

S O M M A I R E

L'hydraulique : les phénomènes physiques

<i>L'énergie hydraulique</i>	<i>page 3</i>
<i>La force</i>	<i>page 4</i>
<i>La pression</i>	<i>page 4</i>

Mécanismes simples d'un circuit hydraulique

<i>Le liquide hydraulique automobile (LHM)</i>	<i>page 6</i>
<i>L'ensemble piston-chemise</i>	<i>page 6</i>
<i>Générateur et récepteur de pression</i>	<i>page 8</i>
<i>Le clapet</i>	<i>page 8</i>
<i>Le distributeur de pression</i>	<i>page 9</i>
<i>Le doseur de pression</i>	<i>page 10</i>
<i>Le dash-pot</i>	<i>page 12</i>

Tuyauterie et étanchéité

<i>Tous les tuyaux</i>	<i>page 12</i>
<i>Assurer l'étanchéité</i>	<i>page 13</i>
<i>Conseils pratiques</i>	<i>page 15</i>

S O M M A I R E

HYDRAULIQUE : LES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES

AUTOMOBILES CITROËN
Société Anonyme au capital de 1 400 000 000F - R.C.S. Nanterre B 642 050 199
Siège Social : 62, boulevard Victor Hugo - 92208 Neuilly-sur Seine cedex
Tél. (1) 47 48 41 41 - Télex : CITR 614 830 F

L'INSTITUT CITROËN
Direction des ressources Humaines
Centre International de Formation Commerce
Édition : janvier 1994

© AUTOMOBILES CITROËN Toute reproduction ou traduction même partielle sans autorisation écrite d'AUTOMOBILES CITROËN est interdite et constitue une contrefaçon



Du Rififi autour de la pionnière de l'hydraulique...



Quelques mois avant la présentation de la célébrissime DS CITROËN dont la conception technique allait révolutionner l'automobile, tous les coups étaient permis dans les rangs de la toute jeune presse automobile. A cette époque, la sortie d'une nouvelle automobile était un événement plus important que le couronnement d'un monarque ! Le prototype de la DS était testé dans le sud de la France, caché dans une propriété prêtée aux ingénieurs de CITROËN.

De faux indices avaient été semés par ces derniers pour conduire les journalistes sur des pistes erronées. "Quand je parlais en essais dans le Midi, raconte l'ingé-

nier Léon R., je portais ostensiblement sous le bras une carte des Landes". Le lieu des essais, mieux gardé que le Kremlin ou la Maison Blanche était interdit de survol. La propriété (du moins le disait-on) était truffée de pièges à loup et les gardiens armés jusqu'aux dents. L'étrange prototype qui circulait la nuit dans le Midi était quant à lui, camouflé sous d'énormes ailes carrées et de grossiers panneaux latéraux en contre-plaqué. Il va vite être repéré par les journalistes d'un tout jeune journal (l'Auto journal), du non-moins jeune Robert Hersant, qui vont le prendre en chasse sur de petits chemins de campagne.

C'est le photographe René Bellu qui réalisa "le scoop du siècle !", en photographiant le véhicule. Descendu durant la nuit de Paris dans sa 4CV, il réussit cet exploit après avoir effectué une longue "planque" dans des buissons proches de la propriété. Courses poursuites, fouilles, pellicules jetées en marche de la voiture du photographe à celle de R. Hersant, c'est un véritable épisode des "5 dernières minutes" qui se déroule sur les petites routes du Sud. Ces événements seront suivis par d'autres plus étonnants encore, comme le vol des plans du moteur aux usines de Javel, des interrogatoires en série au Quai des Orfèvres...

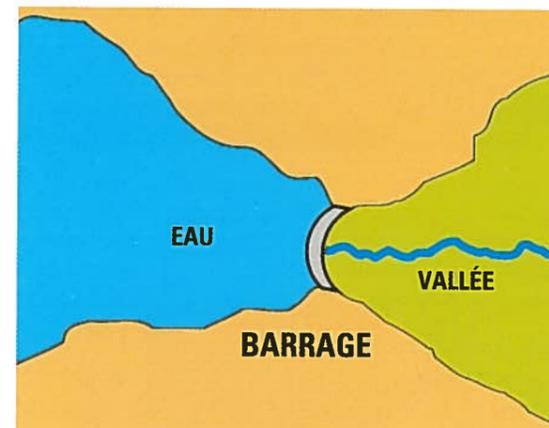
Pour en savoir plus sur cette épopée, lisez le passionnant : *L'Album de la DS* éd EPA.

QU'EST-CE QUE L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE ?

L'hydraulique utilise l'énergie statique (absence de mouvement) ou dynamique (mouvement) d'un liquide pour actionner des organes mécaniques.

Prenons l'exemple d'un barrage pour comprendre ce que sont l'énergie statique et dynamique d'un liquide.

L'énergie statique.

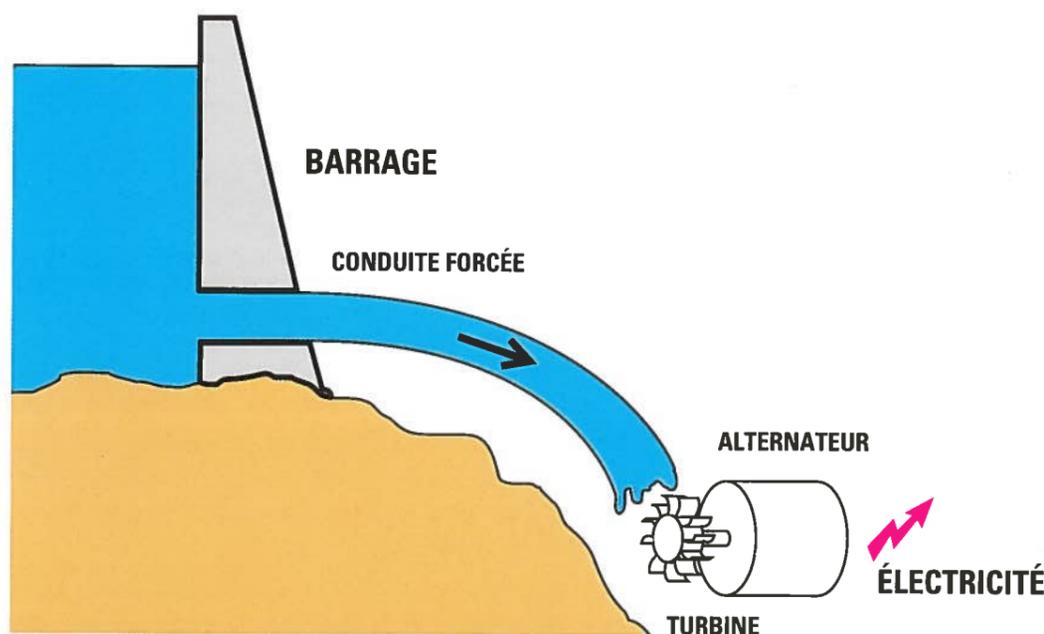


Barrage vu d'avion : on constate que l'eau du lac ne bouge pas et pourtant elle exerce des efforts énormes sur le barrage. C'est l'énergie statique de l'eau qui occasionne ces forces.

Vous vous demandiez pourquoi le barrage a une forme arrondie ?

Parce qu'il est construit en béton et que le béton résiste très bien à la compression (action de presser) mais fort mal à la traction (action d'étirer). Avec cette forme arrondie, tous les points du barrage sont en compression.

L'énergie dynamique.



Barrage associé à une centrale électrique, vu en coupe : les centrales électriques fonctionnent comme nos anciens moulins à eau ! C'est l'énergie dynamique de l'eau qui fait tourner les turbines couplées à un alternateur.

COIN EXPERT

LA PRESSION : L'ÉNERGIE DU LIQUIDE

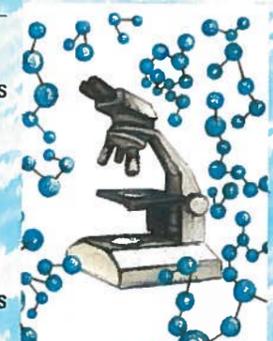
Nous avons vu que le liquide exerce une pression sur son contenant : un barrage, les parois d'une bouteille, etc. Pour comprendre ce phénomène de pression rappelons-nous tout d'abord ce qu'est une force.

En savoir plus sur les fluides...

Un chimiste définirait un fluide comme un milieu matériel, continu, déformable, sans rigidité, qui peut s'écouler, c'est-à-dire subir des grandes variations de forme.

Regardons-les au microscope.

