

Fonctionnement des moteurs de blocage de différentiel AISIN (Toyota HDJ80, HDJ100, série 7...)

Version 1.11

Table des matières

| | |
|--|---|
| Introduction | 1 |
| Le fonctionnement des moteurs de blocage en détail | 2 |
| Le crabot de verrouillage | 2 |
| Force axiale et retard de mouvement du crabot | 2 |
| Le moteur de blocage | 3 |
| Le mécanisme à ressorts spiraux bidirectionnel | 3 |
| Les butées de fin de course mécaniques | 4 |
| Les fins de course électriques | 4 |
| Le capteur de confirmation de verrouillage | 5 |
| Le connecteur 6 broches et les couleurs de fils | 5 |
| Remise en état d'un moteur de blocage | 5 |

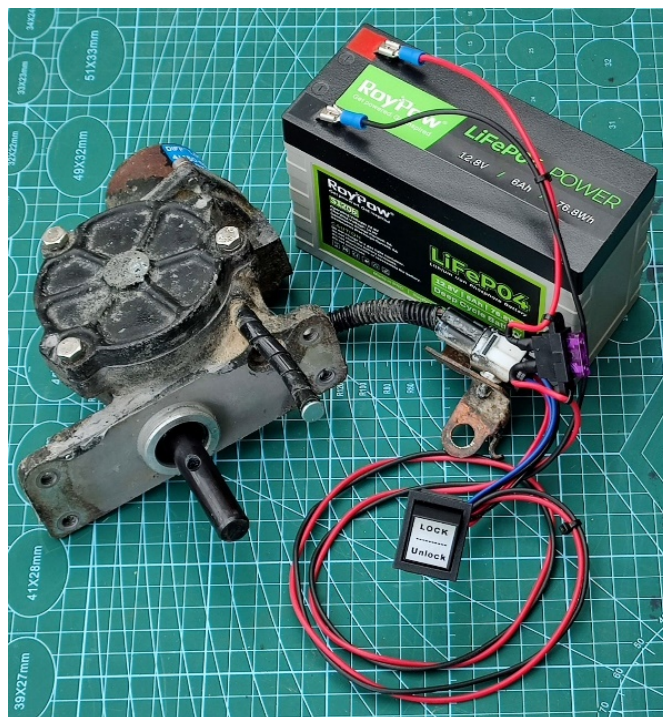
Introduction

Les moteurs de blocage permettent de verrouiller les différentiels, c'est-à-dire de rendre solidaires leurs arbres d'entrée et de sortie afin d'améliorer la traction du véhicule sur sol glissant ou en situation de franchissement difficile.

Un HDJ80 selon sa version peut être équipé avec un ou trois moteurs de blocage. Le blocage central est toujours présent, les blocages arrière et avant sont présents selon la version.

Les moteurs de blocage sont des éléments relativement complexes. Une bonne compréhension de leur fonctionnement est nécessaire pour poser un diagnostic de panne ou pour les remettre en état.

Ce manuel décrit leur fonctionnement interne. Mais il ne faut pas perdre de vue que leur bon fonctionnement dépend également d'autres éléments présents sur le véhicule : les capteurs de confirmation de verrouillage, les modules de commande, les faisceaux et connecteurs de liaisons, ainsi que les interrupteurs sur la planche de bord et les voyants sur le combiné instrument.



Les moteurs de blocage de différentiel étant très exposés sous le châssis, tout comme les capteurs de confirmation de verrouillage, ils sont majoritairement et fréquemment la cause d'une panne de verrouillage de différentiel.

Le fonctionnement des moteurs de blocage en détail

Le crabot de verrouillage

Avant de rentrer dans le détail du moteur de blocage, il faut comprendre le rôle du crabot qui est situé sur le différentiel.

