



Texte original.*

Évaluer et réduire la pénibilité physique lors de la manipulation des leviers d'aiguillage

Christian Blatter

Chef de la Division Facteurs Humains
Direction de la Circulation Ferroviaire
SNCF Paris
christian.blatter@sncf.fr

Yonnel Giovanelli

Ergonome national, Préventeur, Ergomotricien
Département MS
Direction du Matériel
SNCF Paris
yonnel.giovanelli@sncf.fr

Dr Alain Izar

Médecin principal Secteur EST
Médecin référent DCF
Direction Cohésion et Ressources Humaines
SNCF Paris
alain.izar@sncf.fr

Résumé. Diminuer la pénibilité physique au cours de la manœuvre des leviers d'aiguillage mécaniques constitue un enjeu important de sécurité et de santé pour les agents circulation et les aiguilleurs ainsi qu'un enjeu économique pour la SNCF. Cette communication relate une étude multidisciplinaire ayant pour but d'évaluer la charge physique et la pénibilité posturale à partir d'une analyse statistique des accidents de levier, d'une analyse médicale de dossiers d'accidentés, d'études ergonomiques de l'activité sur plusieurs postes d'aiguillage et d'une expérimentation portant sur 4 types de leviers. L'étude a abouti d'une part à la mise en place d'un dispositif de formation des moniteurs PRAP à la technique gestuelle, d'autre part à un recensement national des leviers durs et à une aide à la priorisation des investissements en vue de réduire la pénibilité des leviers d'aiguillage.

Mots-clés : pénibilité physique, accident du travail, levier d'aiguillage

Assessing and reducing physical hardness of switch levers handling

Abstract. Reducing the physical strain during the manoeuvring of mechanical switch levers is an important issue of health and safety for traffic agents and signalmen and also an economic issue for SNCF. This communication describes a multidisciplinary study which aims at assessing physical load and postural painfulness from a statistical analysis of lever accidents, a medical analysis of accident records, ergonomic studies of the activity in several signal boxes and an experimentation on 4 types of levers. The study led on one hand to the establishment of a training system for technical gestures instructors, on the other hand to national census of hard levers and assistance in prioritizing investments in order to reduce the hardness of point's levers.

Key words: physical hardness, work accident, switch lever

*Ce texte original a été produit dans le cadre du congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française qui s'est tenu à La Rochelle du 1^{er} au 3 octobre 2014. Il est permis d'en faire une copie papier ou digitale pour un usage pédagogique ou universitaire, en citant la source exacte du document, qui est la suivante :

Blatter, C., Giovanelli, Y. & Izar, A. (2014). Évaluer et réduire la pénibilité physique lors de la manipulation des leviers d'aiguillage
Aucun usage commercial ne peut en être fait sans l'accord des éditeurs ou archiveurs électroniques. Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page.

CONTEXTE

Le contexte réglementaire d'évaluation de la pénibilité a récemment évolué. Il s'agit en effet :

- d'une part, de déterminer des seuils de pénibilité relatifs à la Fiche de Prévention des Expositions aux Facteurs de Risques Professionnels et une gradation des facteurs de pénibilité de type faible-moyen-fort (Art. L 4121-2 du Code du travail),
- d'autre part, dans la perspective de la signature d'accords d'entreprise en vue de la réduction de la pénibilité, de recenser différents facteurs de risque parmi lesquels les manutentions manuelles de charge, les postures pénibles définies comme positions forcées des articulations, le travail répétitif caractérisé par la répétition d'un même geste,...) (Décret n°2011-354 du 30/03/2011).

Dans ce contexte, la problématique de l'évaluation et de la réduction de la pénibilité physique lors de la manipulation des leviers d'aiguillage du chemin de fer prend tout son sens. La double finalité de l'étude présentée dans cette communication est, d'une part d'aboutir à des préconisations pour une meilleure manipulation gestuelle par les agents, d'autre part de proposer des critères scientifiques aidant les décideurs à investir dans des aménagements de réduction de la pénibilité des leviers mécaniques. Ces aménagements consistent, la plupart du temps, en la motorisation d'un groupe de leviers ou en la mise en place d'assistances hydrauliques.