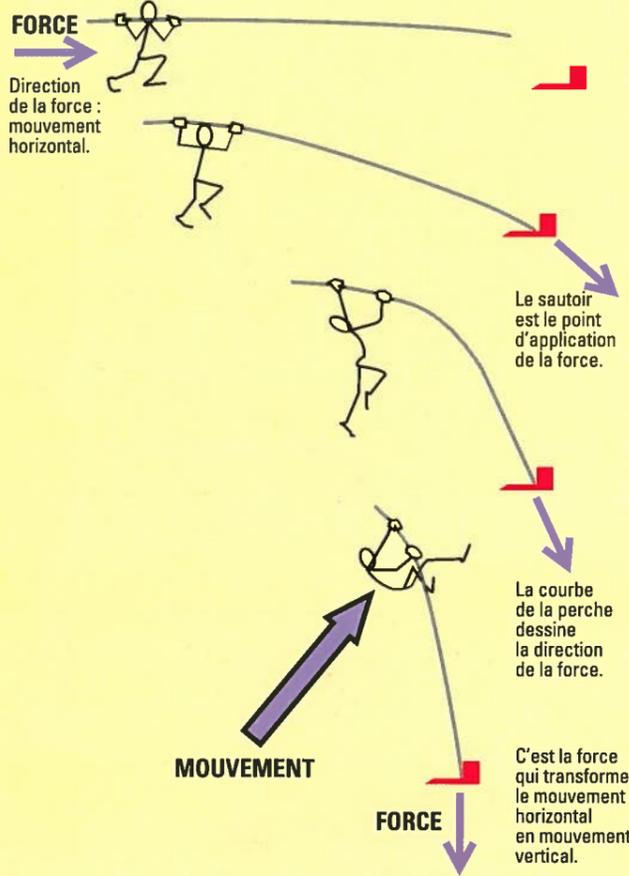
Les fluides sont comme les solides, formés d'un grand nombre de particules matérielles infiniment petites. Mais ces particules sont "solidement" liées entre elles dans le cas de solides, alors qu'elles sont libres de se déplacer les unes par rapport aux autres dans le cas des fluides.



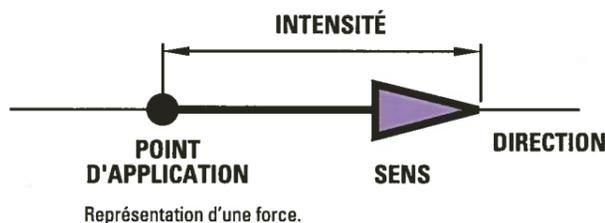
La force

On appelle **force** toute cause agissant sur un corps et capable de modifier son état de repos ou de mouvement, par exemple :

l'action des gaz sur les pistons d'un moteur, l'action du vent sur les voiles d'un bateau, l'action de la pesanteur qui attire les corps vers le centre de la terre, ou encore la perche d'un sauteur qui transforme un mouvement horizontal (la course du sportif) en un mouvement vertical (le saut).



Une force est schématisée par une flèche, elle a toujours un point d'application, un sens, une direction et une intensité.



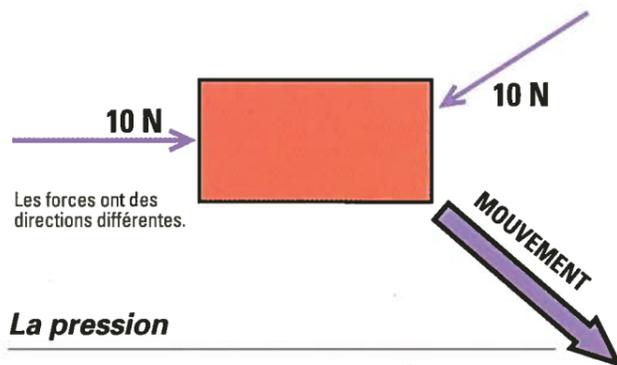
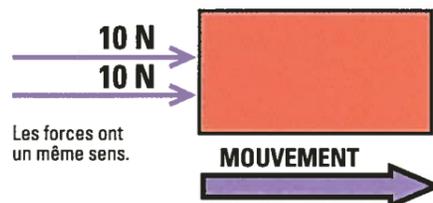
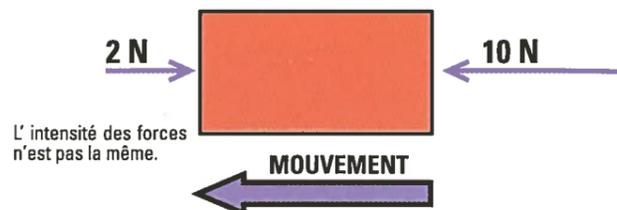
Un corps soumis à l'action de deux forces est en **équilibre** si ces deux forces ont :

- la même direction,
- la même intensité,
- des sens opposés.



Si ces trois conditions ne sont pas remplies, il y a **mouvement**.

Une force s'exprime en newton, noté **N**.



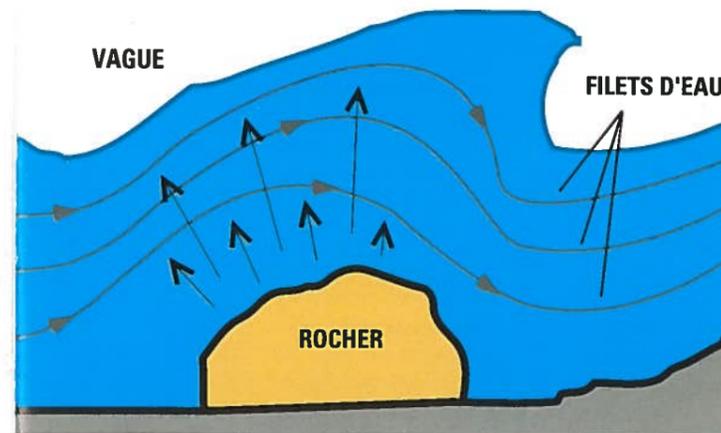
La pression

La pression est la mesure de l'intensité de la force par unité de surface.

Lorsqu'une force ne s'applique pas en un point mais est répartie sur une surface, on parle de **force pressante**. L'effet produit par une force pressante dépend de l'intensité de la force et de la **surface** sur laquelle elle s'applique (la surface pressée).

On appelle couramment la force pressante "**force**" et la force appliquée à l'unité de surface "**pression**".

Attention ! La notion suivante est essentielle pour comprendre l'hydraulique : un liquide a la particularité de transmettre intégralement en intensité et en toutes directions les forces qu'il reçoit.



Prenons deux exemples :

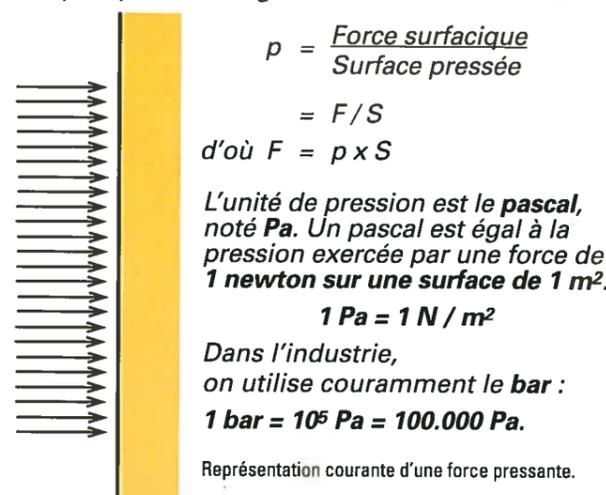
• Près d'une plage, une lame de fond qui heurte un rocher engendre à la surface une vague. L'action du rocher sur l'eau qui se déplace en profondeur se traduit par des forces qui sont transmises à la surface pour créer la vague.

• Si vous soufflez énergiquement dans une bouteille d'eau en plastique remplie aux 3/4, vous allez exercer à la surface de l'eau une force qui va engendrer une pression. Cette pression se transmet intégralement à tout le volume d'eau.

L'eau est mise sous pression et si nous avons une force herculéenne, la bouteille gonflerait ! La pression de l'eau a engendré sur la paroi une multitude de forces qui déforment la bouteille.

On note :

F , l'intensité de la force,
 S , la valeur de la surface pressée,
 p , la pression engendrée.



La pression et ses symboles.

Unités de pression du Système International (unités S.I.) :

le Pascal (Pa) : 1 Pa = 1 N / m²

le bar : 1 bar = 10⁵ Pa = 100.000 Pa = 10 N / cm²

Unités industrielles :

le millimètre d'eau (mm H₂O) : 1 mm H₂O = 9,81 Pa

le millimètre de mercure (mm Hg) : 1 mm Hg = 13,595 mm H₂O = 133,3 Pa

l'atmosphère (atm) : 1 atm = 1,01325 bar

COIN EXPERT Newton et sa pomme : (1642-1727).