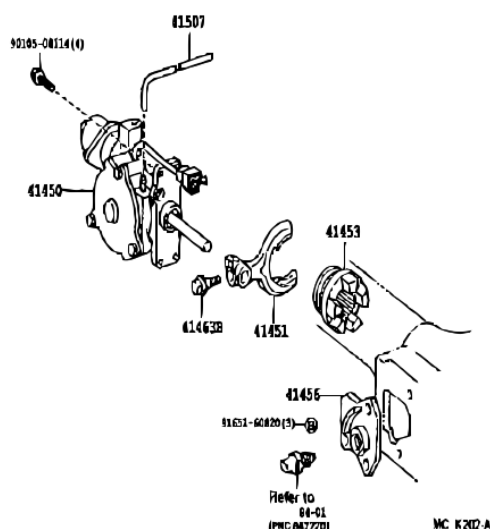
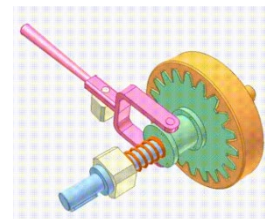
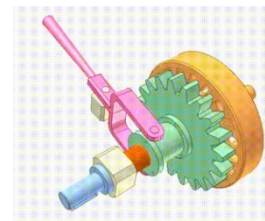
Lorsqu'ils sont utilisés sur des blocages de différentiels, les crabots servent à solidariser les deux demi-arbres d'un même pont, ou les arbres de transmission avant et arrière pour le différentiel central. Ils peuvent avoir d'autres fonctions, par exemple sur le treuil mécanique du HDJ80, la manette de commande du treuil actionne un crabot interne pour embrayer le tambour.

Un crabot (dog clutch en anglais) est composé de deux pièces dentées ou demi crabots : le crabot menant (ou mobile) ici en vert et le crabot menée (ou fixe) ici en orange. Le crabot mobile est celui que l'on pousse ou que l'on tire, il s'engage ou se désengage du crabot fixe. Il est actionné par une fourchette de commande. Un crabot est ici représenté dans sa position déverrouillée, puis en dessous dans sa position verrouillée.

Chaque demi crabot est relié à un demi-arbre de roue, pour un différentiel de pont, ou à un arbre de transmission pour un différentiel central. Lorsqu'il est engagé, le crabot rend les deux arbres auquel il est relié solidaires. Le différentiel est alors bloqué, c'est-à-dire qu'il s'apparente à un axe rigide.

Les dentures peuvent être axiales (c'est le cas pour le différentiel du pont arrière) ou radiales (différentiels du pont avant et de la boîte de transfert).

Ici une vue du différentiel arrière d'un pont de HDJ80, avec son crabot à 5 dents axiales et sa fourchette de commande. La tige de poussée du moteur de blocage actionne la fourchette qui pousse à son tour le crabot mobile contre le crabot fixe. On aperçoit également le capteur de confirmation de verrouillage en bas sur le schéma.



NB : pour le pont arrière, le différentiel se verrouille lorsque la tige de poussée du moteur est en position sortie.

Force axiale et retard de mouvement du crabot

Le crabot nécessite une force axiale, généralement entre 50 et 1000 Newton (environ 5 à 100 Kg), nécessaire pour engager ou désengager les dentures des deux demi crabots de façon franche. Cependant, quelque soit la force appliquée, le mouvement du crabot mobile n'est possible qu'à deux conditions :

1. Lors du verrouillage, les dentures du crabot mobile et du crabot fixe doivent être alignées.
2. Les contraintes de couple entre les deux axes à solidariser ou à désolidariser doivent être suffisamment faibles pour permettre l'emboîtement ou le désemboîtement des dentures.

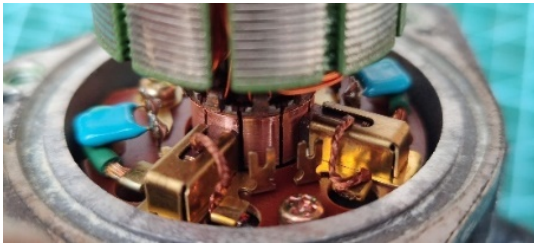
Lors du verrouillage, lorsque les dentures ne sont pas alignées, une force plus importante ne permet pas de verrouiller le crabot, d'où la présence du système de ressorts spiraux dans le moteur de blocage, qui absorbe une partie du mouvement en attendant l'alignement des dentures.

