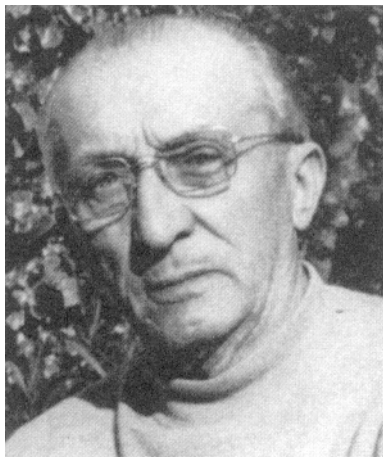


Het hydraulische systeem van de DS

Eerbetoon aan Paul Magès 'de Professor' (deel 1)



In september 1999 overleed Paul Magès bijgenaamd 'de Professor'. Magès is de uitvinder van Citroëns hydraulique het systeem dat al vijftig jaar opzien baart en vrijwel exclusief door Citroën is toegepast in diverse modellen. Cees Berkvens eert Magès met een uitgebreid artikelover de hydraulique.

Bij de ontwikkeling van de DS kreeg het ontwerpteam destijds als opdracht een VGD te ontwerpen, een Voiture de Grand Diffusion, een auto met grote afzetmogelijkheden. Naast een aantal algemene eisen moesten er niet veel meer randvoorwaarden zijn geweest dan dat de auto gebruik moest maken van het be-

staande wegennet en dat als brandstof benzine toegepast zou worden.

Met deze randvoorwaarden in het achterhoofd kon het ontwerpteam onder leiding van Pierre Boulanger zich in 1934 uitleven bij de toepassing van bestaande, doch nog niet eerder in de automobielbouw toegepaste technologie. Dit alles resulteerde in een automobiel die in alle opzichten meer opzien baarde als ooit tevoren.

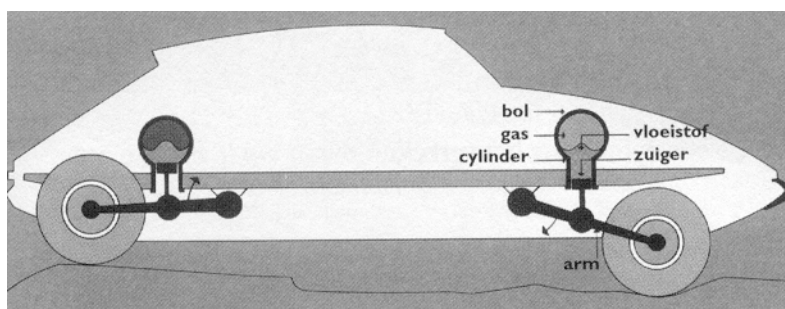
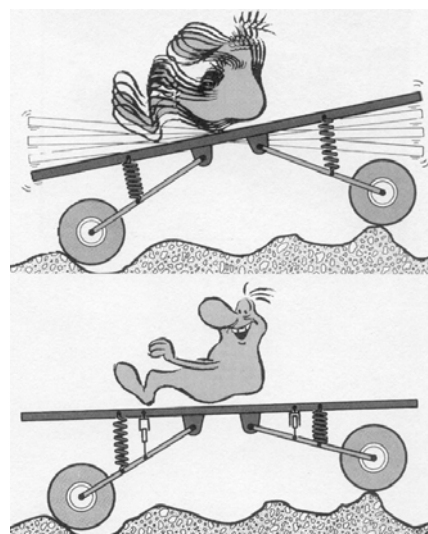
Ook later zou geen enkele auto bij zijn lancering zoveel teweeg brengen en zoveel pennen in beweging krijgen als destijds bij de introductie van 'la Bombe Citroën'. Vooral in de beginjaren van de DS is er heel wat over het 'oleopneumatische' veersysteem gepubliceerd en al gauw was de DS een opzienbarende verschijning op de weg. Vooral het gelijktijdige gebruik van zoveel in de automobielbouw tot dan toe technisch onverwachte zaken in één auto was nog nooit vertoond.