Ce physicien, mathématicien anglais est l'auteur de la loi de l'attraction universelle. Il doit cette découverte à l'observation de la chute d'une pomme (sous l'effet de son poids) qui lui fit penser que le mouvement de la lune pouvait s'expliquer par une force de même nature.

Il étendit cette théorie aux planètes du système solaire. Ainsi identifiait-il pesanteur terrestre et attraction entre les corps célestes. Newton est également l'inventeur du télescope.

Les appareils de mesure de la pression.

Le **baromètre** sert à mesurer la pression atmosphérique que l'on note p_a (à ne pas confondre avec le Pascal : Pa). Celle-ci est exprimée en millibar (mbar) ou en hectopascal (hPa).

1 mbar = 0,001 bar = 0,001 x 100 000 Pa = 100 Pa = 1 hPa. La pression atmosphérique est en moyenne de 1013 hPa soit 1013 mbar soit 1,013 bar.

Un **manomètre** mesure la pression d'un fluide (liquide ou gaz) contenu dans un espace fermé. La mesure indiquée est en général en bar.

La plupart des manomètres sont gradués en pression effective qui est égale à la pression absolue moins la pression atmosphérique. Le zéro de graduation correspond donc à la pression atmosphérique. Une pression absolue inférieure à la pression atmosphérique est appelée vide.

Sachez-le !

Une installation d'air comprimé industrielle est en général à la pression de 7 bar.

Pression et hydrostatique.

La pression de l'eau en surface est la pression atmosphérique. Elle augmente d'un bar tous les 10 mètres. Ce phénomène (appelé hydrostatique) explique la douleur que l'on ressent aux tympans si l'on plonge trop profond. L'augmentation de pression fait se déformer les tympans qui deviennent douloureux.

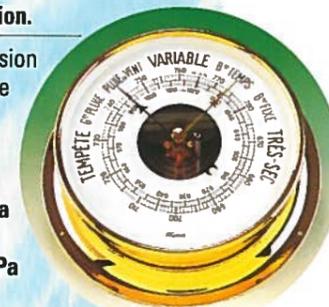
Liquide ou gaz ?

Dans les fluides, on distingue les liquides qui ne sont pas (ou peu) expansibles ou compressibles et les gaz qui occupent toujours le volume maximal qui leur est offert.

• **Liquide** : masse volumique importante, pratiquement incompressible, inextensible.

• **Gaz** : masse volumique négligeable, facilement compressible, expansible.

Note : masse volumique = masse par unité de volume.



Baromètre de marine

Attention le symbole Kgf (Kilo force) souvent employé dans les documentations françaises n'est pas lié au système international. Il est préférable de ne plus l'employer.

MÉCANISMES SIMPLES D'UN CIRCUIT HYDRAULIQUE

Maintenant que nous avons revu les notions physiques qui nous permettront de comprendre l'hydraulique automobile, nous pouvons enfin regarder ce qui se passe "sous le capot"!

Caractéristiques du liquide hydraulique utilisé dans un véhicule

Un liquide hydraulique doit impérativement avoir les 4 qualités suivantes :

- **neutralité** absolue à l'égard de tous les matériaux que l'on trouve dans un circuit hydraulique : fonte, acier, cuivre, aluminium, caoutchouc.
- **stabilité** de l'ensemble des propriétés du liquide dans une plage de température importante et sur une longue durée pour pouvoir répondre à toutes les conditions climatiques et mécaniques.
- **fluidité** pour réduire les frottements du liquide et les temps de réponse des organes.



TOTAL LHM PLUS

Liquide hydraulique minéral, caractéristiques moyennes

CARACTERISTIQUES	UNITES	METHODES DE MESURE	TOTAL LHM PLUS
Couleur	-	-	vert fluorescent
Masse volumique à 15°C	kg/m ³	NF T 60-101	830
Viscosité à -40°C	mm ² /s (cSt)	NF T 60-100	<1 200
Viscosité à 40°C	mm ² /s (cSt)	NF T 60-100	18
Viscosité à 100°C	mm ² /s (cSt)	NF T 60-100	6,3
Indice de viscosité	-	NF T 60-136	355
Point d'écoulement	°C	NF T 60-105	-62

Propriétés

Indice de viscosité exceptionnellement élevé • Température d'ébullition élevée • Insensibilité à l'humidité (produit non hygroscopique) • Très bas point d'écoulement • Protection exceptionnelle contre la corrosion • Très grande stabilité • Excellent pouvoir lubrifiant.

Spécifications : CITROËN LHM selon le nouveau cahier des charges.

Emplois

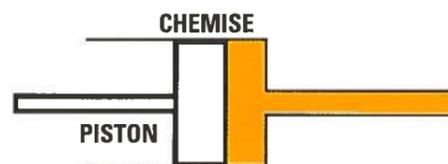
Centrales hydrauliques des véhicules ID et DS sortis depuis septembre 1966 (organes peints en vert) et GS, SM, CX, BX, XANTIA, XM • Miscible et compatible avec TOTAL LHM et les fluides hydrauliques minéraux répondant à l'ancien cahier de charges CITROËN • Non miscible et non compatible avec les fluides synthétiques dont TOTAL Fluides SY et les anciens fluides CITROËN du type LHS 2.

- **lubrification** pour répondre aux exigences de fonctionnement du circuit.

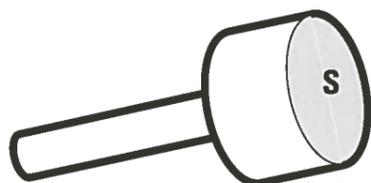
Depuis 1966, CITROËN préconise le liquide LHM (Liquide Hydraulique Minéral). Il est de couleur vert fluorescent et s'apparente à de l'huile moteur. Actuellement, le liquide préconisé est le TOTAL LHM PLUS.

L'ensemble piston-chemise

Elément de base d'un système hydraulique, l'ensemble piston-chemise peut remplir deux rôles différents, il peut être **générateur** ou **récepteur de pression**.



Le piston est ajusté dans la chemise, il peut coulisser librement dans celle-ci.



S est la surface de l'embase du piston.

Code couleurs : représentation des différentes pressions existant dans un circuit hydraulique.



Rouge : haute pression ou pression maximum délivrée par la source de pression ($145 \text{ bar} \leq p \leq 170 \text{ bar}$).



Orange : gamme décroissante des pressions utilisées dans les organes et circuits ($p_a < p < \text{haute pression}$).



Jaune : pression d'aspiration et retour après utilisation ($p = p_a = \text{pression atmosphérique}$).



Vert : retour de fuites ($p = p_a = \text{pression atmosphérique}$).



Bleu : pression du gaz (azote).

Expression d'une pression dans un liquide.

Expression d'une force exercée par ou sur un solide.

Expression du mouvement d'un solide.

Rappel :

- $A > B$: A supérieur à B (plus grand que)
- $A < B$: A inférieur à B (plus petit que)
- $A \geq B$: A supérieur ou égal à B
- $A \leq B$: A inférieur ou égal à B

Un fluide peut-il être parfait ?

Un fluide parfait est un fluide pour lequel les forces de contact sont perpendiculaires aux surfaces sur lesquelles elles s'exercent.

Un fluide parfait ne subit donc, de la part des parois, que des forces normales (c'est-à-dire de direction perpendiculaire à la surface) et n'exerce que des pressions normales. Il n'existe aucune force s'opposant au glissement des particules les unes sur les autres ou le long des parois.

Un fluide parfait n'est qu'un modèle mathématique. En réalité, la déformation du fluide s'accompagne d'une résistance s'opposant au glissement des couches fluides les unes sur les autres et le fluide réel (par exemple de l'huile) est dit visqueux.

La **viscosité** est exprimée dans le système SI en m^2/s . Les viscosités du LHM PLUS sont données en mm^2/s .

Blaise Pascal le parfait "honnête homme".

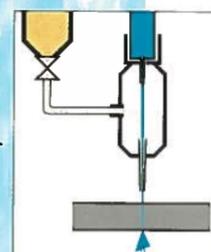
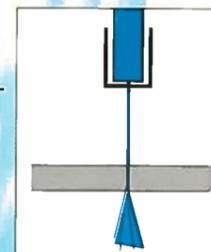
Blaise Pascal est le parfait "honnête homme" du 17^{ème} siècle à la fois philosophe, écrivain, mathématicien et physicien. Dès 16 ans il écrit un essai sur les coniques et à 18 ans invente sa célèbre machine arithmétique, ancêtre de la calculatrice. L'hydraulique lui doit la théorie de l'équilibre des liquides et la transmission intégrale des variations de pression.

Utilisations industrielles de très grandes pressions.

Il existe deux principes de découpe au **jet fluide haute-pression**, la découpe à l'eau et la découpe à l'eau avec abrasif.

