

dommages qui pourraient s'être produits lors de son démontage pour l'entretien. Vérifiez s'il y a des anomalies comme des poids manquants, des signes de torsion ou des accumulations de saletés, ce qui pourrait causer des problèmes pendant l'opération. Voici une liste générale de problèmes potentiels à surveiller lors de l'installation d'une chaîne cinématique :

- La présence de bosses ou d'irrégularités à la surface du tube de l'arbre de commande doit être vérifiée et une décision doit être prise sur la poursuite de son utilisation.
- Les cannelures ne devraient pas se coincer lors d'un mouvement de va-et-vient dans la zone de déplacement normal de l'arbre de commande.
- Vérifiez si le joint d'étanchéité du joint coulissant est en bon état et ne deviendra pas une source de contamination pour les cannelures de ce dernier. (En cas de doute, remplacez le joint d'étanchéité. C'est moins cher qu'un arbre de commande.)
- Les croisillons des joints universels ne doivent pas être coincés ou avoir des endroits où ils se coincent dans leur zone de déplacement normal.
- Vérifiez soigneusement les brides des fourches pour tout signe de dommages, tels que des bavures, ce qui nuira à l'ajustement. Souvent, les pièces sont peintes pour des raisons esthétiques et pour prévenir la rouille. La peinture devrait être enlevée de la surface de contact des fourches car elle empêche les pièces de siéger correctement lors de l'assemblage.
- S'il y a des signes de torsion sur un tube d'un arbre de commande, vérifiez l'alignement des fourches.

### Équilibrage de la chaîne cinématique

Les problèmes de vibrations des arbres de commande ne sont pas aussi apparents sur un engin de

chantier que sur un véhicule lourd routier, mais ils affectent les composants de la chaîne cinématique. Les opérateurs ne sont pas portés à se plaindre de vibrations sur un équipement hors route. Par conséquent, lors de l'entretien, il est important qu'un technicien détecte tout problème qui pourrait mener à un bris prématuré des composants de la chaîne cinématique. Bien que les vitesses des arbres de commande soient relativement basses en raison des faibles vitesses de déplacement, le déséquilibre peut causer des problèmes aux composants tels que les roulements des tourillons des joints universels, le roulement central (support central) de l'arbre de commande, au support de roulement monté sur une cloison (*bulkhead bearings*) ou encore au roulement à bloc oreiller (*pillow block bearing*). Un arbre de commande grandement déséquilibré peut fléchir, ce qui conduira à des bris prématurés de la chaîne cinématique. Si vous soupçonnez un déséquilibre sur un arbre de commande en particulier, il doit être équilibré dynamiquement dans un atelier spécialisé dans ce type de procédé. Sur les équipements hors route munis d'une suspension active et ayant des vibrations, il est presque impossible d'apporter des correctifs sur l'équilibre d'un arbre de commande lorsqu'il est monté sur l'équipement. Si des dommages causés par la vibration apparaissent, vérifiez les angles de travail sur l'arbre de commande affecté.

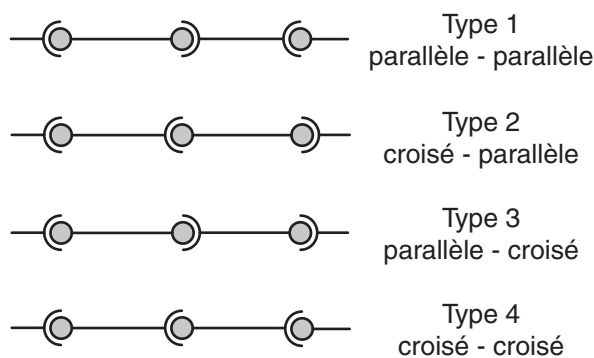
### Mesurage et consignation des angles d'un arbre de commande

#### Outillage requis

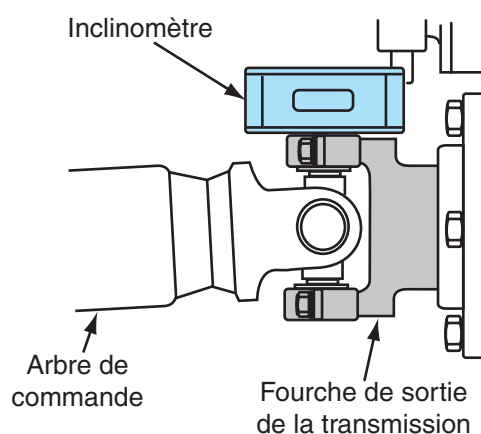
- Un **inclinomètre** électronique de bonne qualité ou un niveau à bulle avec rapporteur d'angle est nécessaire pour mesurer l'angle d'un arbre de commande.
- Un ruban à mesurer permettra de mesurer la hauteur de la garde au sol ou la hauteur d'un composant.
- Une photocopie d'une feuille de travail d'arbres de commande sera très utile.

