



Custom Diff Lock - HDJ80



Manuel Utilisateur

Manuel version 1.10
8/12/2022

Solution Plug and Play pour améliorer le contrôle des différentiels sur HDJ80.

Je tiens à remercier ceux qui ont participé à son élaboration sur le forum my80isfantastic.com et tous ceux qui, par leurs écrits, leurs cours ou leur travail m'ont permis de réaliser ce projet.

Présentation

Le Custom Diff ECU est une version revue et modifiée du boîtier de contrôle des blocages de différentiels arrière et avant du HDJ80, ayant pour but de s'affranchir de ses limitations, en permettant :

- Le verrouillage du différentiel avant seul.
- Des verrouillages au-dessus de 8 km/h en mode expert.
- L'utilisation de blocages à air comprimé ou E-locker.
- Une meilleure signalisation au combiné d'instruments.
- Un avertissement de vitesse excessive par alarme sonore.
- La personnalisation et la reprogrammation.
- La réparation du boîtier.

Le boîtier s'installe de manière "Plug and Play", sans modification du faisceau d'origine. Il dispose de deux modes de fonctionnement :

Le mode de base, proche du fonctionnement d'origine, ajoute la possibilité de verrouiller le différentiel avant sans le différentiel arrière, sans interrupteur supplémentaire, en utilisant le sélecteur rotatif d'origine.

Le mode expert permet d'avoir encore plus de souplesse avec une commande indépendante des trois blocages tout en s'affranchissant de la limite de vitesse d'enclenchement.



Le Custom Diff ECU permet en outre de simplifier l'installation de blocages à air comprimé (ARB, TJM...), ou électriques à commande directe (Harrop-Eaton...), en reprenant les fonctionnalités et le câblage du boîtier ECU d'origine, dont l'affichage des verrouillages au combiné d'instruments. Il permettra avec ce type de blocages de conserver les interrupteurs et le faisceau d'origine avec peu de modifications à apporter et automatise également la mise en marche du **compresseur**, ce qui évite l'installation d'un interrupteur à la planche de bord.

Il est aussi possible de contrôler un système **mixte**, avec l'un des deux ponts équipé d'un blocage à air comprimé ou à commande électrique directe (E-locker), l'autre conservant le blocage d'origine.



Enfin l'électronique a été conçue pour conserver les sécurités physiques implémentée par Toyota, et propose une bonne immunité aux interférences et aux surtensions. Comme à l'origine, en cas de panne électronique, si le sélecteur rotatif est sur la position arrêt, les blocages ne pourront pas se verrouiller inopinément. En remplacement du circuit intégré propriétaire Denso, un microcontrôleur embarqué fiable et éprouvé, un Microchip Mega 4809 a été choisi, sous la forme d'une carte Arduino Nano Every couramment disponible. Le boîtier ECU devient donc entièrement réparable contrairement au boîtier d'origine.

Recommandations préliminaires

Les blocages de différentiels sont des éléments qui peuvent, si utilisés à mauvais escient, détériorer la transmission, voir occasionner un accident. Ils ne doivent être utilisés que sur des terrains à faible adhérence. Ils peuvent fortement augmenter le rayon de braquage, surtout si le blocage avant est verrouillé. L'utilisateur devra se documenter sur leur utilisation dans de bonnes conditions, à fortiori en mode expert. Il est fortement recommandé de lire à minima [le paragraphe de conseils et recommandations](#).

Il est conseillé de rester raisonnable sur les efforts demandés aux crabots des différentiels surtout dans les phases d'enclenchement, c'est-à-dire ne pas verrouiller alors que les roues ont des vitesses très différentes les unes par rapport aux autres (phases de patinage).

En mode expert, la compétence de l'utilisateur est engagée d'autant plus. Pour ceux qui mettent à jour leur système pour en tirer le meilleur profit, ne pas hésiter à demander des conseils, prendre des cours auprès de pilotes chevronnés, parcourir les forums, et surtout pratiquer dans un premier temps sur des terrains faciles et sans dangers.

Table des matières

- PRESENTATION 1**
- RECOMMANDATIONS PRELIMINAIRES..... 2**
- INSTALLATION..... 4**
- Ajout d'un interrupteur pour le contrôle du mode expert 4**
- Montage et démontage du boîtier 4**
 - Montage et démontage de la carte fille..... 4
 - Montage et démontage de la carte processeur Arduino 5
- MANUEL D'UTILISATION..... 6**
- Fonctionnement en mode de base 6**
 - La commande du blocage de différentiel central 6
 - La commande des différentiels arrière et avant 6
 - Fonction avancée : le verrouillage du blocage avant seul..... 8
 - Attention 8
- L'avertisseur sonore 9**
- Fonctionnement et options du mode expert 9**
 - Verrouillage des différentiels arrière et avant sans verrouillage du différentiel central..... 10
- Interrupteurs de commande séparés..... 10**
- Fonctionnement avec des blocages à air comprimé ou à commande électrique directe..... 11**
 - Gestion du compresseur 11



Activation du mode de commande directe.....	11
Câblage des entrées fin de courses.....	11
Câblage des sorties.....	12
Les trois types de blocages de différentiels sur HDJ80.....	13
LES DIFFERENTIELS - DOCUMENTATION	14
Les blocages manuels	14
Les différentiels classiques (Open differential).....	14
Les différentiels à glissement limité (LSD, limited-slip differential)	15
Le cas du HDJ80 24S.....	15
Les différents types de différentiels à glissement limités.....	15
1) Déverrouillage par seuil de différence de couple entre les sorties	15
2) Durcissement par sensibilité au couple d'entrée (HLSL).....	16
3) Durcissement par sensibilité à la différence de vitesse des sorties.....	17
4) Durcissement par contrôle électronique.....	18
Conclusions	18
CONSEILS D'UTILISATION DES BLOCAGES ET RECOMMANDATIONS	19
Utilité des différentiels.....	19
Conseils	19
Vérification du différentiel central à glissement limité du HDJ80 24S.....	20
ANNEXES	21
Le brochage du connecteur de l'ECU	21
Modification : suppression du blocage de différentiel central en vitesses courtes	21
Véhicules avec ABS, modification pour désactivation manuelle.	22
Vues d'ensemble du système de blocage de différentiels.....	23
Schéma de câblage électrique du boîtier de contrôle des différentiels arrière et avant	24
VERSIONS PERSONNALISEES ET REPROGRAMMATION.....	24
Précautions de manipulation.....	24
Méthode	24



Installation

Important : Pour les HDJ80 équipés d'un ABS, si utilisation du mode expert avec l'option 2, il sera nécessaire d'ajouter un interrupteur de désactivation de l'ABS. Voir en annexe, [le paragraphe véhicules avec ABS](#).

Ajout d'un interrupteur pour le contrôle du mode expert

Le mode expert peut être sélectionné soit en positionnant le cavalier (visible en haut à droite sur la photo) sur la position "Expert", auquel cas le boîtier restera à demeure dans ce mode, **soit en utilisant un interrupteur externe qui permettra de basculer à loisir entre mode de base et mode expert.**

Pour cette dernière solution, ouvrir le boîtier en écartant une à une ses deux languettes jusqu'au minimum nécessaire, en utilisant un tournevis plat. Lire [le paragraphe sur les précautions](#) avant d'aller plus loin. Tirer sur le connecteur blanc pour faire sortir la carte et la poser sur une surface propre et non électrostatique. Le câble de l'interrupteur viendra se connecter sur les plots "Ext" et "+12V" du bornier de la carte fille, avec du fil souple de section 0.5 à 1.5mm². Couple de serrage des vis : 0.4 N.m maxi, **en utilisant un tournevis plat et en tenant fermement la carte fille entre ses doigts pour éviter de générer des efforts sur le connecteur de liaison vers la carte principale.** La sortie +12V est protégée par un fusible de 50mA, de type Polyfuse, à réarmement automatique.



Montage et démontage du boîtier

Le Custom Diff ECU s'installe en lieu et place du boîtier de contrôle des différentiels arrière et avant, sans modification du câblage. Les HDJ80 possèdent deux boîtiers pour le contrôle de ses trois différentiels : un boîtier à 10 broches, côté porte conducteur, pour le différentiel central, et un boîtier à 16 broches, côté porte passager, pour les deux autres différentiels. On s'intéresse ici au second boîtier à 16 broches, dont la référence est : 89533-60030.

Pour avoir accès au boîtier (monté sur un support métallique) il faut déclipser le cache plastique de descente de porte passager en soulevant ses clips, qui se trouvent sous des encoches visibles le long du seuil de porte, en utilisant une spatule en plastique pour faire levier. Une fois les clips libérés, tirer le cache plastique vers l'arrière du véhicule. Le boîtier est fixé par quatre clips sur les côtés et un sur le dessus, qu'il faudra légèrement écarter à tour de rôle avec un tournevis plat pour son démontage. Le boîtier doit se désolidariser sans forcer. Le connecteur se débranche en appuyant à fond sur sa languette et en tirant relativement fort, avec un léger mouvement de basculement (éviter de tirer sur les fils).



Montage et démontage de la carte fille



Cette manipulation ne doit être réalisée qu'exceptionnellement pour une éventuelle opération de maintenance. Attention la vis ne doit pas serrer la carte, mais juste la maintenir. Un serrage détériorerait le connecteur 20 broches.

Outillage : une clé 6 pans mâle de 1.5mm et une douille 6 pans de 4mm. Toujours débrancher entièrement le boîtier et [prendre les précautions d'usage pour les décharges ESD](#). Retirer la vis M2 puis déconnecter la carte délicatement en tirant vers le haut uniformément. Il est important que la carte se désengage dans l'axe pour éviter de tordre les pattes et détériorer le connecteur de liaison. Lors du stockage ou du transport, protéger ses broches par une mousse ESD. Au remontage, engager le connecteur en vérifiant que tous les contacts



soient bien alignés, puis poser l'écrou frein **sur le dessus** et le serrer jusqu'au maintien de la carte, **sans compression de celle-ci**. Si un autre boulon que celui d'origine est utilisé, vérifier que ni la vis ni l'écrou ne touche les pistes ou les contacts des connecteurs 20 broches mâle et femelle.

Montage et démontage de la carte processeur Arduino

Il est préférable de démonter la carte fille avant de démonter la carte processeur pour éviter des efforts sur les connecteurs de liaison entre carte principale et carte fille. Voir ci-dessus pour cette opération.

Cette manipulation ne doit être réalisée qu'exceptionnellement pour une éventuelle opération de maintenance ou de remplacement de la carte, par exemple pour une mise à jour par échange standard. Le nombre de contacts important rend l'extraction de la carte relativement difficile. Il est important d'opérer progressivement et avec délicatesse en soulevant ses côtés gauche et droit pour que celle-ci se dégage dans l'axe sans détériorer les connecteurs. Il est important de toujours prendre appui sur la carte fille pour éviter un dégagement incontrôlé d'un seul côté qui tordrait le connecteur. Le remontage s'opère en alignant correctement les broches du connecteur, et en appuyant uniformément sur le dessus de la carte. **Prendre soin de placer le connecteur micro USB du bon côté**. Voir photo ci-dessus.