Le commanditaire de cette étude est la DRH de la Direction de la Circulation Ferroviaire. Cette direction⁴¹ de la SNCF emploie près de 14 000 agents intervenant dans la conception des graphiques horaires de circulation des trains, le contrôle-commande du trafic dans les postes d'aiguillage et la régulation des trains dans les centres opérationnels de gestion des circulations. Les 2/3 des agents de la DCF travaillent dans les postes d'aiguillage en tant qu'aiguilleurs ou agents circulation.

La réalisation de l'étude a été permise par l'association de compétences diverses : un ergonome et un psychologue en charge des risques

professionnel à la Division Facteurs Humains de la DCF, une stagiaire ergonome de l'Université Paris Sud, un ergonome-ergomotricien de la Direction du Matériel SNCF, des médecins du travail du Groupe de Référents Médicaux Circulation, une société spécialisée dans les enregistrements par capteurs physiologiques.

LES POSTES MÉCANIQUES À LA SNCF

Ces postes existent pratiquement depuis la création du chemin de fer il y a plus de 150 ans. Même si une tendance forte après la seconde guerre mondiale a été de mettre en place des postes électromécaniques (PRS) puis depuis les années 80 des postes informatiques (PRCI, PRSI, PAI), le nombre de postes à leviers mécaniques demeure important. On peut considérer deux types de postes : des postes mécaniques enclenchés, avec plusieurs leviers voire dizaines de leviers regroupés dans des cabines, et des postes de voies de service, souvent situés en pleine voie et dont les leviers sont actionnables de plain-pied. Bien que les postes électriques soient maintenant majoritaires, les postes mécaniques enclenchés et les postes de voies de service représentent encore une proportion notable (45% des postes en 2010). Parmi ceux-ci, les plus fréquents sont les postes mécaniques unifiés type « MU 45 » (177), les postes type SAXBY (156), les postes électromécaniques (98 EMU), ainsi que des postes Voie Directe (73 type « 1021 » et 65 type « SNCF »).

DONNÉES ACCIDENTOLOGIQUES

Les accidents du travail dus à la manœuvre des poignées d'aiguille sont suivis à la SNCF grâce à une codification spéciale. Les recensements entre 2005 et 2011 indiquent que le nombre de ces accidents du travail, après être descendu de 29 en 2005 à 20 en 2006 a repris pour atteindre 34 en 2010 et 29 en 2011. Le nombre d'accidents avec arrêt de travail représente 76% de tous les accidents sur la période 2005-2011, avec en moyenne 438 journées de travail perdues par an (700 jours en 2011).

Le nombre mensuel cumulé d'accidents dus à la manipulation de leviers mécaniques pour cette période de 7 années décroît régulièrement de janvier (65) à août (35) puis remonte en septembre (50) pour redescendre à son seuil d'étiage. Dans la semaine, près de la moitié des accidents (49%) surviennent les lundis et mardis, puis on assiste à une décroissance. Dans la journée, leur proportion reste élevée entre 6h00 et midi, et entre 14 et 15h00, près de 10% des accidents arrivent dans la 11^{ème} heure. La survenue d'accidents semble être liée à l'état de relâchement de la tension consécutive à une forte charge de trafic ou à la réadaptation de l'organisme lors de la reprise du trafic, après une période de repos.

⁴¹ A la suite de la loi ORTF, la DCF a été créée comme entité indépendante de la SNCF au 1er janvier 2010. Elle assure le rôle de Service Gestionnaire des Transports et de la Circulation, pour le compte de RFF, propriétaire des infrastructures ferroviaires.