• **Découpe à l'eau pure :** le mécanisme de découpe est le cisaillement de la matière. Ce procédé ne permet que la découpe de produits mous (par exemple : du carton ondulé, d'épaisseur 6,5 mm, à la vitesse de coupe de 120 m/mn ; du contre-plaqué, d'épaisseur 6,5 mm, à la vitesse de coupe de 120 m/mn ; un composite fibre de verre/matrice époxy d'épaisseur 12 mm, à la vitesse de coupe de 0,5 m/mn).

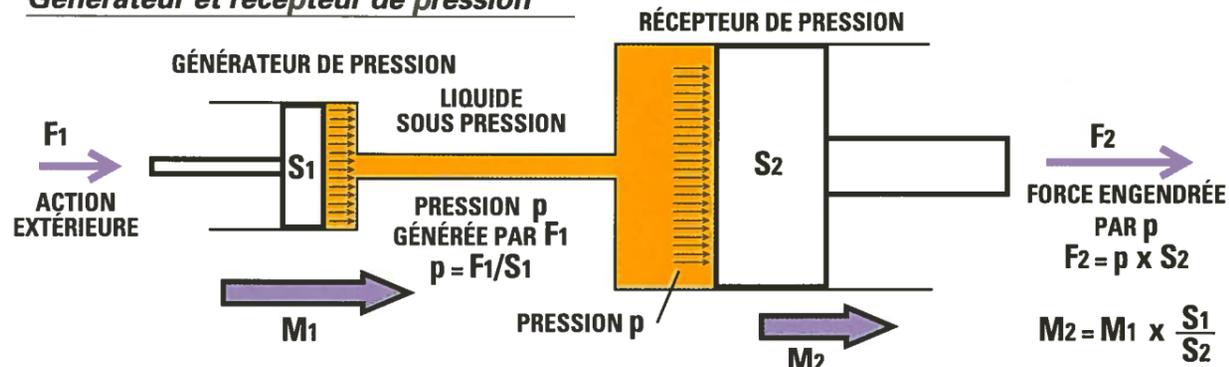
• **Découpe au jet abrasif :** le mécanisme de découpe est alors l'érosion. Le procédé est identique à une meule dont le liant est l'eau et dont l'abrasif n'est utilisé qu'une seule fois. Les abrasifs couramment utilisés sont le grenat ou l'olivine (pierre volcanique). Ce procédé permet la découpe de produits durs et épais (300 mm de titane), de matériaux très durs (céramiques) ou de matériaux hétérogènes comme les pneus.



La découpe au jet abrasif est utilisée actuellement chez Citroën, par exemple pour la découpe des "lèches-vitres".

Une installation de jet fluide comprend en général les éléments suivants : un système de filtration de l'eau, une unité hydraulique qui est la source de l'énergie, un multiplicateur de pression, un accumulateur de pression. L'eau soumise à des pressions courantes est quasiment incompressible. A 4 000 bar, elle est compressible de 12%. Des études sont actuellement en cours pour remplacer un outil coupant en tournage par un jet d'eau abrasif.

Générateur et récepteur de pression



Attention : deux notions à comprendre sur le générateur de pression :

- une force appliquée sur une surface génère une pression,
- plus la surface d'application de la force est petite, plus la pression générée est élevée.

Si l'on souhaite créer une pression élevée, il vaut mieux choisir une petite surface sur laquelle on exerce une force modérée.

ET... deux autres notions-clé concernant le récepteur de pression :

- une pression agissant sur une surface donne naissance à une force,
- plus la surface sur laquelle agit la pression est grande, plus la force générée est élevée.

Si l'on dispose d'une certaine pression et que l'on a besoin d'une force importante pour actionner un système, il vaut mieux choisir une grande surface sur laquelle cette pression agira.

Comme le montre le schéma, la pression sert à transmettre une action mécanique entre le générateur et le récepteur. La pression du liquide générée par l'action extérieure F_1 permet d'engendrer une force F_2 d'intensité supérieure à F_1 .

Par exemple, $S_1 = 1 \text{ cm}^2$ et $S_2 = 10 \text{ cm}^2$. Exerçons la force $F_1 = 100 \text{ N}$ au niveau du générateur de pression. La pression p générée par F_1 au sein du liquide est :

$$\begin{aligned} p &= F_1 / S_1 \\ &= 100 \text{ N} / 1 \text{ cm}^2 \\ &= 10 \times 10 \text{ N} / 1 \text{ cm}^2 \\ &= 10 \text{ bar}. \end{aligned}$$

Cette pression agit sur la surface S_2 et engendre la force F_2 :

$$\begin{aligned} F_2 &= p \times S_2 \\ &= 10 \text{ bar} \times 10 \text{ cm}^2 \\ &= 1000 \text{ N}. \end{aligned}$$

Une force F_1 de 100 N a indirectement engendré une force F_2 de 1000 N.

En fait, on se rend compte que

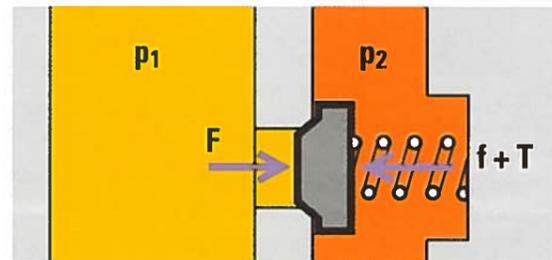
$$\begin{aligned} p &= F_1 / S_1 \\ &= F_2 / S_2 \\ \text{d'où } F_2 &= (S_2 / S_1) \times F_1. \end{aligned}$$

La force F_2 dépend donc du rapport des surfaces (S_2 / S_1).

Le clapet

Le clapet est une valve à un seul sens qui sépare deux circuits hydrauliques. Il est plaqué sur son siège par un ressort et constitue une paroi mobile.

Il est soumis d'un côté à une force F due à la pression p_1 du premier circuit, et de l'autre côté à une force f due à la pression p_2 du second circuit ainsi qu'à la force T de son ressort. En général, la pression p_2 est la pression atmosphérique.



Lorsque la pression p_1 atteint une valeur telle que $(F > f+T)^*$, le clapet se soulève et met les deux circuits en communication. La pression baisse alors dans le premier circuit et lorsqu'elle redevient inférieure à $(f+T)$, le clapet est repoussé sur son siège, rappelé par le ressort.

A I D E - M É M O I R E

On exprime une force en , une pression en ou en

Un corps soumis à l'action de deux forces est en équilibre si ces forces ont la même intensité, des sens opposés et la même

Une force appliquée sur une surface génère une

Une pression agissant sur une surface crée une

Une pression est d'autant plus élevée que la force est plus et que la surface est plus