Manuel d'utilisation

Fonctionnement en mode de base

Le fonctionnement des blocages dans ce mode ne devrait pas dérouter l'utilisateur. On retrouve un fonctionnement similaire à celui décrit (succinctement) dans le manuel utilisateur du HDJ80, mais avec l'ajout de fonctions et une amélioration de la signalisation par les voyants sur le combiné d'instruments.

Sélection du mode de base : si le cavalier de la carte se trouve sur la position "Ext Expert" et que l'interrupteur raccordé sur le bornier est ouvert (ou aucun interrupteur raccordé), alors le boîtier se trouve dans le mode de base. Dans ce mode on retrouve pratiquement le même fonctionnement que celui d'origine, à savoir :

La commande du blocage de différentiel central

Le différentiel central peut s'enclencher quelque-soit la vitesse du véhicule par le commutateur au centre de la planche de bord. Il est géré par un boîtier relais indépendant du boîtier Diff ECU. Son voyant au combiné d'instruments est à deux états :



- Voyant éteint : le différentiel central est déverrouillé ou en cours de verrouillage.
- Voyant allumé : le blocage du différentiel central est effectif.

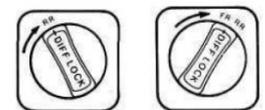
En mode de base, le commutateur de commande du différentiel central autorise la commande des différentiels arrière et avant. C'est-à-dire que ces deux derniers ne peuvent se verrouiller que si le bouton de commande du blocage de différentiel central est enclenché. A l'identique, le déverrouillage du différentiel central initie le déverrouillage des différentiels avant et arrière.

NB : d'origine, le différentiel central s'enclenche automatiquement lorsque le sélecteur de la boîte de transfert est sur la position L (vitesses courtes). Ce comportement n'est pas toujours adapté, par exemple sur des terrains en dur lors d'évolutions à faible vitesse, à fortiori avec de fortes charges à tracter ou à manœuvrer en remorque. Il pourrait être souhaitable d'effectuer une modification pour désactiver cette fonction, soit définitivement, soit par l'intermédiaire d'un interrupteur qui pourra être placé sur la planche de bord. L'utilisation du mode expert, décrit plus bas, pourra aussi profiter de cette modification.

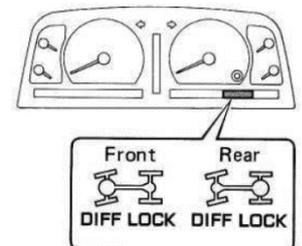
[Voir en annexe pour la modification de câblage à apporter.](#)

La commande des différentiels arrière et avant

Le commutateur rotatif à gauche du volant commande les différentiels arrière et avant. La première position correspond à une demande de verrouillage de l'arrière, la deuxième position à une demande de verrouillage de l'arrière et de l'avant. Leur voyant au combiné d'instrument est à 4 états :



- Voyant éteint : le blocage de différentiel est déverrouillé.
- Clignotement lent : verrouillage demandé, en attente de validation.
- Clignotement rapide : verrouillage initié, en attente de verrouillage effectif.
- Voyant allumé : le verrouillage du blocage de différentiel est effectif.



Le clignotement lent des voyants indique un verrouillage en attente pour une des trois raisons suivantes :

- Le différentiel central n'est pas verrouillé.
- La vitesse est excessive (supérieure à 8 km/h).
- Le blocage avant attend le verrouillage du blocage arrière* (sécurité pour limiter les risques de casse du blocage avant, en mode de base uniquement).



Lorsque les conditions sont remplies, le ou les différentiels passent en phase de verrouillage : le voyant correspondant se met à clignoter rapidement, puis passe en fixe à l'enclenchement effectif du crabot. Le crabot est la pièce qui vient bloquer le différentiel par l'action du moteur de blocage.

*** Le différentiel avant initie son verrouillage seulement si le différentiel arrière est déjà effectivement verrouillé. C'est une mesure de protection pour soulager le blocage avant et le pont avant. Pour la même raison, en phase de déverrouillage, le différentiel arrière attend que le différentiel avant soit effectivement déverrouillé avant de se déverrouiller lui-même.** Cette sécurité est supprimée en mode expert.

NB : Le mouvement mécanique dans le blocage nécessite environ 1 seconde. La commande électrique du moteur délivrée par l'Ecu dure 2 secondes, elle est interrompue par le contacteur de fin de course.

Cette phase est audible en écoutant attentivement, moteur arrêté, porte ouverte. Arrivé en bout de course, le moteur du blocage s'arrête (par un contacteur de fin de course situé dans le blocage). Le ressort spirale est alors tendu. A cet instant le blocage n'est pas forcément encore effectif. En effet si les dents des crabots fixes et mobiles ne sont pas alignées, malgré la tension du ressort spirale qui pousse sur la fourchette de crabot par un système d'engrenage et de crémaillère, le crabot ne s'engagera pas. Dès que ses dents seront alignées, le crabot doit s'engager et donc verrouiller le différentiel.*

Le verrouillage effectif peut donc nécessiter un temps variable qui dépend de la position du crabot mobile par rapport au crabot fixe lors de l'enclenchement, une légère rotation (normalement moins de 1/5 tour avec le différentiel d'origine) d'une roue par rapport à celle à l'opposé du pont peut être nécessaire pour obtenir le verrouillage effectif.

Un temps variable sera également nécessaire, parfois plus long, pour obtenir le déverrouillage effectif du ou des blocages : il ne peut se produire que si les crabots ne sont pas soumis à des efforts significatifs. Par exemple maintenir le véhicule dans une même trajectoire courbe peut empêcher le déverrouillage en produisant un couple de torsion important dans le crabot. Sa partie mobile se retrouve alors dans l'impossibilité de revenir en arrière par la seule force du ressort spirale qui tire sur l'axe de la fourchette. Pour déverrouiller, les roues avant devraient être droites, en aidant si besoin avec de légers mouvements de volant. Le crabot se désengagera alors au moment où le couple de torsion devient négligeable.

NB : l'arrêt du véhicule n'est pas forcément synonyme de déverrouillage !

* L'absence de verrouillage effectif ou de déverrouillage après une période prolongée signifie en général un problème mécanique ou une lubrification défectueuse sur le moteur de blocage ou dans le crabot.

Attention : Les verrouillages restent enclenchés lorsque la limite de vitesse d'enclenchement (8 km/h) est atteinte ou dépassé.

Il est de la responsabilité du conducteur de déverrouiller les blocages dès qu'ils ne sont plus utiles.

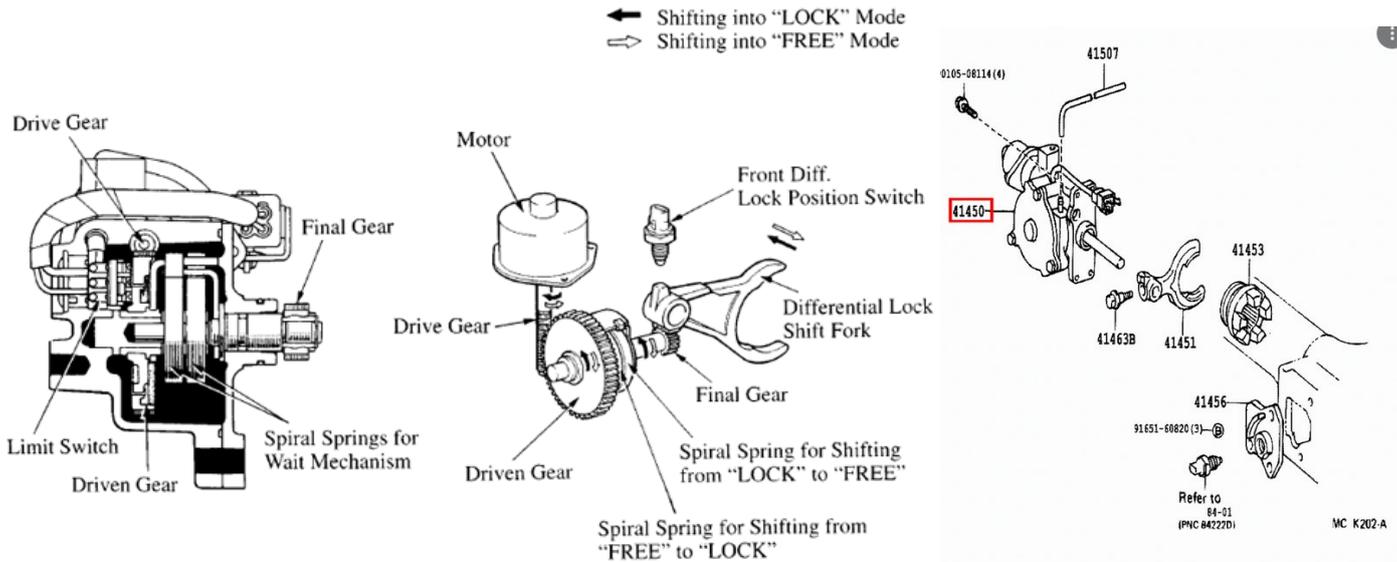
Le déverrouillage est préférable à l'arrêt ou à faible vitesse (< 8km/h) en privilégiant une conduite en ligne droite, souple, sans accélération ni frein moteur. Il peut se faire exceptionnellement à plus grande vitesse avec précaution. Le déverrouillage peut prendre du temps selon les trajectoires suivies.

Ne jamais enclencher les blocages s'il y a un risque de ne pouvoir les déverrouiller avant une portion de terrain où des virages deviendraient difficiles à négocier.

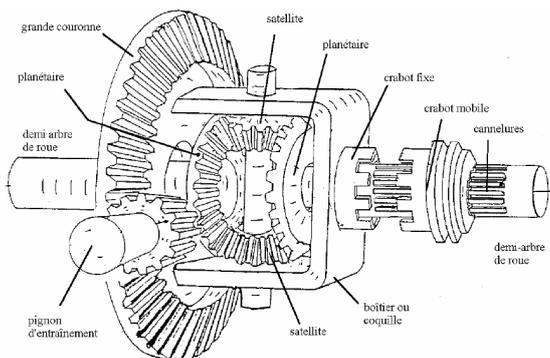


Description du système de blocage de différentiel à commande électrique indirecte :

► Front Diff. Lock Actuator ◀



Vue schématique du système de crabot utilisé sur les blocages du HDJ80 : actionnement indirecte par fourchette



On voit ici clairement que si le crabot mobile tourne trop vite par rapport au crabot fixe, les dents risquent de s'abimer à l'enclenchement, et que si le couple entre les roues est significatif, il aura du mal à se dégager.

