

Les boîtes de vitesse

Introduction

La boîte de vitesse est un mécanisme modifiant le rapport entre la vitesse de rotation du moteur et celle des roues motrices d'un véhicule. Elle modifie ainsi le couple fourni par le moteur afin de l'adapter aux besoins du véhicule (vitesse, pentes, vent, frottements divers, etc).

La boîte utilise des trains d'engrenages qui augmentent le couple en diminuant la vitesse (réduction) ou inversement. Elle permet en outre de choisir entre les différents rapports de réduction¹.

Première génération

En pièces LEGO® les trains d'engrenages sont aisément réalisés à l'aide des axes Technic™ et du large éventail de roues dentées ou pignons. Nous ne nous attarderons pas sur ce sujet.

La première boîte de vitesse LEGO® est apparue dans le modèle *Auto chassis n°956*² en 1977. Il s'agissait d'une boîte rudimentaire n'ayant que deux rapports de vitesse (de 1 et 1:3) grâce à l'utilisation du pignon à 8 dents (n°3647) et de la roue dentée à 24 dents (n°3 648).

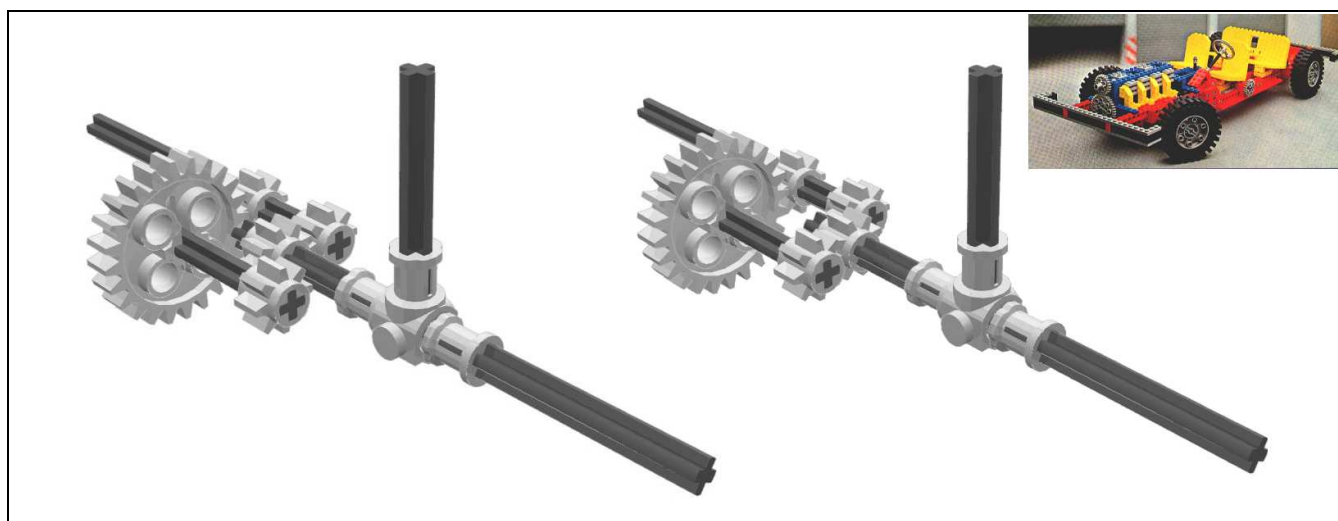


Fig.1 Boîte schématisée de la maquette *Auto chassis n°956* - Configuration 1^{ère} et marche arrière

¹ sur les véhicules de tourisme, il s'agit en effet généralement de réduction (on utilise le terme de « démultiplication ») pour les trois premiers rapports ainsi que pour la marche arrière. Le 4^{ème} est souvent en prise directe alors que le 5^{ème} est un rapport de surmultiplication.

² n°853 en Europe

En 1978 apparaît dans la notice du n°948 une boîte à 2 rapports de 1:9 (0.11) et 1:27 (0.04). Elle est très similaire à la précédente dans son principe. Cette boîte n'est pas insérée dans un modèle complet.

