

# Une mise en veille de la santé et de la sécurité ou les paradoxes du dispositif d'Homme mort sur les tramways

---

Ghislaine DONIOL-SHAW

Robin FOOT

Pierre FRANCHI

*Résumé* : Le milieu du tramway tend à généraliser un dispositif de veille, une Vacma (veille automatique à contrôle de maintien d'appui) qui soumet le travail de conduite à une contrainte temporelle forte sans rapport avec la conduite. Le conducteur ne peut maintenir la veille plus de douze secondes. Avant ce délai, il doit relâcher la veille sinon une alarme sonore se déclenche et un freinage d'urgence peut se déclencher. Or, on constate que la majorité des conducteurs tend à intensifier les actions sur la veille, à adopter une fréquence d'action beaucoup plus élevée que ce que le système permet en théorie. Comprendre les raisons de cette stratégie permet d'éclairer la double contrainte qui met sous tension le travail de conduite : préserver sa santé au détriment de l'attention portée à la conduite ou prendre sur soi pour assurer au mieux la sécurité de conduite.

*Mots clés* : Conducteur, conduite, tramway, Homme mort, Vacma, TMS, sécurité.

Cet article reprend et actualise une communication faite lors du 46<sup>ème</sup> congrès de la Self en 2011 (Doniol-Shaw *et al.*, 2011). Cette communication a mis en évidence pour la première fois de manière explicite, à la suite des travaux de l'INRS (Cail *et al.*, 2011), la manière dont le dispositif de veille des tramways, l'Homme Mort, obligeait les conducteurs à gérer un conflit entre leur santé et la sécurité de conduite. Plus précisément, cette communication a explicité le processus par lequel les conducteurs prennent sur eux, en intensifiant les actions sur la veille, pour pouvoir gérer simultanément la veille et la conduite. Ce processus manifeste clairement que cette double tâche, conduire et veiller, met sous tension le travail.

La temporisation de la Vacma (veille automatique à contrôle de maintien d'appui) choisie par les concepteurs qui oblige les conducteurs de tramway à relâcher la veille au moins

toutes les dix secondes, spécifique aux tramways, est un élément essentiel de cette mise sous tension de la conduite.

Ce choix vise à prévenir une défaillance crispée qui laisserait le tramway poursuivre sa course alors que le conducteur ne serait plus conscient. Or, ce type de défaillance est une impossibilité physiologique. En effet, hormis en cas d'électrocution ou de crise d'épilepsie, deux cas improbables dans la conduite d'un tramway, techniquement pour le premier et réglementairement pour le second, que ce soit dans le cas du sommeil, d'un évanouissement ou de la mort, seules défaillances prise en compte par ce dispositif de sécurité, cela se traduit par « *une mollesse de la musculature* » (Paillard, 1976). Si cet enjeu fonctionnel, la détection d'une défaillance crispée relève d'un ordre fantasmatique, cela induit, par contre, des contraintes bien réelles sur les conducteurs et la conduite. Paradoxe d'un dispositif de sécurité qui vise à prévenir un risque irréel et qui, par contre, crée de l'insécurité dans la conduite et suppose la mise en danger des conducteurs dès lors qu'ils tentent, par leur modalité d'action sur la veille, de prévenir, autant que faire se peut, cette mise en insécurité.

Cette communication qui mettait en évidence un problème de sécurité et de santé, adossé à un dispositif qui peut être modifié sans pénaliser l'efficacité du travail de conduite, au contraire même puisque cela ne peut que l'améliorer, n'a néanmoins pas trouvé d'écho directement ni du côté des exploitants, ni du côté des services de l'État en charge de la sécurité ni, enfin, du côté des constructeurs. Seule, la Fédération CGT des Transports, la FNST-TUV (Fédération Nationale des Syndicats de Transport-Transport Urbain de Voyageurs), a trouvé un intérêt à cette production d'une connaissance nouvelle sur le travail de conduite et a pris en charge de la mettre en discussion, en réflexion au sein des syndicats des différents réseaux ayant un tramway, au cours d'une journée d'études fédérales, en octobre 2011, puis publie cette communication dans le journal de la FNST « *Courrier aux syndicats* » d'avril 2012.

À la suite de cette journée, dès janvier 2012, une action nationale est lancée par la FNST-TUV contre la Vacma et pour son remplacement par une veille automatique sans temporisation au relâchement. Les motions dénonçant une Vacma mettant en cause la sécurité de conduite et la santé des conducteurs votées dans les CHSCT de différents réseaux et transmis au service de l'État en charge de la sécurité des réseaux de tramway, le STRMTG, ne produisent, au début que peu d'effets apparents.