Fonction avancée : le verrouillage du blocage avant seul

Dans certaines situations il peut être utile de ne verrouiller que le différentiel avant (et le central). La plus fréquente est celle d'une forte montée ou d'un talus, lorsqu'une roue arrière est très motrice par rapport à l'autre et lorsque l'avant n'a pas un bon appui. Si le blocage du central ne suffit pas pour obtenir assez de motricité, le blocage en supplément de l'arrière peut provoquer un fort pivotement de l'avant du véhicule. Le blocage de l'arrière et de l'avant ne résoudra pas forcément le problème. Trop de motricité à l'arrière peut aussi provoquer un cabrage. Dans de telles situations, il peut être utile de ne bloquer que l'avant.

Pour bloquer l'avant seul, tourner le commutateur rotatif jusqu'à la position avant + arrière (FR RR), puis revenir en arrière sur la position RR. A ce moment si le commutateur est à nouveau tourné vers la position FR RR dans les deux secondes, l'avant seul est sélectionné.

Attention

Le blocage avant, de par l'articulation par joints homocinétiques, peut être amené à supporter des couples de torsion très importants lorsqu'il est verrouillé et que les roues sont braquées. D'où des casses possibles



dans des situations extrêmes. En conséquence, il est conseillé de rester raisonnable sur les efforts demandés au blocage avant et de limiter les angles de braquage, en particulier lorsque seule une roue avant demeure motrice à cause d'un terrain glissant sur les trois autres roues, ou pire lorsqu'une roue avant est presque totalement bloquée par enfouissement et que les autres ne peuvent aider à fournir de la traction. Dans ce dernier cas de figure, le plus difficile, il faudra privilégier un treuillage.

L'avertisseur sonore

Pour des raisons de sécurité, les verrouillages ne se libèrent pas d'eux même lorsque le seuil de vitesse d'enclenchement (8 km/h) est dépassé. En effet dans des situations extrêmes, un déverrouillage automatique des blocages pourrait mener à un accident. Par exemple un passage glissant qui nécessiterait beaucoup de motricité et une vitesse soutenue pour rester dans la trajectoire.

D'où l'utilité de l'avertisseur sonore, un buzzer, qui indique que les blocages sont utilisés à une vitesse normalement trop élevée pour garantir la sécurité de conduite ou leur déverrouillage sécurisé.

Il est de la responsabilité du conducteur de déverrouiller les blocages dès que possible. L'avertisseur est un rappel que le conducteur pourra décider de suivre ou de ne pas suivre selon les circonstances.

Les seuils d'alarme sont les suivants :

- 10 Km/h : seuil activé si le différentiel avant est verrouillé -> **Bip lent**.
- 30 Km/h : seuil activé si un ou plusieurs différentiels sont verrouillés -> **Bip rapide**.
- Le mode expert désactive le premier seuil d'alarme à 10 Km/h.

Fonctionnement et options du mode expert

Le mode expert apporte plus de souplesse dans l'utilisation des blocages. Il permet d'aller jusqu'à la commande manuelle indépendante des trois blocages sans restriction de vitesse limite pour l'enclenchement. Tout comme le mode de base, il peut s'utiliser indifféremment avec une commande par le commutateur rotatif d'origine ou par deux interrupteurs à bascule séparés.

Il existe deux possibilités pour enclencher le mode expert :

- Activation temporaire par un interrupteur relié au bornier à deux plots de la carte fille.
- Activation permanente par déplacement du cavalier de la carte fille vers la position "Expert".

L'activation du mode expert supprime la sécurité d'enclenchement séquentielle arrière puis avant. C'est-à-dire que si l'enclenchement du blocage arrière est demandé en même temps ou juste avant le blocage avant, l'avant n'attendra plus le verrouillage effectif de l'arrière pour lancer son verrouillage.

A l'identique, au déverrouillage, l'arrière n'attend plus le déverrouillage de l'avant pour se déverrouiller.

En option, deux autres effets sont disponibles par sélection sur les mini interrupteurs de la carte fille. Ces réglages deviennent actifs uniquement lorsque le mode expert est sélectionné :

- **Interrupteur 1 sur "on"** : l'option 1 supprime la limite de vitesse à 8 km/h : le verrouillage devient possible au-delà de 8 km/h, ce qui peut être utile dans le sable par exemple, à l'approche d'une zone piègeuse. Rien n'interdit de verrouiller les blocages à des vitesses élevées, à partir du moment où les roues d'un même pont tournent à des vitesses proches. Une trop grande différence de vitesse peut provoquer une détérioration ou une casse du crabot voir du différentiel selon les efforts engagés.
- **Interrupteur 2 sur "on"** : l'option 2 permet de verrouiller les blocages arrière et / ou avant sans le différentiel central. Peut être utile, parfois en conjonction avec l'utilisation des freins arrière, dans des situations spécifiques. La commandes des trois blocages devient totalement indépendante.



NB : Les interrupteurs 3 et 4 ne doivent pas être utilisés avec les blocages électriques d'origine, ils servent à configurer le boîtier pour l'utilisation de blocages à air comprimé ou à commande électrique directe.

Verrouillage des différentiels arrière et avant sans verrouillage du différentiel central

Le mode expert permet de ne verrouiller que les différentiels arrière et / ou avant sans le différentiel central, si l'option 2 est activée. L'intérêt le plus évident, sur un HDJ80 12S, est de permettre un dosage de la répartition de la motricité entre l'avant et l'arrière. Certaines situations assez courantes peuvent profiter de cette fonctionnalité, par exemple lorsque la conduite dans des chemins très glissants et étroits devient hasardeuse. En effet le différentiel central ouvert à répartition 50/50 du HDJ80 12S peut rendre le véhicule instable à cause d'un manque de motricité sur l'avant. Il est alors possible, en verrouillant seulement le différentiel arrière, de redonner de la motricité sur l'avant en utilisant le frein à main et en accélérant pour stabiliser le véhicule. La plupart du temps, cette action ramène le véhicule en ligne droite ou évite qu'il ne s'éternise dans des lacets difficilement contrôlables. Un freinage arrière plus intense se traduira par plus de motricité sur l'avant, simulant un différentiel central à répartition variable. Le verrouillage du différentiel arrière offre une meilleure stabilité et rattrape un éventuel (fréquent) déséquilibre gauche droite des freins à tambours. Il faudra veiller à ne pas faire surchauffer les freins, en limitant les actions sur le frein à main aux passages difficiles. **Attention, ne pas utiliser cette technique avec le HDJ80 24S car il dispose d'un différentiel central à glissement limité par friction qui va s'opposer à l'action des freins arrière, en rendant la technique inefficace, et surtout en provoquant une usure du différentiel.**

Il est recommandé de s'entraîner sur des chemins sans risques, la maîtrise simultanée de la direction, de l'accélérateur et du frein à main demande un entraînement certain. D'autres combinaisons sont possibles, souvent utilisées en trial. Si ces techniques sont utilisées fréquemment, il pourra être utile d'installer sur les freins à disques des commandes séparés et / ou disposant d'un système de vanne pour la répartition avant / arrière. L'utilisation des freins à disques permettra d'éviter la surchauffe des tambours et offrira plus de progressivité et de puissance.



Interrupteurs de commande séparés

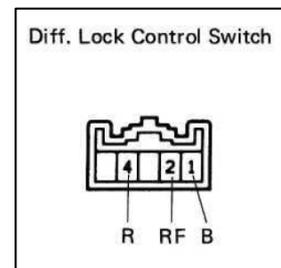
Pour plus de facilité dans la commande des blocages, pour un usage purement tout terrain, le contrôle des blocages avec deux interrupteurs pourra être plus intuitif, plus direct, et permettra d'utiliser les deux blocages indépendamment ou simultanément sans nécessiter une manipulation supplémentaire.

Il peut donc être utile de remplacer le sélecteur rotatif par deux interrupteurs à bascule ou par un interrupteur combiné. Le remplacement se résume au câblage de trois fils à récupérer derrière le sélecteur rotatif.

Il faut le démonter pour avoir accès au faisceau de commande branché sur son embase.

Le commun (B) sera dédoublé pour se connecter sur une broche de chaque interrupteur, les deux autres fils (R) et (RF) seront connectés sur le contact restant de chaque interrupteur.

- Broche 1 vers commun des interrupteurs : fil bleu / noir
- Broche 2 vers interrupteur avant : fil noir / vert
- Broche 4 vers interrupteur arrière : fil rouge / noir



Embase de l'interrupteur rotatif



Interrupteur double combiné

NB : si le blocage avant est sélectionné en premier, la sécurité de séquence d'enclenchement arrière puis avant, présente avec le sélecteur rotatif en mode de base, disparaît.



Pour démonter le commutateur sans démonter la planche de tableau de bord :

Enlever la porte du porte-fusible, tirer légèrement le cache plastique sous le commutateur (une vis à gauche, un clip à droite). Si besoin dévisser le porte-fusible et démonter le cache commodo pour faire un peu de place. Les deux clips du commutateur se trouvent sur ses côtés, appuyer dessus un à un avec une spatule ou un tournevis, en faisant pression vers l'intérieur du commutateur, depuis le dessous, tout en le tirant. Il doit se retirer sans forcer. Une petite spatule légèrement coudée pour la languette de droite peut être utile si un tournevis ne suffit pas.



Fonctionnement avec des blocages à air comprimé ou à commande électrique directe

Il est possible de configurer le boîtier pour commander des blocages à air comprimé (ARB, TJM...) ou à commande électrique directe (Harrop...), à l'avant et à l'arrière, ou même permettre un système mixte avec un blocage électrique d'origine sur un pont et un blocage à air comprimé ou à commande électrique directe sur l'autre pont. Par simplicité ce mode de commande sera nommé le **mode de commande direct**.

Attention : Les sorties de l'ECU par relais sont limitées à 5 ampères chacune. Avec un total également estimé à 5 ampères sur l'ensemble des sorties, limite imposée par le connecteur de l'ECU.

Les électrovannes à solénoïde (normalement 5W donc 0.4A par électrovanne) ne posent pas de problème, mais le compresseur selon le modèle peut dépasser largement 10 ampères, il faudra donc installer obligatoirement un relai intermédiaire pour sa commande.

Gestion du compresseur

Lorsqu'un pont équipé d'un blocage à air comprimé reçoit une demande de verrouillage, l'ECU commande déjà la mise en marche du compresseur, attend 5 secondes, puis active l'électrovanne du blocage. L'ECU laisse ensuite la sortie compresseur en marche pendant 10 minutes, renouvelables par toute nouvelle demande. Pendant ces dix minutes, une nouvelle demande de verrouillage ne nécessite plus l'attente de 5 secondes. Si aucune demande de verrouillage n'est reçue durant 10 minutes, la sortie compresseur est désactivée, dans l'attente d'une nouvelle demande. Cette durée limitée à 10 minutes permet d'éviter, en cas de rupture d'une canalisation d'air comprimé, que le compresseur ne tourne indéfiniment.

NB : pour des blocages à commande électriques directes, la sortie compresseur ne sera pas utilisée.

