

HYDRAULIQUE HAUTE PRESSION

(Deel I)

Onderstaand treft u een vertaling aan van een folder die in december 1977 door Citroën werd uitgegeven. Deze folder beschrijft de werking van de hydraulique in onze wagens.

De datum van uitgifte geeft al aan dat de DS reeds uit produktie was, snif, snif. De DS wordt echter nog wel een aantal malen genoemd. Aangezien het karakter van de folder algemeen is - de werking van de hydraulique uitgelegd door middel van algemene (natuurkundige) wetten - leek het me toch een goed idee om de tekst met afbeeldingen in ons clubblad op te nemen.

Allereerst een opsomming van de onderwerpen (10) die aan bod gaan komen. Daarna de bedoelde teksten.

1. Inleiding / hoge druk hydraulique
2. Waarom adopteerde Citroën verfijnde hogedruk hydroliëk?
3. Bedrijfsprincipe van het hydropneumatische veersysteem
4. Schets en evaluatie van comfort
5. Bron van hoge druk hydraulique
6. Het remsysteem
7. Het geheim van het Citroën remsysteem
8. De problemen van het besturen van een automobiel
9. De technologie en het produceren van delen van het hydraulisch systeem
10. De bijdrage van hoge druk aan werkelijke veiligheid.

1. HOGE DRUK HYDRAULIQUE

Meer dan 3 miljoen Citroënkopers hebben veel te danken aan Edme Mariotte, een 17e eeuwse priester uit Bourgondië, aan Pierre Simon de Laplace, een markies en astroloog en aan de bekende Jansenist schrijver-filosofwetenschapper Blaise Pascal. Mariotte legde de volgende wet over de samendrukbaarheid van gassen neer: 'Het volume van een gasachtige massa is omgekeerd evenredig aan zijn druk'.

Laplace voegde er de parameter van temperatuurverandering - wanneer het gas snelle drukveranderingen ondergaat - aan toe. Pascal bewees de wet van evenwicht van vloeistoffen en integrale transmissie van drukveranderingen. Voeg hier het begrip automobiel aan toe en je hebt het hydropneumatische veersysteem.

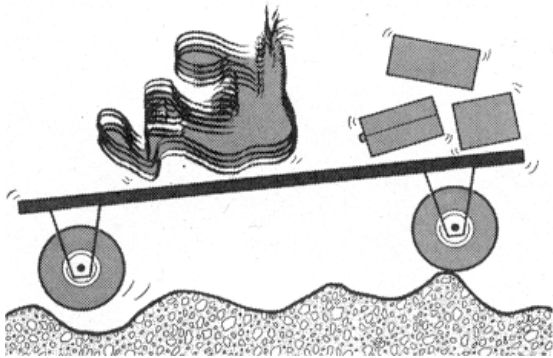
Jaren van onderzoek en drie eeuwen van experimenteren hebben geleid tot het ontwerpen van de opeenvolgende systemen van de 'Traction Avant 15 Six H', de DS, de GS (welke een groter aantal men-sen in staat stelde om te genieten van dit wereldse druksysteem), en de CX. Een hooggeplaatste ambtenaar van het Franse Ministerie van Industrie schreef recentelijk dat op het gebied van automobieltechniek sinds 1925 niets wezenlijks was uitgevonden, met uitzondering van het hydropneumatische veersysteem. Hoe dit systeem werkt en waarom het beter presteert dan ieder ander systeem, zijn de 2 vragen die we in de volgende bladzijden zullen beantwoorden.

2. WAAROM ADOPTEERDE CITROEN VERFIJNDE HOGE DRUK HYDRAULIQUE?

Het begon allemaal met het veersysteem. De oppervlakte van de wegen waarop auto's rijden is nooit perfect. Iedere weg, beter of slechter, laat een onvermijdelijke opeenvolging van gaten en ribbels zien die in diepte variëren. De wielen van een auto moeten daarom constant onderhandelen met de onregelmatigheden van het wegdek. Deze onderhandeling wordt vertaald in een voortdurende op- en neerbeweging van de wielnaven.

Als de carrosserie stijf wordt vastgemaakt aan de wielnaven worden de passagiers en goederen onderworpen aan - ontoelaatbare





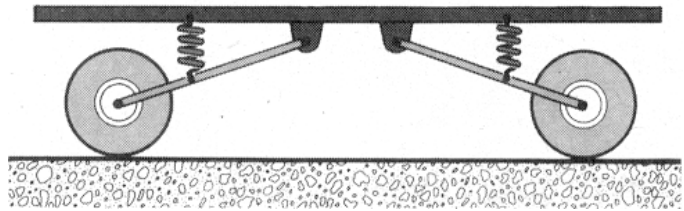
- trillingen en schokken. Dit beperkt het nut van het voertuig in zowel snelheid als reisduur.

Het doel van een veersysteem is het absorberen van bewegingen die veroorzaakt worden door onregelmatigheden in het wegdek.

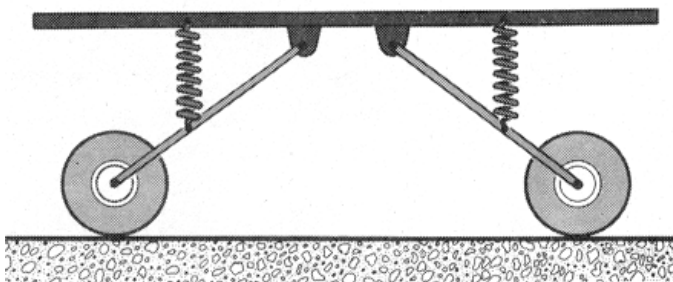
Deze veerfunctie wordt verzekerd door alle delen die de grond verbinden met de passagiers in het voertuig. De tussenkomst van een FLEXIBELE COMPONENT (zoals een veer) tussen het wiel en het chassis geeft het veerprincipe.

Kortom het veersysteem moet in het volgende voorzien:

- comfort voor de passagiers zowel als bescherming voor de mechanische delen
- wegligging en stabiliteit voor het voertuig

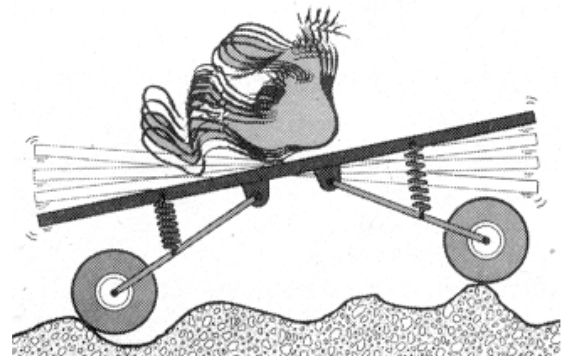


Om een acceptabel niveau van comfort te verkrijgen moet het veersysteem de oneffenheden van het wegdek zoveel mogelijk absorberen. Als de veer te star is, zullen de klappen slechts 'gedeeltelijk geabsorbeerd worden; ze worden volledig geabsorbeerd als de veer zachter, dus meer flexibel is. Dit maakt de voordelen van een in HOGE MATE FLEXIBEL veersysteem duidelijk.



Als het voertuig beweegt, genereert het effect van een oneffen wegdek een slingerbeweging. Een snelle opeenvolging van deze slingeren is zeer onplezierig en heeft een ongunstig effect op de wegligging.

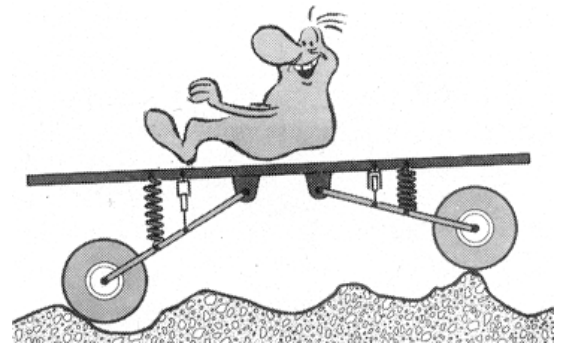
Het is daarom van belang de slingeren te beheersen op het moment dat ze zich beginnen voor te doen.

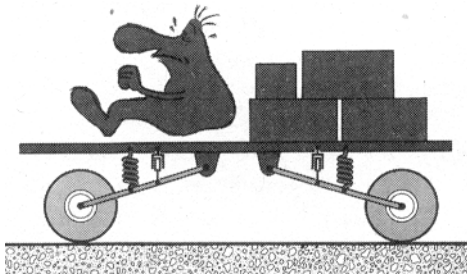


Dit is het nut van de SCHOKBREKER. Deze moet tegelijkertijd de slingeren van de carrosserie en die van de wielen tegengaan om te voorkomen dat de wielen gaan stuiten en om zeker te stellen dat ze permanent in contact blijven met de grond, dit overigens zonder de vering te stug te maken.

Om de voordelen van hoge flexibiliteit uit te kunnen leggen, kan men het volgende stellen:

- hoe hoger de flexibiliteit, hoe kleiner de reacties zijn die door de wielen aan de carrosserie doorgegeven worden. Dit resultaat is een hoog niveau van COMFORT.
- hoe hoger de flexibiliteit, gekoppeld aan een efficiënte schokdemping, hoe groter de hechting van de wielen aan het wegdek is. Het resultaat is een goede WEGLIkking.