Pourtant, un accident mortel de voyageur dans le réseau de Montpellier, le 3 septembre 2012 crée une onde de choc dans le milieu des tramways. Cet accident correspond en effet au scénario dénoncé dans la motion votée par le CHSCT du réseau de Montpellier. Place de la Comédie, zone piétonne centrale de Montpellier, un conducteur est hyper-vigilant du fait de nombreux piétons aux abords de la voie ; attentif à la conduite, il oublie de relâcher la veille ; il n'entend pas l'alarme sonore de la veille qu'il a maintenu trop longtemps, son attention alors focalisée exclusivement sur les mouvements de piétons aux bords de la voie, et le frein d'urgence se déclenche. Un voyageur, déséquilibré par ce freinage brutal tombe et meurt.

L'existence d'une action syndicale qui révèle la défaillance des responsables de la sécurité a probablement créé une obligation de prise en compte de cette question de la veille. Le Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre (BEA TT) est saisi pour enquêter sur cet accident. Le STRMTG et le syndicat patronal des transports publics urbains et ferroviaires, l'UTP, créent un groupe en charge de réfléchir « *sur la pertinence de l'usage de la VACMA* ».

Au niveau national, cette agitation soudaine se perd dans les méandres des réseaux institutionnels. Ainsi, le rapport d'enquête du BEA-TT, dont une des parties traite de la Vacma, annoncé pour la fin de l'année 2013, n'a été rendu public qu'en avril 2016 et le rapport final du

groupe de travail de l'UTP, prévu pour la fin 2014, n'a pas non plus encore vu le jour en dehors d'une présentation succincte en mai 2016, lors de la journée « Tramway » organisé par le STRMTG.

Enfin, en janvier 2017, un guide technique sur la « *Fonction veille des tramways* » est publié (STRMTG, 2017). Dans ce guide, il est enfin reconnu qu'il n'y a aucune raison fonctionnelle à obliger le conducteur à relâcher périodiquement la veille en conduite, il est également reconnu que, quand « *l'attention du conducteur est fortement sollicitée (...) [cela] peut entraîner une surcharge cognitive conduisant à l'oubli d'activation du dispositif de veille. Ces freinages d'urgence conduisent à un certain nombre de chutes de voyageurs* » (STRMTG, 2017). Néanmoins, malgré ce constat d'une dangerosité d'un dispositif sans utilité fonctionnelle, l'administration continue à autoriser ce dispositif de vacma non seulement pour les matériels existants mais également pour les matériels à venir.

La lutte pour la transformation de ce dispositif doit toujours s'ancrer au niveau local. Dans trois réseaux, les systèmes de veille sont en train d'être modifiés conformément à la revendication, portée par les syndicats locaux et la FNST-TUV, et l'obligation de relâchement périodique de la veille pendant la conduite est supprimée.

Dans l'un, à Montpellier, c'est l'accident mortel du voyageur qui a obligé le processus de transformation ; dans l'autre, à Clermont-Ferrand, c'est la propagation des maladies professionnelles (de 2009 à 2012, on est passé en effet d'une maladie professionnelle reconnue à huit sur un effectif de cent vingt conducteurs). Enfin, dans le troisième réseau, Saint-Étienne, c'est la mise en cause d'un système inefficace, une pédale de veille qui peut être mise en position conduite sans effort, qui amène ce réseau à modifier également son dispositif de veille avec l'arrivée de nouvelles rames. On constate, malgré les discours sur la prévention des risques, qu'il faut quand même toujours attendre une catastrophe pour produire de la sécurité.

Même si ces transformations restent, pour l'instant, à un niveau local, la seule existence de ces nouveaux dispositifs de veille suffit à démontrer qu'une transformation est possible tant au niveau technique que réglementaire. Cette position est également confortée par la publication du guide du STRMTG sur lequel, dorénavant, les syndicalistes pourront s'appuyer.

Le texte de 2011, dont l'appropriation par le mouvement syndical lui a donné une dimension performative, a contribué à enclencher un processus qui, en retour, a également permis d'approfondir certaines connaissances sur les dispositifs de veille et leur modalité de fonctionnement.