Activation du mode de commande directe

- Mettre sur "On" l'interrupteur 3 de la carte fille pour le pont **avant**
- Mettre sur "On" l'interrupteur 4 de la carte fille pour le pont **arrière**
- Mettre sur "On" les interrupteurs 3 et 4 de la carte fille pour des blocages à air sur les **deux ponts**

Câblage des entrées fin de courses

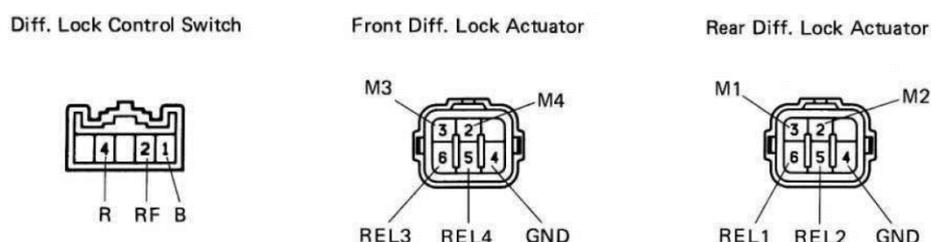
Les blocages à air comprimé n'ont pas d'interrupteurs de fin de course, ces signaux étant utilisés comme sécurités physiques dans le boîtier ECU, il est nécessaire de shunter ces entrées à la masse pour que les sorties relais M1 à M4 puisse fonctionner :

- Entrées REL1 et REL2 à la masse pour un blocage arrière à air comprimé.



- Entrées REL3 et REL4 à la masse pour un blocage avant à air comprimé.

Il n'est pas nécessaire de modifier le faisceau au niveau du connecteur de boîtier ECU, les connexions de masse peuvent se faire soit au niveau des connecteurs des moteurs de blocage électrique en raccordant les broches 5 et 6 à la masse, soit en bout des rallonges qui seront probablement confectionnées pour relier ces connecteurs au compresseur et à ses électrovannes sous le capot moteur.



Concernant les entrées des interrupteurs de confirmation de verrouillage, elles ne sont plus actives avec des blocages à air comprimé ou à commande électrique directe. Le programme de l'ECU simule donc la confirmation en allumant le voyant en fixe au combiné d'instrument, 1 seconde après que le verrouillage ait été initié, et en l'éteignant une seconde après le début de la phase de déverrouillage.

Point sécurité :

Normalement un blocage à air comprimé ou à commande électrique directe doit se verrouiller en moins d'une seconde, mais s'il ne se verrouille pas, le voyant au combiné d'instrument sera tout de même allumé en fixe au bout d'une seconde.

A l'identique, le voyant n'indique pas le déverrouillage effectif : en cas de panne du système de blocage, le voyant du combiné d'instrument pourrait indiquer que le verrouillage n'est pas actif alors que le différentiel est resté verrouillé.

En conséquence, la maintenance des systèmes de blocages à air comprimé ou à commande électrique directe doit être plus rigoureuse.

Câblage des sorties

Comme pour les entrées fin de course, le câblage des électrovannes et du compresseur peut se reprendre dans les connecteurs des mécanismes de blocage électrique.

A l'arrière :

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • sortie +12V électrovanne : M1 (broche 3 connecteur moteur de blocage arrière) |
| <ul style="list-style-type: none"> • sortie +12V compresseur : M2 (broche 2 du connecteur de moteur de blocage arrière) |

A l'avant :

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • sortie +12V électrovanne : M3 (broche 3 du connecteur de moteur de blocage avant) |
| <ul style="list-style-type: none"> • sortie +12V compresseur : M4 (broche 2 du connecteur de moteur de blocage avant) |

Attention : ne pas relier les deux sorties +12V compresseur ensemble :



Lorsque deux blocages à air comprimés sont utilisés, l'une ou l'autre des sorties +12V compresseur doit être utilisée pour contrôler le compresseur, sauf si utilisation de deux compresseurs, auquel cas chaque compresseur aura sa sortie dédiée (situation peu probable).

Relier les deux sorties ensemble pour disposer de plus d'intensité serait une mauvaise idée en termes de fiabilité car les deux relais ne collent jamais exactement en même temps.

Les trois types de blocages de différentiels sur HDJ80

Il existe 3 types de blocages pour le HDJ80, commercialement disponibles, qui peuvent tous être commandé par le boîtier custom Diff ECU.

- **Le système d'origine, à commande électrique indirecte.** Un moteur électrique agit sur la fourchette de crabot du différentiel. C'est le plus complexe, le moins performant, mais aussi le plus sécuritaire car il dispose d'un interrupteur de confirmation de l'enclenchement. Sa commande est la plus complexe car elle nécessite deux interrupteurs de fin de course et un système d'inversion de la polarité du moteur. Il est recommandé pour un usage général, lorsque la fiabilité et la sécurité passe avant la performance pure. Cela ne le dispense pas d'une maintenance régulière, surtout s'il a été soumis à des entrées d'eau ou si son mécanisme n'a pas été rénové depuis très longtemps.
- **Le système à commande électrique directe (E-locker).** Dans ce cas un électro-aimant agit directement sur le crabot. C'est le système le plus simple. Il suffit d'envoyer une commande en 12V pour activer le blocage, et interrompre le circuit pour obtenir le déverrouillage. Sa simplicité œuvre en sa faveur en termes de fiabilité, mais dans sa version commercialisée, il ne dispose pas d'un interrupteur de confirmation de l'enclenchement. Il permet d'obtenir un enclenchement plus rapide grâce à un crabot disposant d'un nombre de dents plus élevé et grâce à la suppression du temps de latence du mécanisme de blocage indirect. Il est recommandé dans les cas où l'on désire obtenir plus de performance à l'enclenchement tout en conservant une bonne fiabilité. Néanmoins sa maintenance devra faire l'objet de plus d'attention : ne disposant pas d'un interrupteur de confirmation de l'enclenchement, il sera plus difficile de détecter les symptômes d'un dysfonctionnement à venir.
- **Enfin le système à commande par air comprimé.** Dans ce cas c'est l'air comprimé qui agit sur le crabot. C'est un système relativement complexe mais dont la commande électrique est simple et identique à celle du système à commande électrique directe, à la différence qu'il faut prévoir un circuit électrique pour le compresseur d'air. Il permet d'obtenir une force d'enclenchement supérieure et donc un verrouillage possiblement plus rapide dans des conditions difficiles. Comme le système à commande électrique directe, il ne dispose pas d'un interrupteur de confirmation du verrouillage dans sa version commerciale, et l'étanchéité à l'air comprimé de la chambre de verrouillage est assurée par des joints toriques. Ces deux caractéristiques imposent une maintenance plus rigoureuse et plus fréquente. Il est recommandé pour obtenir un maximum de performances dans un usage tout terrain extrême.

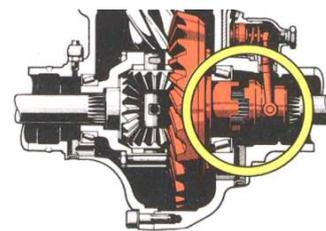
En résumé les blocages à air comprimé ou à commande électrique directe permettent un engagement plus rapide, grâce à un système de commande plus rapide et à un crabot possédant un nombre de dents plus élevé à 16 dents au lieu de 5 pour les blocages électriques d'origine. Mais leur maintenance doit être plus rigoureuse.



Les différentiels - documentation

Les blocages manuels

Un blocage à commande manuelle permet de forcer une vitesse identique sur les deux arbres de sortie du différentiel, en les reliant ensemble, en général par un système de crabot, qui rend solidaire une des deux sorties par rapport à l'arbre d'entrée. Le différentiel se comporte alors comme un arbre rigide avec une différence de couple entre les arbres de sortie qui pourra atteindre 100%, garantissant de fournir tout le couple à la roue motrice même lorsque l'autre est complètement dans le vide. Les systèmes de verrouillage automatique présents sur les différentiels à glissement limités ne permettent pas d'avoir cette asymétrie totale. Ils sont en général limités à un rapport de couple entre les deux sorties de 1:1.5 à 1:4, contrairement au rapport infini disponible sur un blocage manuel. Le blocage manuel sera donc beaucoup plus efficace dans des situations où il y a un très fort déséquilibre d'adhérence entre deux roues ou deux ponts. Cas typique d'un enlèvement, ou d'un franchissement difficile.

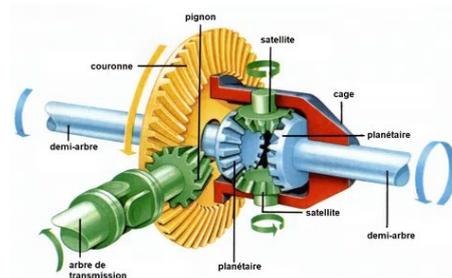


Un blocage manuel viendra compléter harmonieusement un différentiel classique, dont le rapport de couple en sortie est de 1:1. Mais on pourra aussi le trouver en complément sur des différentiels à glissement limité. C'est le cas sur le HDJ80 24s pour son différentiel central à glissement limité de type VLSD.

L'avantage du blocage manuel est son efficacité en termes de transmission du couple dans des situations difficiles, son inconvénient est la nécessité d'une intervention manuelle qui doit se faire à vitesse limitée.

Les différentiels classiques (Open differential)

Un différentiel classique (1^{ère} génération) ne limite pas la différence de vitesse et délivre toujours le même couple entre ses deux arbres de sortie. Inconvénient : si une roue ou un pont patine, l'autre roue ou l'autre pont ne recevra pas plus de couple que celle ou celui qui patine. Ils peuvent être néanmoins équipés d'un blocage à commande manuelle comme indiqué [dans le paragraphe ci-dessus](#).



Le HDJ80 12S possède trois différentiels classiques, équipés d'un blocage à commande manuelle électrique, au moins pour le différentiel central, et en option ou pour certains marchés, un blocage similaire est installé sur les différentiels arrière et avant. La France est un des rares pays à avoir bénéficié des blocages électriques installés en standard sur les trois différentiels.

Le différentiel classique est le plus simple, mais aussi souvent le plus solide, le plus durable et le plus fiable. Il a cependant un inconvénient : il ne permet pas de délivrer un couple différent sur chacun de ses arbres de sortie en se verrouillant automatiquement en fonction de la différence de vitesse ou de couple sur ses arbres de sortie. Sur les HDJ80, la présence d'un blocage permet de s'affranchir efficacement du problème, au prix d'une intervention manuelle.

Un différentiel classique délivre donc toujours une répartition 50% / 50% du couple entre ses sorties. Pour un différentiel central, cette répartition n'est pas forcément optimale sur des terrains très glissants où il serait préférable d'avoir une motricité légèrement supérieure à l'avant. Par contre il permet, avec le boîtier custom diff ECU et l'utilisation du frein à main arrière, d'augmenter progressivement et dynamiquement la motricité sur l'avant, sans modification du véhicule. [Voir ce paragraphe](#). Cette possibilité peut être empêchée par la présence d'un différentiel central à glissement limité.