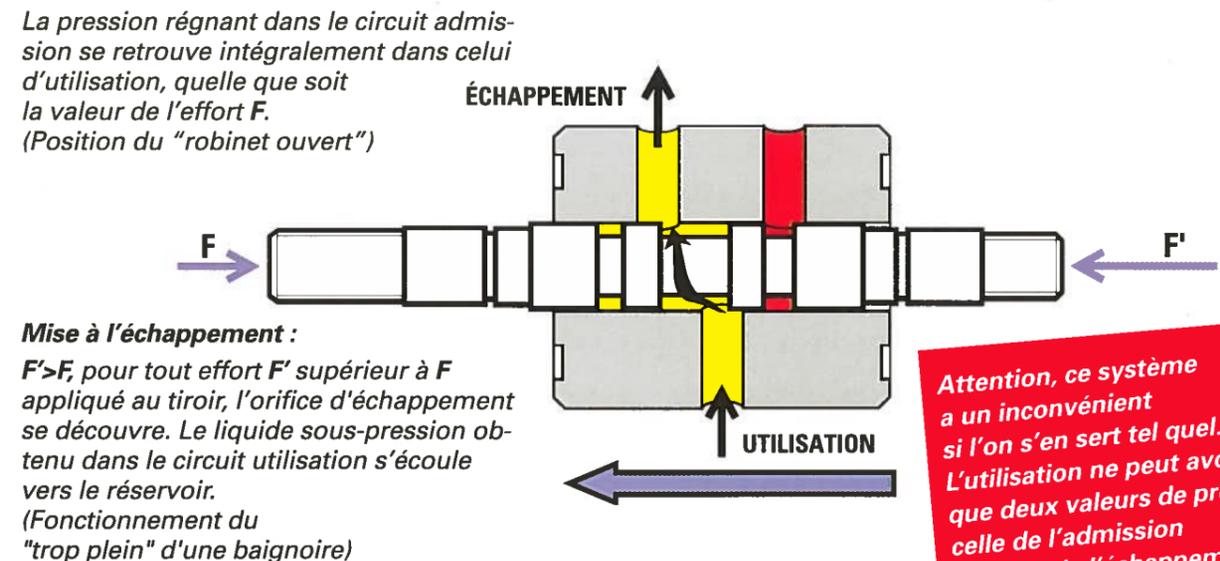
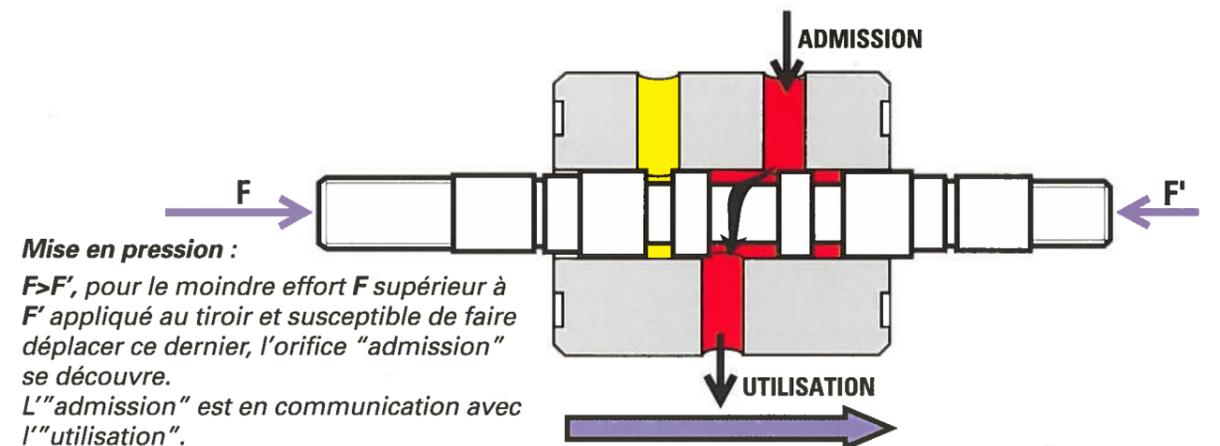
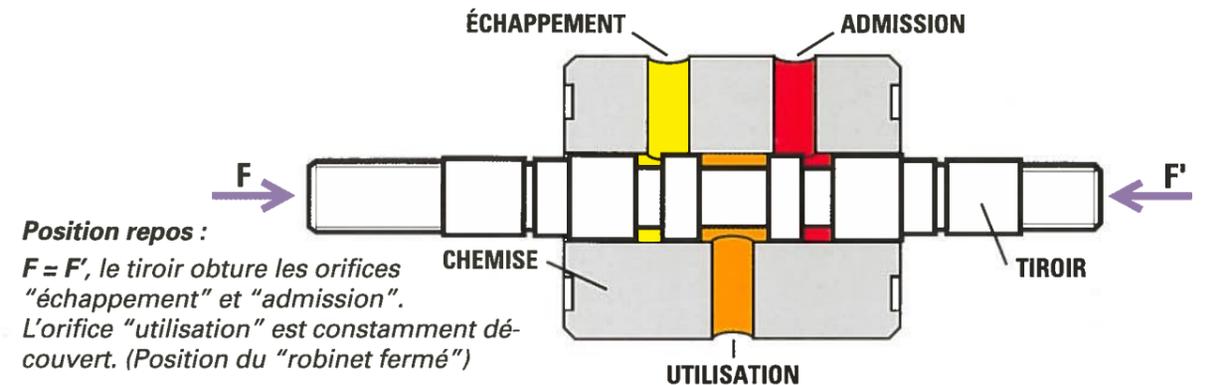
Le distributeur de pression

Le distributeur de pression fonctionne sur le même principe qu'un robinet. Il permet l'alimentation en liquide sous pression, ou l'échappement vers un réservoir d'un ou plusieurs circuits hydrauliques. Ces circuits sont les circuits "utilisation". Le distributeur de pression permet aussi d'isoler les circuits "utilisation" des circuits d'"admission" ou d'"échappement".

Il est composé d'un tiroir, comportant une ou plusieurs gorges circulaires, coulissant dans une chemise percée de plusieurs canalisations.

Seules les positions du tiroir fixent les conditions de fonctionnement du distributeur. Généralement actionné mécaniquement, il coulisse dans la chemise et permet de mettre en communication certaines des canalisations débouchant dans la chemise.

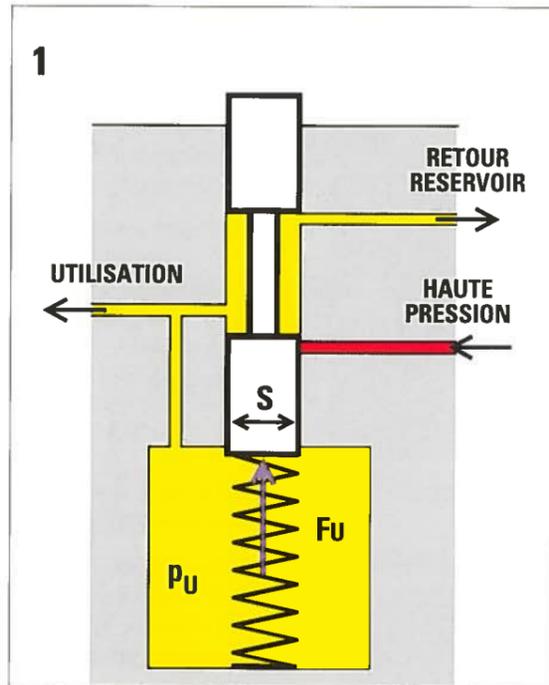
Fonctionnement d'un distributeur avec tiroir à double épaulement coulissant dans une chemise percée de 3 orifices.



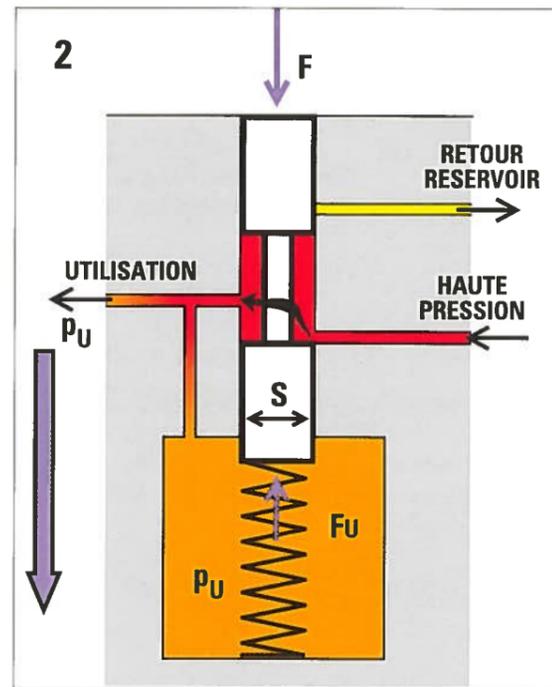
Attention, ce système a un inconvénient si l'on s'en sert tel quel. L'utilisation ne peut avoir que deux valeurs de pression : celle de l'admission ou celle de l'échappement.

Le régulateur de pression

Le régulateur de pression est un élément très important de "la direction assistée à efforts variables" et du freinage (que nous étudierons dans le cahier 5). C'est, en outre grâce à lui, que l'on peut obtenir un effort variable sur la direction en fonction de la vitesse du véhicule. Il permet de fournir une **pression proportionnelle à la force exercée sur le tiroir**.



Repos : sans action sur le tiroir, le ressort le repousse vers le haut. L'utilisation est en communication avec le réservoir. (Le ressort ayant pour seul rôle de replacer le tiroir, son tarage est très faible. Nous allons le négliger pour la suite.)



Mise en pression : on exerce une force sur le tiroir (exemple : 300 N avec un tiroir de 2 cm² de surface). Le tiroir descend, bouche le retour au réservoir et vient ouvrir la communication avec la haute-pression. La pression monte à l'utilisation et dans la chambre située sous le réservoir.