## Procédure

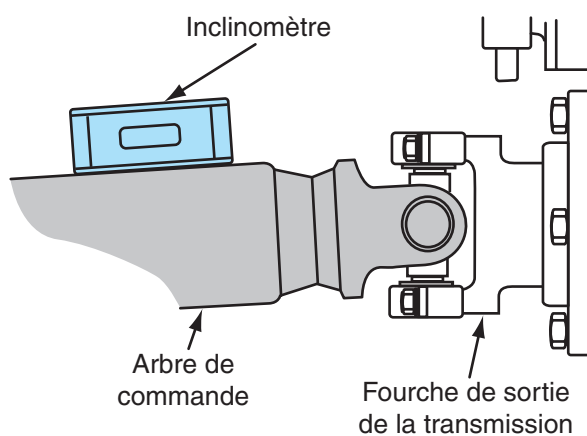
- Si l'engin est muni de pneus sous pression, gonflez-les à la pression recommandée avant de débuter cette procédure. L'engin doit reposer sur une surface de niveau.
- Placez les fourches de sortie sur les arbres de commande à vérifier, en position verticale.
- Utilisez un rapporteur d'angle à base magnétique ou un inclinomètre pour mesurer les angles de l'arbre de commande. L'utilisation d'un inclinomètre électronique de bonne qualité est recommandée pour ce type de travail. La précision est très importante.
- Avant de mesurer les angles des arbres de commande, déterminez les angles des composants. Par exemple, regardez le composant et déterminez si l'avant du composant est plus haut que l'arrière ou si l'arrière est plus haut que l'avant.
- Déterminez le type de synchronisation de l'arbre de commande en consultant les exemples de la **figure 6-23** et prenez-la en note sur une feuille de papier.
- La première mesure à prendre et à noter est l'angle de la fourche (chape) à la sortie de la transmission, comme le montre la **figure 6-24**. Si la fourche est inaccessible, utilisez une surface plane sur le carter de la transmission, comme un chapeau d'arbre intermédiaire. Notez la lecture obtenue.
- Mesurez l'angle de l'arbre de commande en plaçant l'inclinomètre sur une section plate du tube de l'arbre afin de prendre la lecture du premier des deux arbres de commande (**figure 6-25**). Assurez-vous que votre inclinomètre ne repose pas sur de la saleté ou sur un joint de soudure. Notez les données.
- Placez l'inclinomètre sur une partie plane de l'essieu moteur ou sur la fourche de sortie si possible (cela dépendra du type de joint universel utilisé) et notez l'angle.



**Figure 6-23** Exemples de configurations de la synchronisation d'une chaîne cinématique.

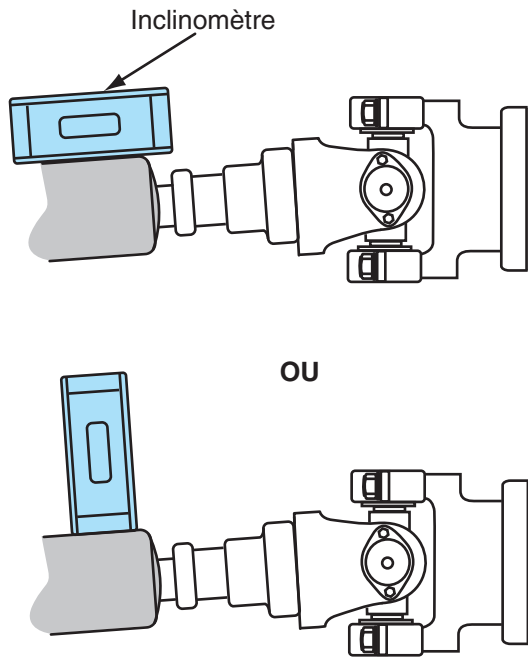


**Figure 6-24** Prise de l'angle de la fourche de sortie de la transmission.



**Figure 6-25** Prise de l'angle d'un arbre de commande à l'aide d'un inclinomètre.

- Placez l'inclinomètre sur l'arbre de transmission interpoints entre les deux essieux moteurs (**figure 6-26**) et notez l'angle. S'il n'y a pas d'espace pour placer l'inclinomètre sur le tube de l'arbre de commande, placez-le verticalement et soustrayez 90° de votre lecture.