Ainsi les pédales de veille automatique à appui continu, que l'on considérait en 2011, naïfs que nous étions, comme un dispositif pertinent pour assurer la sécurité en cas de défaillance du conducteur puisqu'il était validé par le STRMTG, sont apparues, au cours d'une expertise réalisée en 2013 (Elwert *et al.*, 2013), en réalité, par construction, n'avoir aucun rôle dans la sécurité. En effet, ce dispositif peut être mis en position conduite sans effort. Le seul poids mort de la jambe permet de le mettre en position conduite. Dès lors, en cas de défaillance du conducteur, la pédale conserve sa position conduite et le tramway peut poursuivre sa route !

La poursuite des études nous a également permis d'approfondir l'analyse des modalités d'action sur la veille dans le réseau étudié par l'INRS. On a ainsi pu à la fois confirmer les études précédentes et mieux comprendre les logiques d'action sur la veille. On a également pu prendre connaissances d'études réalisées dans d'autres réseaux qui viennent conforter nos premières analyses.

Nous avons intégré ces apports dans cet article.

## **De la reconnaissance d'une maladie professionnelle à la mise en place d'une étude**

Le tramway de Clermont-Ferrand est à la fois innovant parce qu'il est sur pneus mais il renoue également avec la tradition des tramways en ayant des pédales d'accélérateur et de freinage plutôt qu'un manipulateur traction/freinage comme sur la plupart des tramways modernes. Pour cette raison, lorsqu'en 2009, après à peine deux ans de fonctionnement d'un nouveau tramway, la CRAM reconnaît la maladie professionnelle d'un conducteur, au titre du tableau 57 (syndrome du canal carpien), en lien direct avec le poste de conduite, le système d'Homme Mort, dispositif de sécurité en charge d'arrêter le tramway en cas de « défaillance du conducteur » est immédiatement identifié comme un facteur déclenchant majeur puisqu'il est la commande manuelle la plus actionnée. Cette maladie professionnelle est le point de départ d'un processus d'alerte de la part de la CARSAT qui demande alors à la direction du réseau de transport de prendre des mesures pour prévenir ces atteintes à la santé.

C'est dans ce cadre qu'est conduite, en 2010, une intervention de l'INRS et du cabinet Idénéa pour l'identification des risques de TMS chez les conducteurs de tramway. Elle s'inscrit dans la suite d'une expertise, menée par le LATTS, sur ce réseau, qui avait permis d'analyser ce risque de TMS en lien avec la conception du poste de conduite (Doniol-Shaw *et al.*, 2009). La reconnaissance de la maladie professionnelle, survenue en même temps que la remise du rapport d'expertise, a rendu plus difficilement contestable ses conclusions. Cette situation a permis que l'intervention de 2010 n'ait pas pour enjeu de redémontrer ce lien mais d'affiner l'analyse en mettant, en particulier, l'accent sur les dimensions cognitives et psychiques dans la survenue des TMS.

La définition de cette intervention a donné lieu à un affrontement fort entre le CHSCT et la direction. Cette dernière soutient la proposition faite par le cabinet d'ergonome, choisi par l'autorité organisatrice, qui préconise de former les conducteurs au système de veille pour qu'ils allongent le temps de maintien afin de diminuer sensiblement la fréquence d'appui. En effet, il est constaté que la plupart des conducteurs ont des temps d'appui courts, de l'ordre de deux secondes. L'idée de ce cabinet est d'« identifier "les bonnes routines et les mauvaises" » et de former les conducteurs pour qu'ils apprennent à maintenir l'appui le plus longtemps possible pour se rapprocher des douze secondes permises par le système afin de minorer le risque de TMS.

Le CHSCT est sur une position opposée et refuse cette option qui veut former pour adapter les conducteurs à un dispositif irrationnel. L'enjeu pour les délégués CHSCT est la mise en cause du dispositif lui-même. Ils ne veulent pas s'en accommoder. À rebours de cette option proposée, un des axes centraux de l'intervention conjointe des organismes finalement retenus, Idénéa et l'INRS, est de comprendre ce qui empêche les conducteurs d'agir pour préserver leur santé et qui les pousse à augmenter la fréquence d'appui, car l'hypothèse qui est faite est que les conducteurs n'ignorent pas le coût pour leur santé de cette manière de veiller (Cru, 2014). En effet, ils sont nombreux à percevoir de façon sensible le coût physique de cette manière d'agir car nombre de conducteurs se plaignent de douleurs aux membres supérieurs. La compréhension des ressorts de cette stratégie d'appui (Dejours, 1993), apparaît d'autant plus importante que nombre de conducteurs, suite aux différentes expertises et interventions du CHSCT, savent que le dispositif de veille est, du point de vue de la temporisation, irrationnel. Comment alors font-ils pour intégrer cette irrationalité dans leurs pratiques de conduite, comment font-ils pour résorber cette dissonance cognitive (Festinger, 1957), quelles théories sur leur conduite sont-ils amenés à produire pour faire avec cette irrationalité de leur travail ?