Si on retrouve la tranche d'âge 30 et 39 ans dans une proportion de 39% dans ces accidents, il faut relativiser, car la proportion d'aiguilleurs et agents circulation de cette tranche d'âge est majoritaire. Le taux de fréquence est difficile à calculer, car les outils du Système d'Information RH ont changé et les effectifs n'ont plus été calculés de la même manière avec la réforme de structure créant la DCF en 2010. Toutefois, après neutralisation de l'effectif par tranche d'âge, on constate que le taux d'accident recalculé est d'environ 35% pour les 30-39 ans et 50% pour les 20-29 ans ainsi que pour les 40-49 ans. Les agents les plus jeunes et les agents en 2^{ème} partie de carrière seraient ainsi les plus exposés.

Par ordre décroissant, 29% des lésions concernent le haut du dos, 18% les lombaires, 15% les épaules, 11% les bras, 9% les mains, et 4% le cou. L'étude réalisée auprès des médecins complète et corrobore ces statistiques. Elle a porté sur 17 dossiers médicaux d'agents suite à des accidents liés à la manipulation de leviers lors de la visite de reprise. Elle a montré que les lésions concernaient le dos (14 cas) avec notamment des hernies discales, la ceinture scapulaire (épaule -7 cas-, pectoral -1 cas-) avec des causes d'origine musculo-tendineuse, les membres supérieurs (main -4 cas-, poignet -1 cas-) avec notamment des lésions, des tendinites, le pied -1 cas- et l'abdomen -3 cas- dont une hernie inguinale et une déchirure pariétale. Nous examinerons les causes présumées un peu plus bas.

SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Moins de dix références bibliographiques ont été trouvées dans la littérature médicale et ergonomique nationale et internationale, ce qui est surprenant quand on connaît l'ancienneté et l'importance du problème tant du point de vue de la santé que du point de vue économique. Les types de leviers posant le plus question dans les études sont les SAXBY et les leviers Mécaniques Unifiés MU45 et EMU54 qui sont dotés de grands leviers.

Les problèmes les plus fréquemment rencontrés touchent le dos et les épaules, ce qui coïncide avec les données recueillies à la SNCF. À partir de 50 Kg, la charge est considérée comme lourde pour les aiguilleurs. Les postures contraignantes correspondent à une grande flexion ou extension du dos lors de la manœuvre.

Les paramètres pris en compte dans ces études sont : la vitesse, la durée, la fréquence d'exécution du mouvement et la posture associée. La gestuelle associée à la manipulation d'un levier rappelle les mouvements de manutention de charges ou de poussée et de traction pour lesquels des normes sont en vigueur.

Il existe des méthodes normalisées pour évaluer les risques liés à la manutention de charge (NF X 35-109, « Ergonomie. Manutention manuelle de

charge pour soulever, déplacer et pousser/tirer. Méthodologie d'analyse et valeurs seuils » ; NF ISO 11228-2, « Ergonomie - Manutention manuelle - Partie 2 : Action de pousser et de tirer », etc.). Celles-ci recommandent de prendre en compte l'observation de l'activité (fréquence, position du corps...), la mesure de l'effort (dynamomètre, balance), le calcul de valeurs seuils grâce à des coefficients de correction (en fonction de la hauteur de l'objet, de l'environnement...).

Les articles R 4541-1 à 11 du Code du travail relatifs à la manutention des charges concernent surtout les risques dorsolombaires pour des actions de levage, de poussée ou de traction. Pour les hommes, la charge ne doit pas dépasser 55 kg, mais peut aller jusqu'à 105 kg avec un avis médical ; pour les femmes, la charge maximale est 25 kg.

Toutefois, les analogies avec le port de charge ou l'usage des chariots s'arrêtent là, car la manœuvre des leviers d'aiguillage apparaît comme un mouvement complexe de renversement et de redressement semi-circulaires.