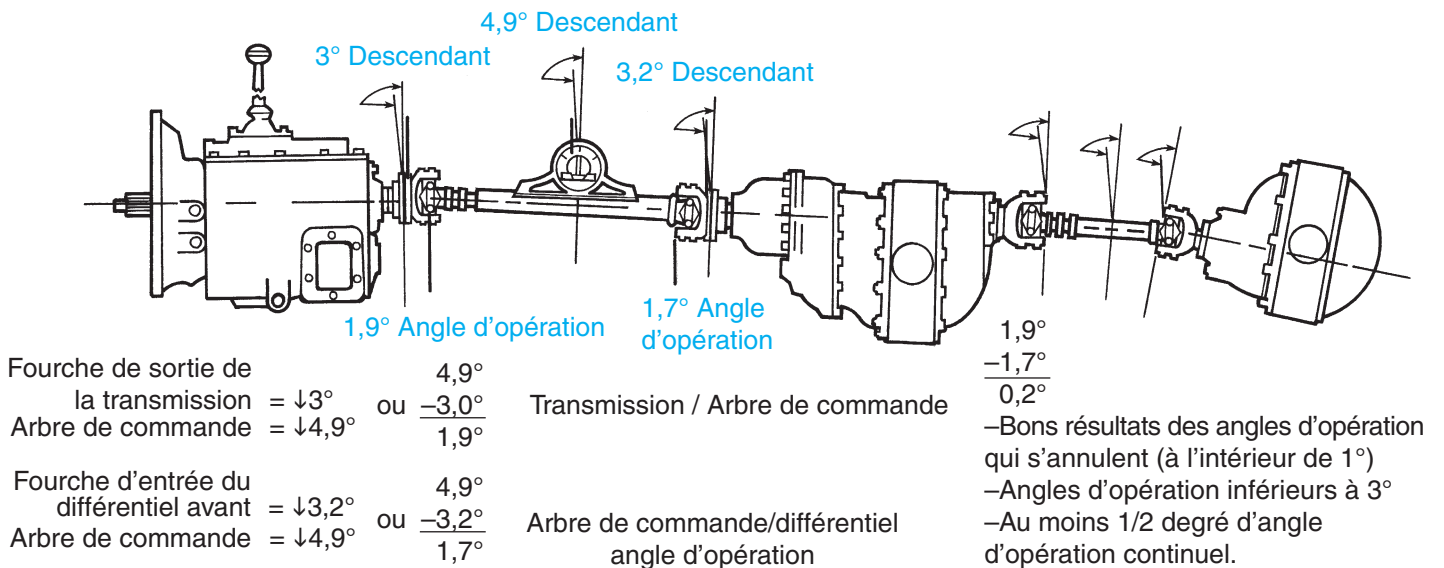
**Figure 6-26** Mesure de l'angle de l'essieu moteur avant (différentiel avant) sur la fourche de sortie.

- Placez l'inclinomètre sur la fourche d'entrée de l'essieu moteur arrière (cela dépend du type de joint universel utilisé). Remarque : une entretoise peut être nécessaire ou vous devrez placer l'inclinomètre sur une partie plane de l'essieu pour obtenir une lecture.

### Corrections des angles de travail des joints universels

La méthode utilisée pour apporter des changements aux angles de travail d'un arbre de commande d'un engin de chantier dépend du type de groupe motopropulseur utilisé. Si l'engin est équipé d'une suspension active telle qu'une suspension pneumatique de modèle Air Ride®, une procédure légèrement différente doit être suivie. Avant de commencer à mesurer les angles de travail, vérifiez les recommandations du fabricant. La **figure 6-27** montre l'emplacement des angles à mesurer.

Sur les équipements munis d'une suspension à ressorts à lames, on utilise des cales pour essieux pour modifier l'angle de travail des composants. Elles sont généralement installées sur la selle de l'essieu entre les ressorts à lames et l'essieu. Cet ajustement incline l'essieu afin de changer l'angle de travail de l'arbre de commande.



