

Étude de cas

SÉCURISATION DES OPÉRATIONS DE REMPLACEMENT DE PIVOTS DE DIRECTION DE VÉHICULES POIDS LOURDS

JAMES BAUDOIN
INRS,
département
Ingénierie des
équipements
de travail

→ **LA PROBLÉMATIQUE :** Les véhicules poids lourds sont dotés de pivots de direction, éléments indispensables à l'orientation des roues directrices. Ces pièces mécaniques sont sujettes à usure et doivent être remplacées de manière préventive et périodiquement dans des garages disposant d'ateliers de mécanique poids lourds.

Les opérations de remplacement de pivots de direction sont réalisées à l'aide d'une « presse à pivot » hydraulique prévue pour cet usage. Elles peuvent générer divers risques, par exemple l'écrasement des doigts de l'opérateur, la projection de pièces mécaniques, ou être sources de contraintes biomécaniques. Ces opérations s'effectuent encore souvent à plusieurs opérateurs, d'où des risques supplémentaires liés à la coactivité.

Suite à un accident grave s'étant produit dans un garage de mécanique poids lourds lors d'une telle opération, la Carsat (Caisse d'assurance retraite et santé au travail) de Rhône-Alpes s'est rapprochée de l'INRS pour travailler en commun sur la sécurisation de ce type d'opération. L'entreprise où s'est produit l'accident s'est portée volontaire pour participer à cette action.

→ LA RÉPONSE DE L'INRS ET DE LA CARSAT

Description synthétique du déroulement de l'opération d'assistance

Après avoir assisté à plusieurs opérations de remplacement de pivots dans diverses entreprises et constaté que ces opérations posaient des problèmes de sécurité, détaillés dans cet article, le service prévention de la Carsat Rhône-Alpes a contacté l'INRS pour définir conjointement le type d'action à entreprendre pour améliorer la protection des opérateurs.

Les travaux d'assistance de l'INRS ont débuté par une phase d'acquisition de connaissances :

- sur les modes opératoires de remplacement de pivots, en se basant dans un premier temps sur

des vidéos fournies par la Carsat, enregistrées lors de l'instruction de cette opération ;

- sur les technologies de presses disponibles sur le marché ;
- sur les problèmes de sécurité qui se posent.

Ces éléments réunis et analysés par l'INRS et la Carsat Rhône-Alpes ont permis de déceler des problèmes d'ordres technique, organisationnel et ergonomique. Ils ont également fait l'objet d'échanges avec les représentants de l'entreprise utilisatrice (responsable hygiène et sécurité, directeur technique et deux opérateurs expérimentés dans le remplacement de pivots).

Un rapport de synthèse a ensuite été transmis par la Carsat à l'entreprise, pour qu'elle s'approprie les conseils de prévention de la partie organisationnelle et la décline en procédure interne de travail. Sur proposition de l'entreprise, les éléments techniques ont également été présentés à un fabricant de presses à pivot, volontaire pour faire évoluer le niveau de sécurité de ses produits.

Présentation des éléments techniques

Pivot de direction

Un pivot de direction est une pièce mécanique jouant le rôle d'axe de rotation des roues directrices d'un véhicule, comme l'illustre la *Figure 1*. C'est une pièce d'usure. Il est également soumis à un environnement agressif, par exemple les projections d'eau, de boue, de sel de déneigement. Bien qu'il soit protégé dans un logement théoriquement étanche, il est malgré tout soumis à la corrosion et régulièrement grippé dans son logement.

La plupart des pivots utilisés sont cylindriques et montés en force dans leur logement, avec un ajustement serré. Il est nécessaire d'appliquer un effort conséquent de plusieurs tonnes pour les extraire, d'autant plus qu'ils sont souvent plus ou moins grippés (*Cf. Figure 2*). Un effort généralement moins

important est nécessaire pour le montage des pièces neuves, la lubrification aidant.

Presse à pivot de direction de poids lourd

Pour réaliser les remplacements de pivots, les mécaniciens utilisent une presse spécifique.