Nous nous attachons à éclairer ce processus de rationalisation à partir des éléments recueillis lors de l'expérience d'une conduite sans veille faite par les conducteurs. Nous avons en effet travaillé avec un groupe de onze conducteurs (hommes/femmes, de petites et grandes tailles et de corpulences différentes) à la fois sur le terrain, par accompagnement en cabine, et en réunions, pour construire nos observations puis valider les résultats. Nous avons observé le travail de conduite lors d'un trajet d'une heure trente (aller- retour) dans les conditions normales de conduite. Puis, les mêmes conducteurs, sur le même trajet, ont conduit sans avoir l'obligation d'actionner la veille.

Nous avons enregistré des séquences vidéo, au cours de ces deux types de trajets, ainsi que les verbatim des conducteurs.

## **L'« Homme mort », les tms et le tramway sur pneu**

L'étude a de nouveau confirmé l'émergence de TMS.

Parmi les onze conducteurs du groupe-test, seuls deux déclarent ne pas souffrir des membres supérieurs en lien avec la conduite du tram, ce qui ne les empêche pas d'être critiques sur le système de veille et la conception du poste de conduite en général.

Les neuf conducteurs qui déclarent des douleurs signalent des tiraillements, des élancements, des crampes ou des fourmillements ou encore une perte de sensibilité des extrémités des doigts. Tous souffrent, à des degrés divers, des mains, en association avec des douleurs des doigts et/ou des avant-bras. Les douleurs sont mises en lien avec le maintien de la posture et les actions des doigts pour veiller ou gonguer. Les douleurs dans les paumes des mains sont associées à la préhension de la tablette de commande, particulièrement pour actionner la veille mais également pour le gong. Deux conducteurs, dont l'un a moins de 30 ans et l'autre près de 40 ans, ont des douleurs installées durablement, c'est-à-dire qu'elles ne disparaissent pas lors des périodes de repos, de conduite du bus et même de vacances.

La dimension pathologique de la conduite de ce tramway résulte de la rencontre entre une conception désastreuse du poste de conduite et une implantation dogmatique d'un système de veille.

## **Le poste de conduite**

Le poste de conduite pâtit d'une grave erreur de conception, ses dimensions correspondant à des conducteurs dont la taille est approximativement comprise entre 1,62m et 1,74m (tailles moyennes respectives des hommes et des femmes). Les conséquences sont particulièrement importantes du fait d'une conception par ailleurs innovante du poste de conduite par rapport à un tramway classique. La traction et le freinage sont assurés par des pédales, comme dans un bus, et les commandes (boutons de veille, d'ouverture et de fermeture des portes, de gong et de klaxon, d'essuie-glaces, de désembuage, de commande d'aiguillage...) sont rassemblées sur une tablette devant le conducteur, s'interposant entre lui et le « tableau de bord » avec les informations de conduite et les écrans de rétrovision. C'est le seul tramway où les commandes sont ainsi centralisées.

La conception usuelle laisse en effet, en tout ou partie, l'espace libre devant le conducteur, avec une répartition des commandes à gauche et à droite et une vision dégagée sur les écrans d'information.

Le poste de conduite de ce tramway apparaît conçu autour de « points durs » — principalement les pédales, les boutons de veille, la tablette de commande et les écrans au niveau du tableau de bord — qui contraignent fortement les possibilités de réglage des conducteurs autour de compromis (de moins en moins satisfaisants au fur et à mesure que l'on s'éloigne d'une taille moyenne) entre des postures contradictoires. La difficulté à réaliser ces compromis tend alors à « verrouiller » les positions, dès lors qu'un réglage « satisfaisant » l'ensemble des contraintes et répondant aux exigences de la conduite est trouvé. Les conducteurs peuvent ainsi ne pas modifier leur posture pendant tout le trajet entre deux stations, soit deux à trois minutes, et parfois même la maintenir encore au cours des arrêts, lorsque la pression temporelle pour le respect de l'horaire se fait sentir.

Ce verrouillage des postures représente un des facteurs importants susceptibles de provoquer des TMS. En effet, les risques de TMS sont aussi élevés dans le cas d'un travail statique que dans le cas d'un travail exigeant une fréquence élevée de mouvements.

