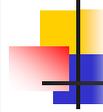


LE SYSTEME DE TRANSMISSION (2)

Pierre DUYSINX
Université de Liège
Année Académique 2010-2011



Références bibliographiques

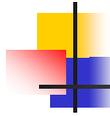
- T. Gillespie. « Fundamentals of vehicle Dynamics », 1992, Society of Automotive Engineers (SAE)
- W. Milliken & D. Milliken. « Race Car Vehicle Dynamics », 1995, Society of Automotive Engineers (SAE)
- R. Bosch. « Automotive Handbook ». 5th edition. 2002. Society of Automotive Engineers (SAE)
- J.Y. Wong. « Theory of Ground Vehicles ». John Wiley & sons. 1993 (2nd edition) 2001 (3rd edition).
- H. Heisler (1999) Vehicle and Engine Technology. 2nd edition. Buterworth Heineman.
- R. Langoria. « Vehicle Power Transmission: Concepts, Components, and Modelling ». Lecture notes of Vehicle System Dynamics and Control, The University of Texas at Austin, 2004.
- <http://www.howstuffworks.com>

TRANSMISSION AUTOMATIQUE



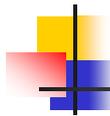
La transmission automatique

- Le concept de boîte automatique offre des avantages considérables pour le confort du conducteur, spécialement pour la conduite en condition de trafic congestionné
- Cette réduction de la charge de travail du conducteur diminue le nombre d'accidents et améliore la sécurité
- Il y a aussi d'autres avantages, spécialement en matière d'économie de carburant et d'émission de polluants si le système automatisé parvient à effectuer des meilleures sélections que le conducteur averti.



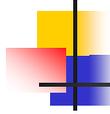
La transmission automatique

- Plusieurs solutions de transmissions automatiques:
 - Boîte de vitesses robotisée
 - Système à variation continue (CVT)
 - Boîte à variation infinie de rapports (IVT)
 - Boîte automatique conventionnelle
- Système de boîte automatique = combinaison de:
 - Un **convertisseur de couple hydraulique**
 - Un organe de changement de rapport de réduction basé sur des **réducteurs épicycloïdaux**
 - Un **système hydraulique** et des **embrayages à disques multiples lubrifiés** pour l'actionnement du changement de rapport



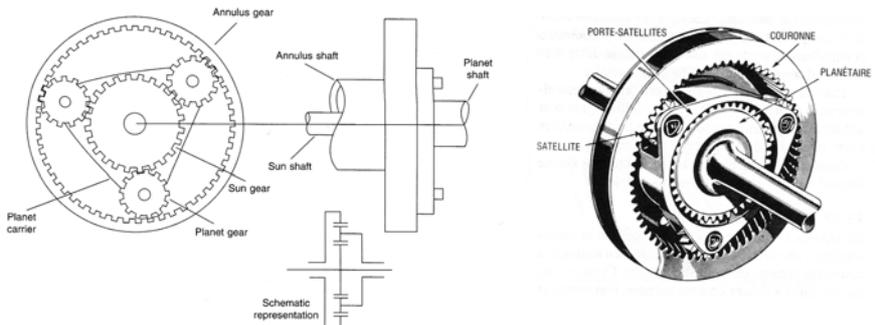
La transmission automatique

- Boîte automatique:
 - Le coupleur hydraulique est fortement apprécié pour le démarrage du véhicule
 - Les trains d'engrenages épicycloïdaux permettent de créer des changements de rapports de réduction de manière assez facile et contrôlable
- Les systèmes automatiques sont principalement appréciés sur des véhicules de haut de gamme
 - 90% des véhicules aux USA
 - 20% des véhicules en Europe
- Le système remonte au début de l'automobile
- Mais amélioration continue de la technologie: plus grand nombre de rapports avec un volume constant ou même réduit