Lors du déverrouillage, une contrainte de couple entre les deux axes crabotés peut empêcher le déverrouillage du crabot. Même avec un actionneur puissant, le crabot peut rester verrouillé si les dents sont en contrainte. Ici encore, c'est le système de ressorts spiraux qui permet d'attendre le déverrouillage sans que le moteur ne force.

Le moteur de blocage

Le moteur de blocage a un fonctionnement de base simple : avec sa tige de poussée il pousse ou tire une fourchette de commande, qui a son tour actionne le crabot mobile. Ce dernier s'engage ou se désengage alors du crabot fixe.

Le moteur de blocage décrit ici est un blocage arrière. Les blocages avant et central ont un mécanisme légèrement différent, mais un fonctionnement global identique. C'est le moteur de blocage arrière est décrit ici car c'est celui qui regroupe le plus d'éléments en interne.



Le moteur de blocage est composé de plusieurs éléments, le premier d'entre eux est un petit moteur électrique à balais à courant continu, visible à gauche. Des aimants permanents collés à l'intérieur du carter moteur génèrent les champs magnétiques statiques. L'inversion du sens de rotation est obtenue en inversant la polarité d'alimentation sur les broches 2 et 3 du connecteur 6 broches.

L'arbre du moteur se termine par une vis sans fin de petit diamètre, visible en haut dans l'image de droite. La vis sans fin étant un système non réversible, l'état de verrouillage du différentiel est maintenu lorsque le moteur s'arrête. En bout de vis sans fin, un bouchon de carter avec réglage de jeu axial est présent. Les extrémités de l'arbre moteur sont des embouts céramiques qui garantissent une faible usure.



Cette vis sans fin entraîne un pignon de grand diamètre, visible à droite, formant avec un petit pignon une réduction permettant de générer un couple important à destination de la tige de poussée.



Le petit pignon engrène sur la crémaillère de la tige de poussée visible ci-dessous, transformant le mouvement de rotation en un mouvement de translation.



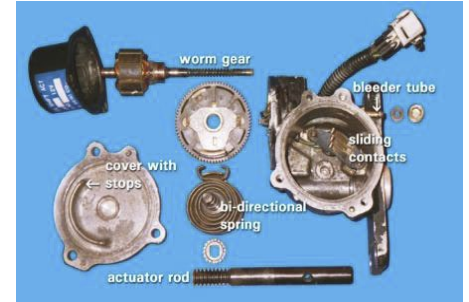
NB : Sur le différentiel central, le petit pignon est à l'extérieur du moteur de blocage, il entraîne deux pignons solidaires format une réduction supplémentaire, puis une tige de poussée à crémaillère solidaire de la fourchette de commande du crabot. Sur le différentiel avant, le petit pignon est aussi à l'extérieur, mais commande directement une fourchette sur laquelle est taillée une crémaillère, sans tige de commande intermédiaire.

Le mécanisme à ressorts spiraux bidirectionnel

Le petit pignon n'est pas relié directement au grand pignon. Un système intermédiaire de deux ressorts spiraux enroulés en sens inverse visible à droite permet de pousser ou tirer fermement la fourchette de crabot tout en permettant au moteur de continuer à tourner sans forcer jusqu'à la fin de course électrique, si le crabot ne peut pas bouger, ce qui est une situation assez fréquente.



Figure 1: Composants du moteur de blocage



Cette impossibilité de mouvement du crabot mobile survient fréquemment en situation de conduite, soit lors du verrouillage, lorsque les dentures du crabot ne sont pas encore alignées, soit lors du déverrouillage, lorsque le crabot est soumis à un couple de torsion et donc un frottement entre dentures qui empêche son déverrouillage.