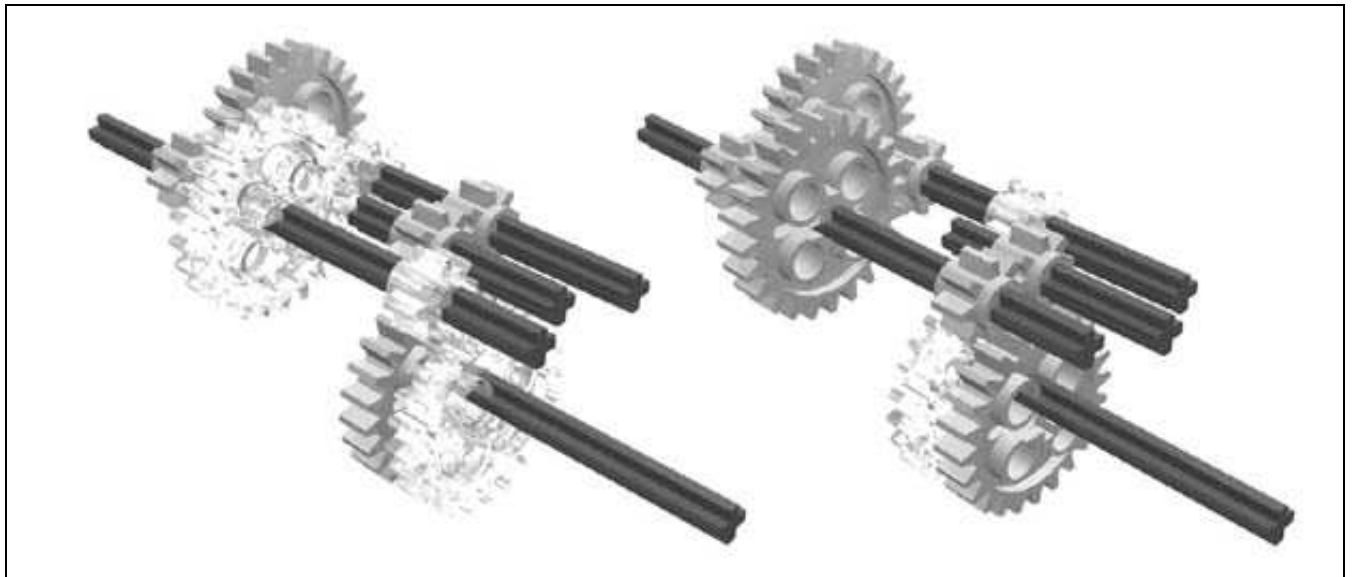


Fig.2 Boîte schématisée n°948 - Configuration 1^{ère} et marche arrière

Puis est apparue dans le modèle *Auto chassis* n°8860 de 1980 une boîte 3. C'est simplement l'apparition en 1979 de la roue dentée à 16 dents (n°4019) qui a permis cette amélioration.



3647



4019



3648

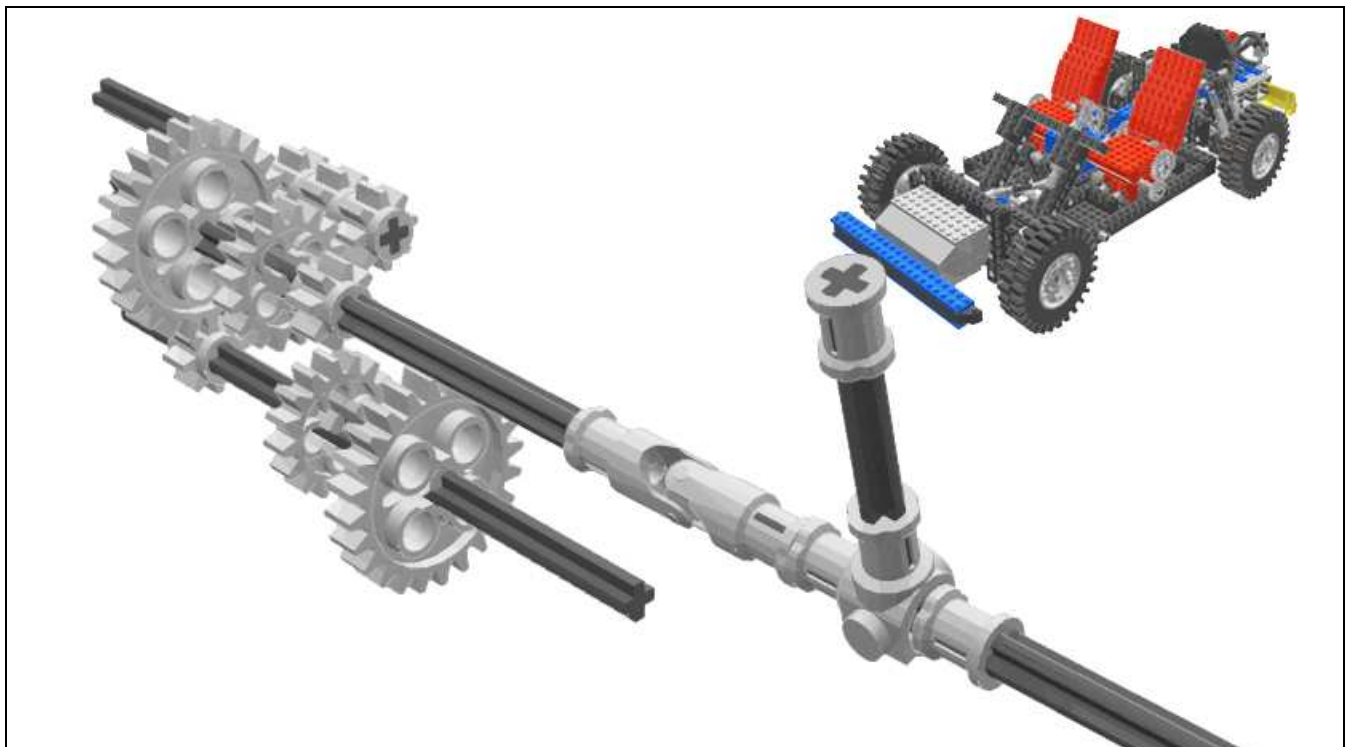


Fig.3 Boîte schématisée de la maquette *Auto chassis* n°8860

Comme vous pouvez le constater, la boîte est constituée d'un ensemble astucieux de trains d'engrenages composé de trois axes dont l'un, mobile en translation, permet de sélectionner l'un des trois rapports. On obtient les valeurs de réduction suivantes :

