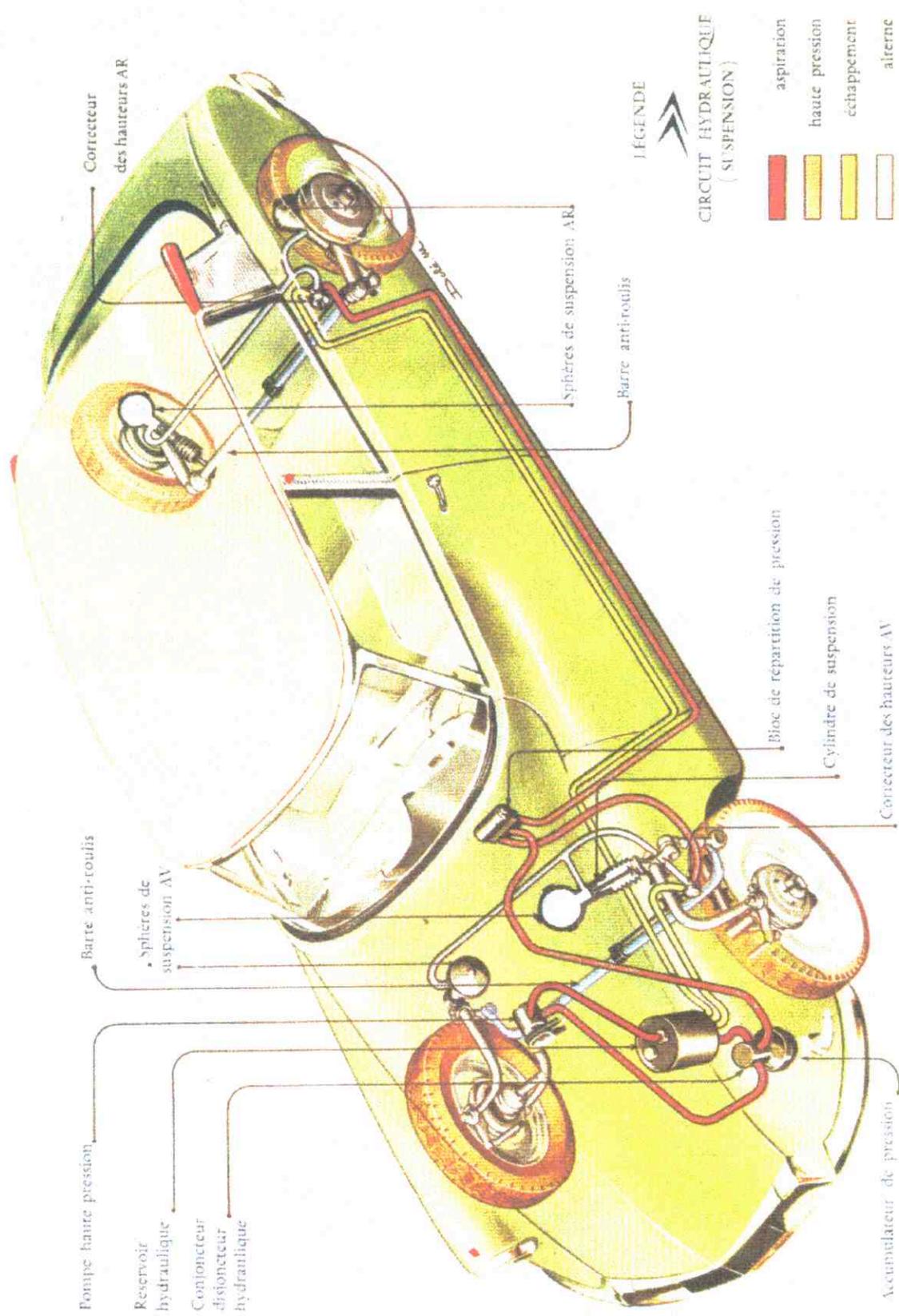
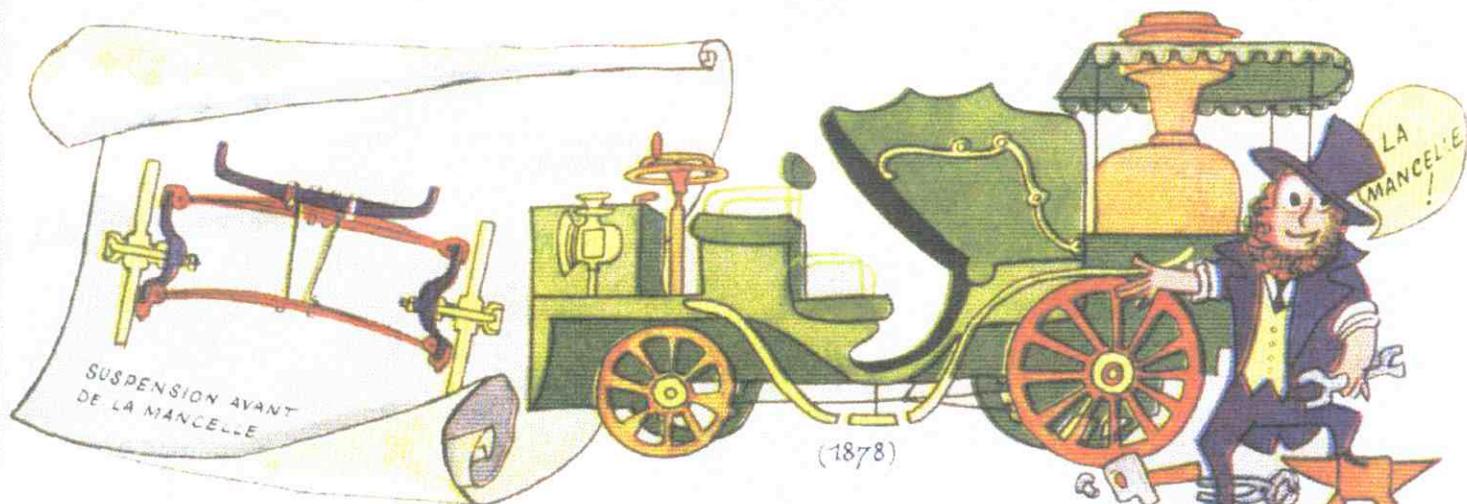