ANALYSES ERGONOMIQUES DE TERRAIN ET ÉTUDE MÉDICALE

Afin de mieux connaître ces contraintes spécifiques, une analyse des situations de travail a été réalisée à partir des demandes d'intervention ergonomique de 5 établissements circulation (EIC) de province à la Division Facteurs Humains. Un 6^{ème} poste d'aiguillage d'un EIC parisien a été ajouté aux analyses. Lors de l'analyse de l'activité, les composantes observées ont été : les postures et les efforts associés, les différentes stratégies opératoires, la fréquence et la durée de manipulation des leviers, la vitesse d'exécution, la variabilité des opérateurs (âge, expérience, taille...), la composante cognitive et l'organisation du poste (aménagement, horaires, circulation des trains...). Des photos et des schémas ont permis de décrire les postures adoptées.

Ces études (figures 1 et 2) ont montré quelques facteurs fréquents d'inconfort, voire de pénibilité :

- Grands leviers (SAXBY, MU 45) nécessitant des efforts parfois très importants ;

Poste d'aiguillage de C.

C'est une gare terminus de deux voies uniques.

- Dans la journée, il y a 3 agents en roulement.
- Les leviers sont à l'extérieur du poste :
 - Leviers de type I à cran à transmission rigide.
 - 3 leviers : 2 durs (actionnent des aiguilles doubles), le troisième n'est pas utilisé.
 - L'éloignement des leviers pose problème (ancienne gare de passage et de triage) et il y avait au minimum 2 agents présents sur le poste.
 - Problème d'entretien :
 - Coussinets portant mal sur les 4 aiguilles (2 aiguilles conjuguées pour chaque levier).
 - Le graissage des aiguilles se fait 1 fois par semaine (alors qu'il devrait être réalisé 1 fois toutes les 4 semaines).
- Autre :
 - Probabilité d'intensification de la circulation avec le cadencement.
- Charge physique :
 - Stratégie opératoire : l'agent manipule les leviers en se mettant de côté pour utiliser tout le corps (appris à l'école).
 - Échelle de pénibilité de Borg : 6/10 et 7/10 pour chaque levier pour l'agent novice et 7/10 pour les deux pour l'agent avec plus d'ancienneté.
- Charge mentale :
 - Sonneries : quand beaucoup de trains à la fois, les sonneries peuvent perturber l'agent.
 - Avec l'habitude, pas de stress en particulier.

- Grands leviers (SAXBY, MU 45) nécessitant des efforts parfois très importants ;
- Manipulation des leviers le corps de côté, à la force d'une seule main ;
- Angles relevés pour les positions se situant hors des zones de confort ;
- Inclinaison du levier induisant un amorçage du mouvement en position déséquilibrée, ce qui rend difficile le début de la manœuvre ;
- À-coups pouvant survenir dans la course du levier ;
- Point de rotation du levier élevé sur certains grands leviers, amenant l'agent à changer de position au cours de la manipulation afin d'accompagner le levier jusqu'en bas, dos plié en deux ;
- Proportion de temps à manœuvrer les leviers souvent faible, voire très faible (de 1 à 2% de l'activité sur certains sites). Passage brusque d'une activité physique faible à une activité dynamique beaucoup plus intense ;
- Espace de débattement insuffisant devant les leviers.

L'étude médicale évoquée plus haut renseigne aussi sur quelques causes fréquentes : levier difficile, antécédents lombalgiques et manipulation inadéquate ainsi que sur des cofacteurs : surpoids, différentiel entre taille de l'agent et hauteur de la poignée.

EXPÉRIMENTATION

La division Facteurs Humains a réalisé une expérimentation afin de pallier l'absence de barème ou de norme relatifs à la mesure des efforts durant le maniement des leviers d'aiguillage. Elle a donc cherché à évaluer la charge physique exercée et la pénibilité posturale pour déterminer des valeurs seuils problématiques appelant des actions de réduction de la pénibilité.

Pour ce faire, elle a identifié deux sites, Massy Poste 2 et Villeneuve triage Postes 2 et 3, dans lesquels il a été possible de tester les leviers MU 45 et 54, SAXBY et des leviers type V funiculaire.