C'est particulièrement fréquent pour le verrouillage du blocage arrière, qui est équipé d'un crabot à 5 dents sur HDJ80. Il peut nécessiter jusqu'à 1/5 de tour de roue pour s'aligner. Le crabot avant (24 dents) et central (30 dents) ont une denture nettement plus fine, donc le verrouillage est généralement beaucoup plus rapide.

NB : il faut absolument éviter l'engagement des crabots à vitesse élevée relative et à fortiori sous forte charge. Cela peut mener à un écaillage ou pire un engagement partiel qui peut mener à la rupture des dentures.

Le grand pignon est relié aux deux ressorts spiraux par une plaque verticale extérieure visible à droite. Chaque ressort fonctionne dans une seule direction. Le petit pignon situé dessous est solidaire de la plaque intérieure et du système de ressorts. L'assemblage forme un système de compression bidirectionnel à point milieu.



Pendant la rotation du moteur, le grand pignon tourne obligatoirement. En cas de blocage de la tige de poussée et donc du petit pignon, l'un des deux ressorts (selon le sens de rotation) se comprime, augmentant progressivement la force de poussée ou de traction sur le crabot, jusqu'à ce que le système de fin de course électrique coupe le moteur. Ce ressort reste comprimé jusqu'à ce que le crabot puisse se déplacer effectivement vers sa position de verrouillage ou de déverrouillage.

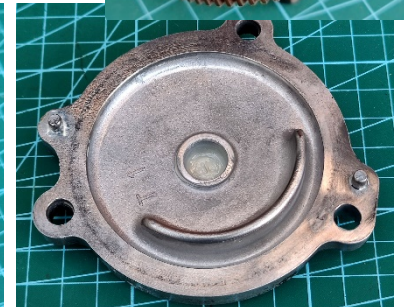
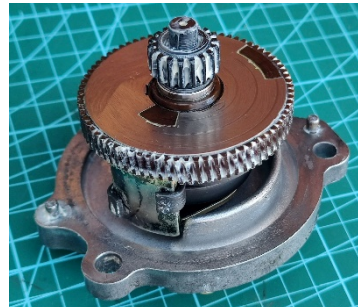


La compression du système de ressorts permet au moteur de continuer à tourner jusqu'à sa fin de course électrique tout en augmentant progressivement la poussée ou la traction pour aider le crabot à se verrouiller ou à se déverrouiller.



Les butées de fin de course mécaniques

La course totale maximum est limitée par un bossage en arc de cercle dans le couvercle et par une paroi verticale solidaire du grand pignon. Ces butées mécaniques évitent que la tige de poussée ne bute dans le carter ou ne sorte du moteur, et surtout évitent que les zones d'ouverture de contact sur les pistes fin de course (secteurs marrons sur le grand pignon) ne suffisent pas à remplir leur rôle. En effet lorsque la charge moteur est faible, son inertie pourrait faire tourner le grand pignon au-delà de la fin de course électrique dans chaque direction, provoquant une réalimentation du moteur qui peut avoir des conséquences destructrices.



Les fins de course électriques

La course réelle utilisée est légèrement plus réduite que la course totale limitée par les fins de course mécaniques : l'angle de rotation du grand pignon est aussi limité par un système de fin de course électrique. Il est composé de trois balais frotteurs solidaires du carter, visibles à droite, glissants sur trois pistes circulaires intégrées sous le grand pignon, visible ci-contre.



Les trois balais frotteurs sont reliés sur le connecteur 6 broches :



- Broche 4 : contact commun, piste centrale
- Broche 5 : contact de la piste intérieure, fermé tout au long de la course, s'ouvre en position déverrouillé
- Broche 6 : contact de la piste extérieure, fermé tout au long de la course, s'ouvre en position verrouillé

La piste du contact commun (broche 4 du connecteur 6 broches) est toujours en contact avec le balais frotteur central quel que soit la position du grand pignon. Chacune des deux autres pistes (broches 5 et 6 du connecteur 6 broches) gère

la fin de course pour un seul sens de déplacement. Elles sont donc légèrement plus courtes car elles intègrent un secteur isolé en plastique qui forme une zone d'ouverture de contact.