Les différentiels à glissement limité de 4^{ème} génération (Torsen type C) offrent une solution à ce problème, en permettant de répartir le couple différemment entre leurs deux sorties, mais dans un rapport fixé à la fabrication, par exemple 60% / 40%. Comme tous différentiels à glissement limité, ils ont également des



inconvenients dont le premier est de fixer deux caractéristiques de fonctionnement : la différence de couple maximum entre leurs sorties, et pour un central Torsen de type C, le rapport de partage du couple. Ce qui les rend moins polyvalents et rend leur choix dépendant du style de conduite et de terrain.

Les différentiels à glissement limité (LSD, limited-slip differential)

Il existe plusieurs types, sous types et variantes (!!!) de différentiels à glissement limité ; **ils peuvent également être équipés d'un blocage à commande manuelle** voir d'un pilotage électronique, ce qui ajoute à la confusion. Le principe de base est de détecter la différence de vitesse ou de couple entre les deux arbres de sortie, puis de créer un couple de résistance entre les sorties pour limiter le patinage d'un pont ou d'une roue. Leur prix et leur complexité sont plus élevés.

Le cas du HDJ80 24S

Le HDJ80 24S est équipé d'un différentiel central à glissement limité à friction, également pourvu d'un blocage manuel à commande électrique. Il offre l'avantage de se verrouiller progressivement et automatiquement lorsque la différence de vitesse augmente entre ses arbres de sortie, c'est-à-dire lorsque le train arrière ou le train avant patine, en redonnant de la motricité sur le train le plus moteur. Un inconvénient est qu'il est plus fragile et s'use plus vite. Pour éviter une usure prématurée, lorsque le terrain le permet, il est conseillé de le verrouiller, par exemple dans les dunes de sable.

Tout comme le différentiel classique, il ne permet pas de choisir le rapport de motricité avant / arrière. Cette fonctionnalité est apparue plus tard, avec les séries Landcruiser 120, 150 et 200, utilisant un différentiel Torsen T-3 (également appelé Type C).

Les différents types de différentiels à glissement limités

C'est principalement le type du mécanisme de création du couple de résistance (blocage plus ou moins progressif du différentiel) qui détermine la catégorie d'un différentiel à glissement limité. Selon le mécanisme utilisé, les caractéristiques statiques et dynamiques seront différentes.

La différence de couple maximum entre les deux arbres de sortie, caractéristique principale d'un différentiel à glissement limité, peut être fixe, fonction du couple sur l'arbre d'entrée (mécanismes à engrenages simples et embrayage), de la différence de couple entre les arbres d'entrée et de sortie (mécanismes à engrenages irréversibles) ou de la différence de vitesse sur les axes de sorties (mécanismes à visco-coupleurs ou pompe).

Il existe 4 catégories principales de différentiel à glissement limité :

- 1) Déverrouillage par seuil de différence de couple entre les sorties

Généralement implémentés avec un différentiel classique complété par un système d'embrayage à précharge par ressort, ces différentiels de 2^{ème} génération sont naturellement dans l'état bloqué. Lorsque la différence de couple entre les deux sorties atteint une valeur déterminée par la précharge du ressort, ils se déverrouillent. Le couple d'entrée n'intervient pas.



Clutch LSD



Cone LSD

Inconvénient, le couple de résistance présent par défaut induit une usure de l'embrayage et des pneus, réduit la performance de différenciation en situation de conduite normale, réduit le rendement, et rend le système incompatible avec le freinage ABS. La différence maximum de couple entre les sorties, dont la valeur fixée oblige à un compromis, rend le système peu adapté à la transmission de fortes puissances. Son avantage est sa simplicité et son coût réduit.



2) Durcissement par sensibilité au couple d'entrée (HLSD)

Un premier sous type représentant les différentiels de 3^{ème} génération utilise un différentiel classique complété par des engrenages hélicoïdaux ou par un embrayage à disques ou à cône, le tout complété par un système de came conçu pour fournir une réponse selon le couple d'entrée : le différentiel se durcit dynamiquement plus ou moins fortement en fonction du couple d'entrée. Un couple moteur à l'entrée plus élevé verrouillera plus intimement les deux sorties. Un système de précharge à ressort peut être ajouté pour obtenir un couplage statique en complément. Ce dernier produira un couplage minimum des deux sorties pour un couple d'entrée nul (boîte au point mort ou pédale d'embrayage enfoncée). Comme pour tout différentiel à embrayage, le diamètre et le nombre des disques déterminera le couple maximum de verrouillage entre les arbres de sortie du différentiel.

Selon le type de commande de l'embrayage interne au différentiel, en général un système de came, il est possible de changer le comportement du différentiel de façon asymétrique en fonction du couple d'entrée.

NB : un couple négatif en entrée se produit en phase de freinage moteur.

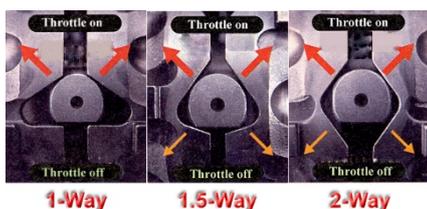
- Aucun couple à l'entrée -> couplage statique des sorties fonction de la précharge de l'embrayage.
- Couple positif à l'entrée -> couplage dynamique des sorties fonction A du couple d'entrée.
- Couple négatif à l'entrée -> couplage dynamique des sorties fonction B du couple d'entrée.

D'où trois variantes possible :

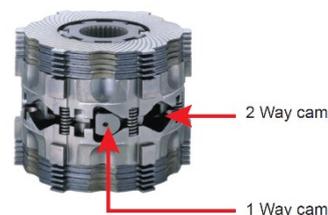
Lorsque le durcissement du différentiel est symétrique pour un couple positif ou négatif en entrée, il est dit bidirectionnel (2-way). Il se comporte alors de façon similaire lors de l'accélération ou du freinage moteur. Si la courbe de réponse pour un couple positif en entrée est différente de celle pour un couple négatif, il est dit mixte (1.5-Way). Cela peut être bénéfique en compétition, sur un différentiel arrière, où un fort durcissement lors du freinage moteur produirait un sous virage trop important.

Le différentiel est dit unidirectionnel (1-Way) s'il ne se bloque que pour un couple positif ou négatif en entrée, mais pas les deux. Par exemple il se durcit pour un couple positif en entrée, et sera libre pour un couple négatif. Fonctionnalité intéressante pour éviter le sous virage lors du freinage moteur.

Fonctionnement du système de commande à came de l'embrayage : le sens de poussée du croisillon (couple moteur ou couple de freinage en entrée) et les angles de came sur les anneaux de poussée déterminent la



force exercée sur l'embrayage, créant une commande symétrique ou asymétrique du couple de résistance entre les arbres de sortie. Certains différentiels sont équipés d'anneaux disposant de deux comes différentes, ce qui permet de changer le comportement, moyennant un démontage.



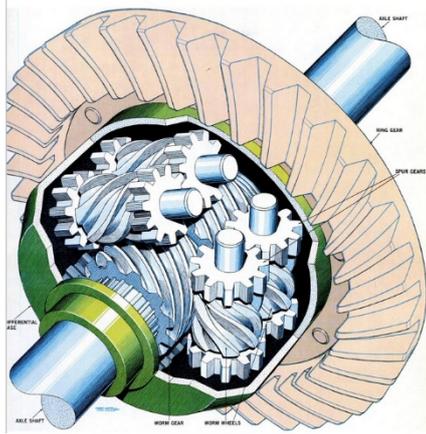
En plus de ces trois variantes concernant la réponse au couple d'entrée, le système de précharge statique de l'embrayage, parfois ajustable, peut également revêtir des options différentes, fonction de la direction de la force de précharge par rapport à la direction de la force entraînant le couplage des disques d'embrayage.

- Directions identiques : précharge faible, verrouillage plus rapide, usure moindre.
- Directions opposées : précharge importante, verrouillage plus progressif, usure plus importante.

Ses inconvénients : usure du système d'embrayage, temps de retard au verrouillage, choix complexe dépendant du type de conduite et de terrain, manque de polyvalence. Avantage : meilleure différenciation, meilleure transmission de la puissance, tout en conservant une complexité moyenne.



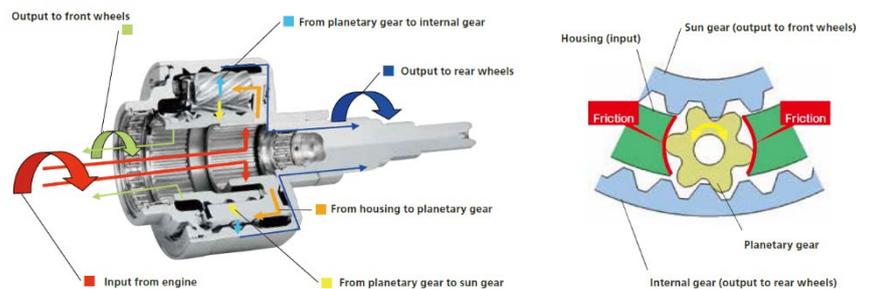
Un deuxième sous type (Geared LSD), apparu plus tard (1970) et représentant les différentiels de 4^{ème} génération, utilise un système totalement différent de vis sans fin et d'engrenages (de type Invex) où le couple d'entrée est distribué sur les sorties de manière plus efficace. Contrairement aux systèmes décrits ci-dessus à différentiels classiques complétés par un embrayage préchargé et / ou piloté mécaniquement, ce système commercialement connu sous les noms Torsen (contraction de Torque Sensing), Quaife ATB ou Truetrac utilise l'irréversibilité plus ou moins prononcée d'un système d'engrenage à vis sans fin pour produire le couple résistif de blocage. Le degré d'irréversibilité est fonction de l'angle de taillage des dents et détermine le rapport de couple maximum entre les deux sorties, de 2:1 (usage courant) à 4:1 pour les modèles destinés à la compétition. Le différentiel se durcit que lorsqu'il détecte une différence de couple sur les sorties. Ce qui en fait le meilleur système à l'avant pour éviter un impact du différentiel sur la directivité du véhicule.



C'est le système le plus performant en termes de transmission de la puissance, de différenciation et de temps de réponse. L'usure est également limitée par rapport aux différentiels à embrayages.

Inconvénient : il ne se verrouille pas lorsqu'une roue est dans le vide, mais le blocage manuel qui peut également compléter ce type de différentiel apportera ici aussi plus de polyvalence s'il est présent.

Il est également possible par construction de choisir une répartition des couples de sortie différent de 50% / 50% (sur le Torsen T-3 ou Type C). Par exemple un différentiel central 60% / 40% favorisera la motricité sur l'avant, ce qui pourra être bénéfique en conduite tout terrain. Dans ce système le couple est réparti par la différence de diamètre entre le planétaire et la couronne d'un train épicycloïdal.