SCHÉMA DE LA SUSPENSION HYDROPNEUMATIQUE



LES RESSORTS

# si la suspension nous était contée

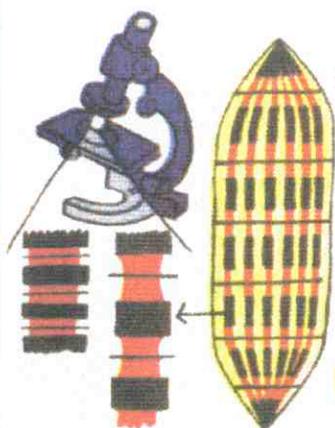


(1878)

L'AUTOMOBILE est née à la fin du siècle dernier. Ses progrès sont le fruit de nombreuses inventions géniales faites dans tous les pays du monde.

Le 28 avril 1873, un Français, Amédée Bollée, faisait breveter la direction par tram avant à deux pivots. C'est une découverte aussi importante que celle du joint de Cardan ou du différentiel de Pequeur, ou encore des pneumatiques démontables.

EN 1878, ce constructeur prodigieux présentait la « Mancelle » (aujourd'hui au musée de Compiègne). C'est la première voiture du monde à roues avant indépendantes. L'indépendance des roues est à la base des plus grands perfectionnements de la suspension automobile. Il a fallu pourtant près d'un demi-siècle avant qu'on sache fabriquer en série des roues indépendantes.



Le Myone

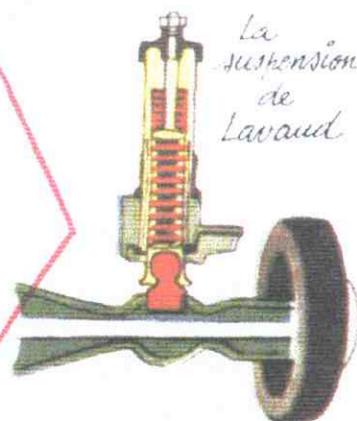
QUI dit « suspension » dit « ressort ». Il existe une infinité de ressorts. Pour en fabriquer, l'homme a utilisé tous les matériaux imaginables : le bois, le cuir, le bronze, l'acier, l'huile, l'air, la vapeur, le caoutchouc, etc., en un mot, tout ce qui est plus ou moins élastique.

Le ressort est à la mécanique ce que le muscle est au corps humain.