- L'expérimentation a d'abord consisté à mesurer les caractéristiques physiques des leviers : dimensions, résistance dynamométrique en Newton ;
- Les techniques de recueil suivantes ont ensuite été mises en œuvre auprès de 6 agents circulation et 4 membres de l'équipe : coût énergétique de l'effort (estimé à partir de la fréquence cardiaque en BPM) ; intensité de l'activité musculaire du bras (électromyographie des biceps et triceps gauches et droits en μV) ; angulation des coudes et de la zone lombaire (goniométrie des coudes gauches et droits et de la zone lombaire -inclinaison et flexion- en degrés) ; postures de profil (vidéo de profil) ; évaluation

Figure 1 : Exemple du compte rendu succinct d'analyse ergonomique dans un poste

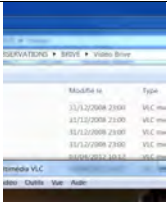
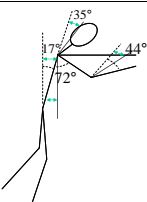
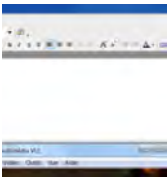
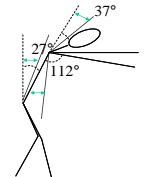
Intitulé du mouvement	Photos	Schémas et angles	Commentaires
Position Initiale			Position de déséquilibre. Appui sur la jambe droite.
Coup de force			Il utilise beaucoup moins le poids de son corps et même au début utilise principalement la force de ses bras.

Figure 2 : Analyse des mouvements au poste de B.

subjective (échelle d'appréciation de Borg de type CR10 de 1 à 10) ;

- Les données suivantes permettant d'évaluer l'effet des caractéristiques ont été relevées : tâche (nombre de renversements-redressements, fréquence,...) ; leviers (dureté, hauteur de la poignée, de l'axe de rotation) ; personnes (poids, taille, sexe, latéralité...) et leurs techniques gestuelles ;
- Le codage vidéo effectué avec le logiciel Captiv a permis d'isoler les mesures intéressantes au cours : du renversement et du redressement des leviers ;
- Pour chaque phase ont été déterminés le coût cardiaque relatif grâce à la fréquence cardiaque maximale théorique et la fréquence cardiaque de repos ainsi que l'évolution des mesures des EMG.

RÉSULTATS

Nous nous attacherons à présenter ici deux types de résultats en rapport avec l'évaluation par les sujets de leurs efforts sur l'échelle de Borg.

Liens entre effort subjectif et mesuré

- Pour ce qui concerne le lien entre les données subjectives et l'effort maximal mesuré, la pénibilité subjective et la force maximale mesurée par un dynamomètre (en Newton) sont assez fortement corrélées ($R=0.75$). On peut traduire de manière quasi linéaire la note de Borg par son équivalent en Newton : effort maximal \approx note * 100 + 55 (figure 3) ;

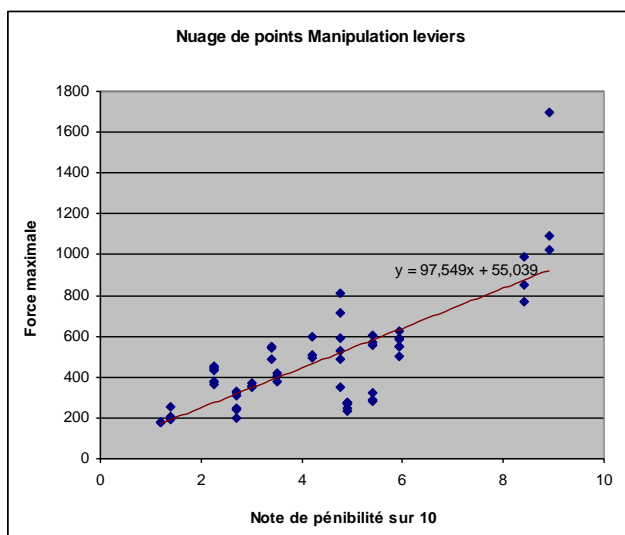


Figure 3 : Lien entre les données subjectives et l'effort maximal mesuré

- Si on décompose la manœuvre en ses deux mouvements, le coefficient de corrélation entre les données subjectives et l'effort maximal mesuré est même de $R=0.81$ au renversement (Effort max \approx note * 120).