Le train épicycloïdal

- L'élément de base des systèmes de réduction des boîtes automatiques



Sun = planétaire

Planet = satellite

Annulus = Couronne



Le train épicycloïdal



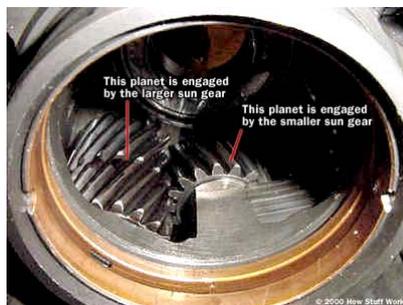
© 2000 How Stuff Works



This planet engages the ring gear and is engaged by the larger sun gear

This planet engages the other planet and is engaged by the smaller sun gear

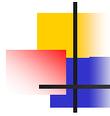
© 2000 How Stuff Works



This planet is engaged by the larger sun gear

This planet is engaged by the smaller sun gear

© 2000 How Stuff Works



Le train épicycloïdal

- Egalité des vitesses entre le planétaire et le satellite

$$\omega_P R_P = \omega_{PS} R_{PS} - \omega_S (R_C + R_P)/2$$

- Egalité des vitesses entre le satellite et la couronne

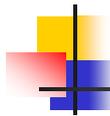
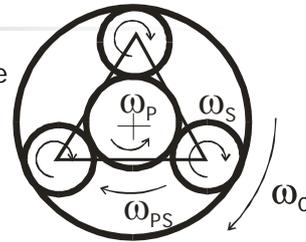
$$\omega_C R_C = \omega_{PS} R_{PS} + \omega_S (R_C + R_P)/2$$

- Relation géométrique entre les rayons du planétaire, du porte satellite et de la couronne

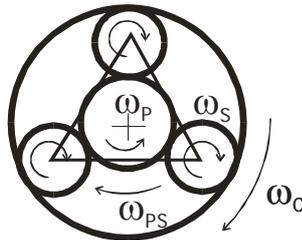
$$R_{PS} = R_P + (R_C - R_P)/2 = \frac{R_C}{2} + \frac{R_P}{2}$$

- Formule liant les différentes vitesses de rotation

$$\omega_C R_C + \omega_P R_P = \omega_{PS} (R_P + R_C)$$



Le train épicycloïdal



- Formule de Willis

$$\omega_C Z_C + \omega_P Z_P - \omega_{PS} (Z_P + Z_C) = 0$$

Relation entre les vitesses de rotation des engrenages des trains épicycloïdaux et le nombre de dents du planétaire et de la couronne

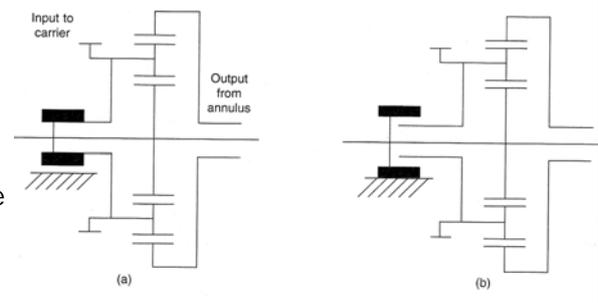
Le train épicycloïdal

- Si on fixe le planétaire
 $\omega_P = 0$
- La formule de Willys donne le rapport de réduction entre le porte satellite et la couronne

$$\frac{\omega_{PS}}{\omega_C} = \frac{1 + Z_C/Z_P}{Z_C/Z_P}$$

- Pour $Z_C/Z_P=2$

$$\frac{\omega_{PS}}{\omega_C} = 1.5$$

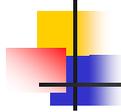


- Si on solidarise le porte-satellite et le planétaire
 $\omega_P = \omega_{PS}$

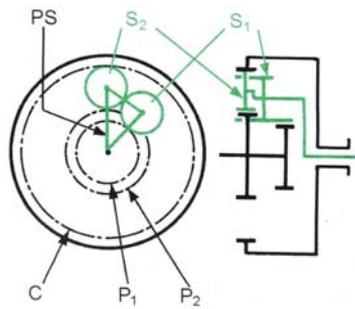
- On trouve $\frac{\omega_{PS}}{\omega_C} = 1$