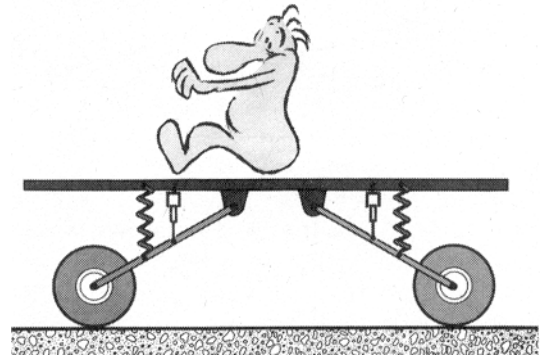
Het mag daarom aangenomen worden, dat als iemand beschikt over een zeer flexibel veersysteem met efficiënte schokbreking en een lange wielbasis, hij een uitstekende vering heeft

Dit is waar, maar alleen voor een voertuig met een vaste lading. Als de lading varieert, veranderen ook de werkcondities van het veersysteem.

Hoe zachter de vering, hoe verder de vering inzakt onder de lading. Deze verliest dan zijn flexibiliteit en veerkracht; onder een lading verliest het veersysteem zijn soepelheid.

Aan de andere kant, wanneer een auto zeer licht geladen is, rijdt deze te hoog. Het zwaartepunt is te hoog geplaatst en de wegligging lijdt hieronder.

Om de verschillende rijhoogten als gevolg van de verschillende ladingen te beperken, kan men natuurlijk stuggere veren plaatsen. Het comfort wordt dan verminderd.



Het onderzoeksteam van Citroën zag zich tegenover deze problemen geplaatst tijdens het ontwerpen van het veersysteem van de DS waarvan het doel was om een hoger niveau van comfort te verkrijgen bij 40 km per uur dan een 2CV bij 60 km per uur. Alleen een zeer hoge flexibiliteit, tot dan toe onbekend, zou bevredigend blijken te zijn.

Een aantal systemen werd onderzocht, variërend van één gebaseerd op rubber, tot torsiestangen met en zonder interactie (een prototype was uitgerust met 60 kg torsiestangen en ongeveer 20 hefbomen, gemonteerd op lagers, om de wrijving tegen te gaan). Dit was niet toereikend. Men moest verder denken dan de beperkingen van gewone materialen.

Er was nog een ander probleem: dat van de hoogte van het voertuig. Een verticale beweging van de carrosserie als gevolg van een minimale verandering in de lading was niet acceptabel. Er moest een methode gevonden worden om de carrosserie te stabiliseren op een gemiddelde hoogte. Dit terwijl de wagenhoogte een constante moest zijn, ongeacht de belasting van het voertuig.

MARIOTTE, LAPLACE EN PASCAL TER REDDING VAN CITROËN

De samendrukbaarheid van een gas, en zijn verandering in volume als een werking van druk geven een oplossing voor het probleem van het ontwerpen van een hoog veerkrachtige veer.

De wet van Mariotte:

Van een gegeven hoeveelheid gas die op een constante temperatuur wordt gehouden, is het product van het volume en de druk een constante. $P.V = \text{constant}$.

$P.V = K$ waarbij K een constante is.

Wanneer de temperatuur van het gas toeneemt, wordt de wet van Laplace

$$P.V_v = K V = 1,4$$

Dankzij het gebruik van een vloeistof kan de druk overgebracht worden en daardoor kan de wagenhoogte van het voertuig constant gehouden worden, ongeacht de lading, simpelweg door de hoeveelheid vloeistof te laten variëren.

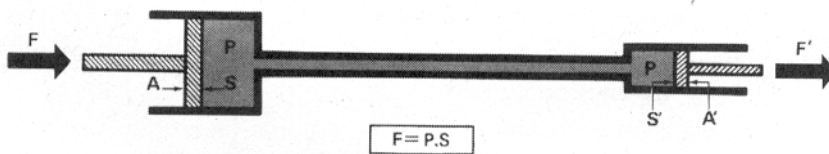
De wet van Pascal:

Wanneer druk wordt uitgeoefend op een vloeistof in een beperkte ruimte, wordt de druk volledig doorgegeven aan deze ruimte.

Toepassing:

Een kracht F aangewend langs de as van zuiger A , welke een oppervlakte heeft van S veroorzaakt in de vloeistof een drukstijging. $P = \frac{F}{S}$ en

genereert op de as van zuiger A' een kracht F' , zodat $F' = PS'$.



Voor een constante druk: door het oppervlak van de zuiger te verkleinen wordt de kracht verkleind. Door de oppervlakte te vergroten wordt de kracht vergroot.

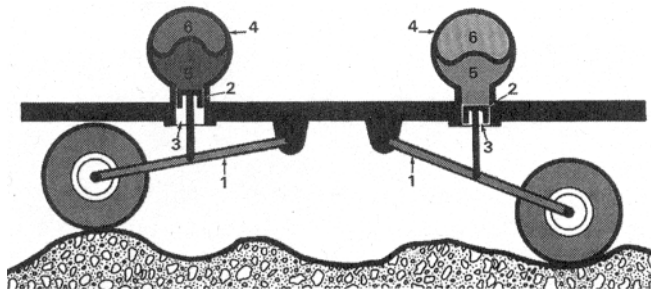
Volgende maand ga ik dus verder met het bedrijfsprincipe van het hydropneumatische veersysteem.

JAAP VAN DEN BERG.

Uit clubblad Citroën ID/DS Nederland, jr-nr: 16-7, (sept 1994), bladvolgnr: 141

HYDRAULIQUE HAUTE PRESSION (Deel 2)

HET BEDRIJFSPRINCIPE VAN HET HYDROPNEUMATISCHE VEERSYSTEEM



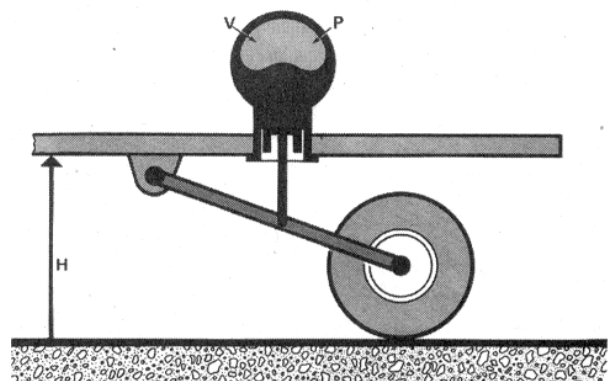
Elk onafhankelijk wiel is bevestigd aan de carrosserie door middel van een draagarm. Een zuiger (2) steekt als één geheel met de draagarm in de cylinder (3) en oefent een druk uit op de vloeistof (5) welke daarop via een tussenschot een in een bol (4) opgesloten constante hoeveelheid gas (stikstof) samendrukt.

Dit gas onder druk vormt de hydropneumatische veer.

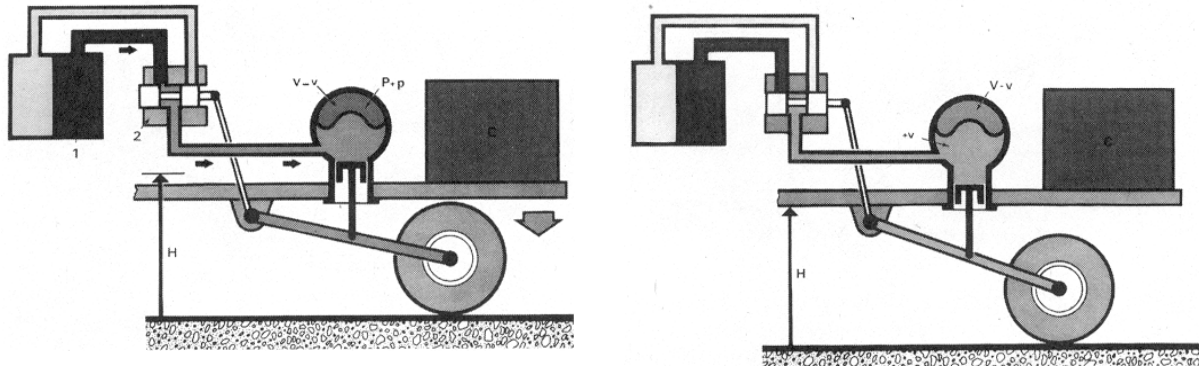
De hoeveelheid gas in de bol is een constante. Het volume en de druk van het gas zijn in verband te brengen met de volgende wet: Dit systeem levert een hoge flexibiliteit en een constante rijhoogte, ongeacht de lading.

Stikstof (N): Het is een kleurloos, geurloos edelgas. Het is een gasachtig element dat ongeveer 80% van de atmosfeer uitmaakt. De druk (P) van het gas neutraliseert continu het gewicht op de as. Wanneer het volume van het gas V is, is zijn druk P . Als de lading (C) toeneemt, neemt de gasdruk toe met p , dit veroorzaakt een volumeafname, v , en het voertuig daalt. Het volume van het gas is nu $v - v$.