**Figure 6-27** Méthode de calcul des angles de transmission entre la transmission et le différentiel. Dana

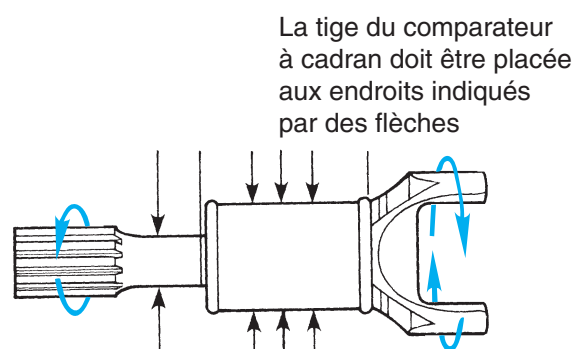
Sur certains équipements hors route, les composants sont solidement fixés au châssis; dans ce cas, les cales sont placées entre les composants et les points de fixation afin de modifier les angles de travail. Les équipements qui ont des composants fixés solidement au châssis, comme les chargeurs sur roues, ont généralement très peu de problèmes avec les changements d'angles de travail. On ne peut pas en dire autant des engins avec suspension active.

Les angles de travail des joints universels peuvent être modifiés par certains facteurs tels que des bagues usées dans les mains de ressort ou une hauteur incorrecte des ressorts pneumatiques. Les changements subis par le châssis causés par la surcharge ou l'usure des supports du moteur et de la boîte de vitesses peuvent être la cause de variations d'angle indésirables.

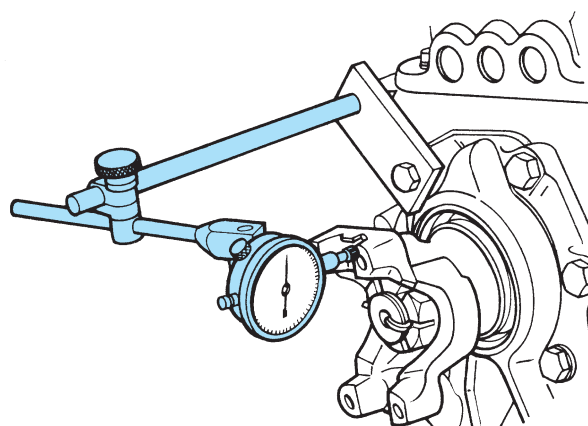
Le voilage (faux-rond) d'un arbre de commande cause de la vibration et l'usure des composants d'une chaîne cinématique (**figure 6-28**). La vérification du voilage est relativement simple et peut s'effectuer sur place avec seulement quelques outils simples. La première condition à respecter est que la surface de l'arbre de commande doit être propre à l'endroit où la lecture du faux-rond sera effectuée.

S'il y a du voilage lors du mesurage de l'uniformité d'un arbre de commande, la tolérance maximale autorisée est de 0,25 mm (0,010 po) mais comme toujours, référez-vous aux recommandations contenues dans le manuel d'atelier du fabricant.

Lorsque vous tentez de repérer un problème de voilage sur un arbre de commande, un facteur qui pourrait jouer un rôle majeur dans le maintien d'un angle de travail idéal est le voilage d'une fourche. Un comparateur à cadran est monté sur le carter de la boîte de vitesses à proximité de la fourche avec la pointe appuyée sur une surface usinée de la fourche près de l'épaule de la fourche, comme l'illustre la **figure 6-29**. Compte tenu des différents types de joints universels, il faut une approche créative afin d'obtenir cette mesure. Prenez une lecture sur une des extrémités



**Figure 6-28** Les flèches indiquent les endroits où prendre les mesures nécessaires afin d'obtenir la lecture du voilage d'un arbre de commande. Dana

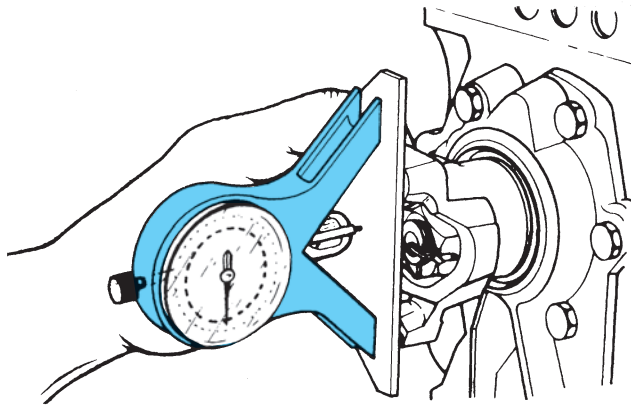


**Figure 6-29** Lorsqu'on effectue la vérification du voilage (faux-rond) de cette façon, assurez-vous que la pointe de la tige est en contact avec une surface usinée. Dana

de la fourche, faites pivoter la fourche de 180°, puis prenez la seconde lecture. En règle générale, le voilage ne doit pas dépasser 0,13 mm (0,005 po). Consultez toujours la documentation technique du fabricant pour obtenir les spécifications.