Le train épicycloïdal

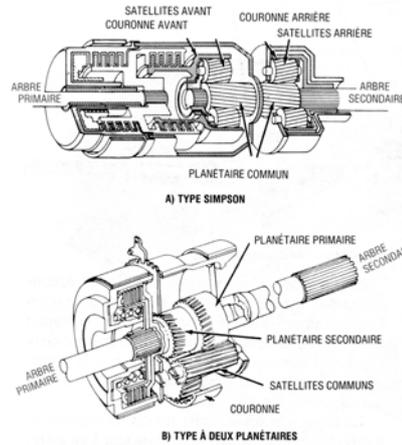
Planétaire	Porte Satellite	Couronne	Rapport de réduction	Remarque
Fixe	Entrée	Sortie	$\frac{\omega_{PS}}{\omega_C} = \frac{1+Z_C/Z_P}{Z_C/Z_P}$	$1.12 \leq i \leq 1.67$
Fixe	Sortie	Entrée	$\frac{\omega_C}{\omega_{PS}} = \frac{Z_C/Z_P}{1+Z_C/Z_P}$	$0.6 \leq i \leq 0.8$
Entrée	Sortie	Fixe	$\frac{\omega_P}{\omega_{PS}} = 1 + Z_C/Z_P$	$2.5 \leq i \leq 5.0$
Sortie	Entrée	Fixe	$\frac{\omega_{PS}}{\omega_P} = \frac{1}{1+Z_C/Z_P}$	$0.2 \leq i \leq 0.4$
Entrée	Fixe	Sortie	$\frac{\omega_P}{\omega_C} = -Z_C/Z_P$	$-0.4 \leq i \leq -1.45$
Sortie	Fixe	Sortie	$\frac{\omega_C}{\omega_P} = \frac{-1}{Z_C/Z_P}$	$-0.25 \leq i \leq -0.67$



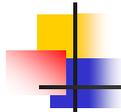
Le train épicycloïdal



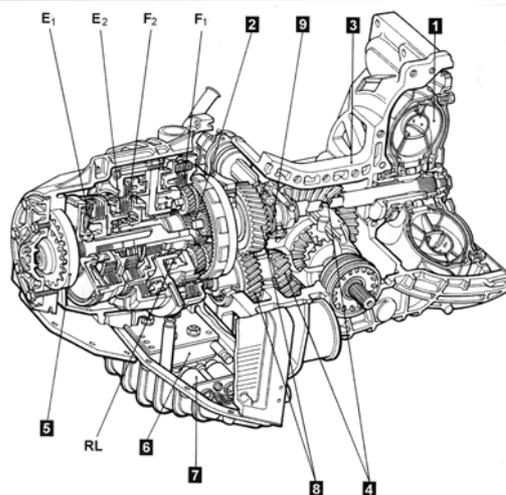
Trains épicycloïdaux complexes
Memetaux 4.23

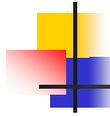


Trains planétaires doubles Nash Fig. 19.3



Boîte automatique





Boîte automatique

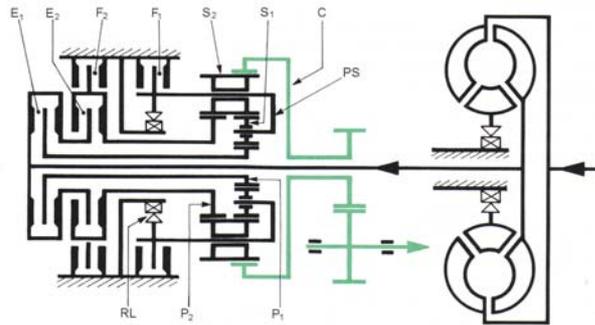
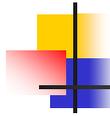