Celui-ci est de $R=0.72$ au redressement (Effort max \approx note * 72 + 120) ;

- Le lien entre les données subjectives et l'effort moyen mesuré par dynamométrie reste relativement élevé : $R=0.74$ (effort moyen \approx note * 33 + 90).

Évolution de l'effort ressenti selon les phases de l'expérimentation

- La phase 1 comportait 10 séquences de 3 manipulations sur 20 secondes suivies d'un repos de 10 secondes. On constate, sur une phase intense, que l'effort ressenti augmente au fur et à mesure de l'effort (figure 4).

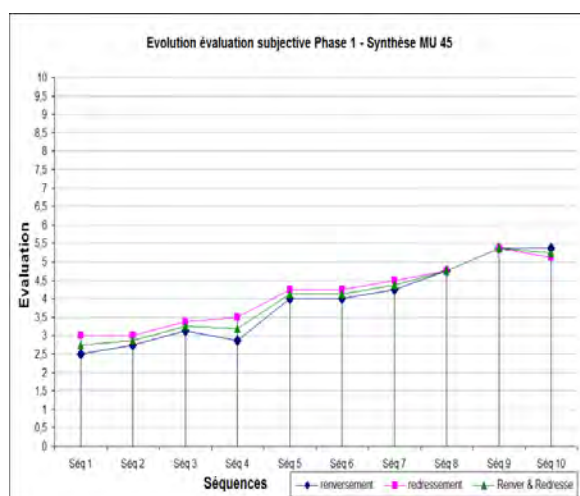


Figure 4 : La note à l'échelle de Borg double ici entre le début et la fin de l'exercice sur un levier MU45

- Les phases 2 et 4 sont identiques : les sujets exécutent une série de 5 manipulations continues d'une minute, d'abord sur un levier considéré comme normal, puis sur un levier considéré comme dur dans le poste et enfin sur un levier entravé par deux autres leviers basculés en avant. Entre chaque levier, le sujet dispose de 4 minutes de repos. La phase 2 est réalisée de manière habituelle pour l'agent, puis l'ergomotricien donne des conseils gestuels (corps symétrique face au levier, prise de poignée des deux mains, aide du poids du corps, positionnement des pieds, etc.). La phase 4 est ensuite réalisée par le sujet en essayant de tenir compte des conseils. On constate que les efforts ressentis via l'échelle de Borg sont moindres après conseils personnalisés car les agents utilisent beaucoup plus le poids du corps et les membres inférieurs à la place des membres supérieurs et du tronc. Ceci est particulièrement net lorsque le levier est dur. Toutefois, aucun effet n'est observé dans le cas d'une aiguille entravée (figure 5).

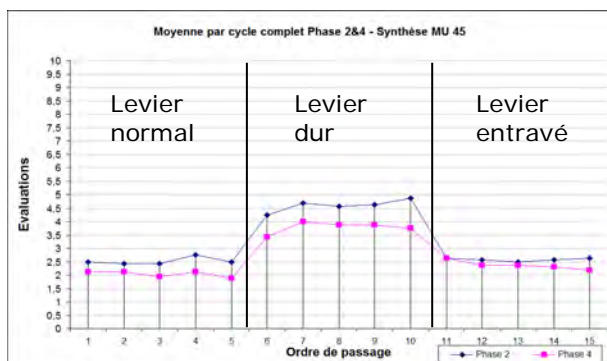


Figure 5 : La pénibilité perçue peut décroître jusqu'à 2,5 points à l'échelle de Borg pour cet opérateur sur un levier MU45 considéré comme dur, avec la stratégie apprise de manipulation