- 1^{ère} 1:9 (0.11)
- 2^{nde} 1:3 (0.33)
- 3^{ème} 1:1 (1)

Voir l'Annexe 1

Ces valeurs s'entendent bien entendu du moteur (axe supérieur) vers l'arbre de transmission (axe inférieur). La valeur du 1^{er} rapport est irréaliste.

Quand la maquette, non motorisée, est poussée on retrouve des valeurs inverses : le premier rapport devient alors un rapport de surmultiplication de 9 ce qui est trop important et risque de causer des ruptures de pièces. La notice de montage de ce modèle réduit condamne ce rapport au niveau du levier de commande de la boîte pour que les enfants ne l'utilisent pas.

Toutefois, la notice de montage propose une version motorisée (moteur électrique placé en lieu et place du moteur factice). C'est alors le 3^{ème} rapport, non démultiplié, qui est condamné.

En conclusion, à l'usage, cette boîte reste une boîte 2 comme celle qu'utilisait la maquette précédente.

De façon anecdotique, en 1980 la notice de montage du set n°8857 propose une boîte 2 avec les rapports de 1:27 (0.04) et 1:3 (0.33), elle aussi non insérée dans un modèle complet.

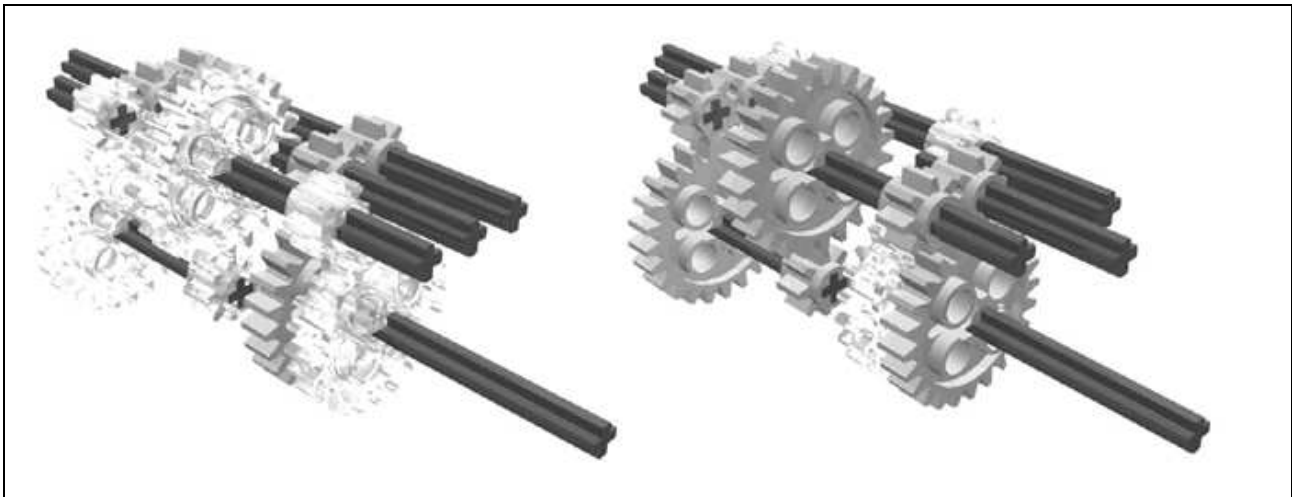


Fig.4 Boîte schématisée n°8857 - Configuration 2^{nde} et 1^{ère}.

puis en 1985, très confidentiellement, puisque c'est dans le set DactaTM 3 n°1033 qu'elle apparaît, est présentée une autre boîte 2 à l'intérêt toutefois limité. Elle a pour valeurs de rapport 1:9 (0.11) et 1:3 (0.33).