Schéma de principe d'une boîte de vitesses à trains épicycloïdaux à deux planétaires
Mèmetaux Fig 5.9



Boîte automatique

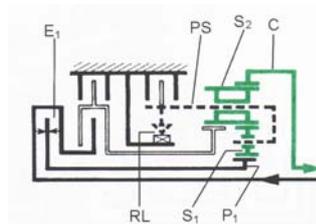
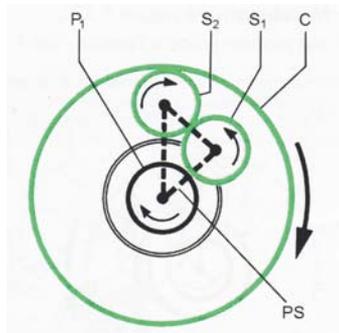


Fig. 5.10 b - Premier rapport.

- élément moteur P_1 par E_1 .
- élément de réaction : porte-satellites par RL.
- transmission du mouvement par S_1 , S_2 et C.
- éléments non sollicités.

Boîte automatique

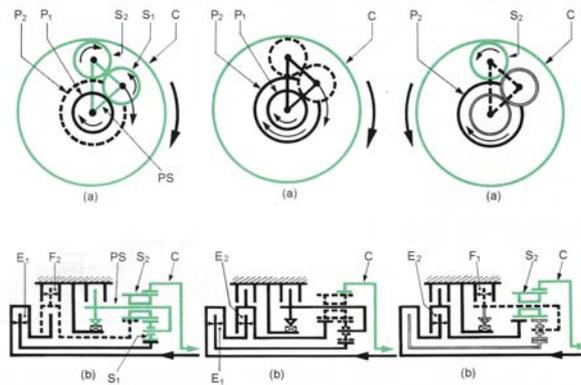
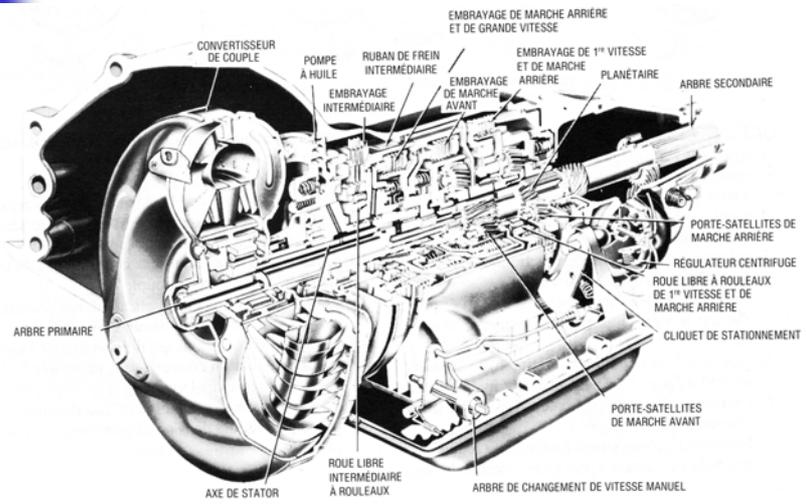


Fig. 5.11 - Deuxième rapport.
 P₁ Moteur.
 P₂ Élément de réaction.
 PS tourne.
 S₁, S₂, C. Éléments récepteurs.

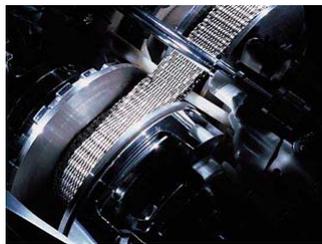
Fig. 5.12 - Troisième rapport.
 P₁, P₂ Moteurs.
 Les pignons étant de diamètres différents, le train se trouve bloqué.