## **La VACMA et la tablette de commande**

Les dispositifs de veille sont des outils dont la fonction est de diagnostiquer des défaillances de type assoupissement, malaise, évanouissement ou mort. Ces défaillances se traduisent fatalement par un relâchement musculaire. La fonction d'une veille se limite à ce contrôle d'une présence consciente du conducteur. L'obligation de relâcher périodiquement la veille n'a donc pas pour fonction de diagnostiquer une défaillance mais d'exercer un contrôle sur la manière dont la veille est maintenue. Il s'agit de s'assurer que la veille n'est pas maintenue par un artefact, qu'elle n'est pas fraudée. Le nom de Vacma, veille automatique à contrôle de maintien d'appui, explicite cette fonction du relâchement.

Du point de vue du contrôle de la fraude, une temporisation maximum de 12 secondes pour le maintien n'a pas de sens. Un contrôle à chaque arrêt en station est largement suffisant pour remplir cette fonction d'autant plus qu'un agent de maîtrise peut monter en cabine en cours de route. Pourtant, c'est ce dispositif temporisé à 12 s pour l'appui et 2 s pour le relâchement qui est choisi. Au-delà de ces temps, une alarme retentit et, si le conducteur n'actionne pas la veille dans les 2 secondes qui suivent, le freinage d'urgence est déclenché. Nous avons montré, dans des travaux antérieurs, que le choix, dominant aujourd'hui, d'installer une Vacma sur les tramways constituait une contrainte, non justifiée, pour la conduite (Foot & Doniol-Shaw, 2008)

## **LA SITUATION AVEC VACMA**

### *Les principales commandes actionnées sur la tablette : veille, gong, portes*

La conduite d'un tramway repose avant tout sur une intense activité de prise et de traitement d'informations dans un environnement dynamique (Hoc, 1996). Au cours des trajets inter-stations ces informations concernent les circulations des véhicules et des piétons, l'état des signalisations, les vitesses limites à respecter... Il s'agit en particulier d'anticiper au maximum sur le comportement des véhicules et des piétons pour réguler l'allure et être prêt à avertir (gong) et/ou à freiner en cas de danger, ces actions, et surtout le freinage, étant les seules possibles puisque, par conception, un tramway ne peut dévier de sa trajectoire pour éviter un obstacle.

Dans ces conditions, les types d'actions à réaliser en plus de la régulation d'allure (accélération et freinage) sont peu nombreux, ce qui n'empêche pas que certaines actions soient particulièrement sollicitantes.

En circulation, les actions dominantes, hors action de traction et de freinage, sont l'avertissement sonore (gong) et l'activation de la veille. L'astreinte est très élevée en circulation car l'activation répétée de la veille doit impérativement être effectuée tout au long du trajet entre deux stations et les actions sur le gong doivent être exécutées sans délai, que ce soit dans le cadre réglementaire ou en cas de danger pressenti, pour être assuré de leur efficacité. Tous les conducteurs se tiennent ainsi « prêts à gonguer ». Ils gonguent entre soixante et cent de fois sur un trajet de cinquante minutes

En station, en lien avec la surveillance des flux de passagers et de l'environnement, les actions à réaliser concernent l'ouverture des portes, dès l'arrêt, et la fermeture des portes, le tramway ne pouvant démarrer que si cette fermeture est complète. La gestion des portes est déterminante pour la régularité du tramway, les conducteurs s'efforçant de réduire ce temps d'arrêt pour éviter de prendre du retard sur l'horaire et maintenir l'écart temporel prévu entre deux rames.

### *Veille, contraintes biomécaniques et TMS*

La veille est l'action essentielle effectuée avec les membres supérieurs au cours du déplacement du tramway. Sur ce tramway deux boutons situés symétriquement sur la tablette de commande permettent d'actionner la veille, avec la main droite ou la main gauche.

Bien que les deux boutons permettent d'activer la veille avec chacune des mains, les conducteurs l'actionnent majoritairement avec la main droite, sauf l'un d'entre eux qui n'utilise que sa main gauche. L'usage majoritaire de la main droite tient au fait que les conducteurs sont droitiers ainsi qu'au besoin de disponibilité de la main gauche pour gonguer.

Lors de l'étude en 2010, on a pu observer que deux stratégies d'activation de la veille coexistent. L'une consiste à conserver l'appui sur le bouton, dans la limite des 12s autorisées et de relâcher brièvement, (limité à 2s). Cette stratégie d'appui prolongé est minoritaire : seuls deux conducteurs l'utilisent, dont l'un en se rapprochant de la limite des 12s d'appui tandis que l'autre ne maintient l'appui que pendant 6 à 8s, voire moins dans les passages délicats. Celui qui maintient le plus longtemps ressent des douleurs au relâchement et, par conséquent, tend à maintenir le plus longtemps possible les appuis pour diminuer la fréquence des actions. L'autre stratégie consiste à procéder à des appuis et des relâchés très brefs, le nombre d'appuis variant entre 30 et 50 par minute. Cette fréquence d'appui s'accroît encore lors de passages délicats comme les zones piétonnes ou les carrefours ou lorsque le conducteur a du retard par rapport à son planning de marche.