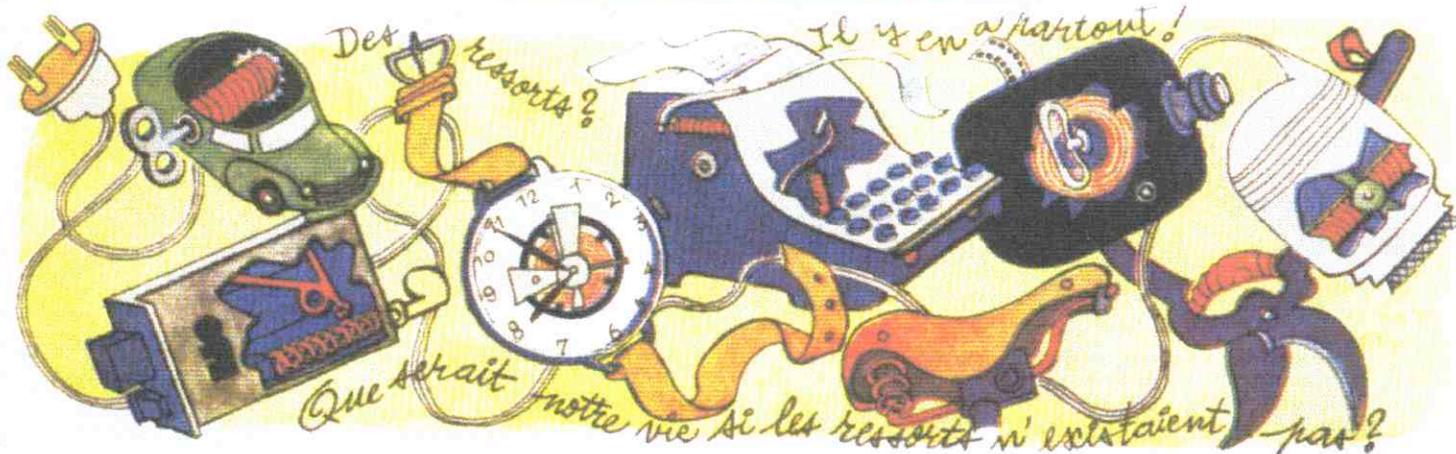
Les ressorts en caoutchouc sont ceux qui ressemblent le plus aux muscles, ces ressorts de chair. Un biceps se compose d'éléments élastiques appelés « myones » : ce sont des paquets de fibrilles où le microscope permet de voir un empilage de disques clairs et de disques sombres. Ces disques s'aplatissent ou se gonflent quand le biceps se contracte ou se détend.

★

À la suspension automobile de Lavaud, en caoutchouc, a un dessin qui évoque étrangement la forme du « myone », l'élément des fibres musculaires.