Fig. 5.13 - Marche arrière.
 P₂ Moteur.
 PS bloqué (élément de réaction).
 S₂, C. Récepteurs.

Boîte automatique



Transmissions à variation continue - CVT



Transmissions à variation continue

- Intérêt grandissant avec les économies d'énergie et la réduction des pollutions
- Un rapport de réduction variable de manière continue permet de faire fonctionner le moteur à un régime le plus économique possible pour une très large gamme de vitesses d'avance.
- Deux représentants importants:
 - Système Van Doorne: système à courroie de compression reliant une paire de poulies coniques variables.
 - Système Perbury : système à poulies toroidales reliées par des galets.

Système Van Doorne



DAF Variomatic

HISTORIQUE

- Système DAF (DAF = Van Dorne Automobile Fabrik)
- Aujourd'hui principalement connu pour ses applications par FIAT et FORD
- Repris sur un grand nombre de véhicules modernes

APPLICATIONS

- Principalement les petites et faibles puissances (< 1.6 L)
- Petites voitures personnelles et motos des neiges

Système Van Doorne



Focus C-max



Toyota Yaris



Honda Insight



Opel Vectra



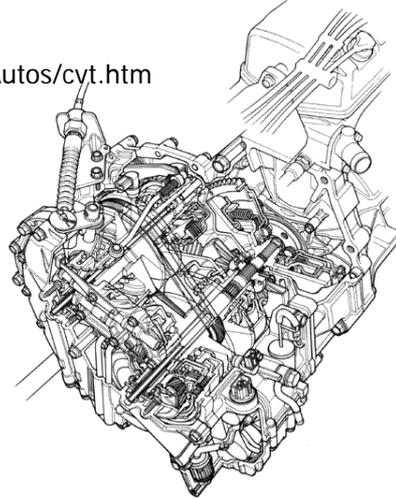
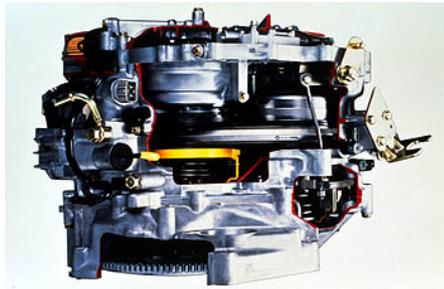
Fiat Punto 1.2L



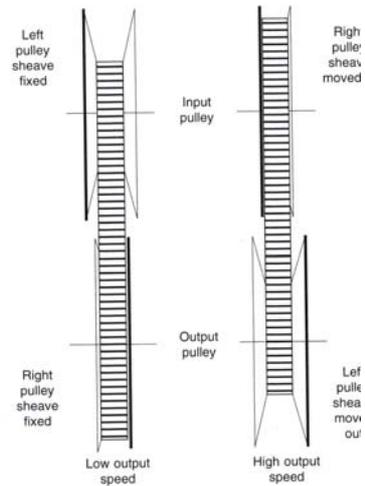
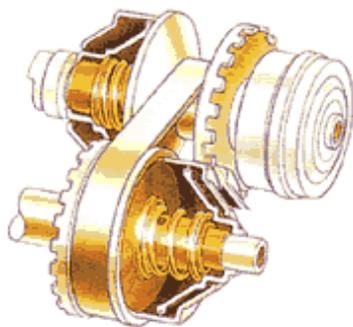
Toyota Estima Hybride