Bilan des forces :

$$F > Fu (= p_u \times S)$$

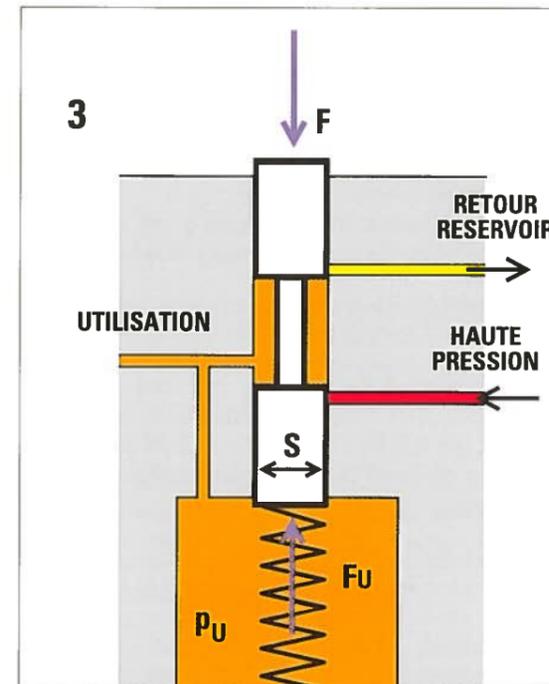
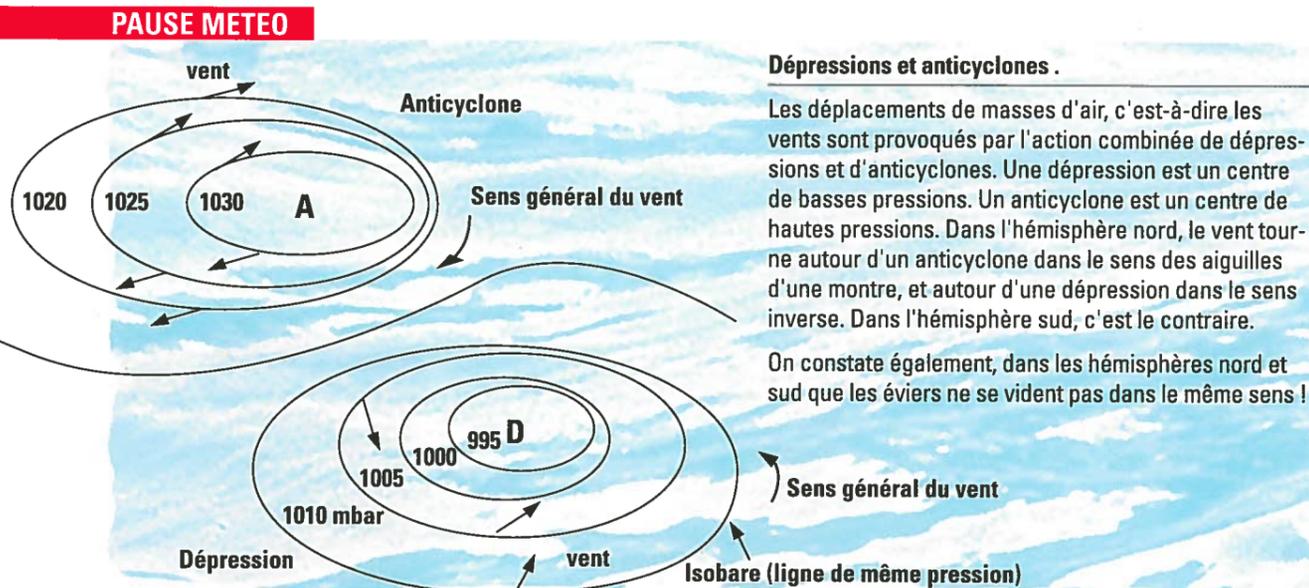
F = Force faisant descendre le tiroir

F_u = Force faisant monter le tiroir

Dépressions et anticyclones .

Les déplacements de masses d'air, c'est-à-dire les vents sont provoqués par l'action combinée de dépressions et d'anticyclones. Une dépression est un centre de basses pressions. Un anticyclone est un centre de hautes pressions. Dans l'hémisphère nord, le vent tourne autour d'un anticyclone dans le sens des aiguilles d'une montre, et autour d'une dépression dans le sens inverse. Dans l'hémisphère sud, c'est le contraire.

On constate également, dans les hémisphères nord et sud que les éviers ne se vident pas dans le même sens !



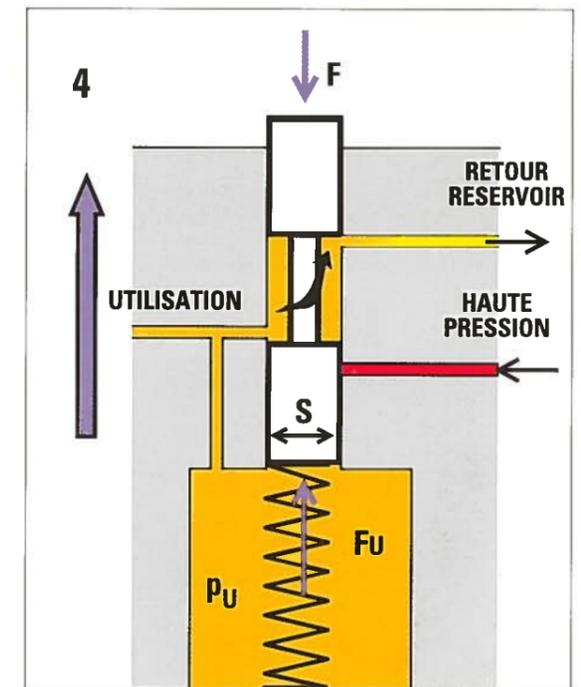
Equilibre : lorsque p_u atteint la valeur de 15 bar (150 N / cm²)

$$F_u = p_u \times S = 150 \times 2 = 300 \text{ N}$$

Le tiroir remonte par l'action du ressort. La pression d'utilisation ne varie plus.

Bilan des forces sur le tiroir :

$$F = F_u$$



Chute de pression : si F diminue (exemple : 200 N), F_u devient supérieure à F , et le tiroir remonte. On découvre la liaison avec le réservoir, et la pression diminue.

On revient en position d'équilibre quand $p = F / S = 200 / 2 = 100 \text{ N / cm}^2 = 10 \text{ bar}$

Bilan des forces sur le tiroir :

$$F < F_u$$

Dans la situation n° 3, la pression régulée p_r régnant dans le circuit "utilisation" est limitée à la valeur $p_u = F_u / S = F / S = 15 \text{ bar}$. Cette pression est indépendante de celle régnant dans le circuit d'admission de liquide à haute-pression. Si l'effort augmente, la valeur de la pression régulée augmente et inversement.

La valeur de l'effort F étant fixée :

- Si la pression diminue dans l'utilisation, F_u diminue et F devient alors supérieure à F_u . Le tiroir descend et l'admission communique avec l'utilisation. La pression p_u réaugmente.

- Si la pression monte dans l'utilisation, F_u augmente et devient supérieure à F . Le tiroir se déplace vers le haut et l'utilisation communique alors avec l'échappement. La pression p_r diminue.

- Ces deux possibilités, dues aux fuites et aux frottements entre tiroir et chemise, font que la

pression régulée oscille entre deux valeurs proches de la pression théorique : $p_r = F / S$.

Applications

- Si F est le tarage fixe d'un ressort, T , la pression régulée sera fixe et vaudra $p_r = T / S$. On a alors un régulateur de pression.

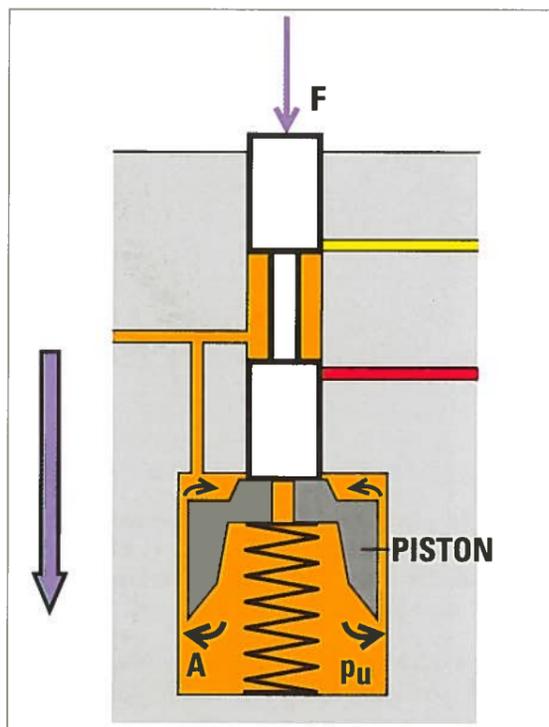
- Si F est un effort manuel variable ou le tarage variable d'un ressort (fonction par exemple du déplacement d'une pièce) la pression régulée sera proportionnelle à l'effort F fourni. C'est le cas pour le doseur de freinage ou le régulateur centrifuge de la direction assistée à effort variable en fonction de la vitesse.

En résumé

Nous pouvons dire que la pression régulée d'utilisation est :
- fonction de l'effort appliqué sur le tiroir,
- indépendante de la valeur de la haute-pression.

Le Dash-Pot

Le Dash-pot fonctionne sur le même principe simple qu'un sablier ou un entonnoir, qui consiste à freiner le déplacement du liquide en réduisant la taille du passage.