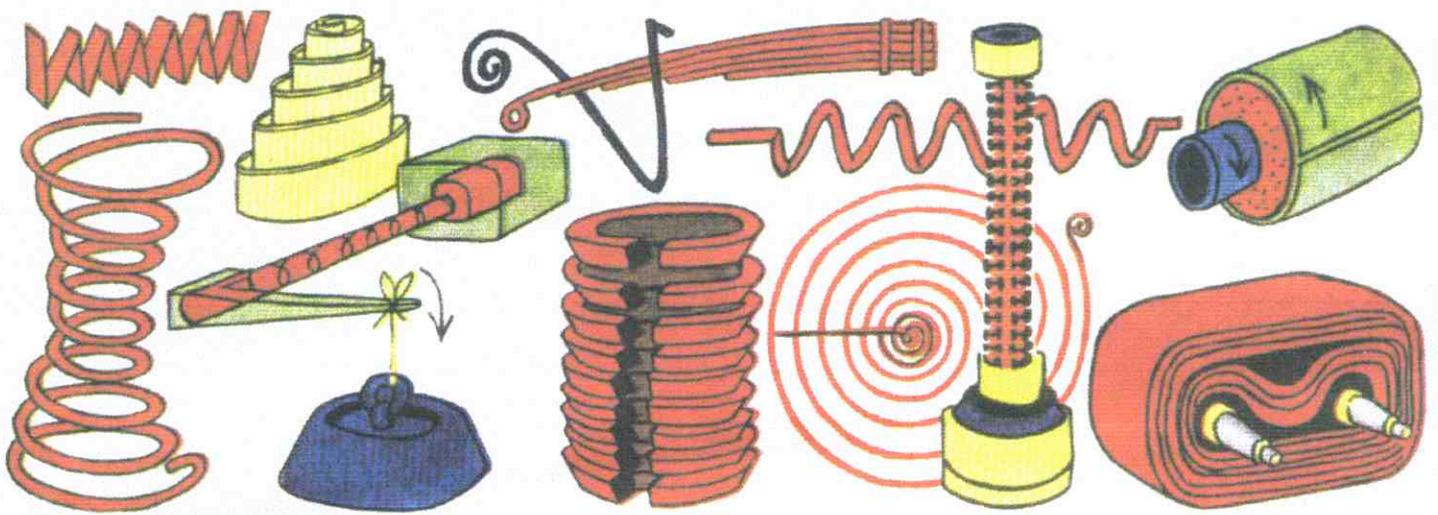
La suspension de Lavaud



Des ressorts?

Il y en a partout!

Que serait notre vie si les ressorts n'existaient pas?



**L**ES formes des ressorts sont encore plus variées que leur matière : il y a des ressorts en V, en zigzag, en spirale, en lame, en tube, en anneau, en boule, en rondelles empilées, en boudin, en hélice, en barre, en soufflet, etc...



**L'**ESSENTIEL d'un ressort c'est — évidemment — d'être élastique. Qu'est-ce que l'élasticité? C'est la propriété qu'ont certains corps de reprendre leur forme quand on cesse de les déformer. La lame d'une épée, par ex., se laisse courber; mais, qu'on la lâche et elle redevient droite. La nature nous donne mainte image de l'élasticité : le roseau, par exemple, qui plie et ne se rompt pas. D'après la morale du bon La Fontaine, c'est l'orgueil qui a terrassé le chêne. Le physicien dirait simplement : « Le chêne est moins élastique que le roseau. »



**D**ANS les barres de torsion des Citroën « 11 Légères » les ressorts à boudin de la 2 CV ou les sphères de la DS 19, tout se passe comme s'il y avait un petit lutin : Elastos.

Il prend la forme et la taille qu'on lui impose mais, à peine a-t-on le dos tourné et le lâche-t-on qu'il reprend sa forme primitive. Nous pouvons le tordre en tire-bouchon : il se détendra tout seul. S'il était grand, par exemple, comme une boule de billard, nous pourrions à volonté le dilater jusqu'à ce qu'il atteigne la grandeur d'un ballon de football ou le comprimer à la grosseur d'un petit pois. Mais, dès que nous le laisserions libre, il reprendrait aussitôt sa taille de boule de billard.



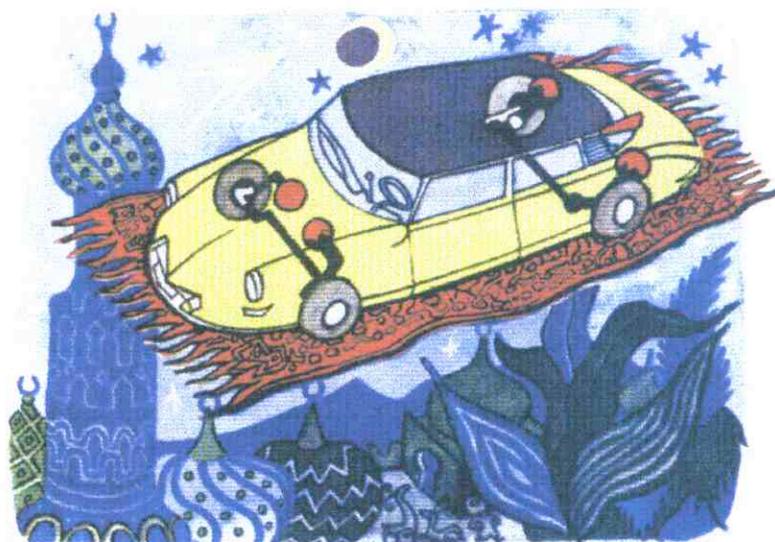
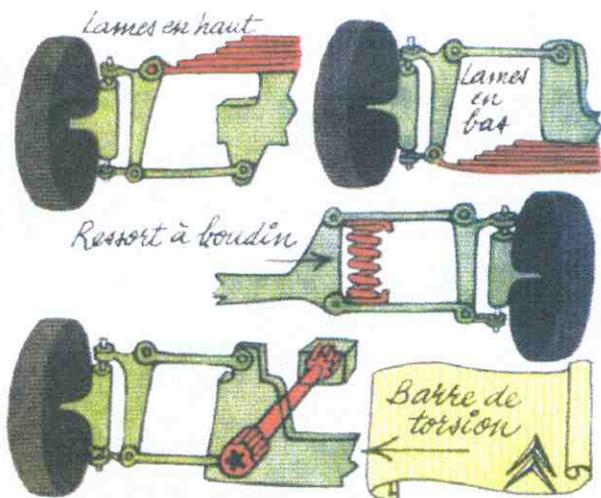
**C'**EST Elastos qui, enfermé dans le ballon de football, le fait rebondir. Quand le ballon tombe sur le sol, il s'écrase un peu; Elastos devient donc un peu plus petit. Pour retrouver son espace vital, il va riposter. Il se détend; il fait un bond et entraîne le ballon en l'air. En revanche, si la valve du ballon est