Systeme Van Doorne

CVT de la Honda Civic
<http://www.luk-korbmacher.de/Autos/cvt.htm>



Systeme Van Doorne



Système Van Doorne

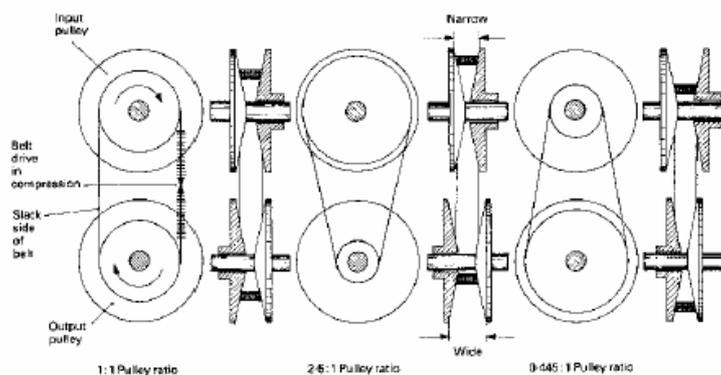
■ PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

- En modifiant la distance entre les deux faces des poulies coniques, le rayon effectif des poulies peut être modifié et par là le rapport de réduction.
- A l'origine, modification par un système mécanique basé sur un dispositif avec des poids centrifuges et un moteur à actionnement par dépression.
- Actuellement, système contrôlé par un microprocesseur.

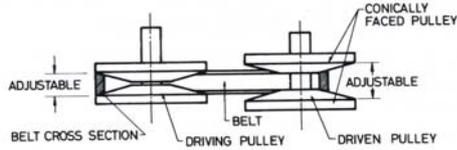
■ PERFORMANCES

- Rapport de réduction variable dans un rapport 4 à 6.
- Efficacité variable avec le couple d'entrée et la vitesse de rotation

Système Van Doorne

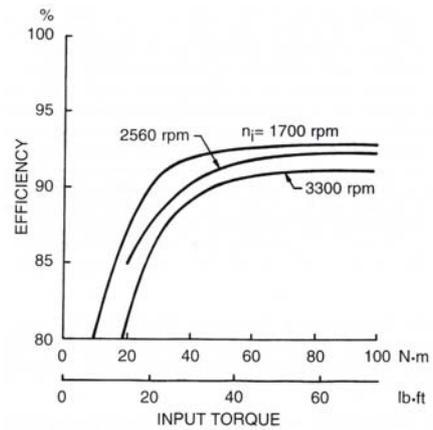


Système Van Doorne



Variation de l'efficacité mécanique avec le couple d'entrée pour un rapport de réduction fixé à 1 pour une transmission CVT Van Doorne

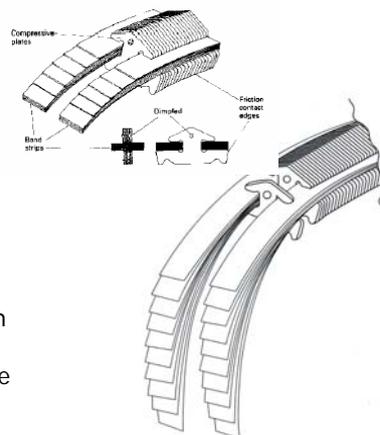
Wong, Fig 3.34 et 3.35



Système Van Doorne

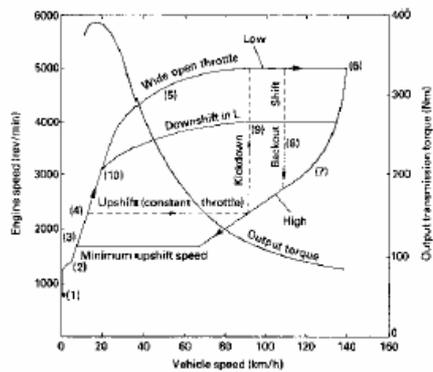
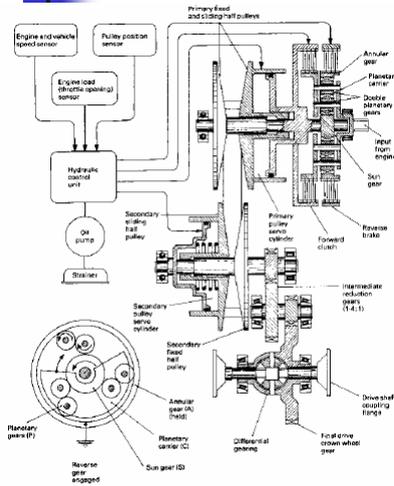
■ LA COURROIE