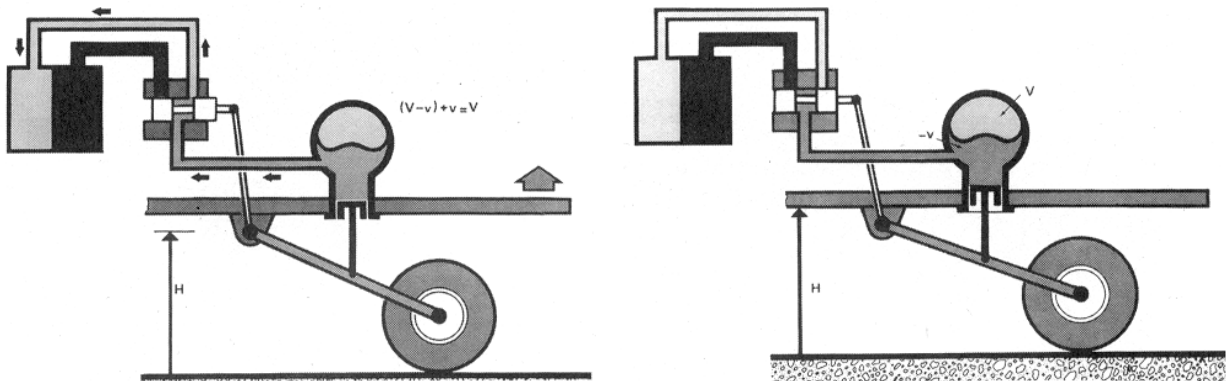
Om een constante rijhoogte van het voertuig te behouden is het voldoende om het verlies v in het gasvolume op te heffen door dezelfde hoeveelheid vloeistof toe te voegen.



Deze vloeistof toevoeging wordt verzorgd door een automatische klep (hoogteregelaar) welke op zijn beurt weer gevoed wordt door de drukbron.



Wanneer de lading C is verwijderd, is de gasdruk afgenomen, zijn volume neemt daardoor als volgt toe: $(V - v) + v = v$: het voertuig stijgt.



Het is dus nodig om een hoeveelheid vloeistof = v te verwijderen om terug te komen in de uitgangspositie. (Deze hoeveelheid vloeistof was eerst als compensatie voor lading C toegevoegd om de auto op de juiste rijhoogte te brengen.) Toevoegen en verwijderen van vloeistof wordt beheerst door een hoogteregelaar welke werkt als een klep.

Wanneer de hoogte van het voertuig varieert in relatie met de weg, zet de stabilisatorstang, die de draagarmen met elkaar verbindt, de zuiger in de hoogteregelaar in werking. Deze laat op zijn beurt vloeistof onder druk tot de veercylinders toe (toevoegen van vloeistof) danwel laat de vloeistof retour gaan (verwijderen van vloeistof). Er is een hoogteregelaar voor iedere as.

Verder, een handmatig te bedienen pookje voor de hoogte-instelling maakt het mogelijk om de rijhoogte te veranderen wanneer dat gewenst wordt.

Er wordt dan direct ingegrepen op de werking van de hoogteregelaar (vloeistof wordt toegevoegd danwel afgevoerd zonder rekening te houden met veranderingen in de lading).

Een ander vraagstuk stak de kop op: dat van schokbreken: in iedere auto is op ieder wiel een zeer belangrijk onderdeel gemonteerd dat deel uitmaakt van het veersysteem: de schokbreker. Dit onderdeel bestaat uit een precisie gefabriceerde cilinder, gevuld met olie waarin een geperforeerde zuiger, gemonteerd met kleppen, op en neer gaat.

Sommige schokbrekers hebben een voorraadslang, andere hebben een gaskamer onder druk. Beweging van de zuiger dwingt de vloeistof van de ene kamer naar de andere te gaan via de kleppen welke de beweging afremmen.

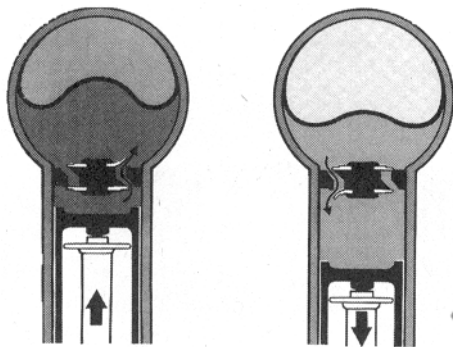
De dichting van een schokbreker is de meest belangrijke factor voor een goede werking. Ieder verlies van vloeistof in de atmosfeer is onvervangbaar, schokbrekers worden daarom gezien als te vervangen voorwerpen. Het is gevaarlijk om niet op tijd de afnemende werking van de demping op te merken.

De schokbrekers van het hydropneumatisch veersysteem zijn gebaseerd op veel simpeler technieken dan het standaardtype.

Daar een gewone vloeistof wordt gebruikt, is het afremmen van de vloeistofstroom van de drukcilinder naar het tussenschot van de bol de oplossing om een efficiënte schokbreking te krijgen.

De schokbreker is gemonteerd tussen de bol en de zuiger. In de demping wordt voorzien door

de vloeistofstroom in beide richtingen af te remmen. Dit vindt plaats door middel van gekalibreerde poorten die versperd worden door flexibele bladen welke tot op zekere hoogte verbuigen wanneer ze onderworpen worden aan de vloeistof onder druk, om de vloeistof door te laten.

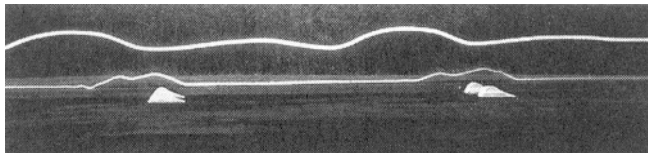


De schokbreker, werkend als een integraal deel van het veersysteem, staat daarom altijd onder druk (dit sluit ieder risico op het vormen van kleine gasbubbeltjes in de vloeistof uit) en verzekert een effectieve demping van zelfs de meest onbelangrijke bewegingen van het wiel.

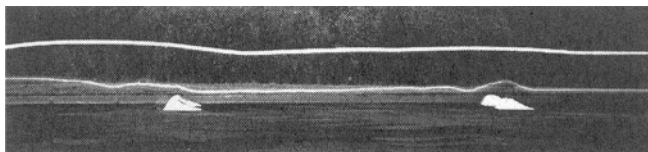
De onderhoudskosten van deze onderdelen zijn te verwaarlozen omdat ze zo goed als niet slijten. Het is daarom ook niet nodig om ze periodiek te vervangen zoals het geval is bij het conventionele veersysteem.

SCHETS EN EVALUATIE VAN COMFORT

Op 2 auto's werden spotlampjes gemonteerd, één auto met stalen veersysteem en de ander met hydropneumatische vering. Een gele lamp werd gemonteerd op de carrosserie en een rode op de wielnaaf.



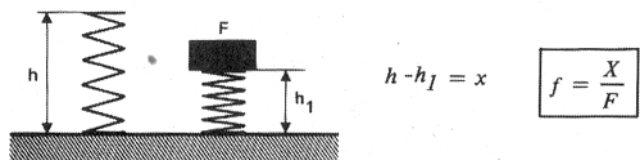
←Foto van de auto met standaard vering over een bult; de grootte van de carrosseriebeweging (lichte lijn) na de bult is aanzienlijk (hoogte van de bult: 18 cm.)



←Foto van de auto met hydropneumatische vering over dezelfde bult: let op de afwezigheid van carrosseriebeweging na de bult.

COMFORT KAN GEMETEN WORDEN.

Het basisprincipe van vering bestaat uit een afgeveerd gewicht en een veer. De flexibiliteit (f) van een veer wordt uitgedrukt in termen van de verandering (x) van zijn hoogte (h) wanneer deze een verandering in de lading ondergaat van 100 kg (belasting F op de veer). Het wordt uitgedrukt

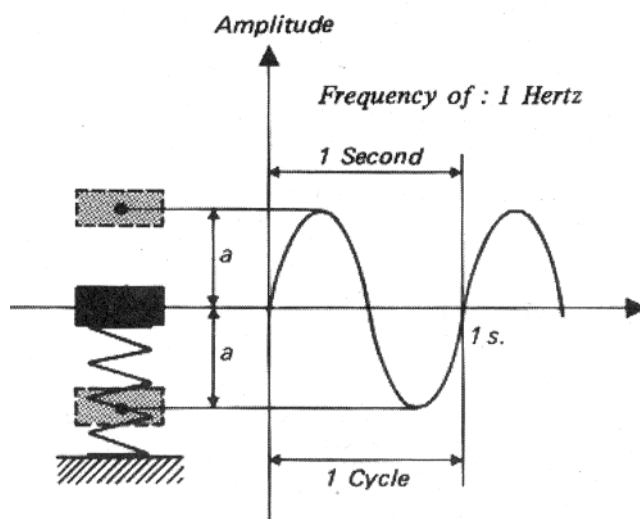


Het principe van trilling.