ouverte, Elastos reste sage : Elastos a de la place; il s'échappe par la valve ouverte. Puisqu'on ne l'a pas déformé, il n'a pas besoin de rebondir; le ballon tombe à plat. Même phénomène avec une pompe à vélo; si je bouche son orifice et que j'appuie, je comprime Elastos. Lâchons le piston, il rebondit.



À U début des chemins de fer, on a suspendu les roues des wagons à des ressorts à lames d'acier. Les lames sont empilées les unes sur les autres et retenues ensemble par des brides. Les lames doivent glisser les unes sur les autres, pour cela, il faut bien les graisser; ce n'est pas toujours facile. A la longue, la rouille venait s'y loger et, empêchant qu'elles glissent librement,

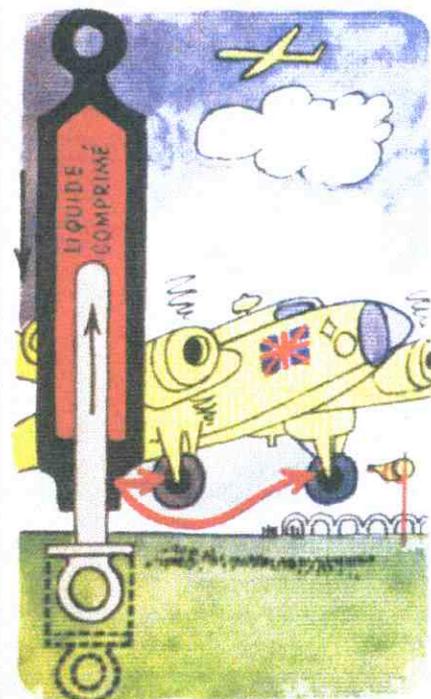
paralyssait l'élasticité; c'est comme s'il n'y avait plus eu de ressort: il en résultait que les wagons des premiers chemins de fer déraillaient. On a donc remplacé les ressorts à lames par des ressorts à boudin (ou en hélice). Séparées les unes des autres, les spires du ressort à boudin se moquent de la rouille qui n'empêche pas le boudin de se comprimer.



Il y a vingt-deux ans déjà que Citroën a remplacé les ressorts à lames des B2, B12, B14, C4 et C6 par une autre forme de ressorts, la barre de torsion. Toutes les Tractions-Avant: 11 Légères, 11 Normales, Familiales et Commerciales 11 CV, et même les fourgons type H sont suspendus par barre de torsion. Les ressorts à boudin de la suspension 2 CV sont une variété de barre de torsion: ce sont des barres de torsion enroulées en hélice.

### Les Trois Magiques

La suspension de la Citroën DS 19 ne comporte ni barre de torsion ni ressort à boudin. La DS 19 n'utilise plus l'élasticité de l'acier mais celle de l'air. C'est évidemment bien plus doux. Chacune des roues repose sur un petit matelas d'air comprimé dans quatre boules qu'on appelle les sphères de suspension...



Si on tient compte des pneus des roues, on peut dire que la DS 19 roule sur petits matelas pneumatiques. C'est ainsi que la DS 19 semble voler au ras du sol. On y est porté comme sur le « tapis magique » des Mille et une Nuits.