- Courroie segmentée en acier constituées comme un collier à des petites plaquettes trapézoïdales (épaisseur 2 mm) assemblées par deux faisceaux de courroies en acier à haute résistance
 - Améliore le rendement
 - Diminue le bruit
 - Travaille en compression d'où le nom de « courroie de compression »
- Fonctionnement inverse d'un courroie trapézoïdale normale qui travaille en traction



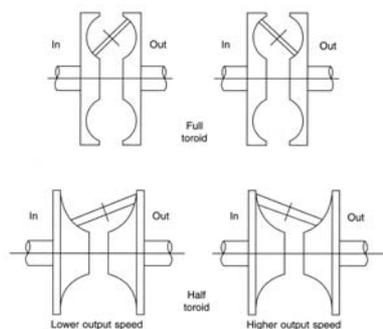
Happian Smith Fig 13.28

Système Van Doorne



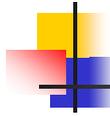
Advanced Vehicle Technology
Fig 5.28 & 5.29

Système Perbury



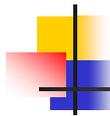
Happian Smith Fig 13.31

- Le composant principal du système Perbury est le variateur.
- Il consiste en 3 disques.
- Les disques d'entrée et de sortie ont des profils toroïdaux
- Le mouvement de rotation est transmis par un galet dont l'inclinaison est variable
- Les galets (généralement 3) sont répartis sur la circonférence et roulent autour de leur axe
- L'inclinaison des galets donne un changement de réduction variable



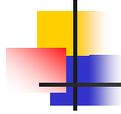
Système Perbury

- A noter que le système des porte - galets reste fixe.
- La transmission du couple est assurée par une force de friction entre les deux les poulies toroidales d'entrée et de sortie, ce qui requiert l'application
 - d'une force de compression importante car le coefficient de friction galet poulie est de l'ordre de $\mu=0,1$
 - le problème de lubrification via un film élasto-hydrodynamique (typiquement $0,5 \mu\text{m}$) pour réduire l'usure
- Le choix des matériaux et des lubrifiants a un impact crucial pour la fiabilité et la longévité du système
- Un taux de glissement de 1 à 2% entre l'entrée et la sortie est normal

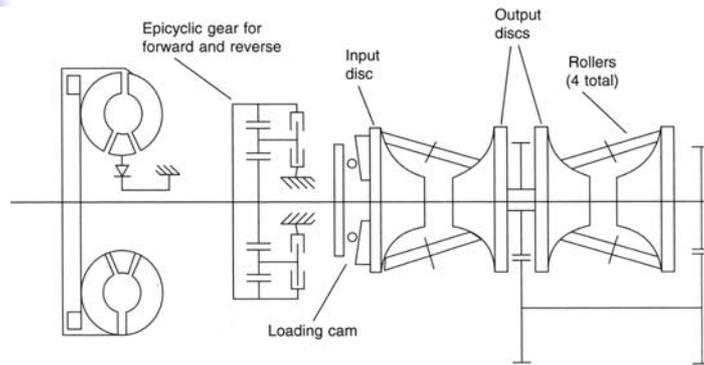


Système Perbury

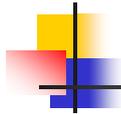
- Réduction du système: dans une plage de 1 à 5 environ
- Ne peut fournir une puissance nulle de sortie d'où l'utilisation combinée d'un coupleur hydraulique pour le démarrage du véhicule
- Ne permet pas d'inverser le sens de rotation et requiert donc l'utilisation d'un train épicycloïdal pour la marche arrière
- Système Perbury généralement développé pour des applications avec une puissance importante
 - Bus de 375 kW
 - Nissan Gloria 3L de 370 Nm
- Rendement énergétique aux alentours de 90%
 - Donne généralement un meilleur rendement que les transmissions automatiques équivalentes