Elle est constituée d'un vérin hydraulique (Cf. Figure 3) dont la tige a pour but de pousser le pivot dans ou hors de son logement, suivant qu'il s'agisse d'un montage ou d'un démontage. Entre la tige de vérin et le pivot, une tige métallique appelée « bouterolle » (Cf. Figure 4) est insérée afin de pousser le pivot, en pénétrant à l'intérieur de son logement pour l'accompagner. Des bouterolles de longueurs variées sont nécessaires, changées successivement au cours d'une même opération.

Une « poutre » métallique, le « pont », équipé d'une douille d'appui (entretoise), sert de contre-appui à la presse pour extraire le pivot. L'écartement du pont est réglable par des écrous (Cf. Figure 5).

Les mouvements de la tige du vérin se font, suivant la technologie choisie par le fabricant, soit au moyen d'une pompe hydraulique munie d'un levier actionné manuellement, soit de manière énergisée, soit avec une combinaison de ces deux techniques. Le bâti de la presse est muni de roues pour faciliter son déplacement au sol, de manivelles pour orienter le vérin dans différentes positions et de poignées de blocage pour l'immobiliser après réglage.

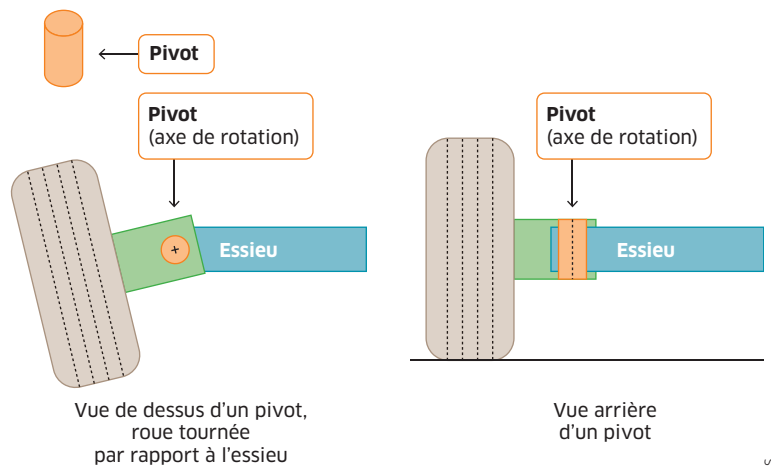
Appropriation des modes opératoires de base

Avant de commencer à traiter de l'aspect sécurité, il est incontournable de s'approprier les détails des modes opératoires de base pour remplacer un pivot. Pour cela, il est nécessaire d'assimiler et de détailler les différents types de montage de pivot adoptés par les fabricants de poids lourds, les manipulations nécessaires pour les démonter et en remonter des neufs, la chronologie des phases, la technologie et le fonctionnement des presses disponibles sur le marché.

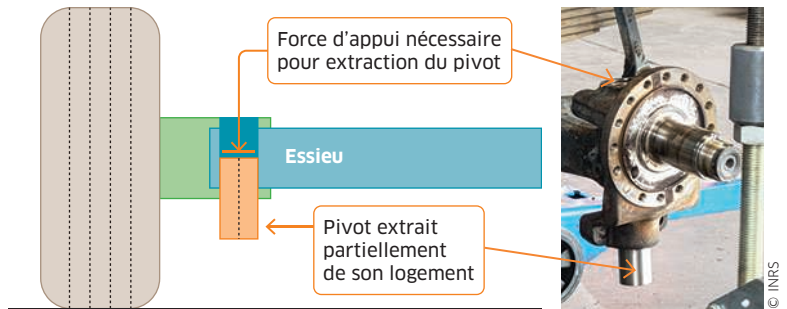
Ces informations ont été recueillies sur la base de vidéos et d'observations directes sur le terrain, avec des presses de marques différentes et sur des véhicules différents. Des audits d'opérateurs qualifiés ont permis de recueillir des commentaires sur les conditions de travail et de sécurité lors de l'utilisation de ces presses.