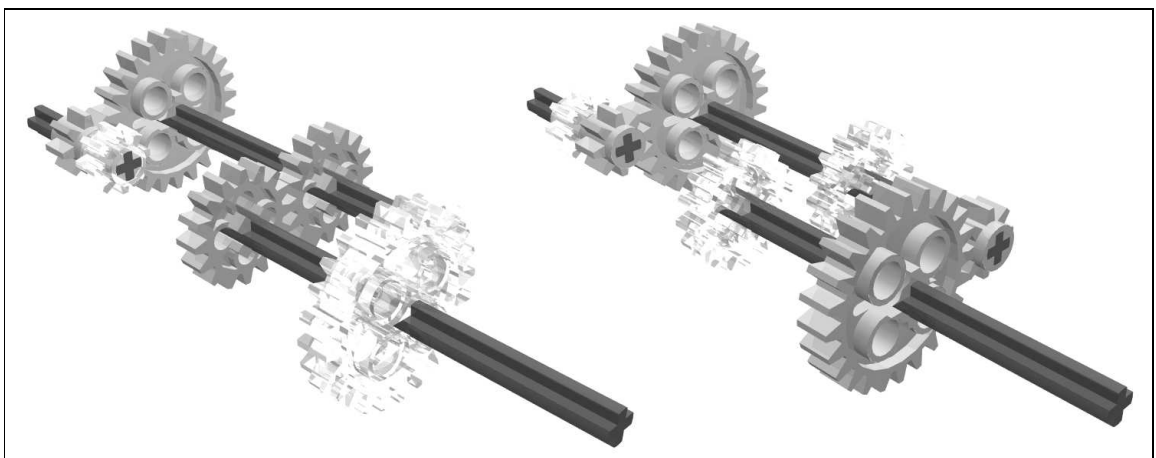


Fig.5 Boîte schématisée n°1033 - Configuration 2^{nde} et 1^{ère}.

³ Gamme à caractère pédagogique destinée à l'Education.

Le modèle suivant à disposer d'une boîte fut la *Test car n°8865* de 1988.

C'est toujours le même type de boîte qui est utilisé mais les rapports sont différents :

- 1^{ère} : 1:2 (0.5)
- 2^{nde} : 2:3 (0.67)
- 3^{ème} : 3:2 (1.5)

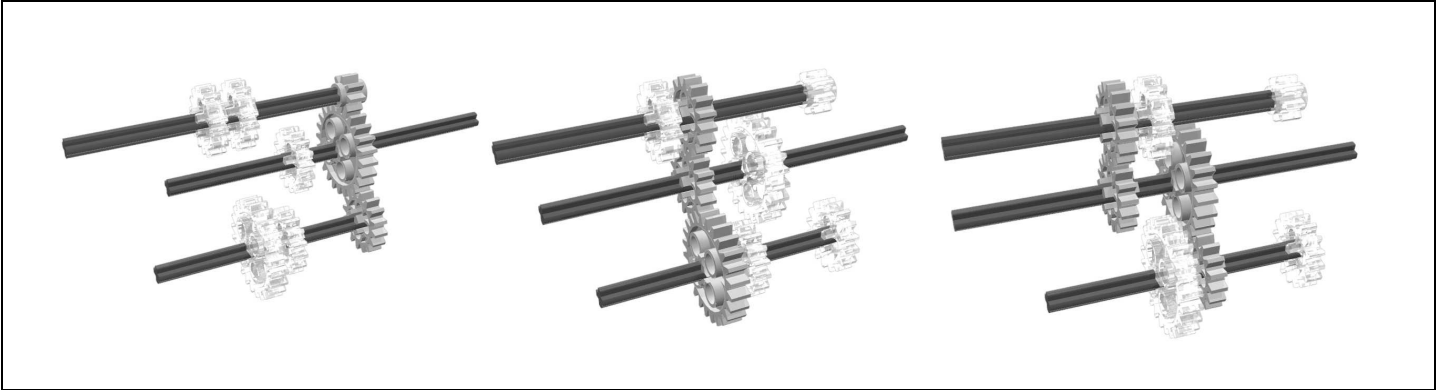


Fig.6 Boîte schématisée de la maquette *Test car n°8865*

On note des valeurs de rapports plus serrées, plus conformes aux modèles réels. La boîte est enfin une vraie boîte 3.

Toutefois reste que ces modèles réduits de boîtes sont limités :

- Il n'y a pas de point mort
- La boîte est une boîte 3 au mieux.
- Le modèle réduit ne disposant pas d'embrayage, le changement de rapport ne se fait pas sans difficultés.

Seconde génération

Etant donné les limitations de ce système de boîte, la société LEGO® créa de nouvelles pièces qui permirent de développer des boîtes plus performantes. Ils s'appuyèrent sans doute sur les boîtes de vitesse réelles. En effet, alors que les premières boîtes étaient des boîtes à train baladeur (en simplifiant, un axe qui bouge en translation) les boîtes modernes sont des boîtes à pignons toujours en prise.

C'est en 1994 dans la *Super car n°8880*⁴ qu'apparaissent ainsi les premiers éléments « modernes » de boîtes :

- Le manchon de sélection (6539)
- La roue dentée folle (6542)



6539



6542

⁴ La 8880 reste sans doute encore aujourd'hui le modèle Technic™ le plus abouti du point de vue des fonctions mécaniques : boîte, suspensions, direction, transmission 4x4 avec différentiel inter-ponts, etc, surclassant même de ce point de vue la *super street sensation n°8448*, qui pour sa part, l'emporte sur le design.