Système Perbury



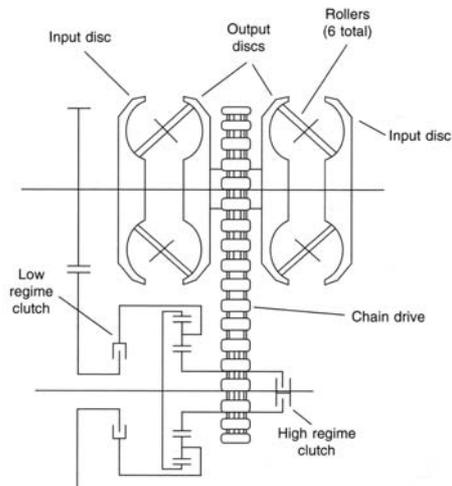
Système de transmission toroïdal à deux cavités
Happian Smith Fig 13.32



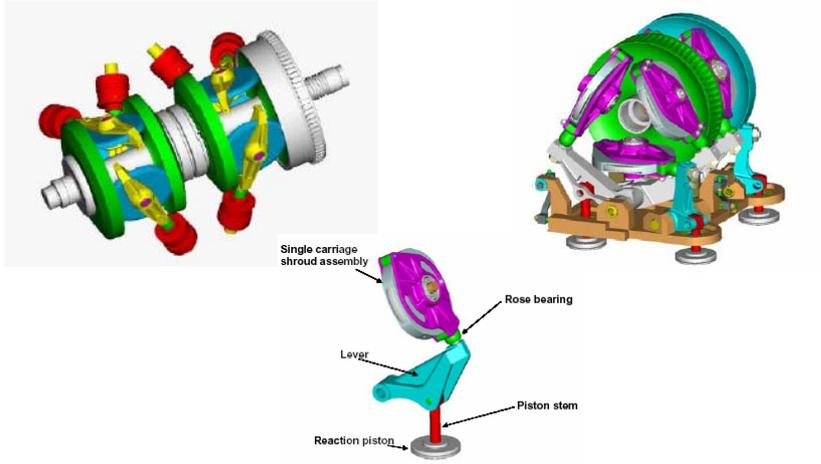
Système Perbury

Schéma de la transmission
Torotrak

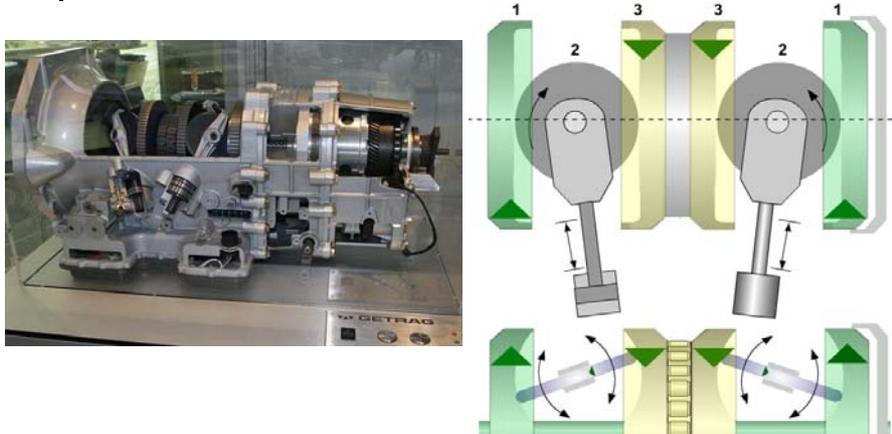
Happian Smith Fig 13.33

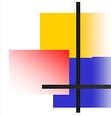


Torotrak



Torotrak





Extroide