Analyse des risques

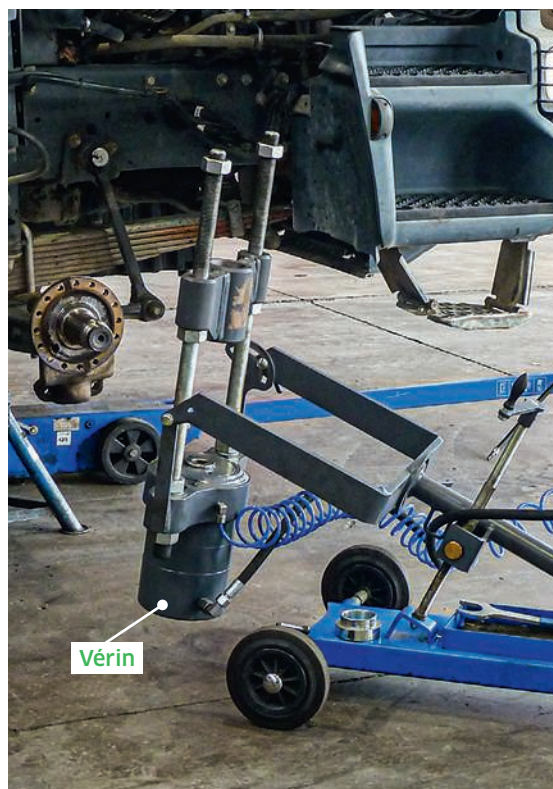
Une fois les modes opératoires assimilés comme décrit précédemment, une analyse des risques a été réalisée. Divers éléments concernant les opérations de remplacement de pivot ont été identifiés, correspondant soit à des phases de travail (par exemple, la préparation de l'intervention), soit à des éléments techniques (par exemple, un élément mécanique présentant un risque), soit à des



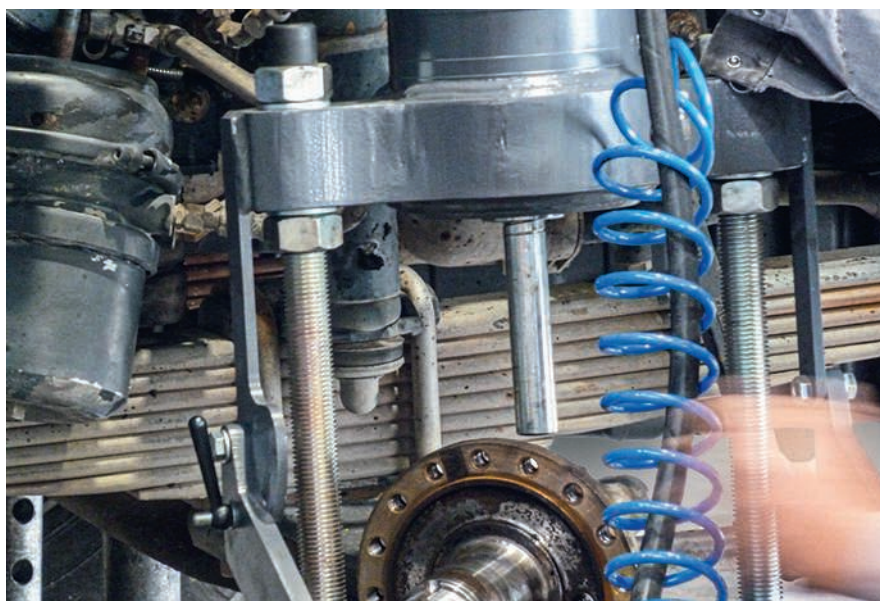
↑ FIGURE 1 Représentation schématique d'un pivot de direction.



↑ FIGURE 2 Principe d'extraction d'un pivot.



← FIGURE 3 Vérin hydraulique d'une presse à pivot.