Startend vanuit positie O van een statisch evenwicht wordt een afgeveerd gewicht bewogen over een afstand (a). Als op het gewicht uitgeoefende kracht plotseling wegvalt, zal het gewicht in de omgekeerde richting gaan bewegen over de afstand $2a$, dit betekent dat een geregeld terugkomende aanzet van slingerbeweging $2a$ werd veroorzaakt met een even-

wichtspositie O als midden. Deze terugkomende beweging heeft een frequentie N die gemakkelijk in relatie tot tijd gedefinieerd wordt: ze wordt uitgedrukt in hertz (1 hertz = 1 cyclus per seconde)

Voorbeeld van een slingerbeweging met een frequentie van 1 hertz (ofwel 1 cyclus per seconde)



Hoe flexibeler de veer voor een bepaald gewicht is, hoe langer de cyclus wordt (en dus hoe langzamer de slingerbeweging zal zijn).

Een veersysteem met een cyclus van 1 hertz wordt als bevredigend beschouwd. Inderdaad de kwaliteit van een goed veersysteem wordt uitgedrukt in termen van de individuele theoretische frequentie op iedere as. Deze frequentie beschouwt zowel de flexibiliteit van de veer (of zijn stugheid) en het afgeveerde gewicht van het voertuig.

frequentie:
waarin M = gewicht

K = stugheid van de veer

Het is een vergissing om de kwaliteit van een veersysteem uitsluitend te definiëren in termen van flexibiliteit, omdat dit het gewicht van de auto buiten beschouwing laat.

Voorbeeld:

Een klasse wagen en een middenklasse wagen kunnen dezelfde flexibiliteit in vering hebben en daarmee dezelfde veren, wat betekent dat ze bij een gegeven lading dezelfde daling zouden vertonen. Maar hun ongeladen afgeveerd gewicht is sterk vérschillend. Dus, voor een afgeladen gewicht van bijvoorbeeld 400 kg zou de veerfrequentie van de klassewagen 1 hertz zijn (goede vering) en voor het afgeveerd gewicht van 200 kg per wiel bij de goedkopere auto zou de frequentie 1,4 hertz zijn (stijve en stugge vering).

Frequentie-schaal.

Vering wordt meervering wordt steeds en meer comfortabel / minder comfortabel

0,5 hz	1 hz	5 hz
zeer zachte	Goed	Stug veer-
meegevende vering	veersysteem	systeem

Voorbeeld:

de frequentie van een ongeladen CX is de volgende:

- aan de voorkant 0,595 hz
- aan de achterkant 0,520 hz

NOTA BENE: De waarde van de frequentie is een noodzakelijke voorwaarde maar is op zichzelf niet voldoende. Het is duidelijk dat we ook adequate schokbrekers, onafhankelijke wielophanging, stabilisators en wegligging nodig hebben.

Wordt vervolgd, Roulez doucement.

JAAP VAN DEN BERG

HYDRAULIQUE HAUTE PRESSION DEEL 3

Speciale kenmerken van het hydropneumatische veersysteem

Wegligging - vering

Het zeer flexibele hydropneumatische veersysteem stelt ons in staat om de krachten die de wielen contact met het wegdek laten houden zo constant mogelijk te laten zijn. Door de automatische hoogte-correctie die nodig is bij de hoge flexibiliteit van het systeem, kan het zwaartepunt laag gehouden worden; dit komt de stabiliteit ten goede.

Deze kenmerken verzekeren een goede wegligging en daardoor een grotere veiligheid.

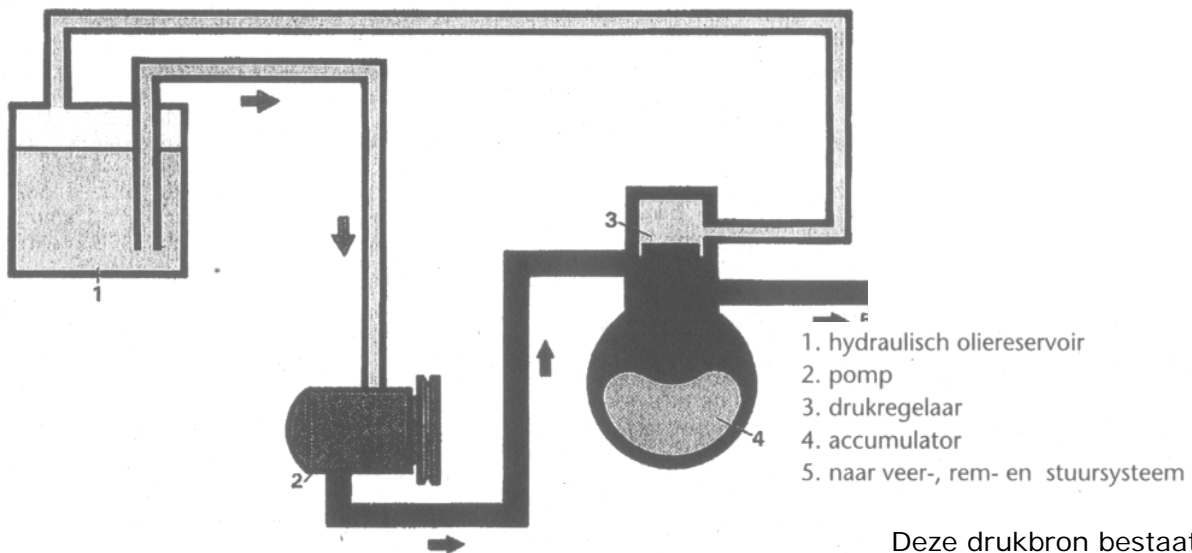
Afgezien van wegligging en comfort, heeft het hydropneumatische veersysteem nog andere voordelen. De constante rijhoogte staat toe dat de auto beladen wordt zonder dat haar goede rijeigenschappen nadelig beïnvloed worden. Het trekken van een caravan of aanhanger levert geen enkel probleem op: de achterkant van de wagen daalt in het geheel niet.

De mogelijkheid om handmatig de hoogte te manipuleren stelt ons in staat om:

- de wielen te vervangen zonder noemenswaardige inspanning
- de kofferbak naar boven of naar beneden te brengen
- de rijhoogte te verhogen om over zeer slechte wegen te kunnen rijden.

HET HYDRAULISCH HOGE-DRUKSYSTEEM

Het is al aan de orde geweest dat het nodig is om vloeistof onder druk aan te voeren dan wel af te voeren om het voertuig op zijn normale rijhoogte te houden wanneer de lading verandert. Dit wordt uitgevoerd door de drukbron.



AANVOER

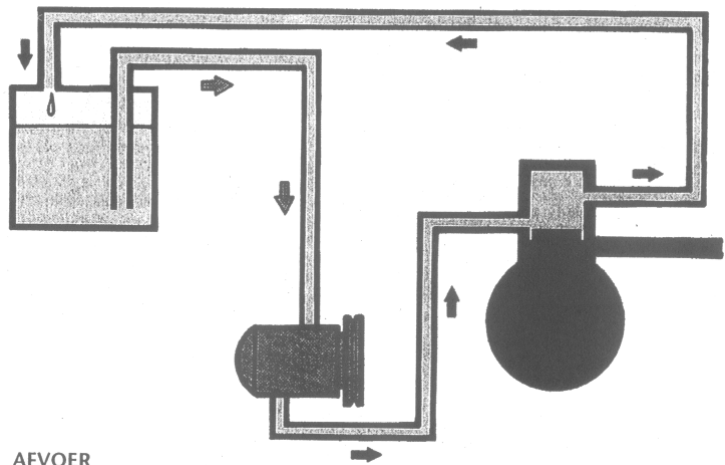
Deze drukbron bestaat uit een reservoir waarin zich een minerale olie bevindt, een pomp, een drukregelaar en een accumulator.

* Het reservoir

Deze bevat de vloeistof die nodig is voor de werking van alle hydraulisch organen van het voertuig, het bergt een filter, een decanteer- en een anti-emulsiesysteem in zich.

* De hogedrukpomp

Deze wordt door de motor aangedreven en levert vloeistof onder druk. Hij levert 2,85 kubieke centimeter per rotatie als er sprake is van de hogedrukpomp met zeven zuigers (zoals deze wordt gemonteerd in de CX met stuurbekrachtiging) en 1,18 kubieke centimeter per slag van de wisselslagpomp met één zuiger (deze wordt gemonteerd in de CX zonder stuurbekrachtiging en de GS).



* De drukregelaar

Deze is geplaatst tussen de pomp en de accumulator. Hij stopt de aanvoer wanneer de vloeistofdruk in de accumulator het maximum van 170 bar bereikt (uitvaldruk) en staat de aanvoer weer toe wanneer de druk onder het minimum van 145 bar daalt (invaldruk).