De toepassing van schijfremmen, het gebruik van kunststoffen voor dashboard, dak en achterruit, de oplossing voor de stijlloze zijramen en bovenal het gebruik van hydraulique-druk voor een groot aantal zaken kunnen hier genoemd worden. Het gebruik van de hydraulique-druk in de Citroën DS is het onderwerp van dit artikel in de volgende editie van *la Bombe Citroën*. De ontwerpers van Citroën hebben het gepresteerd om de functies van vering, stuurbevestiging, remmen, versnellingschakeling en koppelingsbediening binnen één en het zelfde hydraulische systeem onder te brengen.

De vering:

Het basisprincipe van de vering van de DS berust op de samendrukbaarheid en daarmee de flexibiliteit van gas in een afgesloten ruimte. Vergelijk het met een skippybal waar je op kunt gaan zitten; de skippybal veert mee als je erop neer ploft. De vering van de

DS wordt dan ook verzorgd door gasveren die de kern van het systeem vormen. De gasveren zijn als veerbollen in de auto aangebracht. De veerbol bestaat uit een stalen bol waarin



een ondoordringbaar maar flexibel rubberen membraan is aangebracht. Deze veerbollen zijn gevuld met stikstof onder druk. De voorveren hebben een hogere druk dan de achterveren, dit vanwege het feit, dat circa 65% van het gewicht van de auto op de voorzijde van de wagen drukt. De veerbol vormt, via de wielophanging en de wielen, de verbinding tussen het chassis en de weg.

De verbinding tussen de veerbol en de wielophanging vereist een aantal voorzieningen: ten eerste is het luchtvat, als je het zou uitvoeren als een skippybal, een vormeloze zak die in principe zelf van inhoud kan veranderen en waar je moeilijk een auto aan kunt verbinden.

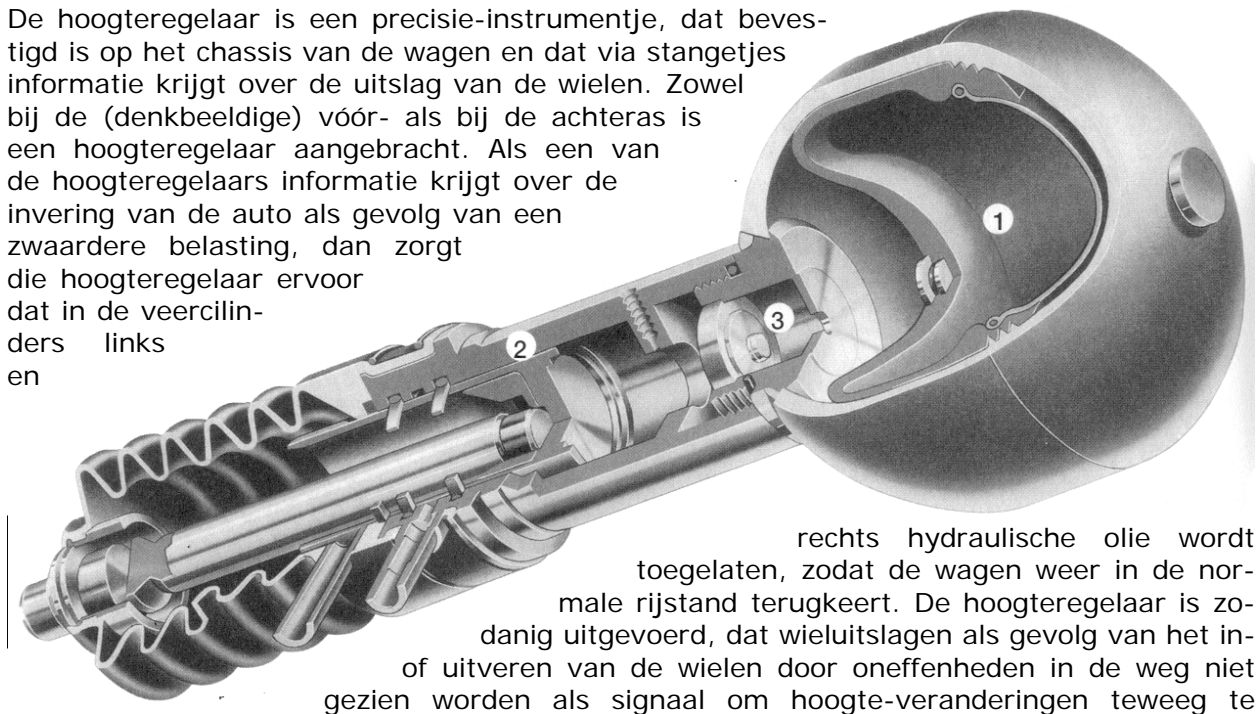
Ten tweede zal, als je de skippybal nog even in het achterhoofd houdt, de wagen sterk inzakken als hij wordt belast, dit afhankelijk van het aantal personen dat erin plaatsneemt.