↑ FIGURE 4
Bouterolles pour
presse à pivot.
À droite :
bouterolle montée
sur la presse.

constats particuliers (par exemple, une gêne constatée).

Chacun de ces éléments a été retenu parce qu'il concernait une situation « critique » du point de vue de la sécurité des opérateurs. Chaque situation a été soit constatée lors des observations, soit jugée raisonnablement prévisible.

Pour chacun des éléments :

- un phénomène dangereux d'origine mécanique ou une atteinte à la santé a été identifié ;
- une piste d'action a été formulée, accompagnée le cas échéant d'un commentaire.

Cette approche a permis de relever des problèmes de sécurité de diverses origines, techniques, organisationnelles et ergonomiques.

Résultats significatifs de cette action

Risques liés à la coactivité

Les différentes analyses de l'INRS et de la Carsat ont permis de souligner que les opérations de remplacement de pivot génèrent des risques spécifiques. Ces opérations s'effectuent dans un endroit très exigü. En effet, bien que le poids lourd soit surélevé à l'aide d'un outillage, par exemple des chan-

delles, l'accès au pivot de direction se fait en se positionnant sous l'aile du véhicule, à l'endroit où se situe normalement la roue. L'opérateur cherche alors à éviter de se déplacer trop souvent de son poste de travail appelé le « poste d'alignement ». Pour cela, il est tenté de se faire aider par un collègue, s'il lui manque un outil pour effectuer sa tâche. Du fait de cette coactivité, un dialogue s'instaure à distance entre les deux opérateurs, mais de possibles incompréhensions peuvent conduire à des situations dangereuses. Par exemple, le deuxième opérateur peut commander la sortie de tige de la presse, alors que les mains de son collègue sont exposées à un cisaillement.

Pour réduire ces risques, il est nécessaire de prévoir des mesures organisationnelles et des procédures, afin que le travail soit réalisé par un seul opérateur chaque fois que cela est possible. Il faut également que la presse utilisée soit techniquement conçue pour que les différentes opérations soient effectuées par un seul opérateur, sans contrainte supplémentaire.

Il est donc conseillé de prendre des mesures pour supprimer en amont le besoin de coactivité.

Mesures techniques concernant la presse pour réduire la coactivité

Certaines mesures techniques peuvent favoriser l'utilisation d'une presse à pivot par un seul opérateur. Parmi celles identifiées lors de l'assistance effectuée par l'INRS, on peut citer par exemple :

- un endroit de stockage des outils accessible depuis le poste d'alignement de la presse ;
- des manivelles de réglage de l'alignement de la presse manœuvrables depuis le poste d'alignement de la presse ;
- la diminution du poids du pont (comme le montre

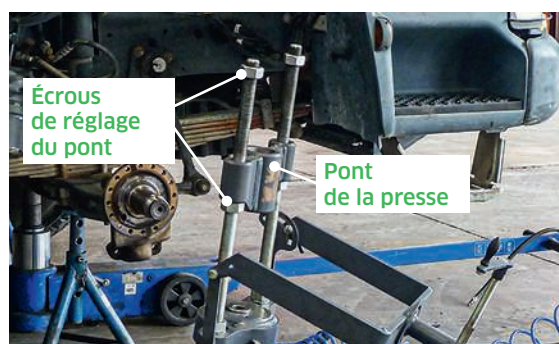


FIGURE 5 →
Pont de presse
à pivot et ses
écrous de réglage.

la Figure 5) en agissant par exemple sur sa taille et sa forme et l'amélioration de ses moyens de blocage en position ;

- l'amélioration des conditions de rotation des écrous ;
- un vérin pouvant être retourné facilement par un seul opérateur entre les opérations d'extraction et de montage d'un pivot ; etc.

Instructions pour réduire la coactivité

Comme vu précédemment, il est possible de concevoir une presse réduisant le besoin de coactivité, mais les mesures techniques ne sont pas suffisantes. Il est nécessaire que le fabricant précise dans sa notice d'instruction tous les recommandations et avertissements pour l'utilisation de son matériel par un seul opérateur.