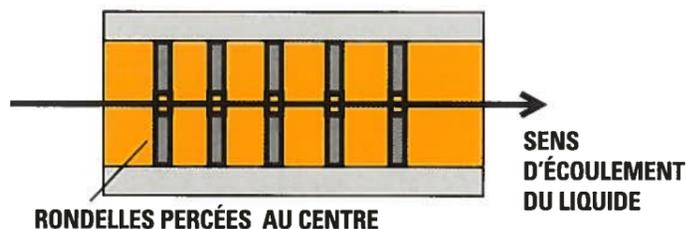


Doseur de pression avec Dash-pot : en appliquant une force F sur le tiroir, celui-ci descend. Il vient se plaquer sur le piston et l'entraîne. Le liquide contenu dans la chambre A doit s'évacuer pour laisser descendre le piston (liquide incompressible). Le seul passage peut se faire par le jeu compris entre l'alésage et le piston. Le passage étant très petit, le liquide met du temps à passer et retarde la descente du tiroir.

Si F diminue, le tiroir remonte rapidement, poussé par la pression p_u . Il n'est pas freiné par le piston. Celui-ci remonte avec un très léger retard poussé par le ressort. Grâce au trou central qui est alors découvert le liquide passe sans difficulté de la chambre A à la chambre B .

Ce système ne freine le tiroir qu'en montée en pression.

On peut aussi freiner le liquide par des rondelles percées de trous calibrés.



TUYAUTERIE ET ÉTANCHÉITÉ

Tout sur les tuyaux

Il existe 4 types de tuyaux :

- métalliques,
- en caoutchouc,
- en caoutchouc armé (flexible),
- en plastique.

Chaque tuyau a son usage :

Les tuyauteries métalliques sont utilisées pour canaliser le liquide sous pression.

Les diamètres extérieurs courants sont 3,5 mm, 4,5 mm et 6,35 mm.

En suspension hydractive, les canalisations reliant les éléments de suspension aux régulateurs de raideur sont d'un diamètre extérieur de 10 mm pour un diamètre intérieur de 8 mm.

Les tuyauteries, protégées par une peinture époxy, sont livrées en forme, prêtes à poser. Seules des tuyauteries d'origine pourront être utilisées pour des raisons de sécurité et de bon fonctionnement, aucune réparation n'est admise.

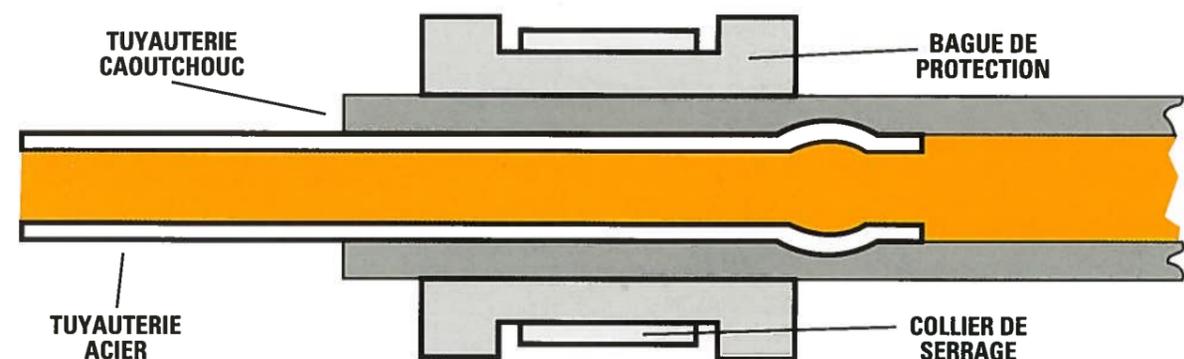
Les tuyauteries caoutchouc sont utilisées pour les retours de liquide des organes, l'aspiration de la pompe au réservoir et certains retours de fuites.

Les conduits flexibles (caoutchouc armé) sont utilisés, par exemple, entre les canalisations du châssis et des roues afin de permettre le débattement de celles-ci. En toile et caoutchouc spécial, ils sont conçus pour résister à des pressions très élevées, jusqu'à 700 bar, alors que la pression maxi dans le système de freinage hydraulique CITROËN est de 170 bar. Afin d'éliminer tout risque d'éclatement, la sécurité est parfois augmentée par le gainage de fils d'acier.

Les tuyauteries plastiques sont utilisées pour les retours de fuites (cylindre de suspension, correcteur de hauteur, ...) et pour les mises à l'air libre.

Ces tuyauteries peuvent être réparées par manchonnage, à condition qu'elles ne comprennent pas plus de deux manchons distants d'au moins 800 mm. Le manchon doit être collé (colle RILSAN) et la jonction ainsi réalisée doit être étanche à l'air sous une pression de 5 bar.

Comment assurer l'étanchéité?



Étanchéité par collier de serrage

L'étanchéité par collier de serrage.

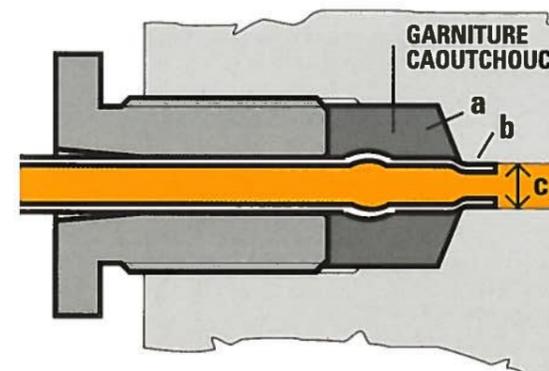
Ce montage permet de raccorder une tuyauterie caoutchouc sur une tuyauterie ou un raccord en acier ou matière plastique.

Entre la tuyauterie et le collier de serrage, on interpose une bague en caoutchouc.

Les garnitures caoutchouc.

Elles assurent l'étanchéité lors du montage des tuyauteries en acier sur les organes hydrauliques et raccords.

Cette étanchéité est assurée par la déformation du joint sous l'action de la pression. A chaque démontage, il faut remplacer les garnitures et nettoyer l'alésage avant de remonter.



Garniture caoutchouc

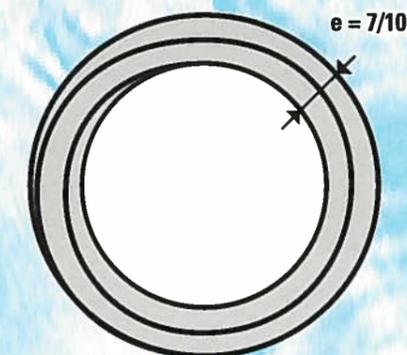
CONSEILS PRATIQUES

Comment procéder pour accoupler un raccord ?

- Placer la garniture a humectée de liquide LHM, sur le tube. Cette garniture doit être en retrait de l'extrémité b du tube.
- Présenter le tube suivant l'axe du trou et s'assurer que l'extrémité b pénètre dans l'alésage c .
- Faire prendre l'écrou à la main.
- Serrer modérément l'écrou. Un excès de serrage peut entraîner une fuite par déformation du tube.

Tuyauterie métallique.

Les tuyauteries métalliques sont constituées d'un feuillard en acier cuivré, roulé 2 fois sur lui-même. Le tube ainsi formé est brasé au four par diffusion du cuivre.



L'exploit quotidien d'Asnières.

C'est une véritable performance technologique qui se renouvelle quotidiennement à Asnières, l'usine de fabrication des organes hydrauliques CITROËN. Unique en son genre, cette unité de production permet l'usinage et l'assemblage de 50 000 pièces par jour au micron près (1 micron = 0,001 millimètre, équivalant à une feuille de papier à cigarette coupée en cinquante dans son épaisseur !). La sensibilité des déplacements demandée aux organes hydrauliques est tellement fine, que tout joint, même le plus minuscule perturberait les mécanismes. L'étanchéité est donc assurée, métal contre métal, en réduisant le jeu de fonctionnement à moins de trois microns et par un état de surface des pièces quasiment parfait. Les performances d'Asnières contribuent largement au renom des automobiles CITROËN à travers le monde. C'est d'ailleurs ici, que sont fabriqués les systèmes de suspension des Rolls Royces !