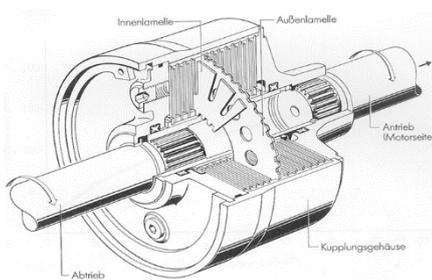


Différentiel Torsen Type C

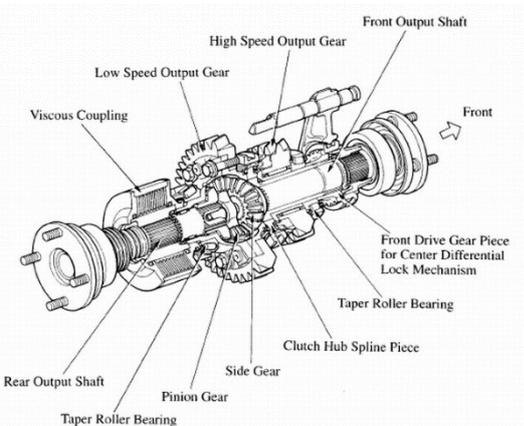
3) Durcissement par sensibilité à la différence de vitesse des sorties

Les différentiels à glissement limité par la différence de vitesse entre les arbres de sortie ont un comportement dynamique différent des différentiels à détection de couple. Ils se bloquent en fonction de la différence de vitesse entre les deux arbres de sortie, avec un blocage de plus en plus fort à mesure que la différence de vitesse augmente.

Une implémentation courante est le VLSD (viscous limited-slip differential), ou différentiel à glissement limité à visco-coupleur. Il utilise un différentiel classique complété par un élément à frottement visqueux. Il fonctionne sur un principe hydrodynamique utilisant la haute viscosité d'une huile (généralement aux silicones), et de deux ensembles de disques perforés, traversés par cette huile, chaque ensemble de disques étant solidaire d'un axe de sortie. La viscosité de l'huile tend à rendre tous les disques solidaires à mesure que la vitesse entre les arbres augmente. Pour certains systèmes utilisant ce principe, lorsque la température de l'huile augmente à cause d'une différence de vitesse prolongée entre les arbres, les disques sont poussés les uns contre



Détail de l'élément à frottement visqueux



les autres par l'augmentation du volume d'huile (humping), provoquant un couplage nettement plus prononcé.

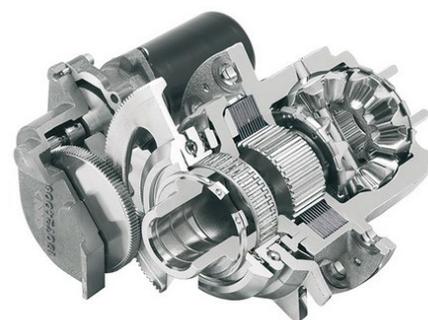
Les VLSD sont moins efficaces en termes de rendement que leurs homologues à fonctionnement mécanique (perte de puissance), et peuvent perdre de leur efficacité si la température d'huile est trop élevée.

Leur avantage est d'avoir un comportement plus souple, plus adapté aux conducteurs novices, et de terminer généralement leur vie en différentiels semi-ouverts ou ouverts au-delà de 100 000 à 300 000 km, plutôt que se détériorer totalement. Attention, une surchauffe de l'huile occasionnée par une utilisation intensive peut néanmoins induire un blocage permanent et mener à la détérioration de la transmission. Ils doivent donc être vérifiés régulièrement. Ils sont non réparables, tout comme les Torsen et dérivés.

Une autre implémentation utilise une pompe à rotor denté (Gerotor), fournissant une pression d'huile de plus en plus élevée à mesure que la différence de vitesse augmente entre les arbres de sortie. Cette pression, qui peut être réglée électroniquement pour améliorer les performances, compresse alors un embrayage qui produit un couple de résistance entre les arbres de sortie.

4) Durcissement par contrôle électronique

Utilisé sur des véhicules plus récents, un différentiel à pilotage électronique est généralement constitué d'un différentiel classique, complété par un embrayage piloté électroniquement de manière progressive. Ils sont communément connus sous la marque Haldex en Europe. Ils sont généralement couplés au système de freinage ABS et à un système de correction de trajectoire disposant d'accéléromètres et de gyroscopes électroniques. Certains véhicules disposent d'un système anti-patinage à moindre coût uniquement basé sur le système de freinage et ses capteurs ABS. Tous les véhicules récents ne disposent pas forcément d'un système entièrement électronique, le temps de réponse et le rendement d'un système différentiel mécanique de dernière génération étant difficile à égaler.



Embrayage piloté

Conclusions

Les différentiels à glissement limité sont surtout adaptés aux pilotes experts qui recherchent les meilleures performances dans un cadre bien défini dans lequel ils pourront bénéficier de leurs capacités d'anti-patinage et d'amélioration du freinage. Mais ils apportent également leur lot d'inconvénients avec une conduite possiblement plus agressive et délicate, surtout si utilisés à l'avant, une usure plus importante du différentiel et des pneus, un coût d'achat et de maintenance plus élevé. Surtout, le type de véhicule, de conduite et de terrain influencera significativement leur choix, induisant en général une moindre polyvalence.

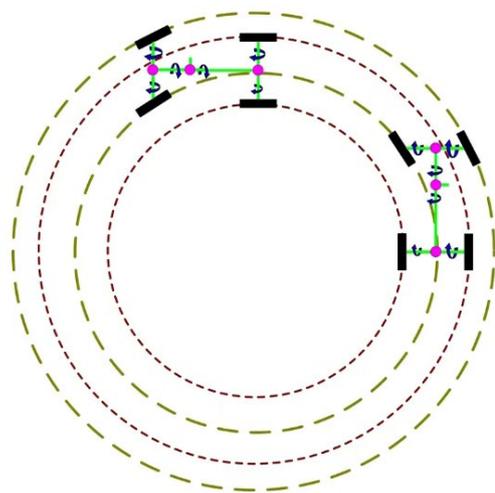
Le système de trois différentiels classiques à blocage manuel utilisé sur le HDJ80 12S est probablement le meilleur choix en termes de fiabilité, de polyvalence et de coût pour un usage courant surtout s'il est complété par un boîtier Custom Diff ECU qui élargira les possibilités et la sécurité d'utilisation. Le HDJ80 24S qui dispose d'un différentiel central à glissement limité, pourrait profiter d'une suppression de son élément visco-coupleur pour le transformer en différentiel classique, surtout si une maintenance est programmée. Cela offre trois avantages : une polyvalence plus grande avec le boîtier Custom Diff ECU, la suppression du risque de détérioration de la transmission en cas de blocage permanent de l'élément visco-coupleur (par surchauffe de l'huile) et la suppression des opérations de contrôle et de remplacement d'une pièce onéreuse. [Voir le paragraphe sur sa vérification.](#)



Conseils d'utilisation des blocages et recommandations

Utilité des différentiels

Les différences de rayons lors de la conduite en courbe impliquent des vitesses de rotation différentes pour les roues du train avant, pour celles du train arrière, mais aussi entre les arbres de transmission avant et arrière, comme c'est visible clairement sur le dessin ci-dessous :



Conseils

- Les blocages de différentiels doivent être utilisés uniquement sur des surfaces à faible adhérence, telles que celles rencontrées en utilisation tout terrain, pour donner plus de motricité dans des passages difficiles. Un différentiel verrouillé sur des surfaces à forte adhérence produit des contraintes inutiles sur la transmission et le châssis, même à faible vitesse. Il faudra donc veiller à ne pas laisser les blocages enclenchés dès l'obstacle franchi.
 - Il est recommandé d'utiliser les blocages de différentiels par anticipation : les verrouillages devraient être verrouillés avant d'arriver sur l'obstacle, s'il est pressenti une situation qui peut nécessiter plus de motricité.
- N'engagez de préférence un blocage que lorsque le véhicule est à l'arrêt ou à une vitesse inférieure à 8 km/h et que les roues ne patinent pas. Le véhicule devrait de préférence rouler en ligne droite, sans efforts dans la transmission ni dans la direction, sans accélération ni frein moteur. Le but est d'obtenir une vitesse différentielle, c'est à dire une différence de vitesse entre les roues d'un même pont et entre les arbres de transmission avant et arrière, stable et proche de zéro, pour éviter la détérioration des crabots de verrouillage. Si ces deux dernières conditions sont respectées, il est théoriquement possible, si les circonstances le permettent, d'enclencher les blocages à des vitesses plus élevées, en prévision d'un passage difficile à venir. Cette manœuvre doit être effectuée en toute connaissance des effets sur la tenue de route du véhicule et de la casse mécanique possible.
 - L'engagement du ou des blocages doit être désactivé après avoir surmonté le passage difficile. Le ou les blocages doivent être déverrouillés après avoir surmonté le passage difficile. A l'identique il est déconseillé de déverrouiller un blocage lorsque la transmission ou la direction sont soumises à des contraintes, comme dans un virage ou lors de phases de patinage et de chocs. Dans ces situations il y a de fortes chances que le blocage ne se déverrouille pas immédiatement.
 - Le blocage d'un différentiel ne devrait pas être maintenu à des vitesses élevées (supérieures à 30 km/h). Il pourrait entraîner un comportement malsain du véhicule, voir une perte de contrôle. L'enclenchement d'un ou plusieurs blocages modifie le comportement et la manœuvrabilité du véhicule. **La réponse de la direction peut devenir très réduite surtout lorsque le blocage avant est engagé.** Celui-ci occasionnera également des efforts supplémentaires sur les joints homocinétiques. Pour cette raison, **il ne devrait être utilisé qu'à très faible vitesse (<10 km/h) et seulement s'il est absolument indispensable.** Le blocage central, puis le blocage arrière si nécessaire, devront être privilégiés.
 - Lors de l'utilisation des blocages sur des terrains glissants, comme des surfaces glacées, des pentes en dévers, des différentiels bloqués peuvent rendre plus difficile le contrôle ou le maintien du véhicule sur sa trajectoire. Conduire le véhicule avec prudence et à vitesse réduite dans ces situations.



Vérification du différentiel central à glissement limité du HDJ80 24S

Le HDJ80 24S dispose normalement* d'un différentiel central à glissement limité de type visco-coupleur (VLSD). En fin de vie il se comporte normalement comme un différentiel classique ouvert, sans impact majeur sur la sécurité ou la transmission, mais ce n'est pas toujours le cas. Il doit donc faire l'objet d'une vérification régulière, surtout après une période d'utilisation intensive, pour deux raisons :

- Son dysfonctionnement n'est pas forcément aisé à détecter lors de la conduite.
- Une surchauffe peut mener à son blocage définitif, induisant une détérioration de la transmission.

Cette vérification nécessite de verrouiller les différentiels avant et arrière, sans le différentiel central, en utilisant le boîtier Custom Diff ECU en mode expert, avec l'option 2 activée.