Contrairement aux roues dentées habituelles, la roue dentée folle n'est pas solidaire de l'axe sur lequel elle se trouve. Elle n'est donc ni entraînée par cet axe, ni entraînante. Le manchon de sélection, lui, vient se placer sur le connecteur d'axes Technic™ n°6538. Ainsi il est solidaire en rotation des axes ou il est placée et il peut librement se déplacer en translation suivant cinq positions⁵.



6538



6549

Si, par l'action de la fourchette de sélection⁶ n°6549, le manchon et la roue sont mis en contact, le manchon entraîne alors la roue : tout se passe alors comme si on avait placé une roue 16 dents classique solidaire de son axe.

On peut grâce à ces pièces concevoir une boîte de vitesse complexe dans laquelle le manchon de sélection sert à embrayer tel ou tel autre train d'engrenage. La boîte conçue sur la base de ces pièces permettent :

- d'avoir des changements de rapport doux,
- d'avoir un point mort,
- de composer des boîtes 4 dans un espace sensiblement identique.

Ainsi, dans la *Super car n°8880*, la boîte de vitesse est une boîte 4 avec les rapports suivants :

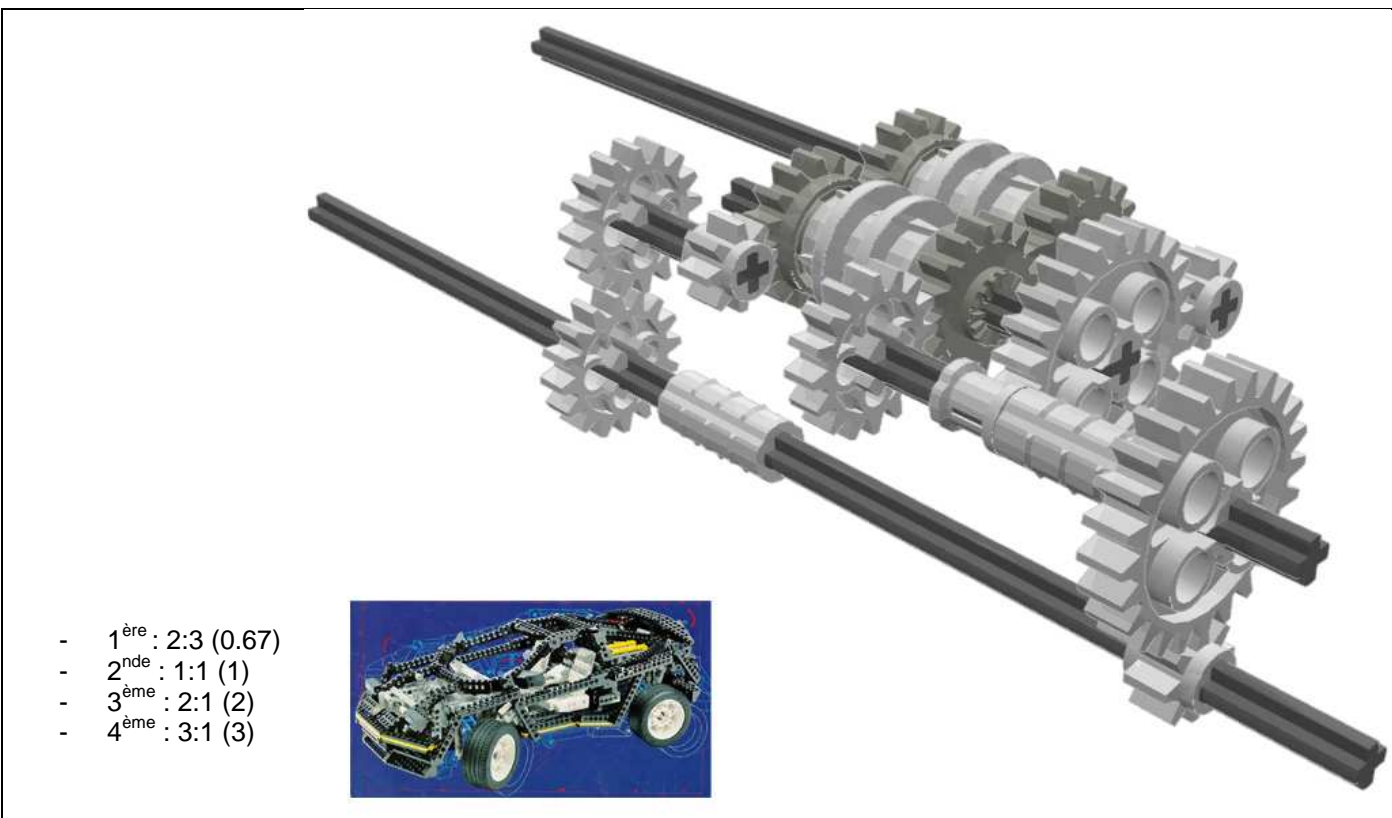


Fig.7 Boîte schématisée de la maquette *Super car n°8880*

Cette boîte reste incomplète, et le montage du levier de vitesse si il est très réaliste grâce à la rotule nécessite des pièces très spécifiques⁷ qui limite le nombre de rapports à 4.