Couple de serrage :

diamètre du tube	couple de serrage
3,5 mm	0,8 à 0,9 m.daN
4,5 mm	0,8 à 0,9 m.daN
6,35 mm	0,9 à 1,1 m.daN
6,35 mm (répartiteur débit)	1,3 à 1,5 m.daN

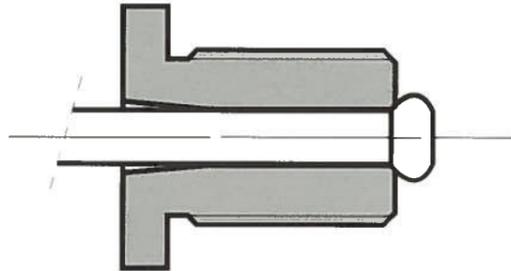
Les différents joints sont conçus pour être d'autant plus étanches que la pression est élevée.

En cas de fuite, vérifier le couple de serrage de l'écrou-raccord.

Si la fuite persiste, contrôler l'état du tube et changer la garniture si nécessaire.

Ces raccords sont dits "raccords Magès" (du nom du célèbre ingénieur CITROËN).

Dans la suspension hydraactive, et la pompe 6 et 6+2, on trouve des raccords ISO coniques sans garniture d'étanchéité.



Embout raccord ISO

Couple de serrage :

diamètre du tube	couple de serrage
6,35 mm	1,3 m.daN
10 mm	3 m.daN

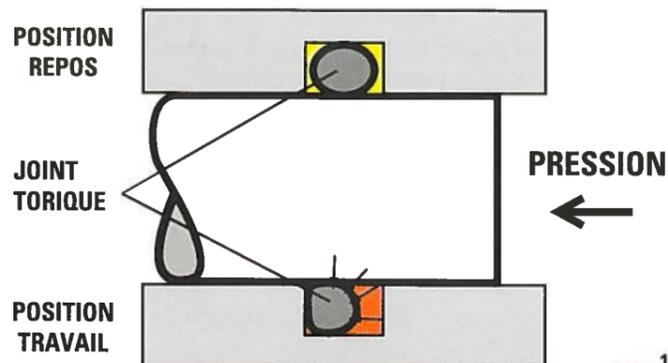
Les joints toriques.

L'étanchéité est assurée par la déformation du joint sous l'action de la pression. Pour que la pression puisse s'exercer, le diamètre du joint est inférieur à la largeur de la gorge et supérieur à sa profondeur.

Les joints toriques sont repérés en vert ou en blanc. Ce repère doit toujours être monté du côté de l'arrivée de la pression.

De plus, les joints doivent être humectés de LHM avant le montage.

Joint torique simple



Il peut survenir certains problèmes liés aux joints toriques : sous l'effet d'une forte pression, et s'il y a déplacement d'une pièce à l'autre (cas du bloc de suspension), le joint risque de s'extruder, c'est-à-dire, se déformer et vouloir passer entre les deux pièces.

Cela a pour conséquence, que le joint se déforme et se détruit rapidement. Le coulisserment sera rendu difficile. Pour éviter ces problèmes, on utilise des bagues en téflon.

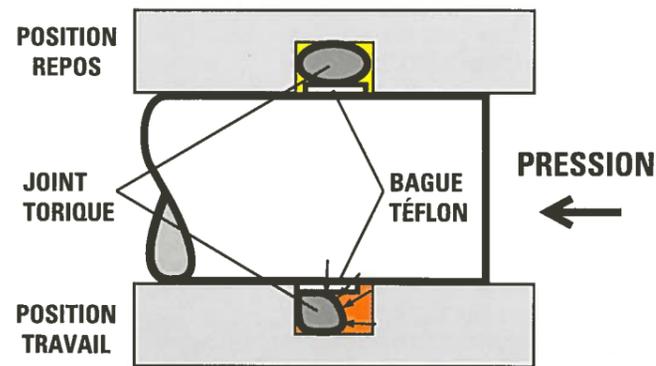
L'étanchéité par joint torique avec bague Téflon.

Sa fonction est d'assurer l'étanchéité entre des pièces soumises à de grands et fréquents déplacements comme la commande de crémaillère ou un cylindre de suspension.

Le Téflon possède un très faible coefficient de frottement et est indifférent aux huiles.

Par la pression, le joint torique plaque le joint Téflon qui assure l'étanchéité.

Joint torique avec bague de Téflon



Attention : Les systèmes que nous venons d'étudier sont rarement utilisés tels quels. Ils sont quelquefois combinés et améliorés par l'apport de l'électricité.

Par exemples :

Distributeur + Dash Pot
= Correcteur de hauteur.

Régulateur + navette
= Doseur compensateur.

On remplace parfois le distributeur par une électrovanne qui remplit le même rôle, mais qui a l'avantage d'être commandée par l'électricité.
(ex : la suspension hydraactive)

CONSEILS PRATIQUES



ATTENTION CERTAINES VÉRIFICATIONS SONT IMPÉRATIVES AVANT TOUTE INTERVENTION :

■ S'assurer qu'il n'existe pas de contrainte dans les commandes et les articulations mécaniques des organes incriminés.

■ Contrôler que le circuit haute-pression est en charge :

- faire tourner le moteur au ralenti,
- dévisser d'un tour la vis de détente du joncteur/disjoncteur (on doit percevoir un bruit de fuite),
- resserrer la vis de détente (on doit constater la disjonction en percevant une diminution du bruit de fonctionnement de la pompe HP).

S'il n'y a pas disjonction, vérifier :

- le niveau du liquide dans le réservoir de LHM,
- la propreté du filtre dans le réservoir,
- l'amorçage de la pompe HP,
- l'absence de prise d'air sur le circuit d'aspiration de la pompe,
- la mise en place de la bille située sous la vis de détente,
- le serrage correct de la vis de détente.

IMPORTANT

Le bon fonctionnement de la partie hydraulique exige une propreté parfaite du liquide et des organes hydrauliques.

Avant démontage :

- protéger le véhicule,
- déconnecter le câble de la borne négative de la batterie,
- faire chuter la pression dans les circuits : mettre le véhicule en position basse, desserrer la vis de détente du joncteur-disjoncteur, attendre l'affaissement complet de la suspension, (attention, si le véhicule comporte des systèmes évolués comme la DIRAVI, l'anti-affaissement ou la suspension hydraactive, d'autres précautions sont nécessaires pour vider les accumulateurs de freinage ou les sphères additionnelles, bien se rapporter au manuel de réparations), nettoyer soigneusement la zone de travail, les raccords, l'organe à déposer, en utilisant exclusivement de l'essence "C".

En cours de démontage :

- obturer les canalisations métalliques avec un bouchon et les tubes caoutchouc à l'aide de goupilles cylindriques,
- obturer les orifices des organes avec des bouchons appropriés, (tous les bouchons et goupilles doivent être soigneusement nettoyés avant utilisation).

En cours de montage :

Nettoyage

- Les tubes acier doivent être soufflés à l'air comprimé.
- Les tuyaux caoutchouc doivent être lavés à l'essence "C", puis soufflés à l'air comprimé.
- Les organes hydrauliques doivent être nettoyés à l'essence "C", puis soufflés à l'air comprimé.

A chaque intervention, il faut changer les joints d'étanchéité.

Lubrification

- Les joints et pièces internes doivent être humectés au LHM avant montage.
- Si les pièces en contact avec les organes hydrauliques doivent être graissées, utiliser exclusivement une graisse minérale (graisse à cardan ou graisse à roulement).

Attention, les tuyauteries métalliques sont fixées à l'aide de pattes équipées de garnitures caoutchouc. Ces garnitures sont importantes car elles permettent d'isoler la tuyauterie en cas de chocs hydrauliques. Ces chocs peuvent être très violents et casser la tuyauterie. Bien vérifier que les garnitures sont présentes.

Après travaux :

Après tous les travaux sur les organes ou sur le circuit hydraulique, vérifier :

- l'étanchéité des raccords,
- la garantie existant entre les tuyaux (les tuyaux ne doivent pas se toucher entre eux et ne doivent pas toucher un autre organe fixe ou mobile). Il faut 2 mm minimum entre un tube fixe et une pièce fixe, 10 mm minimum entre un tuyaux fixe et une pièce mobile.

Stockage des organes :

Les organes doivent être stockés, remplis de LHM et bouchés, conservés à l'abri des chocs et de la poussière.

Les tuyauteries caoutchouc et les joints doivent être conservés à l'abri de la poussière, de la chaleur et de la lumière.

Le liquide LHM doit être conservé dans les bidons d'origine, fermés.

Vidange du réservoir.

A effectuer suivant la préconisation du guide d'entretien.

Vidanger après avoir ramené le maximum de liquide au réservoir (suspension en position basse, accumulateur principal et de frein vidés) et manœuvrer lentement la direction de butée à butée pour vidanger le verin.



Nettoyage du filtre.

A effectuer suivant la préconisation du guide d'entretien. En effet, un filtre colmaté entraîne un mauvais fonctionnement du dispositif hydraulique.

Le filtre doit être nettoyé à l'essence "C" puis soufflé à l'air comprimé.