Ces observations ont été confirmées par l'étude menée par l'INRS avec l'enregistrement des actions de veille pour trois conducteurs (trois trajets en heure creuse et deux trajets en heure de pointe). Ces enregistrements montrent que « *la fréquence d'appui est comprise entre 30 et 46 appuis/minute* ». L'intervalle de temps entre deux appuis varie entre 1,3 s et 2,2 s cela correspond, pour un trajet de cinquante minutes à un nombre d'actions qui varie de 1 000 à 1 800 appuis (Cail *et al.*, 2011, pp. 17-21).

Ces modalités d'actionnement de la veille, et particulièrement la seconde, qui est aussi la plus fréquente, sont typiques des risques de TMS du fait de la fréquence très élevée des gestes. Malgré leur faible amplitude et intensité, ces mouvements associés à la rigidité

posturale des conducteurs constituent un facteur de déclenchement de TMS. Pourtant la majorité des conducteurs opte pour cette stratégie d'appui court.

*2015 : une nouvelle analyse des stratégies d'action sur la veille et du rôle du relâchement*

En 2015, nous avons procédé à une nouvelle analyse des modalités d'action sur la veille avec un nouveau dispositif d'enregistrement qui nous a permis d'analyser non seulement la fréquence des actions mais également, plus finement que précédemment, les temps d'appuis et de relâchement de la veille (Page, 2015). Cette étude a porté sur un panel de huit conducteurs dont les actions sur la veille ont été enregistrées sur un trajet d'un terminus à l'autre soit environ pendant une heure mais compte tenu des contraintes d'exploitation, de la sensibilité des capteurs et des stratégies d'appui des conducteurs, la totalité du parcours n'a pas tout le temps été enregistré ou analysé. Enfin, seuls six enregistrements se sont révélés exploitables car le réglage du capteur gauche n'a pas permis d'interpréter valablement les résultats des conducteurs qui utilisaient l'actionneur gauche seul. Pour ceux qui utilisaient l'actionneur de veille droit, nous avons éliminés les données qui pouvaient résulter d'un artefact dû au dispositif d'enregistrement.

Le tableau ci-dessous synthétise les données

Conducteur	Commande de veille	Durée d'enregistrement	Fréquence actions de veille	Durée moyenne d'appui	Durée moyenne de relâchement	Stratégie de veille
1	Droite	12' (25%)	47/mn	0,5 s	0,7 s	Symétrique
2	Droite	40' (63%)	35/mn	0,1 s	1,5 s	Relâchement
3	Droite	38' (76%)	19/mn	2,6 s	0,8 s	Appui
4	Droite	18' (70%)	68/mn	0,4 s	0,4 s	Symétrique
5	Droite	10' (50%)	39/mn	0,05 s	1,4 s	Relâchement
6	Droite	10' (43%)	33/mn	1,3 s	0,6 s	Appui

Nous avons distingué trois stratégies de veille :

- La « stratégie symétrique » tend à équilibrer les temps d'appui et les temps de relâchement (conducteurs 1 et 4). C'est la stratégie qui a la plus forte fréquence d'action, entre 47 et 68 appuis par minute.
- La « stratégie du relâchement » privilégie le temps de relâchement sur le temps d'appui (conducteurs 2 et 5). On constate que le temps de relâchement dépasse la seconde sans toutefois atteindre les deux secondes. La fréquence est proche de quarante actions par minute (35 et 39). Dans cette stratégie, on constate une inversion complète de la logique fonctionnelle de la veille. L'action d'appuyer, qui normalement est l'action qui détermine l'état de conscience du conducteur, occupe une fraction minime du temps d'action sur la veille, moins de 5% du temps total, tandis que le temps consacré au relâchement, signe normalement de la défaillance, occupe plus de 95% du temps.



- La « stratégie de l'appui » privilégie l'appui mais on constate que les temps d'appui ne dépassent guère la limite des 2,5 secondes (conducteurs 3 et 6). Avec cette stratégie, la fréquence peut diminuer car la limite des 2,5 secondes peut être atteinte voire dépassée. Elle varie entre 19 et 33 actions par minute.