⁵ Seulement trois positions utiles en fait.

⁶ Dans le cas présent, la fourchette de sélection est partie intégrante du levier de la boîte de vitesse.

⁷ Le levier n°6549 est tellement spécifique qu'il ne se retrouve dans aucun autre modèle.

De façon anecdotique, notons que le modèle alternatif du set n°8880, une Formule 1, possède une boîte de vitesse réduite à deux rapports de 1:1 et 4:3 (1.33)

C'est en 1999 qu'apparaît alors une troisième pièce : une extension de manchon de sélection (pièce 32187).



32187



6641

ainsi qu'un ensemble de deux nouvelles roues dentées de 20 (n°32269) et 12 (n°32270) dents :



32269



32270

Elles apparaissent avec le set *Super Street Sensation n°8448*, accompagnée de la fourchette de sélection n°6641. Cette maquette dispose d'une boîte 6 (5 + m arche arrière), d'une complexité telle qu'on ne comprend pas son fonctionnement immédiatement au montage. Son placement au cœur du modèle réduit ne facilite pas non plus la compréhension intime du mécanisme. Deux vues en annexe 2 permettent de mieux comprendre. Tout réside dans la combinaison de rapports d'engrenages ayant des valeurs diverses grâce à une plus grande variété de roues dentées. Le calcul des valeurs de démultiplication aide aussi à mieux comprendre :

Valeurs des rapports d'engrenages	20:12	(5:3 = 1.67)
	1:1	(1:1 = 1)
	16:24	(2:3 = 0.67)
	12:20	(3:5 = 0.6)



Valeurs des rapports de vitesse

Marche arrière :	12/20	x	16/24	=	2/5	(0.4)
1ère	12/20	x	1/1	x	1/1	= 3/5 (0.6)
2nde	1/1	x	1/1	x	16/24	= 2/3 (0.67)
3ème	1/1			=	1/1	(1)
4ème	20/12	x	1/1	x	16/24	= 10/9 (1.11)
5ème	20/12	x	1/1	x	1/1	= 5/3 (1.67)

Seule la marche arrière comporte un nombre pair de rapports(2) : le sens de rotation est inverse de celui des autres trains d'engrenages qui en comporte un nombre impair (1 ou 3).

On note que l'on peut aisément modifier la valeur de 4 de ces rapports de vitesse en modifiant simplement les trains d'engrenages 20:12 et/ou 12:20. On peut aussi imaginer modifier les rapport 1:1 et 16:24 mais plus difficilement.

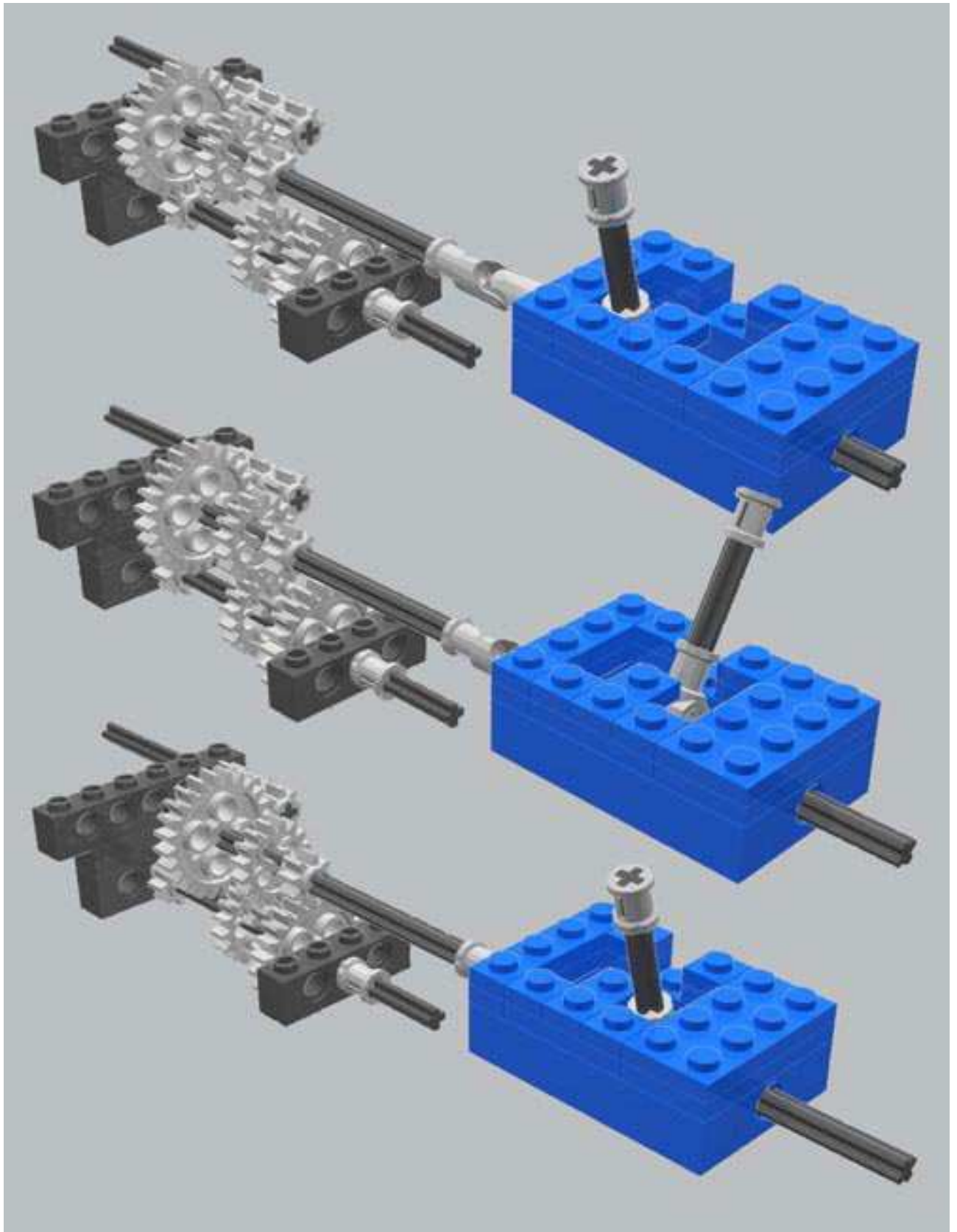
Le *4x4 off roader n°8466* de 2001 présente aussi une boîte 6. Malheureusement, il ne s'agit pas d'un nouveau modèle de boîte : c'est tout simplement une copie de celle qui équipe la n°8448.