Ten derde is de vering, uitgerust in de vorm van een luchtzak zonder verdere voorzieningen een ongecontroleerd geheel; de veerbewegingen worden namelijk niet gedempt.

In theorie zou een stangverbinding tussen het midden van het eerdergenoemde membraan en de wielophanging voldoende zijn om de oneffenheden van het wegdek niet tot chassis en de rest van de wagen door te laten dringen. Dit is technisch echter niet te realiseren, daarom hebben de ontwerpers als oplossing van het eerste punt bedacht, dat de verbinding tussen de veerbol en de wielophanging via hydraulische olie kan geschieden; een veercilinder waarin de vormverandering van het flexibele deel van de veerbol wordt overgebracht op de wielophanging. Als hydraulische olie wordt een oliesoort op synthetische basis gebruikt, de zogenaamde LHS, (Liquide Hydraulique Synthetique). De bewegingen van de wielophanging worden via een stangenstelsel en een cilinder met hydraulische olie overgebracht op het membraan en door de stikstof geneutraliseerd.

Het tweede probleem, van de inzakkende wagen wanneer je hem belast door erin te gaan zitten, heeft men als volgt opgelost. Er wordt meer vloeistof toegevoerd in de hydraulische veercilinder als de wagen teveel innevert. De volume-verkleining van de stikstof door de hogere druk wordt gecompenseerd door in dezelfde mate als die volumevermindering hydraulische olie toe te voeren in de veercilinder. Bij een drukvermindering vanwege uitstappen gebeurt het omgekeerde. De toe- en afvoer van de hydraulische vloeistof wordt geregeld met behulp van de zogenaamde hoogteregelaars.

De hoogteregelaar is een precisie-instrumentje, dat bevestigd is op het chassis van de wagen en dat via stangetjes informatie krijgt over de uitslag van de wielen. Zowel bij de (denkbeeldige) vóór- als bij de achteras is een hoogteregelaar aangebracht. Als een van de hoogteregelaars informatie krijgt over de inverting van de auto als gevolg van een zwaardere belasting, dan zorgt die hoogteregelaar ervoor dat in de veercilinders links en



brenge

rechts hydraulische olie wordt toegelaten, zodat de wagen weer in de normale rijstand terugkeert. De hoogteregelaar is zodanig uitgevoerd, dat wieluitslagen als gevolg van het in- of uitveren van de wielen door oneffenheden in de weg niet gezien worden als signaal om hoogte-veranderingen teweeg te

Met een kleine uitbreiding van het systeem door stangetjes naar het interieur van de wagen te leiden, is er een handmatige hoogteregeling gerealiseerd. Deze hoogteregeling bewijst vooral zijn nut bij het verwisselen van een wiel of bij werkzaamheden onder de wagen. De stand van de wagen kan op vier verschillende hoogtes worden ingesteld, een utiliteit die, zeker in het begin als je de auto pas hebt, voor de nodige hilariteit kan zorgen.

Het derde probleem, dat van de ongedempte vering, kon opgelost worden door de in- en terugvloeiende hoeveelheden hydraulische olie in de veerbol te dempen door het aanbrengen van veerklepjes uit plaatmateriaal in de veerbol zelf. Deze wondertjes van eenvoud kunnen aanvankelijk uit de veerbol worden geschroefd om ze op te zuiveren; in de typen na het midden van de zestiger jaren zijn ze onlosmakelijk met de veerbol verbonden.