Il est remarquable que, quelle que soit la stratégie adoptée, le temps de 2,5 secondes, temporisation permise pour le relâchement sans déclenchement de l'alarme sonore, constitue une véritable barrière dans la manière dont les conducteurs tentent d'automatiser leur manière de veiller. Point remarquable, que ceux qui adoptent une stratégie basée sur l'appui respectent également cette limite alors qu'ils pourraient s'en affranchir.

Si comprendre les logiques qui conduisent les conducteurs à adopter telle stratégie plutôt qu'une autre est évidemment complexe, on peut toutefois avancer l'hypothèse que cette régulation est faite par le corps lui-même sous forme réflexe sur la base des perceptions proprioceptives. En effet, souvent les conducteurs n'ont pas conscience de leur stratégie et sont surpris quand on leur montre les résultats des enregistrements.

Si le choix d'une stratégie est clairement lié à une perception de son corps, au fait, par exemple, que l'on éprouve de la gêne voire des douleurs à l'appui ou que l'on est plus à l'aise au relâchement, cette limite des 2,5 secondes, qui est commune aux trois stratégies, ne dépend donc pas d'une régulation somatique. Cette limite n'est pas non plus liée au type de tramway car on la retrouve dans d'autres études portant, en particulier, sur des tramways Citadis produits par Alstom.

#### *La fréquence des actions de veille n'est pas spécifique à Clermont-Ferrand et son tramway*

Ce cadencement des modalités de veille autour de ce temps de 2,5 secondes n'est donc pas spécifique au tramway de Clermont-Ferrand. On retrouve cette même temporisation dans une autre étude faite sur le tramway de Valenciennes qui est un Citadis produit par Alstom équipé d'un manipulateur traction situé à main gauche. La commande de veille est sensitive et située sur ce manipulateur. En général, l'action de veiller se fait avec le pouce.

Conducteur	Zone considérée comme monotone			Zone considérée comme hyperstimulante		
	Temps de conduite	Nombre d'appui veille	Fréquence action de veille	Temps de conduite	Appui veille	Fréquence action de veille
<b>C1</b>	6'7"	503	82,2 /mn	8'33"	278	32,5 /mn
<b>C2</b>	6'5"	393	64,6 /mn	5'56"	175	29,5 /mn
<b>C3</b>	5'38"	218	38,7 /mn	7'26"	107	14,4 /mn
<b>Total</b>	17'50"	1114	62,5 /mn	21'55"	560	25,5 /mn

[Source : (Mouchel et al., 2012)]

Cette étude, à laquelle participe un responsable des Facteurs Humains d'Alstom, porte sur trois conducteurs et s'inscrit dans une perspective de mise en évidence d'un lien entre les actions de veille et l'environnement. Deux zones sont distinguées, l'une considérée par les conducteurs comme « monotone », l'autre comme hyper-stimulante, et l'étude observe les modalités d'action sur la veille en fonction des zones

On constate donc que, en moyenne, en zone périphérique, le temps entre deux appuis est inférieur à la seconde soit plus de 60 actions par minute. En zone urbaine centrale, le temps entre deux appuis est inférieur à 2,5 secondes soit plus de 25 actions par minute. Seul le conducteur C3 en zone considérée comme hyperstimulante passe la limite des 2 secondes pour dépasser les 4 secondes. Un des chercheurs interrogé nous a indiqué, pour expliquer cet écart, que ce conducteur ressentait une gêne en veillant.

Si l'écart des fréquences d'action entre zone hyperstimulante et zone monotone est sensible, il n'en reste pas moins que, hormis le conducteur C3 en zone hyperstimulante, tous les conducteurs restent largement en deçà des 2,5 secondes puisque le temps entre deux actions de veille varie de 0,7 secondes à 2 secondes. Si, nous ne constatons pas le même écart de fréquence des actions de veille en fonction du type de zone à Clermont-Ferrand, que ce soit dans le cadre de l'étude de l'INRS ou dans la notre, par contre, les résultats en termes de fréquence convergent complètement.

D'autres études, moins outillées, donnent les mêmes indications tant au niveau des fréquences que des temporisations adoptées par les conducteurs. À Dijon, les fréquences constatées varient entre 30 et 60 appuis par minute temporelle (Jouanno & Royer, 2014). À Bordeaux, sur les deux observations faites sur une courte durée, la fréquence est de l'ordre de 24 appuis par minute et le temps entre deux appuis de 2,5 secondes (Brodbeck *et al.*, 2013).