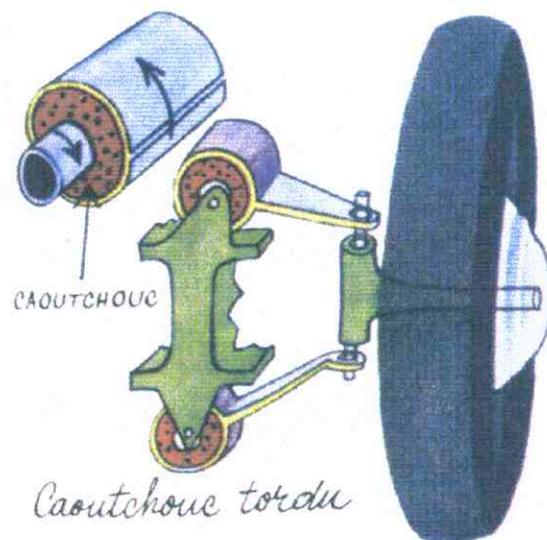
Certains systèmes fonctionnent comme les barres de torsion. Un gros cylindre de caoutchouc soutient le bras de suspension. Sous les cahots de la route, ce cylindre de caoutchouc se tord et se détord comme le ferait une barre de torsion.

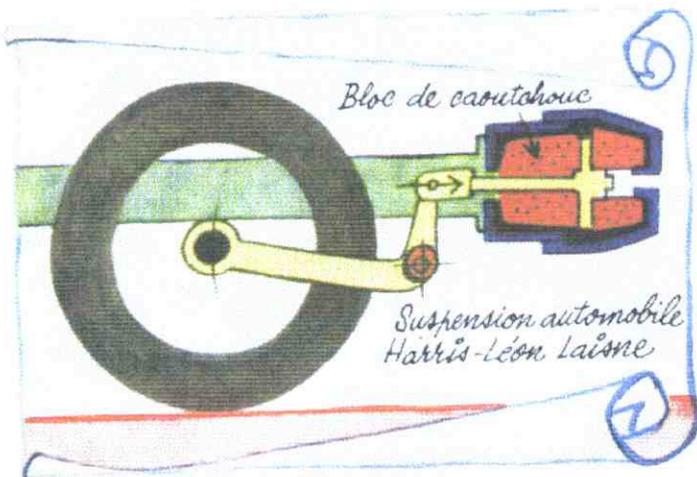
On a aussi fabriqué des ressorts liquides. N'est-ce pas extraordinaire? On nous apprend à l'école que les gaz (l'air, par exemple) peuvent facilement être comprimés, mais pas les liquides. Ce n'est pas tout à fait exact. Les liquides (l'huile ou la glycérine, par exemple) peuvent être comprimés élastiquement; il suffit d'appuyer beaucoup plus fort que sur les gaz, voilà tout.

C'est John Canton qui a découvert, en 1761, que les liquides étaient compressibles (comme le caoutchouc, d'ailleurs, nous le verrons plus loin).

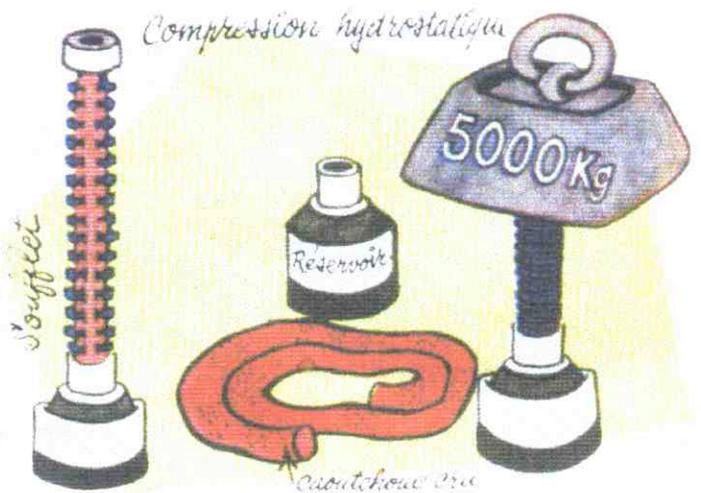
À puissance égale, les ressorts liquides occupent environ dix fois moins de place et sont dix fois moins lourds que les ressorts d'acier.

C'est avec des ressorts liquides de ce genre que sont équipés les trains d'atterrissage des avions anglais Halifax, qui pèsent près de 30 tonnes.