Perspectives

Depuis 2001, la société LEGO® nous a plus proposés de boîte de vitesse dans ses modèles. Il faut avouer que la taille de la boîte de vitesse engendre des maquettes de grande taille alors que globalement la politique de la société semble s'orienter vers des modèles moins ambitieux mais plus nombreux. Lançons toutefois quelques pistes pour de futures innovations dans le domaine des boîtes de vitesse :

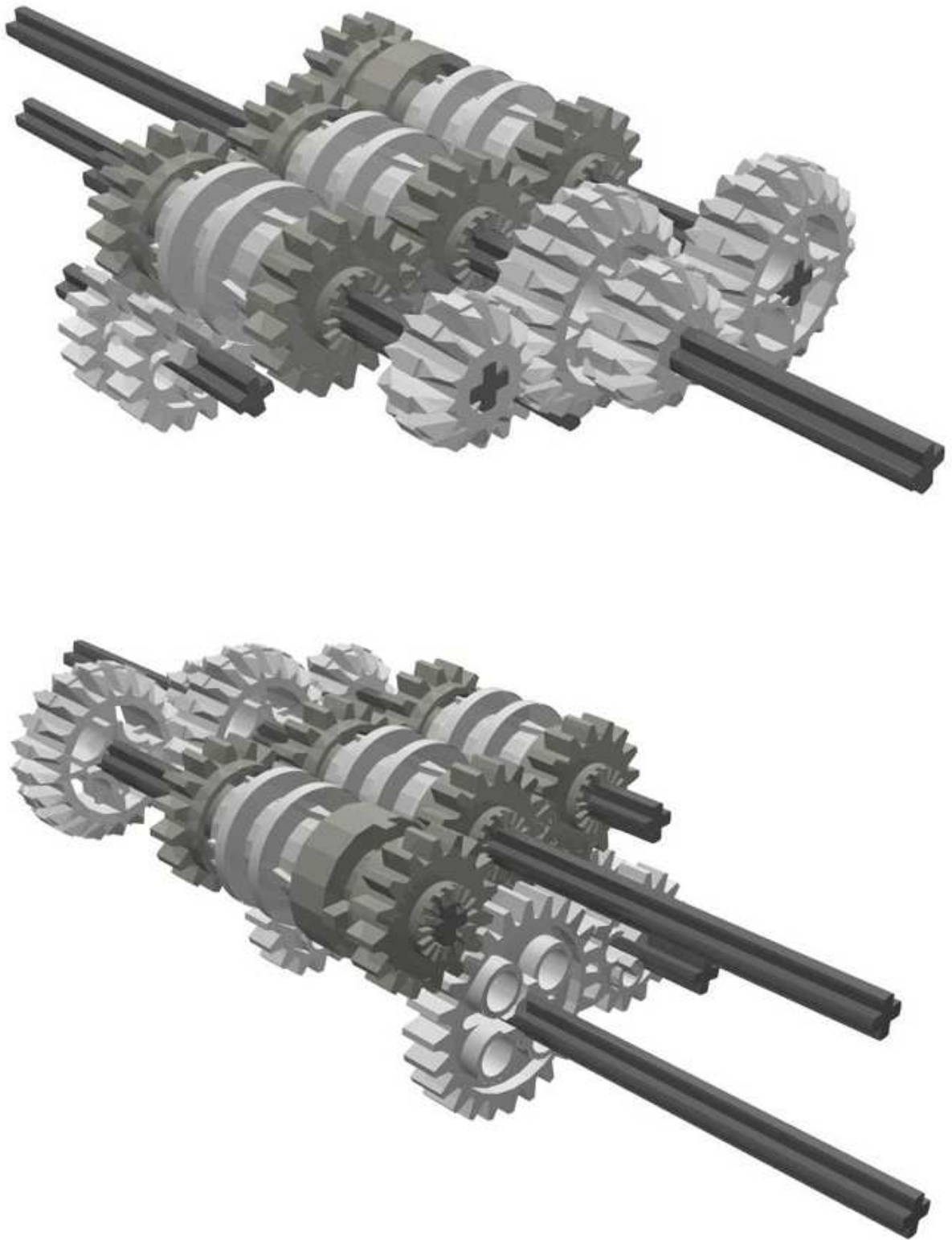
- La création de une, deux ou trois nouvelles roues dentées folles en plus de celle à 16 dents (par exemple 24, 20 et 12 dents) décuplerait les possibilités.
- La création d'un autre jeu de roues dentées (10 et 22 ou 14 et 18) permettrait de modifier aisément les valeurs des rapports de réductions.
- Un nouveau connecteur d'axe Technic™ plus adapté que le n°6538 serait bienvenu en combinaison avec un manchon de sélection unidirectionnel.