### Vérification de l'alignement vertical d'une fourche

La vérification de l'alignement vertical s'effectue avec un rapporteur d'angle appuyé contre la face usinée de la fourche, comme l'illustre la **figure 6-30**. Assurez-vous que l'engin est sur une surface de niveau et que le composant et sa



**Figure 6-30** Un rapporteur d'angle à base magnétique permet de vérifier l'alignement vertical d'une fourche. *International Truck and Engine*

fourche sont serrés au bon couple. Un montage lâche faussera la lecture et, par conséquent, le diagnostic. Pour effectuer cette vérification, l'arbre de commande doit être désaccouplé. L'accès à la face de la fourche est nécessaire, ainsi que la possibilité de tourner la fourche pour qu'elle soit verticale afin d'obtenir la lecture. Un rapporteur d'angle à base magnétique appuyé contre la fourche devrait donner une lecture de  $90^\circ$  moins l'angle d'inclinaison du composant. La lecture ne devrait pas avoir plus de  $\frac{1}{2}^\circ$  de différence avec l'angle du composant auquel la fourche est reliée. Si la lecture est plus élevée que celle spécifiée, remplacez la fourche.

## ANALYSE DE PANNES

Bien qu'un grand nombre des pannes (défaillances) de la chaîne cinématique puisse être identifiées et expliquées seulement en effectuant un examen visuel et détaillé des pièces défectueuses, certains types de bris nécessitent l'utilisation d'équipements spécialisés et de connaissances spécifiques pour déterminer la cause. Les bris peuvent souvent être attribués à une mauvaise opération de l'équipement, car l'opérateur n'est pas conscient des dommages qui peuvent survenir en utilisant certaines pratiques lors de l'opération. Le deuxième point dont nous devons être conscients est l'utilisation de certains composants de la chaîne

cinématique qui ne répondent pas aux exigences pour une application spécifique. Les composants de la chaîne cinématique sont fabriqués pour répondre aux exigences d'une grande variété d'applications, d'où la nécessité de les sélectionner en tenant compte de l'application. Un troisième point à tenir compte est le mauvais entretien, qui est parfois toléré dans certains ateliers.

Nous étudierons les types de pannes les plus courants et tenterons d'expliquer ce qui s'est produit pour causer le bris. Les pannes de la chaîne cinématique se produisent de nombreuses façons différentes mais dans la majorité des cas, les joints universels sont la cause la plus fréquente. Chaque fois que vous effectuez l'entretien de la chaîne cinématique, prenez le temps d'inspecter les joints universels et les fourches.

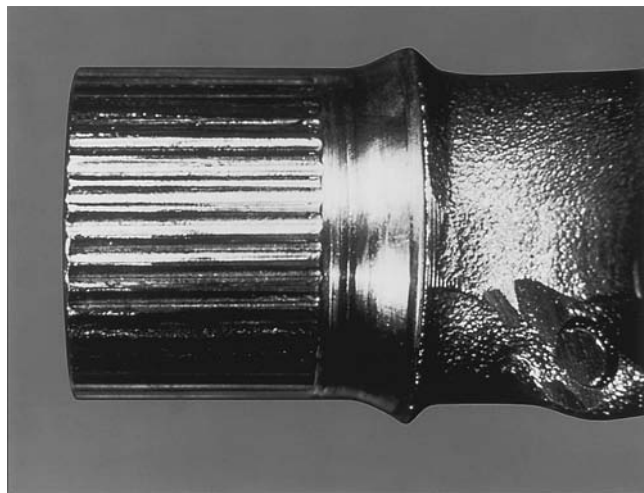
Lors de l'examen d'un joint universel que l'on veut réutiliser, surveillez ceci :

- **Grippage.** Cela se produit lorsque le frottement entre deux surfaces métalliques cause un déplacement du métal.
- **Effritement.** La fatigue cause le détachement de particules métalliques (**figure 6-31**). On constate ce problème au niveau des cannelures, ainsi que sur les tourillons des joints universels.