* De accumulator

Dit is een reservoir waarin hydraulische vloeistof die door de pomp geleverd wordt onder druk wordt opgeslagen. (Dit kan worden vergeleken met een accu waarin stroom wordt opgeslagen). De vloeistof in de accumulator is een constante energiebron die, zelfs wanneer ze onregelmatig bevoorradt wordt, een constante opbrengst kan verzorgen.

De accumulator heeft de volgende voordelen:

- een noodvoorziening in drukenergie in het geval de pomp uitvalt,
- ze houdt de vloeistof onder hoge druk voor langere tijd vast, zonder dat de pomp steeds moet draaien.

Ze bestaat uit twee kamers met een variabel volume, gescheiden door een tussenschot. De ene kamer bevat stikstof onder druk, de andere bevat vloeistof onder druk.

Daar deze (opslag)bron van vloeistof onder druk nodig was voor de werking van het hydropneumatische systeem, was het gemakkelijk om haar ook te gebruiken voor andere functies zoals bijvoorbeeld sturen en remmen. Ze werd hier dan ook voor toegepast. Dit weloverwogen gebruik is in een aantal opzichten vergelijkbaar met dat van de accu. In eerste instantie gebruikt voor de verlichting, naderhand ook voor het starten van de motor, de ruitwissers, elektrische ramen etc.

6. HET REMSYSTEEM

Remmen werden oorspronkelijk bediend door middel van kabels en hefbomen. Deze methode is nog steeds in gebruik voor de handrembediening (parkeerrem).

De problemen die de plaats voor de benodigde kabels opleveren, de complexiteit van de , contrakrachten, de slijtage en de vervorming van de onderdelen als gevolg van de noodstoppen - waarbij veel kracht komt kijken - noodzaakten de ontwerpers om een hydraulisch systeem te overwegen.

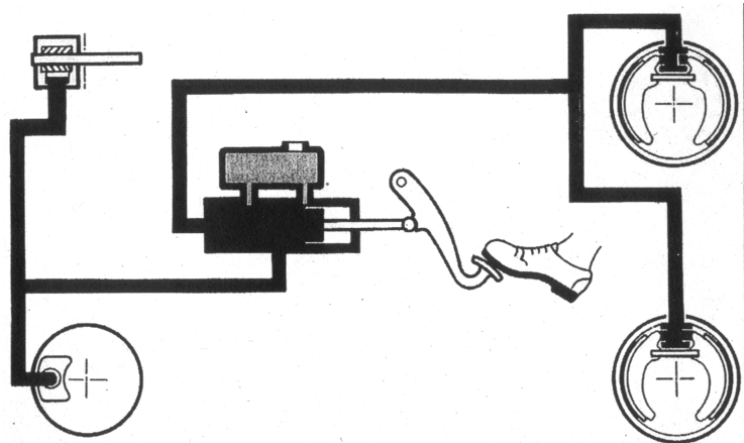
De eerste patenten die op deze methode gestoeld zijn, dateren van 1903. Lockheed ontwikkelde het in 1923. In Frankrijk waren Mathis en Citroën de eersten die het in productie brachten. De eerste 'Tractions' (mei 1934) waren reeds voorzien van een hydraulisch remsysteem.

Het tegenwoordig meest toegepaste hydraulische systeem ziet u afgebeeld op de navolgende tekening.

In de druk naar iedere remeenheid wordt voorzien door een kleine pomp die ' hoofdcilinder' genoemd wordt. Deze wordt bediend door het rempedaal dat op zijn beurt weer ingedrukt wordt door de bestuurder.

Dit systeem is goed genoeg voor relatief lichte en langzame voertuigen; voor zwaardere en snellere voertuigen werkt het niet. De druk in iedere remeenheid moet dan opgevoerd worden om een effectievere remkracht te verkrijgen.

De kracht die de bestuurder uitoefent wordt beperkt door zijn eigen kracht dan wel de afstand waarover het rempedaal zich beweegt als de druk moet toe- of afnemen. Daarom is een zekere externe hulp noodzakelijk. Dit kan op 2 manieren bereikt worden:



1. In de toegevoegde druk wordt voorzien door een motor die begint te werken als de druk wegvalt, of door een compressor. De hoofdcilinder blijft samen met de mechanische overbrenging bestaan.
2. Vloeistof onder druk die geleverd wordt door een pomp, wordt direct gebruikt in de remeenheden middels een remventiel dat in beweging wordt gezet door de bestuurder. Zowel de mechanische overbrenging als de hoofdcilinder zijn nu overbodig. Dit principe wordt door Citroën toegepast in de CX en GS. Echter, de vloeistofdruk die door de pomp geleverd wordt is ongeveer 170 bar, dit is teveel voor de rem. De druk moet daarom worden verminderd.

Helaas, het voert te ver om deze maand het remsysteem helemaal uit te werken. De volgende keer ga ik door met de paragraaf 'het geheim van het remsysteem van Citroën'. Kan nooit een groot geheim zijn als ze 't in een folder zetten....

JAAP VAN DEN BERG

Uit: clubblad Citroën ID/DS Nederland, jr-nr: 17-1, (jan 1994), bladvolgnr: 146

Hydraulique Haut Pression

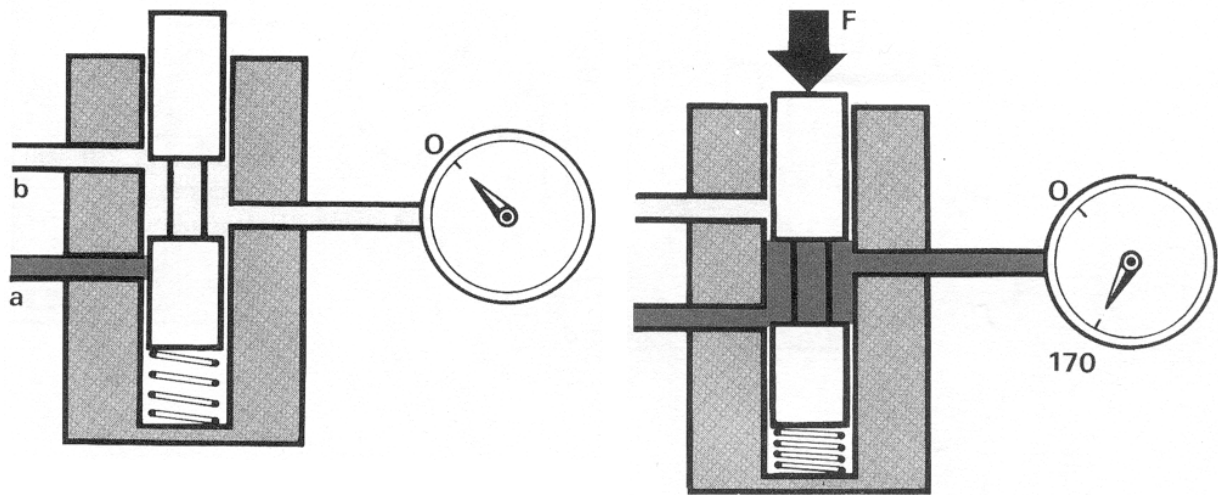
deel 4

Het geheim van het Citroën remsysteem

Een zuiger beweegt zich in een cilinder met 3 poorten zoals hieronder afgebeeld. De eerste poort (a) wordt voorzien van vloeistof met 170 bar druk.

De tweede poort (b) is de teruggave aan het reservoir (luchtdruk), de derde poort (c) is verbonden met een manometer.

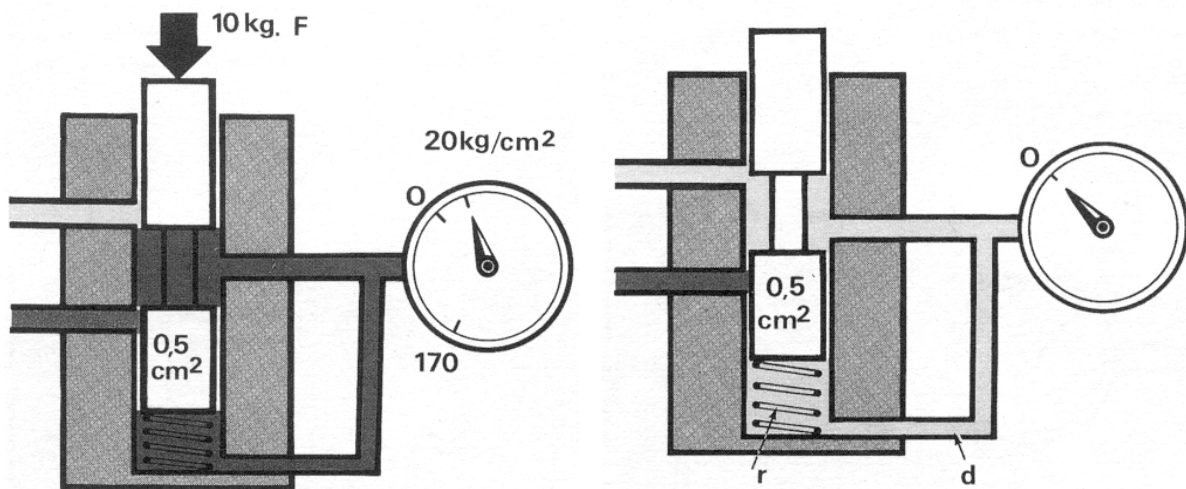
Een kracht F , uitgeoefend op de zuiger, zorgt ervoor dat deze de poort (b) afsluit en de poort (a) vrijmaakt: de vloeistof onder druk bereikt de manometer welke de inlaatdruk registreert, bij voorbeeld 170 kg/cm² (= 170 bar).