Annexe 1



Boite schématisée de la maquette *Auto chassis n°8860* - Configuration des trois rapports de vitesse

Annexe 2



Boite schématisée du set n°8448 en configuration de point mort.
Vues du même montage suivant deux directions diamétralement opposées.

Annexe 3

	1 ^{ère}	2 ^{nde}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	Arrière
853-956 (1977)	1:1 1					1:3 0.33
948 (1978)	1 :9 0.11					1 :27 0.04
8860 (1980)	1 :9 0.11	1 :3 0.33	1 :1 1			
8857 (1980)	1 :27 0.04	1 :3 0.33				
1033 (1985)	1 :9 0.11	1 :3 0.33				
8865 (1988)	1:2 0.5	2:3 0.67	3:2 1.5			
8880 (1994)	2 :3 0.67	1 :1 1	2 :1 2	3 :1 3		
8800-bis (1999)	1:1 1	4:3 1.33				
8448 (1999)	3 :5 0.6	2 :3 0.67	1 :1 1	10 :9 1.11	5 :3 1.67	2 :5 0.4
8466 (2001)	3 :5 0.6	2 :3 0.67	1 :1 1	10 :9 1.11	5 :3 1.67	2 :5 0.4

Tableau récapitulatif et chronologique des rapports de boîtes.

Ressources

Les sites Internet ci-dessous ont été utiles à la réalisation de ce document :

Peeron : <http://www.peeron.org>

Lugnet : <http://www.lugnet.com>

BrickShelf : <http://library.brickshelf.com/scans/>

Les dessins qui illustrent ce document ont été réalisés à l'aide des ressources logicielles disponibles aux adresses qui suivent :

Ldraw : <http://www.ldraw.org>

MLCAD : <http://www.lm-software.com/mlcad/>

L3P : <http://www.hassings.dk/l3/l3p.html>

Persistence Of Vision Raytracer : <http://www.povray.org/>

L Pub : <http://www.users.qwest.net/~kclague/LPub/>

Sites d'intérêt pour les fans de la gamme LEGO® Technic™ (en anglais principalement) :

Legotic : <http://mapage.noos.fr/chrismaker/>

Philo : <http://www.philohome.com/mindstorms.htm>

TexBrick : <http://www.texbrick.com/>

Les notices de montage

853 : <http://library.brickshelf.com/cgi-bin/gallery.cgi?f=414>

1033 : <http://library.brickshelf.com/cgi-bin/gallery.cgi?i=3622>

8448 : <http://library.brickshelf.com/cgi-bin/search.cgi?q=8448&stype=f>

8857 : <http://library.brickshelf.com/cgi-bin/gallery.cgi?i=12772>

8860 : <http://library.brickshelf.com/cgi-bin/gallery.cgi?f=1258>

8865 : <http://library.brickshelf.com/cgi-bin/gallery.cgi?f=1259>

8880 : <http://library.brickshelf.com/cgi-bin/gallery.cgi?f=25>

Remerciements

Merci à Julien, Alain, Erik, Pierre et Philippe pour leur aide.

Avertissements

Ce document n'est pas soutenu ou validé par le groupe LEGO®.

L'ensemble des marques citées dans ce document est la propriété de leurs détenteurs respectifs. Notamment, LEGO®, Technic™, Dacta™ sont des marques du groupe LEGO®.

Ce document est la propriété de son auteur. Vous pouvez en faire un usage non commercial à l'exclusion de tout autre usage notamment commercial à la condition formelle d'en demander l'autorisation préalable à son auteur.

© Didier Enjary, 2005
d.enjary@wanadoo.fr