Drukopbouw en drukreserve

De hydraulische olie, die als een overbrengingsmedium beschouwd kan worden tussen de wieluitslagen en de veerbol, lekt onder normale omstandigheden tussen veercilinder en veerzuiger weg. Zoals bij de hoogteregelaar is gemeld, zal er bij belasting en bij uitvering door uitstappen uit wagen respectievelijk hydraulische olie onder druk dienen te worden toegevoerd, c.q. worden afgevoerd. Ook de verderop beschreven remmen, stuurkrachtiging en halfautomaat zijn verbruikers van de hydraulische olie. Voor de werking van al deze componenten, die tot het secundair hydraulisch systeem behoren, is een constant afwisselende hoeveelheid hydraulische olie onder druk nodig. Deze hydraulische olie onder hoge druk wordt geleverd door accumulator.

Deze accumulator is opgenomen in het primair hydraulische systeem. De componenten van dit primaire systeem kunnen beschouwd worden zoals we het laadstroomsysteem van een auto kunnen beschouwen. De spanningsopbouw vindt plaats in een dynamo; de drukopbouw vindt plaats in een hydrauliquepomp.

De spanningsregeling vindt plaats in de spanningsregelaar; de regeling van de hydraulique-druk vindt plaats in de hogedrukregelaar.

De elektrische stroom is opgeslagen in de accu; de hydraulische druk wordt opgeslagen in de accumulator, in Citroëntermen voorraadbol genoemd. Bij het hydraulische systeem is de voorraadbol aangebracht op de hogedrukregelaar. De hydrauliquepomp is aanvankelijk een-cilinder pompje dat later plaats maakt voor een pomp met zeven zuigertjes en cilindertjes. De hogedrukregelaar (HD-regelaar) is een eenheid die ervoor zorgdraagt dat er voldoende hydraulische olie van voldoende druk in de voorraadbol wordt opgeslagen en dat de olie die nutteloos door de hydraulique-pomp wordt aangevoerd, weer teruggevoerd wordt naar het voorraadvat.

De hydrauliquepomp wordt aangedreven door de nokkenas. De hydrauliquepomp draait daardoor altijd rond, als de motor ook draait. Als er voldoende hydraulische olie onder de gewenste druk in de voorraadbol aanwezig is, dan draait de pomp werkeloos rond. Het surplus aan hydraulische olie waarvan afhankelijk van de omstandigheden een wisselende hoeveelheid voor het secundaire systeem nodig is, wordt opgeslagen in een voorraadtankje. Vanuit rust-stand tot aan de maximum instelbare hoogte van de wagen wordt er zo'n anderhalve liter hydraulische olie door het leidingnet gejaagd.

Hydraulische olie onder druk ten behoeve van onder meer vering en besturing kan uit de voorraadbol worden betrokken als daar behoefte aan is. In de voorraadbol wordt continue een hoeveelheid hydraulische olie onder een druk van zo'n 150 bar op voorraad gehouden voor de behoefte van het secundaire systeem. Voor wat betreft het veersysteem is er behoefte aan hydraulische olie, als via de hoogteregelaar voor en/of achter hydraulische olie naar de veercilinders moet worden geleid. De overtollige hoeveelheid hydraulische olie in het veersysteem wordt via retourleidingen door de hoogteregelaars heen teruggevoerd naar het voorraad-tankje. Voor de hydraulische olie die langs de zuiger en de cilinder van een veerelement lekt is per veerelement een lezzak aangebracht waaraan een lekleidinkje is bevestigd waardoor de olie weer terugstroomt in het voorraadtankje.

Stuurinrichting

Zoals eerder vermeld, wordt bij de DS van huis uit de stuurinrichting hydraulisch bekrachtigd. De stuurinrichting is van het standaard type met rondsel en tandheugel. Door het stuurwiel te verdraaien wordt een hydraulisch systeem in werking gesteld, waarbij de berijder wordt geassisteerd bij zijn werkzaamheden. Varianten op de DS in de vorm van onder meer de ID zijn zonder stuurbekrachtiging geleverd.

Remmen

Aan de voorzijde zijn bij de ID/DS standaard schijfremmen toegepast die onder meer, om een zo klein mogelijke onafgeveerde massa te verkrijgen, op de versnellingsbak zijn gemonteerd. Aan de achterzijde zijn standaard trommelremmen toegepast. De remmen worden via het aanwezige hydraulische systeem bediend. Omdat de drukopbouw in het hydraulische systeem door de motor wordt verzorgd, bedient de bestuurder van een DS in de oervorm slechts twee klepjes (één voor de voor- en één voor de achterremmen), die de nodige kracht via het hydraulische systeem op de remmen loslaten.