Als de kracht F wordt opgeheven, gaat de zuiger omhoog, sluit poort **a** af en opent poort **b**. De manometer keert terug naar 0. Feitelijk is dit systeem een driewegkraan (type hoogtecorrectie).

Echter als poort **c** verbonden is met het laagste deel van de zuiger wordt de driewegkraan een drukvormer.

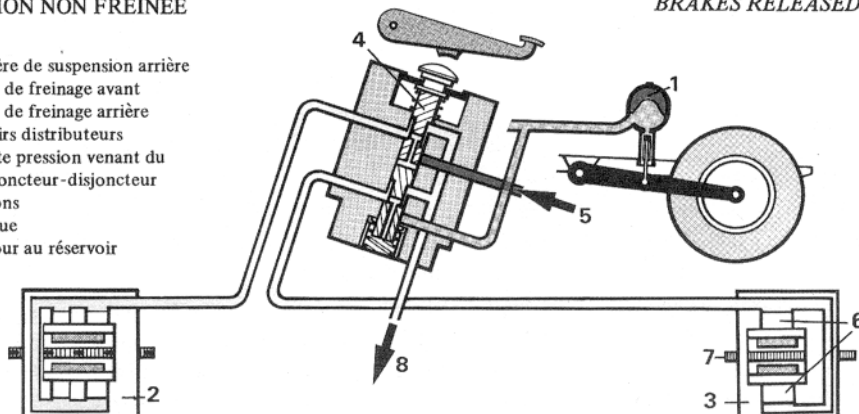
Een kracht die wordt uitgeoefend op de zuiger staat de vloeistof toe om naar de manometer en onder de zuiger te vloeien; hierdoor wordt de kracht in balans gebracht.



POSITION NON FREINEE

BRAKES RELEASED

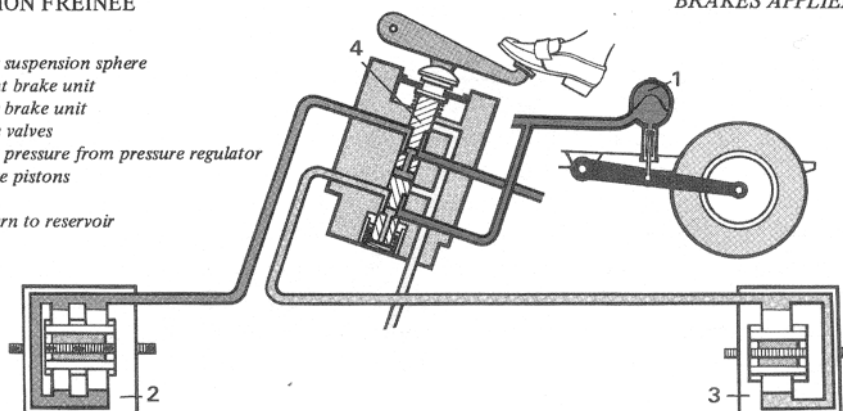
- 1 Sphère de suspension arrière
- 2 Bloc de freinage avant
- 3 Bloc de freinage arrière
- 4 Tiroirs distributeurs
- 5 Haute pression venant du conjoncteur-disjoncteur
- 6 Pistons
- 7 Disque
- 8 Retour au réservoir



POSITION FREINEE

BRAKES APPLIED

- 1 Rear suspension sphere
- 2 Front brake unit
- 3 Rear brake unit
- 4 Slide valves
- 5 High pressure from pressure regulator
- 6 Brake pistons
- 7 Disc
- 8 Return to reservoir



Voorbeeld: De volgende formule wordt toegepast:

$F = p \times S$ (hierbij is $F =$ kracht, $p =$ druk en $S =$ oppervlakte).

Met een zuigeroppervlakte van $0,5 \text{ cm}^2$ en een kracht van 10 kgf , zal de verkregen druk 20 kg/cm^2 zijn, als volgt:

$P = \frac{F}{S}$	r: te verwaarlozen	$P = \frac{10}{0,5}$	$P = 20 \text{ kg/cm}^2$
-------------------	--------------------	----------------------	--------------------------

Uitgedrukt in nieuwe eenheden wordt dit:

$P \text{ (in Pa)} = \frac{F \text{ (in N)}}{S \text{ (in cm}^2)}$	$P = 98,1 = 1.962.000 \text{ Pa}$ ofwel $19,62 \text{ bars}$	(Pa = Pascals, N = Newtons)
	$0,5 \times 10^{-4}$	

Als $F = 25 \text{ kgf}$ ($245,3 \text{ N}$), zal de druk 50 kg/cm^2 ($4.904.500 \text{ Pa}$ of $49,04 \text{ bars}$) zijn, etc.....

De druk die geleverd wordt, verhoudt zich proportioneel tot de kracht die door de bestuurder uitgeoefend wordt, dit was het doel dat bereikt moest worden.

De hydraulische bediening van het remsysteem van de CX en de GS werken volgens hetzelfde principe.

Er worden twee zuigers bediend; één voorziet de voorremmen van vloeistof onder druk, geleverd door de voorraadbol, de andere voorziet de achterremmen van vloeistof onder druk geleverd door de achtervering.

De twee tekeningen hieronder illustreren het remsysteem van de CX

Bijzonderheden van het Citroën remsysteem

Ieder remcircuit heeft zijn eigen reserve van vloeistof onder hoge druk. De drukvoorziening van de voor- en achterremmen wordt verzorgd door 2 zuigers, dit om in 2 afzonderlijke remcircuits te voorzien.

Het feit dat de remmen direct vanuit de voorraadbol gevoed worden, zorgt ervoor dat de 'responsetijd' van het remcircuit verminderd kan worden. Ook de korte slag die het rempedaal moet maken helpt; deze is slechts 1 cm in tegenstelling tot $5 \text{ à } 6 \text{ cm}$ bij een conventioneel systeem.

Iedere mogelijkheid voor de vloeistof om een weg met minder weerstand te kiezen (waarvoor een progressieve automatische opbouw van de oliedruk wordt toegestaan) is uitgesloten, dit omdat een progressieve opbouw een zekere vertraging zou opleveren, welke tijdens een paniekstop waarin iedere fractie van een seconde telt, niet getolereerd kan worden.

In termen van veiligheid: het voorzien van het remsysteem vanaf de voorraadbol heeft een voordeel dat door ervaring steeds opnieuw wordt aangetoond. De druk die aan de remunits wordt geleverd is bij een gelijke druk op het rempedaal het dubbele van de druk in een conventioneel niet bekrachtigd systeem.

Tenslotte hogedrukvoorziening betekent dat de volledige werking in stand wordt gehouden, ook in het geval van vapourlock, fading of lekkage van vloeistof (door reserve-vloeistof onder druk). Er is voldoende vloeistof aanwezig: 3 tot 5 liter.

Problemen van het besturen van een automobiel:

Een prettig stuursysteem kan gevat worden in termen van het gemak waarmee de bestuurder zijn voertuig onder alle omstandigheden kan sturen met een minimum aan inspanning en spanning en een maximum aan comfort en veiligheid.

Als er een grote kracht nodig is om het stuur te draaien en er veel sturbeweging (aantal stuurslagen) nodig is om de wielen te draaien, dan levert dit vermoeidheid en onveiligheid op. In het geval van een bovenklasse-wagen met een behoorlijk gewicht wordt de inspanning aan het stuurwiel (nodig om de wielen te draaien) zeer aanzienlijk.

Om deze inspanning te verminderen bestaan verschillende oplossingen:

- * In het geval van handmatige besturing is het onmogelijk om tegelijkertijd de inspanning en het aantal stuurslagen te verminderen. Dit brengt iemand ertoe om te kiezen voor een lage besturingsoverbrenging om de inspanning aan het stuurwiel te verminderen. Dit veroorzaakt echter weer dat op hetzelfde moment het aantal benodigde stuurslagen toeneemt. Dit laat op zijn beurt het niveau van handelbaarheid en stuurbaarheid van de auto dalen (onnauwkeurige besturing).
- * In het geval van conventionele sturbekrachtiging is de keus gemaakt om de inspanning aan het stuurwiel bij het manoeuvreren te verminderen door een hydraulische vijzel te monteren welke de besturing bekrachtigt. De overbrengingsvertraging is hierdoor overbodig geworden. Echter, het is hiermee onmogelijk om een stuursysteem te produceren dat stuurvastheid geeft bij hoge snelheid en tegelijk licht stuurt bij parkeersnelheid.