1. Placer le véhicule sur 4 chandelles, ou sur un pont à géométrie, pour soulever les 4 roues. Le contrôle technique éventuellement en visite volontaire, un réglage du train avant ou un remplacement des pneus pourrait être l'occasion de faire réaliser ce test pour ceux qui n'ont pas le matériel.
2. **Important** : Enclencher la 1^{ère} vitesse, ou le mode P (Parking) en boîte auto.
3. Engager les vitesses longues sur la boîte de transfert, laisser le frein à main desserré.
4. Passer en mode expert et verrouiller les différentiels arrière et avant, sans le différentiel central. Si besoin, tourner une roue à la main sur chaque pont jusqu'à l'enclenchement effectif de ces deux différentiels (voyants allumés fixe au combiné d'instrument).
5. Tourner une des roues avant très lentement, les roues arrière doivent tourner en sens inverse.
6. Accélérer la rotation de la roue avant et observer la réaction de blocage du visco-coupleur.

Si la roue avant devient plus difficile à tourner à mesure que la vitesse augmente, l'élément visco-coupleur agit correctement. Il est probablement en bon état. Essayer de mémoriser le ressenti du blocage pour pouvoir comparer le résultat dans un test ultérieur qui permettra de suivre la santé du visco-coupleur.

Si la roue avant tourne toujours avec la même dureté quel que soit sa vitesse, le visco-coupleur est défectueux, il est ouvert. Il est alors préférable de le supprimer ou de le remplacer avant que la panne ne soit plus grave (blocage). C'est la panne la plus courante, généralement causée par une fuite d'huile.

Si la roue avant reste bloquée, l'élément visco-coupleur est également défectueux mais il est bloqué définitivement. **Il doit absolument être supprimé ou remplacé pour éviter de détériorer toute la transmission.** Cette panne est souvent induite par une huile ayant surchauffé, soit à cause d'une utilisation intensive, même occasionnelle, soit par un train de pneus dont les usures sont différentes entre l'avant à l'arrière en conjonction avec une utilisation du véhicule à haute vitesse.

NB : Le blocage anormal d'un visco-coupleur défectueux peut ne se produire que lorsque sa température d'huile est élevée. Il est donc possible de passer à côté d'une panne sur un test statique à froid. Tout comportement ou bruit suspect dans la transmission, notamment des couinements de pneus apparaissant lors de virages serrés à basse vitesse doivent faire l'objet d'une investigation, en particulier sur le différentiel central à glissement limité qui est l'élément le plus fragile.

Dans tous les cas [lire ce paragraphe](#), et [celui-ci](#), discutant des avantages et inconvénients de la suppression du visco-coupleur. **Le différentiel central à glissement limité sans son élément visco-coupleur devient un différentiel classique.**

Conseils : Profiter de ce test pour vérifier le fonctionnement du blocage manuel du différentiel central. Lorsque le blocage est activé, toutes les roues doivent être bloquées, lorsque les deux autres différentiels sont également bloqués. Vérifier également le fonctionnement des différentiels arrière et avant, ainsi que leur blocage. A part les jeux d'usure de la transmission pour les véhicules à fort kilométrage, la panne la plus fréquente au niveau des différentiels est celle des moteurs de blocages, qui nécessitent souvent une remise en état ou un remplacement, surtout s'ils ont été soumis à des entrées d'eau.

* Par exemple les HDJ80 en finition GS de base (type GNMNWW), sans ABS.

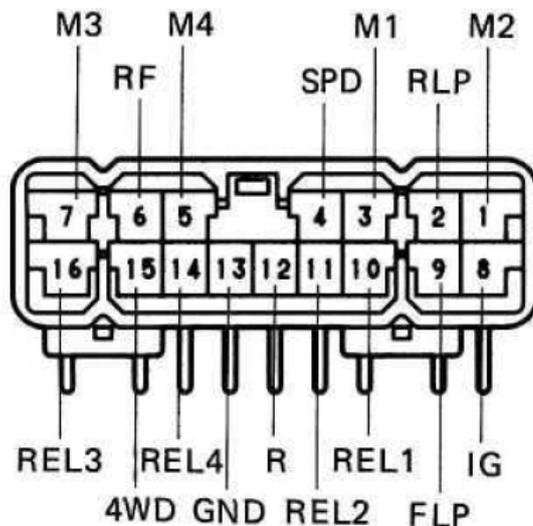


Annexes

4WD Control ECU

Le brochage du connecteur de l'ECU

- 1 - M2 (rear motor pin 2)
- 2 - RLP (rear diff lock confirmation Switch)
- 3 - M1 (rear motor pin 3)
- 4 - Speed (Speed input)
- 5 - M4 (front motor pin 2)
- 6 - FR (front command Switch)
- 7 - M3 (front motor pin 3)
- 8 - +12V (contact IG)
- 9 - FLP (front diff lock confirmation Switch)
- 10 - REL1 (Fin de course non enclenchée rear motor)
- 11 - REL2 (Fin de course enclenchée rear motor)
- 12 - R (Rear command Switch)
- 13 - Masse
- 14 - REL4 (Fin de course non enclenchée front motor)
- 15 - 4WD (central diff lock confirmation Switch)
- 16 - REL3 (Fin de course enclenchée front motor)



4WD Indicator Switch
Diff. Lock Indicator
Switch



NB : le signal de l'interrupteur de confirmation d'enclenchement du blocage de différentiel central est nommé 4WD dans les manuels et schémas Toyota. C'est pour une raison historique : le câblage du verrouillage de différentiel central (donc sur véhicules full-time ou 4x4 permanent en français) est similaire à celui des véhicules part-time (4x4 enclenchable, utilisant une boîte de transfert HF1A au lieu de HF2A), où ce signal sert à indiquer l'enclenchement en 4 roues motrices, d'où son nom "4WD". Le boîtier de contrôle à relais lié à ce circuit, appelé "transmission relay" est d'ailleurs identique dans les deux cas. Le câblage étant pratiquement identique, Toyota n'a pas modifié les schémas et a conservé ce nom, avec parfois une * explicative.

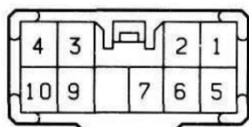
Modification : suppression du blocage de différentiel central en vitesses courtes

Pour éviter le blocage du différentiel central lors du passage en vitesse courte, il suffit de débrancher le fil arrivant sur la broche 7 du connecteur de boîtier relais de transmission, **qui se trouve à l'avant de la porte conducteur**, derrière le cache plastique gris de bas de porte.

Pour y avoir accès, déposer le repose pied (une vis), et le panneau plastique gris.

C'est le boîtier 89531-60010 sur lequel se trouve un connecteur 10 broches.

Le connecteur coté faisceau :



Le fil de la broche 7 est de couleur noir / bleu



Deux solutions sont possibles : soit retirer la broche (puis l'isoler) en poussant sa languette avec un petit levier depuis l'extérieur du connecteur, soit couper le fil à environ trois centimètres du bord du connecteur, et prolonger les deux fils vers un interrupteur qui permettra d'activer à loisir l'enclenchement automatique en vitesses courtes. Un dossier technique est disponible sur le site my80isfantastic.com.

Véhicules avec ABS, modification pour désactivation manuelle.

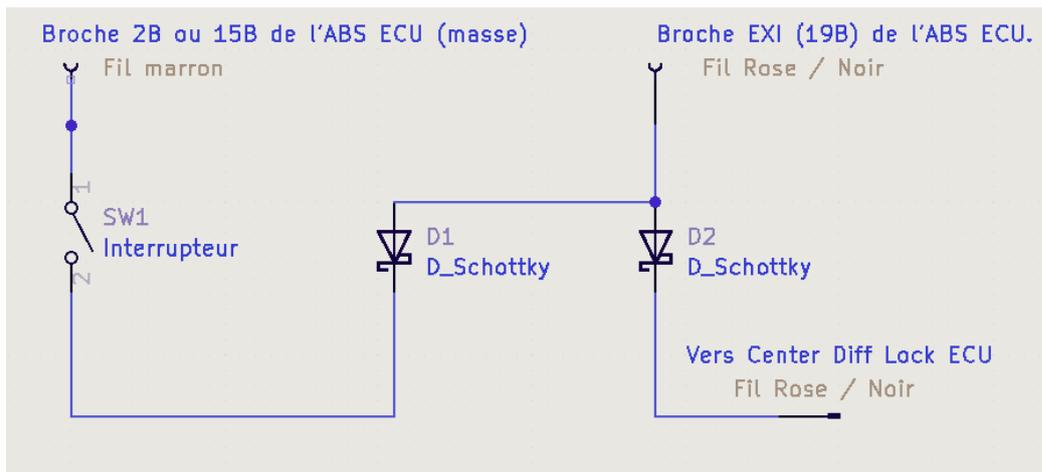
Cette modification sera profitable dans certaines situations de conduite en tant que pilote expert. Elle évite de devoir retirer le fusible du bloc ABS. **Mais elle peut également être rendue obligatoire** :

Elle est obligatoire si le mode expert avec l'option 2 est utilisé. En effet l'ABS doit être désactivé lors du blocage d'un ou plusieurs différentiels, quel qu'il soit.

Explications : d'origine, c'est le blocage du différentiel central qui désactive automatiquement l'ABS. Mais, avec l'option 2 en mode expert, il est possible de verrouiller les différentiels avant et arrière sans verrouiller le différentiel central. Dans ce cas de figure, la désactivation automatique de l'ABS ne fonctionne pas, c'est pourquoi il est nécessaire d'ajouter un interrupteur de désactivation manuelle.

Toujours penser à désactiver l'ABS si l'on désire verrouiller le différentiel avant ou arrière sans le central.

Schéma de la modification, utilisant un interrupteur à bascule et deux diodes Schottky 1N5819.



1) Installer un interrupteur sur la planche de bord. Un contact de l'interrupteur doit être connecté à la masse, soit en se reprenant sur le fil marron du connecteur du bloc ABS, soit en trouvant une masse proche de l'interrupteur. L'autre contact ira vers la diode D1.