De achterremmen worden lastafhankelijk dynamisch bediend. Op het veersysteem van de achteras is een leiding aangesloten die naar het klepje voor de achterremmen onder het rempedaal, pardon de remknop, voert. Afhankelijk van de beladingstoestand van de wagen wordt er achter meer of minder remkracht uitgeoefend.

Uit: clubblad Citroën ID/DS Nederland, jr-nr: 22-3, (mrt 2000), bladvolgnr: 196

Schakeling/koppeling

Bij de DS, zoals die in 1955 op de markt werd gebracht, is een halfautomatisch koppel- en schakelsysteem toegepast. De fabriek duidt dit aan met BVH (boite vitesse hydraulique). De berijder kiest zelf zijn versnellingen, het koppelen wordt automatisch door het systeem verzorgd. Daarmee heeft men het voordeel van de automatische transmissie (niet te hoeven koppelen) zonder het grote nadeel van die automatische transmissie zijnde het forse rendementsverlies.

Dergelijke functionaliteit wordt tegenwoordig ook weer aangeboden in enkele uitvoeringen van de Renault Twingo, sommige Saabs en naar verluid binnenkort door BMW die een hydraulisch bediende zesversnellings-halfautomaat zou gaan leveren.

Het halfautomatische systeem bestaat in hoofdzaak uit een hydraulische unit, een koppelingsregelaar en een reguleur. De versnellingen worden via hydraulische cilindertjes geschakeld evenals de koppeling, die door een hydraulische cilinder wordt bediend.

De bestuurder hoeft via een selecteurhandel die op het stuurhuis is geplaatst, slechts de juiste versnelling te 'selecteren' en gas te geven.

Kortweg is de werking van het systeem als volgt: de selecteur bedient via een stangetje de hydraulische unit die direct achter het schutbord in de motorruimte is aangebracht. De hydraulische unit schakelt via een vijftal leidingen de 4 versnellingen vooruit en de achteruit. De versnelling die geselecteerd wordt, wordt ook direct ingeschakeld.

Bij het gas geven vanuit stationair toerental wordt de koppelingsregelaar bediend, die rechtstreeks op de carburateur is aangesloten.

De koppelingsregelaar heeft 3 functies: hij laat afhankelijk van de snelheid van gas geven de koppeling traag of bruusk opkomen, hij verlaagt het toerental tot circa 1800 omw/min als er geschakeld wordt en hij belet een te hoog toerental als de versnellingsbak in vrijstand staat.

De reguleur tenslotte neemt het toerental van de motor op en bepaalt of er al of niet gekoppeld wordt en bij welk toerental dit het geval is als er een versnelling is ingeschakeld.

Halfautomaten zijn behalve aan het selecteurhandel op het stuur onder de motorkap direct herkenbaar aan de reguleur die aan de rechterzijde net achter de radiator is geplaatst en

door de 2 extra slangen die boven op het voorraadtankje van het hydraulisch systeem zijn bevestigd.

Het secundair systeem is zodanig ontworpen, dat als er om een of andere reden de hydraulische druk uitvalt de besturing, de vering en de halfautomatische schakeling als eerste drukloos worden alvorens het remsysteem het zonder drukreserve moet stellen.

Bij de uitgebreidere DS-typen is er een aparte drukreserve voor het remsysteem in de vorm van een zogenaamde rembol, die altijd voor de nodige remdruk dient te zorgen. Ook als het systeem helemaal uitgevallen is, is het mogelijk om nog een heel eind te rijden terwijl het remsysteem nog functioneert. Dit is handig als je eens gesleept moet worden.

Wijzigingen

In het korte bestek van dit artikel worden slechts de belangrijkste wijzigingen genoemd die in de loop van de productieperiode van de ID/DS zijn doorgevoerd, behandeld. De lezer dient te bedenken, dat er een groot aantal uitvoeringen van de ID/DS is geleverd, met bij elk type het daarbij behorende en aangepaste hydraulische systeem.