Le capteur de confirmation de verrouillage

Les informations en provenance des fins de course électriques du moteur de blocage ne suffisent pas à connaître l'état de verrouillage des différentiels car le système de ressorts du moteur permet un mouvement du crabot en aval des fins de course. Un capteur de confirmation, situé à proximité du moteur de blocage, vient donc compléter le système.



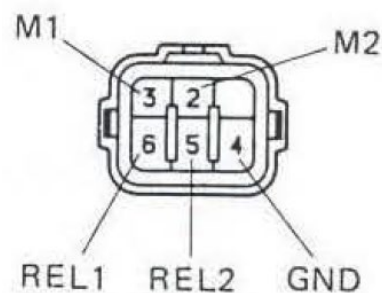
C'est un simple interrupteur poussoir équipé d'un connecteur 2 broches. Il détecte la position réelle de la fourchette de commande, ce qui lui permet de confirmer le verrouillage ou le déverrouillage effectif du différentiel. Etant donné la très grande influence des blocages de différentiels sur le comportement et la tenue de route du véhicule, c'est un élément de sécurité important qui doit être vérifié car il est le seul à indiquer l'état réel de verrouillage.

Le connecteur 6 broches et les couleurs de fils

Le brochage

- La broche 1 n'est pas utilisée.
- Les broches 2 et 3 sont connectées au collecteur du moteur.
- Pour obtenir un déplacement vers la position déverrouillée, il faut un "+" sur la broche 2 (M2), et un "-" sur la broche 3 (M1).
- Pour obtenir un déplacement vers la position verrouillée, il faut un "-" sur la broche 2 (M2), et un "+" sur la broche 3 (M1).
- La broche 4 (GND) est le contact commun des pistes de fin de course
- La broche 5 (REL2) est le contact de la piste fin de course de déverrouillage
- La broche 6 (REL1) est le contact de la piste fin de course de verrouillage

Figure 2: vue avant du connecteur 6 broches mâle (coté moteur)



Les couleurs de fils coté moteur

- Broche 2 : Vert / Rouge (gros diamètre)
- Broche 3 : Vert (gros diamètre)
- Broche 4 : Noir (petit diamètre)
- Broche 5 : Jaune (petit diamètre)
- Broche 6 : Vert (petit diamètre)

Les couleurs de fils coté faisceau sur HDJ80

| Faisceau arrière | Faisceau central | Faisceau avant |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Broche 2 : Vert / Bleu • Broche 3 : Vert • Broche 4 : Blanc / Noir • Broche 5 : Vert / Noir • Broche 6 : Vert / Jaune | <ul style="list-style-type: none"> • Broche 2 : Vert / Bleu • Broche 3 : Vert • Broche 4 : Blanc / Noir • Broche 5 : Vert / Noir • Broche 6 : Vert / Jaune | <ul style="list-style-type: none"> • Broche 2 : Bleu / Vert • Broche 3 : Bleu • Broche 4 : Blanc / Noir • Broche 5 : Bleu / Noir • Broche 6 : Bleu / Jaune |

Remise en état d'un moteur de blocage

La remise en état d'un moteur de blocage consiste à vérifier et remettre en état chaque élément, en particulier l'état des contacts de fin de course, le collecteur, l'induit et la bonne fixation des aimants du moteur, l'état des éléments mécaniques, en particulier les engrenages, l'étanchéité des deux carters, l'état des joints, l'état du graissage et la propreté interne. Les pièces n'étant pas disponibles et pour la plupart difficiles à remettre en état, les moteurs trop endommagés notamment par une corrosion interne prononcée doivent raisonnablement être remplacés pour garantir une fiabilité à long terme.