ENSEIGNEMENTS POUR LE RECENSEMENT DES LEVIERS DURS

La corrélation forte relevée entre les notes subjectives à l'échelle de Borg et les mesures dynamométriques a autorisé l'usage d'une grille pour la cotation des leviers durs. Cette dernière a été élaborée par la division Facteurs Humains et utilisée par les Conseillers de sécurité (COSEC) des EIC. La grille prend notamment en compte pour chaque levier considéré comme difficile :

- une note de 1 à 10 attribuée par un collectif comprenant les agents du poste, le dirigeant de proximité, le COSEC et éventuellement un représentant du CHSCT ;
- sa fréquence de manipulation ;
- sa périodicité réelle de graissage permettant d'induire d'éventuels problèmes de dureté ;
- le ou les accidents du travail éventuels (ainsi que la nature et le siège de la lésion).

RÉSULTAT DU RECENSEMENT

La plupart des EIC ont réalisé le recensement portant sur 141 postes d'aiguillage : au total, 645 leviers présumés pénibles ont été évalués. La plupart comportent des longs manches et une transmission rigide : 381 SAXBY, 92 MU 45, MU 54 et EMU, mais 115 sont des leviers V avec poignées courtes et tringlerie funiculaire.

403 leviers (2/3 des leviers évalués) ont été notés entre 5 (Dur) et 10 (Maximum). 25% des leviers évalués sont utilisés plus de 8 fois par service de 8 heures, 9% plus de 15 fois par service. Ces leviers sont impliqués dans 37 accidents du travail et 805 jours d'arrêt entre 2010 et mi-2013.

AIDE À LA DÉCISION EN MATIÈRE D'INVESTISSEMENT DE RÉDUCTION DE LA PÉNIBILITÉ.

Un classement décroissant de 94 postes établi à partir de la pénibilité des leviers (note de Borg d'au

moins 7), du nombre de leviers difficiles dans le poste, de la fréquence de manipulation et de l'incidentologie a été fourni aux pôles Développement des EIC en charge des projets d'investissement en vue de la motorisation et de l'installation d'assistance hydraulique. À elles seules, les demandes d'investissement (DI) faites dans les 6 mois après la campagne de recensement représentent 55% de toutes les DI pour les budgets allant de 2012 à 2014.

ENSEIGNEMENTS POUR LA FORMATION À LA PRATIQUE GESTUELLE (PRAP)

Ce dernier test montre l'intérêt de délivrer des conseils en vue de la mise en œuvre par l'agent-circulation ou l'aiguilleur de stratégies motrices tenant compte de ses caractéristiques individuelles (anthropométriques...), ainsi que des caractéristiques des leviers manipulés et des contraintes de l'environnement.

Ceci a amené la DCF à mettre en œuvre :

- un kit pédagogique (films commentés, support formateur) présenté au réseau des moniteurs PRAP des EIC ;
- un dispositif de formation à l'Unité nationale de Formation de Lyon, en charge de la formation des moniteurs PRAP chargés de sensibiliser les agents des EIC.

BIBLIOGRAPHIE

- Bédouet, L. (2012). Étude de l'activité dans les postes d'aiguillage mécanique. Rapport de stage Master 2. Université Paris Sud / SNCF.
- Giovanelli, Y. (2012). Manipulation de leviers. Bilan d'intervention. EIC-11-056. Rapp. int. SNCF.
- Muffet, R. J. (2007). Ergonomic Assessment of Lever Operation in Mechanical Signalling, in People and Rail Systems: Human Factors at the Heart of the Railway. Ed. John Wilson. Ashgate.
- Riley, D. (2006). Manual Handling in the Rail Sector in South Wales. Health and Safety Laboratory. 53.