Il faut également que, sur le terrain, l'entreprise utilisatrice mette en œuvre sa propre procédure, en déclinant et précisant le contenu de la notice d'instruction de la presse utilisée et en la complétant par des instructions spécifiques, concernant par exemple, l'organisation de l'atelier. Une formation des opérateurs doit compléter ce dispositif.

Si besoin, les opérations annexes à l'opération d'extraction et de remontage d'un pivot, telles que la manutention de certaines pièces mécaniques lourdes ou encombrantes, ou le nettoyage, peuvent être réalisées à deux opérateurs.

Bilan technique sur la sécurité de certaines presses

Les observations ont été effectuées lors de différentes opérations, avec des presses de marques différentes. Cet examen a mis en évidence des points négatifs pour la sécurité sur certaines d'entre elles, mais également des points positifs qui, s'ils étaient combinés sur une même presse, permettraient d'obtenir une presse plus sûre. Ce bilan est particulièrement intéressant pour les fabricants souhaitant faire évoluer leurs presses à pivot.

Parmi les points d'intérêt en matière de sécurité :

- Vitesse de rentrée rapide de la tige de vérin : le mouvement de rentrée de la tige de vérin est un mouvement non dangereux. En revanche, une vitesse trop lente de ce mouvement est considérée comme contre-productive par les opérateurs lors du changement de buterolle (deux tiers du temps total d'intervention d'après certaines observations). Ce temps d'attente peut, de ce fait, entraîner des usages dangereux, comme effectuer des empilages hasardeux de cales intermédiaires, pour éviter un changement de buterolle. Une vitesse de rentrée rapide de la tige de vérin contribue donc à réaliser le changement de buterolles dans de meilleures conditions de sécurité.
- Mise en pression énergisée du vérin : certaines presses à pivot qui fonctionnent à partir d'énergie pneumo-hydraulique sont alimentées par

de l'air comprimé. Ceci permet d'éviter de commander les mouvements de tiges de vérin par des actions répétées sur un levier d'une pompe manuelle pouvant entraîner de fortes contraintes biomécaniques notamment liées à la répétitivité des gestes. Par exemple, il a été observé sur le terrain qu'une opération d'extraction de pivot pouvait nécessiter plus de 500 gestes répétitifs sur un levier, sollicitant, suivant les phases de travail, l'épaule, le coude ou le poignet.

- Variété de l'outillage : la fourniture de buterolles de longueurs variées permet, en cas de besoin, de les retirer et les introduire en jouant uniquement sur la course de vérin et donc de diminuer le nombre de réglages du pont pour une même opération. Il permet aussi d'éviter d'éventuels mauvais usages dangereux de la presse, par exemple des empilages hasardeux de cales intermédiaires pour éviter des réglages fastidieux.

Proposition d'amélioration du moyen de réglage du pont

Sur toutes les presses, le pont est réglable en position à l'aide d'écrous. Le réglage (indispensable en cours d'opération) est difficile car le pont est généralement lourd. De plus, la rotation des écrous

Employé d'un garage effectuant une réparation sur poids lourd.



© Fabrice Dimier pour l'INRS/2020

n'est pas envisageable à l'aide d'une clef plate, outil généralement fourni avec la presse, car il faut de multiples rotations des écrous. Les opérateurs utilisent directement leurs doigts pour les tourner, ce qui est problématique. Il serait souhaitable que les fabricants améliorent les conditions de réglage.