**Figure 6-31** Exemple d'effritement ou d'écaillage sur la surface d'un tourillon d'un joint universel. *Arvin Meritor*





**Figure 6-32** Exemple d’empreinte de billes sur la surface du tourillon d’un joint universel. *Arvin Meritor*

- **Empreinte de billes.** La fatigue de la surface cause la création d’encoches sur une surface (**figure 6-32**). Ce problème est souvent associé à une mauvaise installation du joint universel. Attention aux fausses marques de rouleaux, qui ressemblent à une surface polie plutôt qu’à des empreintes de billes causées par l’usure de la surface.
- **Piquage.** Ce problème est causé par la corrosion qui forme de petits cratères dans le métal menant à l’usure de la surface et au bris des pièces.
- **Fissures.** Elles sont un signe de fatigue du métal, elles sont minuscules au départ et causées par la contrainte. Éventuellement, cette condition affaiblira le métal jusqu’à ce qu’il finisse par se briser (**figure 6-33**).

Les **tableaux 6-3 à 6-9** montrent divers problèmes, leurs causes, et suggèrent des correctifs à apporter pour remédier aux pannes de la chaîne cinématique.

### EXERCICES SUR INTERNET

1. À l’aide d’un moteur de recherche Internet, rechercher la configuration des arbres de commande des engins de chantier. Identifiez une pièce d’équipement dans votre lieu de



**Figure 6-33** Légères fissures dans le métal conduisant à la rupture complète du croisillon. *Arvin Meritor*

travail, en accordant une attention particulière à la configuration de la chaîne cinématique, et identifiez si elle est de conception parallèle ou non parallèle. Exposez les raisons pour lesquelles le fabricant a fait le choix de ce type de conception pour cette application en particulier.

2. Consultez le site <http://www.arvinmeritor.com> pour plus d’informations sur la configuration et la conception des chaînes cinématiques.

### EXERCICES EN ATELIER

1. Choisissez une pièce d’équipement dans votre atelier qui a une chaîne cinématique assemblée et identifiez le type de composants faisant partie de l’arrangement de la chaîne cinématique. Vérifiez si oui ou non la chaîne cinématique a un voilage excessif et quel type de joints universels sont utilisés sur ce montage.
2. Choisissez une pièce d’équipement mobile dans votre atelier munie d’arbres de commande. Identifiez le type et le modèle de l’équipement et inscrivez tous les principaux composants et les numéros de pièces correspondants à cette chaîne cinématique. Identifiez et utilisez le bon manuel de pièces pour effectuer cette tâche.

Tableau 6-3: PROBLÈMES D'USURE PRÉMATURÉE

Problèmes	Causes	Correctifs
Usure prématurée d'un joint universel	Trous mal alignés sur la fourche d'extrémité	Vérifier l'alignement des trous sur la fourche d'extrémité à l'aide d'une barre d'alignement. Remplacer la fourche si elle n'est pas alignée.
	Angles excessifs	Mesurer l'angle de travail des joints universels. Réduire l'angle si nécessaire.
	Manque de lubrification ou lubrification inadéquate pour l'application	Vérifier la lubrification requise et les exigences de l'application afin d'assurer une lubrification adéquate.
	Joints d'étanchéité endommagés ou usés	Remplacer le joint universel.
Usure répétée des joints universels	Charges excessives en opération	Utiliser des joints universels pouvant supporter une charge élevée.
	Opération à des angles et des charges excessives	Installer une chaîne cinématique et des joints universels pour service sévère.
	Joints d'étanchéité usés ou endommagés	Remplacer le joint universel.
	Intervalles inadéquats entre les lubrifications ou mauvaise catégorie de lubrifiant	Lubrifier selon les spécifications du fabricant.
Effritement du tourillon et du roulement	Angle excessif de la chaîne cinématique	Mesurer l'angle de la chaîne cinématique et le réduire si nécessaire.
	Couple appliqué trop élevé pour la taille du joint universel	Installer des joints universels de plus grande capacité.
	Intervalles inadéquats entre les lubrifications ou mauvaise catégorie de lubrifiant	Lubrifier selon les spécifications du fabricant.
Empreinte de billes à l'intérieur des coupelles de roulement sur le croisillon	Charge en opération extrêmement lourde	Installer des joints universels de plus grande capacité.
	Angle de travail insuffisant	Augmenter l'angle de travail à au moins 2°.
	Apparition de traces d'usure normales des coussinets	S'il y a de très petites empreintes de billes (rayures) sur une petite surface, il n'est pas nécessaire de remplacer le joint universel.

(suite à la page suivante)