Een nieuw compromis moest gevonden worden; in zijn algemeenheid gesproken prefereren klanten een hoge mate van ondersteuning bij parkeermanoeuvres. Om echter te voorkomen dat bij hoge snelheid plotselinge koersveranderingen kunnen optreden doordat de besturing te licht is, prefereren ze het om de overbrengingsvertraging gering te houden, dit betekent dat het aantal stuurslagen te hoog blijft.

Met andere woorden, met het compromis dat het conventionele sturbekrachtigingssysteem biedt, wordt geen van de drie vereisten volledig ingevuld: lichte besturing bij het manoeuvreren, een veilig stuursysteem dat stuurvastheid geeft en een geringe vertraging bij hogere snelheid. Er moest een keuze gemaakt worden.

Het systeem dat Citroën toepast op de CX lost het probleem op en voorziet in alle behoeften die aan het stuursysteem gesteld kunnen worden bij hoge zowel als bij lage snelheden. De drie volgende functies werden ieder voor zich uitgewerkt: Inspanning aan het wiel tijdens het manoeuvreren zowel als bij hoge snelheid en de overbrenging.

Helaas, helaas, de ruimte is weer vol. Volgende maand ga ik door met het sturen van de wielen.

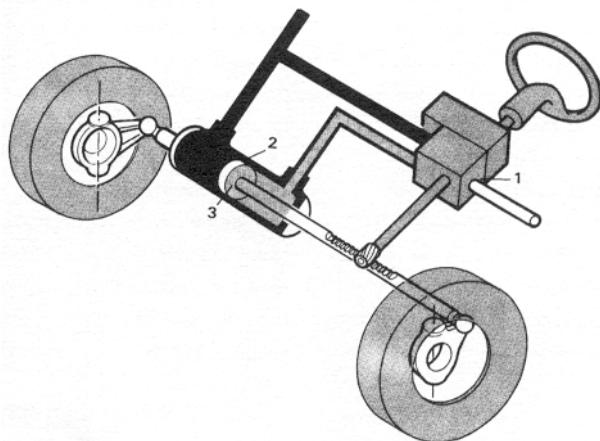
Tot dan, Jaap van den Berg

Zie voor het laatste deel, de volgende pagina's

Vandaag het laatste deel van de serie Hydraulique haute pression. Dank aan Jaap voor de reusachtige verstaalslag die hij geleverd heeft en we hopen dat u het gewaardeerd en er iets van opgestoken heeft.

Hydraulique haute pression

(deel 5, slot)



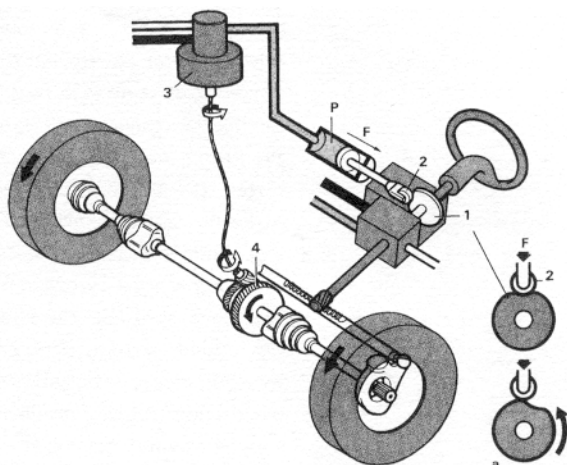
Stuurbekrachtiging

Het sturen wordt hydraulisch bekrachtigd en werkt mechanisch, de bestuurder bedient de servo-besturing welke de positie van de wielen vaststelt.

De vijzel wordt door de hydraulische druk vastgezet in alle standen, dit sluit iedere overbrenging van schokken naar het stuurwiel totaal uit, ongeacht of

dit nu veroorzaakt wordt door een slecht wegdek (gaten e.d.) of doordat de band een obstakel raakt of lek raakt.

Kort gezegd, de bestuurder heeft altijd de macht over de stand van de wielen. Het spreekt voor zich dat indien de hydrauliek uitvalt de besturing ook mechanisch uitgevoerd kan worden.



Inspanning aan het stuurwiel

Het stuurwiel geeft, wanneer er van en naar de 'recht vooruit' positie gedraaid wordt, een zekere weerstand aan de bestuurder.

Dit wordt veroorzaakt door een kamrad dat in contact staat met de stuurkolom. De weerstand neemt toe als een functie van de snelheid van het voertuig en de hoek waaronder gestuurd wordt.

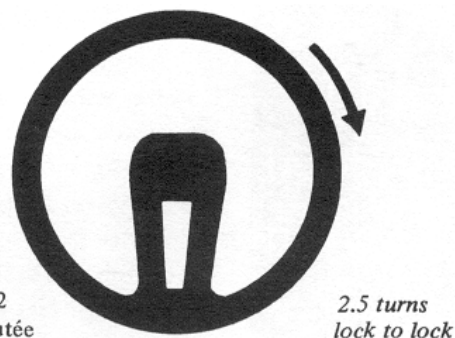
Ook bij stapvoets rijden blijft de besturing licht, zelfs bij een scherpe bocht. Rijden in de stad of op bochtige wegen wordt zo een licht karweitje.

- 1 centrale stuurregulateur
- 2 wielje
- 3 centrifugaal reguleteur
- 4 vertragingsoverbrenging

De toename van de stuurvastheid is proportioneel ten opzichte van de snelheid van het voertuig. De centrale stuurregulateur levert druk als een functie van de voertuigsnelheid. Wanneer de snelheid toeneemt, wordt P hoger, daardoor is F sterker, hetgeen een sterker centreren effect op de besturing geeft. Wanneer de snelheid afneemt, wordt de volgorde omgekeerd.

Terugkeer van het stuurwiel naar de 'recht vooruit' stand

Wanneer de snelheid toeneemt, neemt ook de weerstand bij het verdraaien van het stuur toe, dit dankzij de hydraulische bekrachtiging die bediend wordt door de centrale stuurregulateur. De wet van beheersing (van stijging) van inspanning is ontleend, zodat de besturing



2 tours 1/2
butée à butée

2.5 turns
lock to lock

altijd voldoende licht blijft om aangenaam te zijn, terwijl er voldoende stuurvastheid is om de bestuurder te blijven herinneren aan het feit dat naarmate de snelheid hoger is, de hoeken waaronder gestuurd wordt kleiner moeten zijn in het belang van de veiligheid.

Alles wat over de inspanning aan het stuurwiel is gezegd, geldt ook voor de contrakracht op de besturing. Deze werkt identiek aan het voorgaande verhaal en zorgt ervoor dat de besturing altijd terugkeert naar de 'recht vooruit' positie, zelfs wanneer de wagen stationair draait. Dit is een belangrijk voordeel dat het parkeren vergemakkelijkt en ervoor zorgt dat de auto na het stoppen met de voorwielen recht vooruit gaat staan.

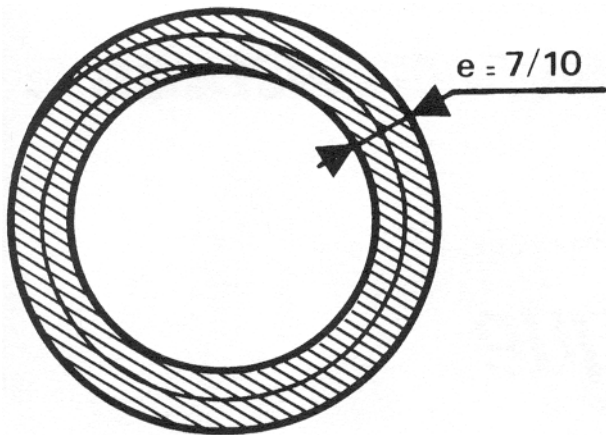
De auto kan ook neergezet worden met verdraaide voorwielen tegen de stoeprand door het stuurwiel in het stuurslot te laten vallen. Op modder, sneeuw, zand en andere glibberige oppervlakken waarop de bestuurder niet zeker is waar zijn voorwielen naartoe wijzen, hoeft hij slechts zijn stuurwiel los te laten om de 'recht vooruit' stand te verkrijgen. Voorts wordt, naarmate de snelheid toeneemt, het centrerende effect van de centrifugaal reguleur op de besturing sterker.

Toevoeging: Aangezien de inspanning aan het stuurwiel onafhankelijk is van de weerstand van de wielen, wordt het stuursysteem niet stugger naarmate de banden verder slijten zoals dit het geval is bij alle andere systemen.

Overbrengingsverhouding van het stuur

Voor de verhouding is gekozen om de auto de optimale hanteerbaarheid te geven. Er zijn 2,5 draaien nodig om van het ene naar het andere uiteinde te komen (4,5 draai voor een handbediend systeem, 3,5 draai voor een conventioneel bekrachtigd systeem, 3 draaien op de DS en 2 draaien op de SM). Het stuursysteem met verkleinde overbrengingsverhouding is een essentieel kenmerk van comfort. Het reduceert de armbewegingen en laat toe dat de handen in de best mogelijke positie op het stuur geplaatst worden, zowel voor het rijden in de stad als op bochtige wegen. Gekoppeld aan een stuurwiel met een kleine diameter voorziet het de CX van uitmuntende stureigenschappen.