Al kort na de introductie van de DS wordt de ID als (veel) eenvoudiger versie van de DS op de markt gebracht met veel minder toeters en bellen. De ID met het hydraulische veersysteem is een wagen die hetzelfde veercomfort biedt als de DS, maar zowel technisch als qua uitvoering eenvoudiger is uitgerust. Daarmee is de aanschafprijs een stuk gedaald, de betrouwbaarheid in de ogen van velen verbeterd, is het onderhoud aan deze wagens een stuk eenvoudiger geworden en is de aanschafdrempel een stuk lager geworden.

De introductie van de DS met mechanisch bediende versnellingsbak (de BVM; Boite Vitesse Mechanique) en identieke prijsstelling als de DS Hydraulique volgt in 1964.

De belangrijkste verandering op het gebied van de vering en het hydraulisch systeem volgt in het modeljaar 1967 wanneer overgeschakeld wordt op een nieuw type hydraulische olie. De tot dan gebruikte olie (LHS) wordt bij nieuwe auto's vervangen door LHM (Liquide Hydraulique Minerale), een olie op minerale basis. Deze hydraulische olie wordt nu nog steeds gebruikt in de Citroëns die met het hydraulische veersysteem zijn uitgerust.

In feite wordt in 1967 het gehele systeem vernieuwd; alle rubbers, slangen, afdichtingen en membranen zijn van een andere samenstelling. Het is niet mogelijk onderdelen tussen het oude (rode systeem vanwege de rode olie) en het nieuwe systeem uit te wisselen. De LHM-olie is groen van kleur, evenals de organen van het hydraulisch systeem die vanaf dat moment in een duidelijk herkenbare groene kleur worden uitgevoerd, dit laatste om zoveel mogelijk verwisseling van olie en onderdelen te voorkomen. Er zullen later nog veel vergissingen worden begaan bij het bijvullen van het hydraulisch systeem.

In de loop van de jaren worden de DS'en onder meer door de toegenomen motorvermogens steeds zwaarder, onder meer reden waarom ook de veercharacteristieken bijna onmerkbaar veranderen. De vering wordt in de loop der jaren stugger; ingegeven door de smaak van het publiek en het verbeterde wegdek in Frankrijk tijdens de productieperiode van de ID/DS (van 1955 tot 1975).

Problemen

Aanvankelijk worden de eerste auto's met verkeerde rubbers uitgevoerd en worden een aantal organisatie- en fabricagefouten gemaakt die de DS een slechte reputatie bezorgen. Als de perikelen uit de beginjaren van de DS buiten beschouwing worden gelaten, dan bestaan de problemen die men met het hydraulisch systeem heeft, voornamelijk uit:

- Lekkende lezzakken; door verdroging en algemene veroudering gaan de lezzakken scheuren en hierdoor krijgt men lekkage en verlies van hydraulische olie;
- Doorgeroeste leidingen; met name naar de achterzijde van de wagen loopt een leidingbundel die op de doorvoerrubbers in het chassis aanleiding kan geven tot doorroesten;

- Leeggelopen veerbollen; het materiaal van de membranen is in zeer geringe mate luchtdoorlatend waardoor er op de lange duur wat stikstof weglekt. Op den duur moeten daarom de bollen worden opgepompt of vernieuwd.

Lekkage op pompas-afdichting van de hydraulische pomp, in stuurhuis, op scharnierende remleiding achter en in de veercilinders. Allemaal zaken die opgelost kunnen worden door nieuw- of revisiemateriaal aan te schaffen.

Onderhoud

Eens in de twee jaar dient het hydraulische systeem ververs te worden. Het systeem vervuult door slijtage van rubbers e.d.

Eens per jaar moet het filter gereinigd worden waarlangs de hydraulische olie uit het voorraadvat wordt betrokken.

Bij langdurig gebruik zakt de druk van de veerbollen en de hoofdvoorraadbol. Er ontsnapt stikstof door de permeabiliteit* van de rubberen membranen. De bollen kunnen worden bijgevuld wanneer ze nog een restdruk van minimaal 10 bar bezitten. Een hoofdvoorraadbol met een te lage druk is meestal verantwoordelijk voor het regelmatige 'aanslaan' van de hydraulische pomp.

Cees Berkvens

* permeabiliteit = de eigenschap van een membraan om bepaalde stoffen, die aan weerskanten daarvan in verschillende concentratie aanwezig zijn, door te laten.