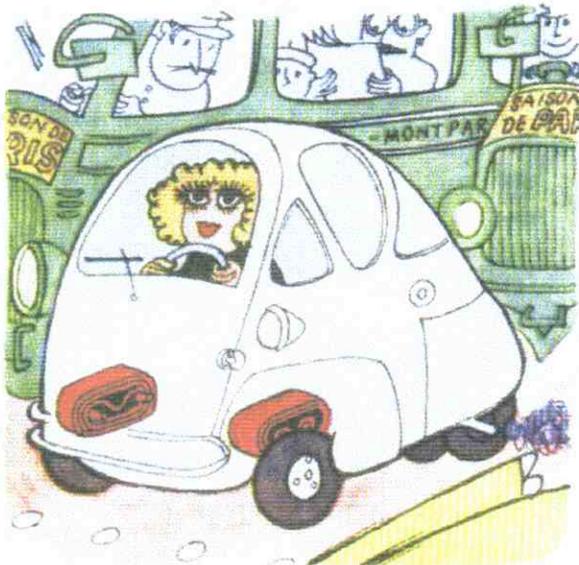




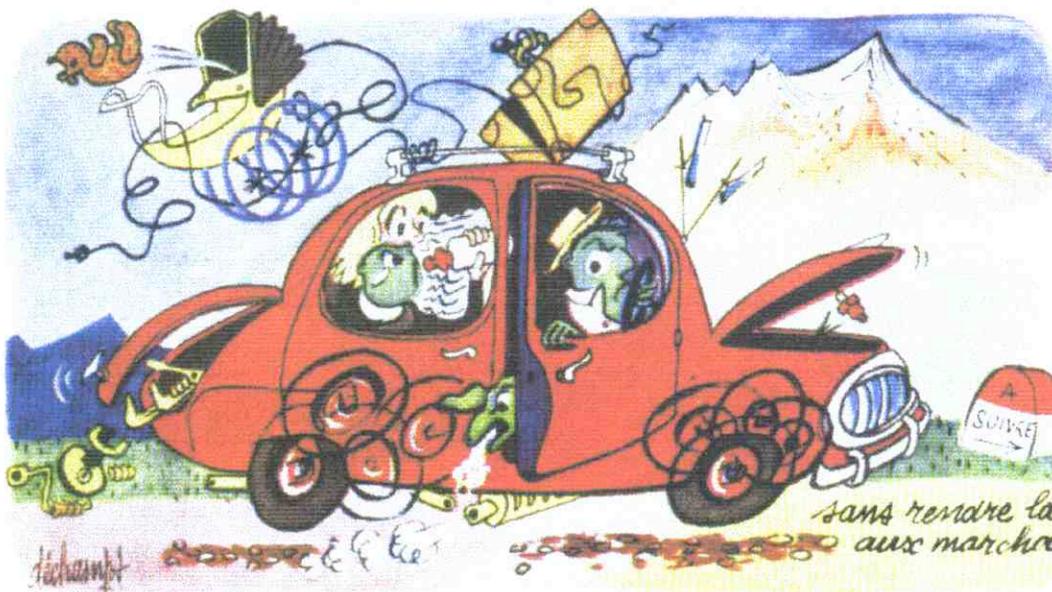
À U lieu de tordre le caoutchouc, on peut aussi l'écraser, le presser : c'est le cas de la suspension automobile de Lavaud (voir plus haut) ou de la suspension Harris Leon Laisne. Dans ce cas-là, on laisse au caoutchouc un peu de place pour lui permettre de se déformer, c'est-à-dire de jouer son rôle élastique.



Le caoutchouc se laisse déformer facilement, mais, pour le comprimer c'est toute une histoire, à moins d'employer de très fortes pressions (plus de 1 000 kg par cm<sup>2</sup>). Il se comporte alors comme un liquide. Un système de suspension utilise cette compressibilité. C'est la compression hydrostatique.



À U lieu de tordre, d'aplatir ou de comprimer le caoutchouc, on peut encore l'étirer. On fait ainsi des ressorts en caoutchouc en forme d'anneau. On fait des paquets de ces anneaux de différents diamètres. La roue est accrochée sur ces paquets d'anneaux élastiques. (Ce système est utilisé sur certaines voitures et certains scooters.)



TOUT seuls, les ressorts ne suffisent pas à assurer une suspension parfaite ; il faut souvent compléter leur action par celle des amortisseurs et des anti-roulis. Les amortisseurs servent à empêcher le rebondissement de la voiture. Ils n'amortissent pas les chocs mais le balancement.

Dans le prochain numéro de *Tintin Automobile* nous verrons les casse-tête que les ingénieurs doivent résoudre pour fabriquer des suspensions qui permettent d'aller très vite sur n'importe quel chemin...

sans rendre la vie impossible aux passagers aux marchandises et à la mécanique