Een kleine overbrengingsverhouding is een essentieel veiligheidselement. Het stelt de bestuurder in staat om heel snel iedere noodzakelijke noodmanoeuvre uit te voeren om onverwachte obstakels te ontwijken. Dit zou niet zo snel mogelijk zijn bij een grote overbrengingsverhouding.



Men ontdekt hier het principe van de geringe overbrengingstijd waarvan Citroën in de afgelopen 20 jaar heeft laten zien dat het een essentieel veiligheidsaspect is. In de DS werd de afstand die het rempedaal moet afleggen verkleind. Nu wordt dit principe op grote aantallen GSsen en CXen toegepast.

De technologie en het produceren van delen van het hydraulisch systeem

1. De vloeistof

De eerste toegepaste hydraulische oliën waren niet mineraal: de CH 12 04, rood gekleurd, toegepast van 1955 tot 1964, de LHS2 gebruikt van 1964 tot 1966, bruin gekleurd of kleurloos. Deze oliën waren niet volledig bevredigend.

Vanaf september 1966 leverde Total een nieuwe vloeistof (LHM - minerale hydraulische vloeistof). Deze vloeistof stelde ons in staat om het beslissende stadium in te gaan en een perfecte betrouwbaarheid in automobielhydrauliek te bereiken. De verandering van vloeistof maakte het noodzakelijk om alle componenten, pakkingen en rubber leidingen herkenbaar te maken (rood voor niet minerale vloeistof en groen voor minerale vloeistof).

2. De leidingen

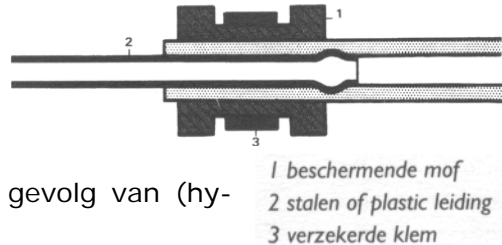
Voor alle hoge druk-circuits zijn stalen leidingen gebruikt. Ze zijn gemaakt van twee maal gerolde strips van met koper bekleed staal. De zo ontstane leiding wordt dan gesoldeerd in een oven door het koper te laten smelten. Voor de retourleidingen zijn rubberen en plastic leidingen gebruikt.

Ter informatie, in de CX is 26,255 meter stalen leiding gebruikt, 9.620 meter plastic leiding en de rubberen leiding beslaat 6,390 meter. Gezamenlijk komt dit op 42,265 meter.

3. Verschillende pakkingssystemen

* Rubberen moffen

Deze leveren een pakking voor de stalen leidingen wanneer deze worden gemonteerd op hydraulische componenten en in verbindingstukken. De werking van de pakking wordt gerealiseerd door vervorming van de mof als gevolg van (hydraulische) druk.



* O-ringen

De werking van deze pakking wordt gerealiseerd door vervorming van de pakking als gevolg van (hydraulische) druk. Om de druk te kunnen gebruiken is de diameter van de pakking kleiner dan de wijde van de opening, maar dikker dan de diepte.

* Pakkingsplaatje

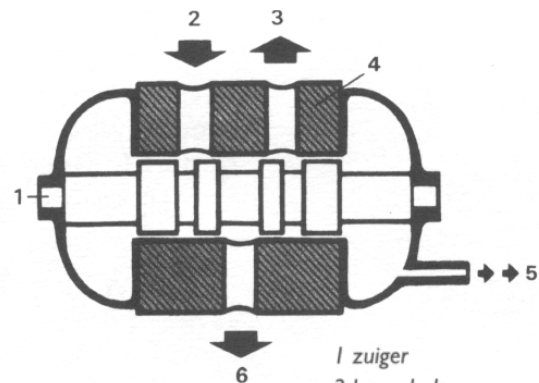
Deze worden gebruikt op de plaats waar een bundel leidingen wordt verbonden aan een hydraulische component of aan een andere bundel leidingen.

* Teflon pakkingen

Deze verzorgen een pakking voor hydraulische componenten die behoorlijk onderhevig zijn aan frequente bewegingen (stuurhuis of drukbol, bijvoorbeeld).

* Pakking door middel van een klem

Deze pakkingmethode wordt gebruikt wanneer rubber leidingen zijn verbonden aan stalen of plastic leidingen of verbindingstukken.



Fabricage tot op een 1000ste millimeter

Alle hydraulische elementen die we beschreven hebben, zijn op het volgende principe gebaseerd: Een cilindrische zuiger beweegt in een uitboring, daardoor wordt het betreffende component verbonden met de bron van vloeistof onder druk of met de retourleiding.

De zuiger is niet met pakkingen gemonteerd. Hun frictie zou de gevoeligheid van het component in hoge mate verkleinen doordat dit de beweging van de zuiger zou vertragen. De pakking wordt simpelweg verzorgd door de werkbare speling tussen de zuiger en de cilinderwand.

De minimale speling, gemeten over de diameter, is 1 micron. Deze speling dient om iedere kans op vastlopen uit te sluiten en om een dunne film van vloeistof voor smering te behouden. De maximale speling is 3 micron, dit is om iedere lekkage te beperken en om de efficiency van het component niet te verkleinen. De noodzakelijke lekkage voor smeringsdoel-einden wordt aan de einden van de boring via de retourleidingen teruggebracht naar het reservoir.

Een hoge mate van precisie

Om een werkbare speling te verkrijgen werden voor Citroën uitzonderlijke procedures op het gebied van metallurgie, chemie en machinerie in de Citroën fabriek te Asnières (gesitueerd in de noordwestelijke buitenwijken van Parijs) geïntroduceerd.

In 1954: tijdens de introductie van de '15-Six' met hydraulische achtervering, waren er 32 klassen zuigers en cilinders, verdeeld over 32 microns.

In 1955: slechts 16 klassen.

In 1960: 6 klassen.

In 1961: Alle componenten worden gefabriceerd binnen dezelfde micron; 1/1000ste van een millimeter, slechts 1 klasse, het in overeenstemming brengen van componenten is niet langer noodzakelijk. 25.000 componenten per dag, 700.000 per maand, worden nu gefabriceerd binnen dezelfde micron.

Bijvoorbeeld: de hoogteregelaar.

De diameter van de 'mannetjes' ligt tussen de 6,365 mm en 6,364 mm; de cilinders meten tussen de 6,366 mm en 6,367 mm. De combinatie van de minimum afmeting en de maximum afmeting van de componenten levert dus een werkbare speling op van tussen de 1 en 3 micron. Dit is een mate van precisie gelijk aan 1/50 van de dikte van een sigarettenvloei-tje.

Om er zeker van te zijn binnen de gekozen micron te blijven, is de fabriekstolerantie verkleind. Deze kan slechts variëren van 5/10de tot 7/10de van een micron, inclusief iedere onregelmatigheid in vorm. De beste materialen en meest geëigende temperatuurbehandelingen werden voor het maken van de hydraulische componenten gekozen om de werkbare spelingsgedurende een lange werktijd te kunnen behouden. Indien de voorgeschreven vloeistof wordt gebruikt en de zuiverheid vastgehouden, door het schoonmaken van het filter (iedere 10.000 km), zullen de hydraulische componenten niet of nauwelijks slijten.

De bijdrage van hoge druk aan werkelijke veiligheid

De brede toepassing van hydrauliek in de industrie (gereedschappen, de bouw, mijnbouw, goederenafhandeling) en vooral in de vliegtuigindustrie bewijst dat het ons vertrouwen waard is.

In deze brochure hebben we geprobeerd om te laten zien hoe de hogedrukhydrauliek de vering, de besturing en het remsysteem van een auto kan verbeteren. De kracht en efficiency van de door Citroën voorgestelde methoden zijn meermalen aangetoond in de zwaarste internationale autoralley's: Marokko, Londen, Sydney enz... Het resultaat van deze door en door betrouwbare technische wetenschap is de opbrengst van een lange periode van onderzoek, ontwikkeling en experimenten, welke ons in staat heeft gesteld om behoorlijke vooruitgang op het gebied van verkeersveiligheid te boeken tegen zeer acceptabele productiekosten en met bijzonder lage onderhoudskosten.

De bijdrage van hogedrukhydrauliek voor zover het de verkeersveiligheid betreft, kan als volgt worden opgesomd:

- een zeer hoge mate van comfort en de mogelijkheid om componenten in te zetten waar de bestuurder een behoorlijke inspanning moet leveren, er zo zorg voor dragend dat de vermoeidheid van de bestuurder afneemt.
- uitzonderlijke wegvastheid en comfort, zelfs onder zeer slechte rijcondities.
- zeer snelle doch progressieve remreactie.
- een efficiënte vorm van remmen onder de meest moeilijke omstandigheden.
- directe reactie van het voertuig op stuurbewegingen.
- de hoek waaronder gestuurd wordt, wordt vastgehouden ongeacht de rijcondities.

Bron : Relations Publiques Citroën, Décembre 1977.

Vertaling : Jaap van den Berg