Discussion et conclusions

Cette action d'assistance a permis de faire un point global sur les risques inhérents aux opérations de



MESURE TECHNIQUE DE PRÉVENTION À INTÉGRER LORS DE LA CONCEPTION D'UNE PRESSE	EFFET DE LA MESURE SUR LA SITUATION CRITIQUE
Motoriser les mouvements du vérin.	Supprimer les nombreuses actions répétées sur un levier d'une pompe manuelle pouvant entraîner des contraintes biomécaniques.
Limiter la vitesse de sortie de la tige de vérin.	Augmenter la possibilité de l'opérateur de se soustraire aux risques notamment de cisaillement des doigts.
Protéger la pédale de commande des machines (exemple : capotage).	Éviter les commandes intempestives de mouvements dangereux du vérin.
Équiper la presse d'un indicateur de pression.	Permettre le dosage par l'opérateur de l'effort exercé sur le pivot afin d'éviter des projections dangereuses consécutives à une casse mécanique.
	Permettre avant intervention la vérification de l'absence de pression dans la zone du pivot.
Concevoir un pont de presse peu volumineux pour pouvoir s'insérer dans les endroits exigus, et le moins lourd possible pour faciliter son réglage.	Réduire les efforts lors du réglage.
	Favoriser l'utilisation d'une presse à pivot par un seul opérateur
Prévoir des outils adaptés pour la rotation des écrous de réglage du pont.	Diminuer la pénibilité et les risques de blessures aux mains liées au vissage manuel des écrous.
Réduire autant que possible la masse du vérin de la presse afin de faciliter son retournement à la main.	Éviter des efforts excessifs.
	Favoriser l'utilisation d'une presse à pivot par un seul opérateur.
Intégrer un lieu de stockage des bouterolles et des douilles d'appui sur la presse accessible depuis le poste d'alignement.	Éviter des déplacements fréquents et contraignants de l'opérateur.
	Favoriser l'utilisation d'une presse à pivot par un seul opérateur.
Concevoir la presse afin que les manivelles de réglage soient accessibles depuis le poste d'alignement.	Favoriser l'utilisation d'une presse à pivot par un seul opérateur.
Prévoir une grande amplitude de réglage en hauteur par rapport au sol, pour permettre les interventions sur les véhicules positionnés sur chandelles.	Éviter à l'opérateur d'adopter des postures contraignantes, par exemple de s'allonger sur le sol pour observer les réglages en partie basse du pivot.
Permettre une vitesse de rentrée rapide de la tige de vérin.	Éviter des usages dangereux (exemple : empilage de cales).
Prévoir une grande diversité de bouterolles de longueurs différentes.	Éviter des usages dangereux (exemple : empilage de cales).
Intégrer des systèmes anti fouettement (exemple : fixation des extrémités des flexibles...).	Éviter les risques de projection de fluide et de fouettement en cas de rupture de tuyauteries flexibles.

↑ **TABLEAU 1**
Situations critiques relevées.

changement de pivots de direction de poids lourds et de montrer la nécessité de mettre en œuvre des mesures organisationnelles qui ne sont pas détaillées dans cet article. Elle a notamment mis en lumière le besoin de réduire la coactivité lors des opérations de changement de pivots. D'un point de vue technique, elle a montré que la plupart des presses à pivot disponibles sur le marché mériteraient d'évoluer pour être plus sûres vis-à-vis des risques mécaniques et de ceux qui sont liés à l'activité physique. Il serait intéressant que les

fabricants s'approprient ces différents points pour faire évoluer leurs presses à pivot. Des mesures techniques de prévention doivent être intégrées dès la conception d'une presse afin de réduire les risques liés aux situations critiques relevées lors de cette opération d'assistance. Le *Tableau 1* présente de manière synthétique des exemples de mesures et leurs effets sur ces situations. Un fabricant (contacté par l'entreprise utilisatrice) ayant participé à cette action a déjà commencé à faire évoluer son matériel. ●

POUR EN SAVOIR +

- Directive « Machines » n° 2006/42/CE. Accessible sur : www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000881896.
- ED 6154, INRS, 2013 – *Conception des machines et ergonomie*. Accessible sur : www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206154.

Remerciements

L'auteur tient à remercier MM. Alain Balsière, ergonomiste (réfèrent équipements de travail) et Thierry Méo, contrôleur de sécurité de la Carsat Rhône-Alpes, qui se sont fortement investis dans cette opération d'assistance, et pour leur expertise complémentaire.