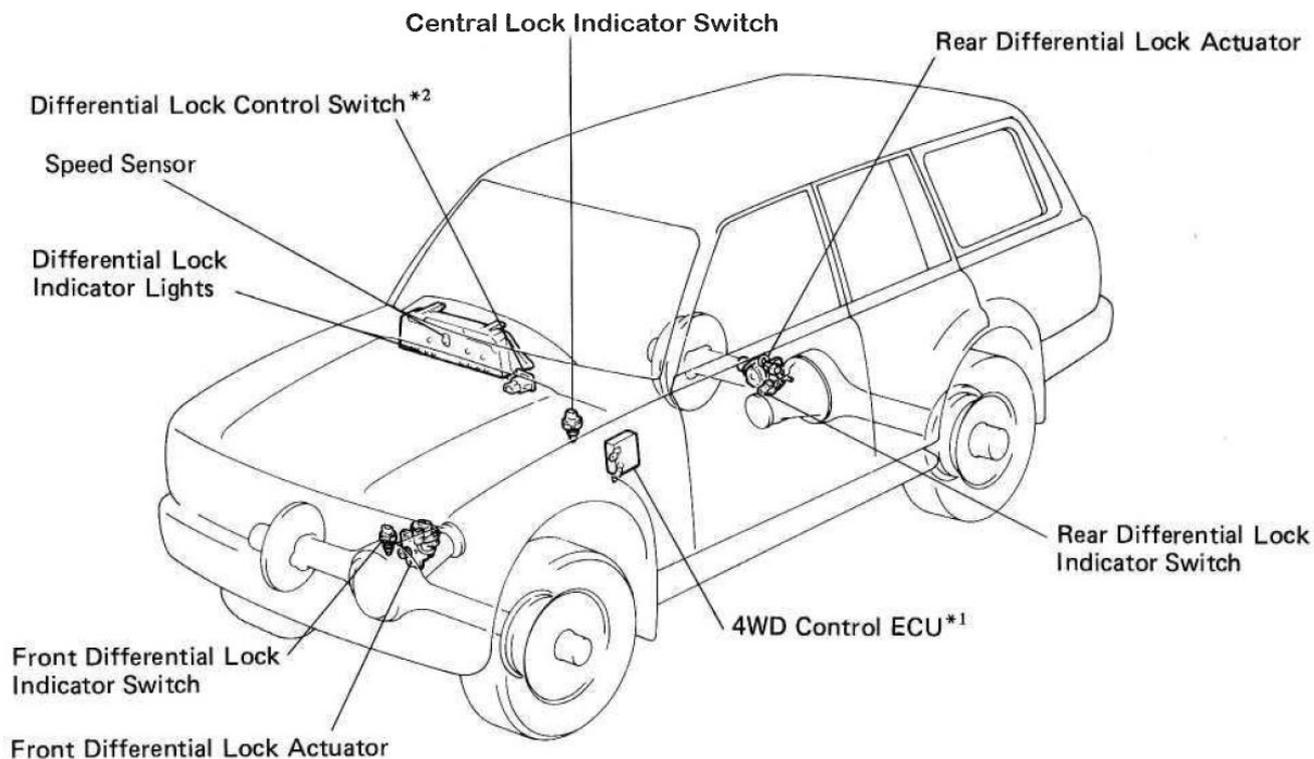
2) Au niveau du connecteur du bloc ABS :

- Couper le fil rose / noir (broche 19 du connecteur 26 broches).
- Insérer une diode D2, 1N5819 (Schottky) sur ce fil rose / noir. Attention au respect du sens des diodes.
- Ajouter une diode D1, 1N5819 (Schottky) vers l'interrupteur.

Pourquoi utiliser deux diodes ? Les diodes évitent deux problèmes. Premièrement sans elles le voyant du différentiel central s'allumerait au tableau de bord lorsqu'on désactive l'ABS, même si le différentiel central n'est pas verrouillé. Deuxièmement elles évitent d'indiquer à tort au boîtier Custom Diff ECU que le différentiel central est enclenché, avec comme conséquence de pouvoir verrouiller l'arrière et l'avant sans le différentiel central en mode de base, ainsi que le déclenchement de l'alarme de vitesse lorsque aucun différentiel n'est verrouillé.



Vues d'ensemble du système de blocage de différentiels



*1 : Right side for LHD vehicles
*2 : Light side of steering column of LHD vehicle

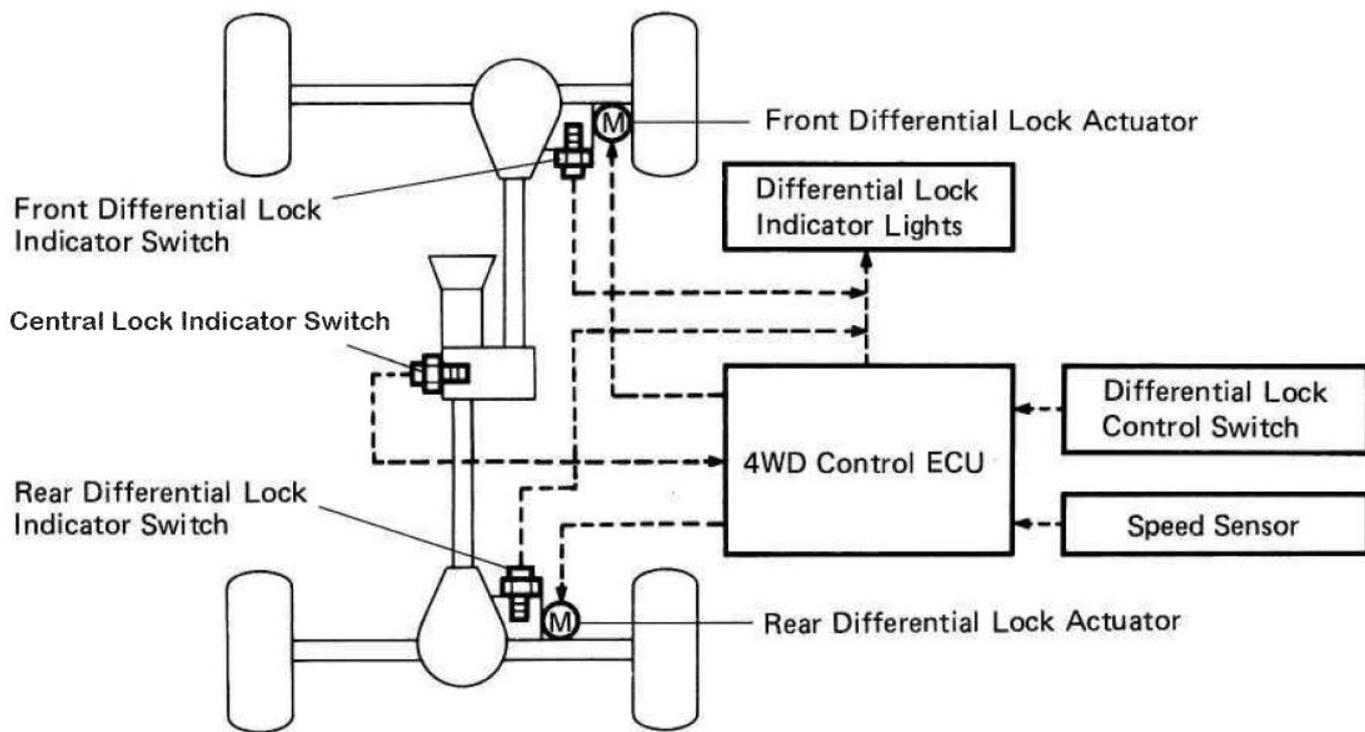
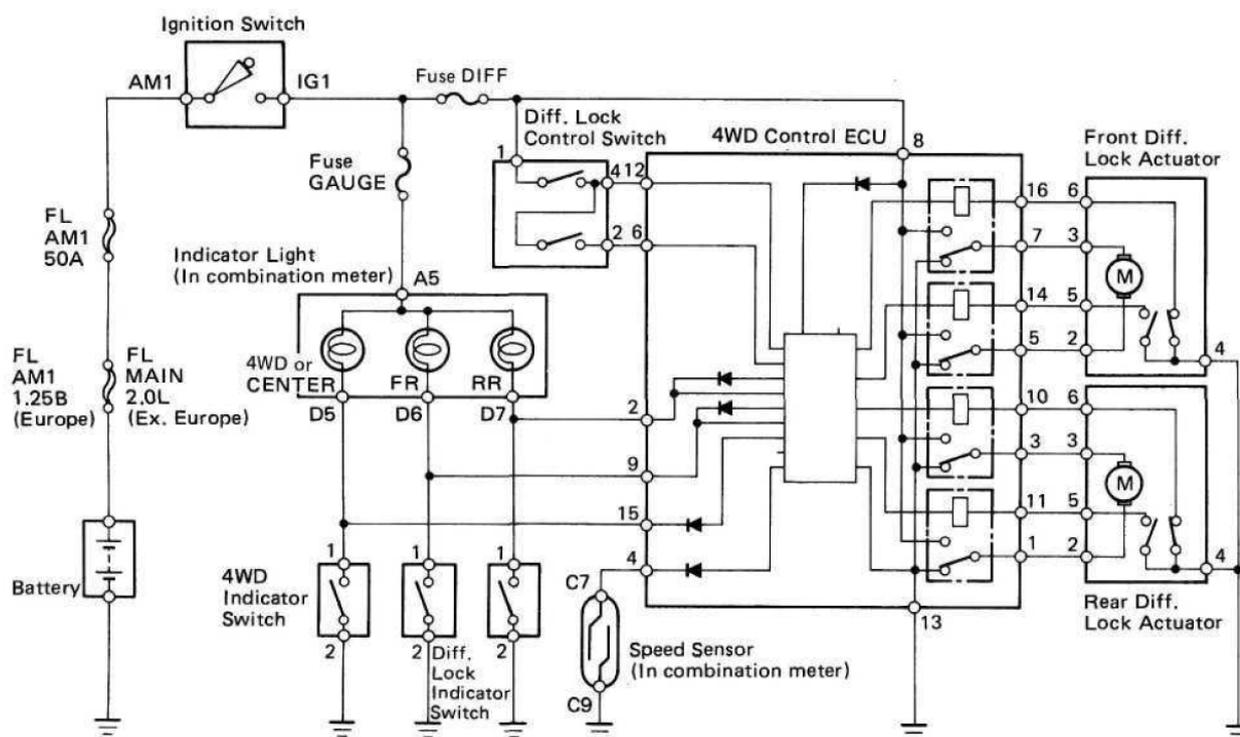


Schéma de câblage électrique du boîtier de contrôle des différentiels arrière et avant



Versions personnalisées et reprogrammation

Il est possible de choisir à la commande une version personnalisée, par exemple avec des seuils de vitesse différents. Pour l'utilisateur familiarisé avec les techniques de programmation des microcontrôleurs, l'utilisateur pourra modifier ou ajouter des fonctionnalités (dans les limites de la puissance du processeur). Celui-ci a été largement dimensionné en termes de vitesse et de mémoire.

Précautions de manipulation

Par précaution, pendant toute la durée de la procédure, veillez à ne pas induire des décharges électrostatiques (ESD) sur les cartes. Ces décharges se produisent le plus souvent par frottement, particulièrement avec des tissus synthétiques tels que ceux des sièges ou des vêtements. Sortir la carte principale du boîtier, la poser sur un support isolant et propre, par exemple une chemise cartonnée ou un tapis de découpe, en prenant soin de ne pas induire des décharges électrostatiques sur la carte. Éviter ces manipulations si l'hygrométrie est très basse : un air très sec favorise les décharges électrostatiques. En cas de doutes, toucher régulièrement un élément à la terre avant de toucher la carte, par exemple un tuyau de radiateur de chauffage central à proximité.

Méthode

La reprogrammation nécessite de sortir la carte principale de son boîtier. Relier la carte à un ordinateur PC avec un câble USB dont l'extrémité coté carte sera en micro-USB. Lors du branchement et débranchement de ce câble sur la carte, tenir la carte fermement entre deux doigts sur ses côtés pour éviter qu'elle se soulève en endommageant son connecteur de liaison.

Effectuer la procédure de mise à jour selon la note dédiée à cette étape.

Remonter la carte principale dans son boîtier en prenant soin de faire passer le câble de l'interrupteur Expert sur le côté le cas échéant. Idem pour le câble du buzzer si celui-ci est monté à l'extérieur.