## **L'activation de la veille : automatisation partielle et coût cognitif**

L'hypothèse avancée par l'INRS est que cette limite temporelle des 2,5 secondes, temporisation maximale pour le relâchement, dans laquelle les conducteurs gèrent leurs actions de veille permet aux conducteurs d'automatiser cette action. En effet, avec cette fréquence d'action, quelle que soit la stratégie de veille adoptée, les conducteurs n'ont pas à craindre d'être perturbés dans leur conduite par l'irruption d'une alarme sonore ou, pire, par un freinage d'urgence alors que leur attention serait focalisée sur la conduite et le contrôle de leur environnement. L'apprentissage de la conduite d'un tramway, d'une certaine manière, pourrait se lire dans la capacité des conducteurs à mettre « *en place un programme moteur adapté à la situation de veille* », programme qui suppose une fréquence d'appui très élevée, bien supérieure à ce que le temps maximum d'appui de 12 secondes autorise (Cail *et al.*, 2011).

De manière paradoxale, l'ergonome qui prônait une formation pour l'allongement des temps d'appui était aussi celui qui avait suivi ce processus d'intégration des actions de veille dans la conduite au cours de la formation initiale, avant l'ouverture de la ligne de tramway à Clermont-Ferrand. Il constatait à la fois que « *ces actions sont devenues des routines sensori-motrices* » dont les conducteurs n'ont plus véritablement conscience et que, malgré tout, en cas d'atteinte « *de la limite de leur capacité attentionnelle* », l'automatisme de l'action cessait et les conducteurs avaient tendance à oublier la veille (Dessaigue, 2006).

Ce conflit attentionnel entre la veille et la conduite a de nouveau été mis en évidence par ce même ergonome dans le cadre d'une étude plus large où 86 conducteurs ont été observés dans sept réseaux dotés de huit types de tramways. Sept d'entre eux sont équipés de manipulateurs traction/freinage de forme et de mouvement (linéaire ou rotatif) différents. Enfin, sur deux réseaux, la veille manuelle était doublée par une veille au pied. Bien qu'il constate qu'en « *cas de surcharge d'activité* », « *l'homme ne peut plus tenir sa cadence réflexe et abandonne sa veille* » (Dessaigne, 2009), cette question du conflit cognitif entre la conduite et la veille n'est pas posée. Au contraire, la proposition d'augmenter les temps d'appui va à l'encontre de la stratégie mise en place par les conducteurs pour automatiser la veille, pour diminuer l'attention portée à la veille afin de se concentrer sur l'environnement de conduite.

On a pu vérifier lors de cette étude, la difficulté qu'il y avait à prolonger les temps d'appui. Ainsi, le conducteur qui maintient l'appui proche de 12 secondes modifie son mode opératoire à l'approche d'un carrefour en effectuant un relâché bref avant le franchissement, de façon à être assuré de pouvoir maintenir l'appui sur la veille pendant toute la traversée du carrefour, c'est-à-dire aussi de ne pas être « *préoccupé* » par cette action lors de ce passage complexe. Cette stratégie est cognitivement coûteuse car, lors de nos observations, ce conducteur a déclenché deux fois l'arrêt d'urgence par défaut d'action sur la veille. Nos échanges ont été un surplus d'activité cognitive que les exigences de la conduite et l'action sur la veille ne permettaient plus d'assurer. Le maintien prolongé de l'appui est, de ce point de vue, une stratégie plus coûteuse sur le plan cognitif que l'alternance rapide d'appuis et de relâchements.

Si la répétition d'appuis brefs semble plus favorable à une forme d'automatisation de l'action sur la veille, cette stratégie peut cependant également être mise en échec. Trois conducteurs ont rapporté avoir déclenché un freinage d'urgence par défaut d'activation de la veille, ce qui peut engager la sécurité parce que l'arrêt est brutal. Le risque principal est celui d'une chute de voyageurs dans la rame. Un tel incident est arrivé à ce conducteur, concentré à l'approche d'un carrefour avec des piétons : « *De gonguer, klaxonner, faire attention aux piétons, on oublie la veille. Elle sonne et paf, vous vous retrouvez arrêté dans le carrefour* ». Il ne serait donc pas possible en toutes circonstances, non pas d'être attentif à la conduite mais de l'être tout en actionnant la veille. Il y a donc concurrence entre la tâche de veille et celle de conduite dès lors que les besoins d'attention pour la conduite deviennent trop importants.

La difficulté à intégrer l'action de veiller en tant qu'action réflexe, c'est-à-dire à l'automatiser, comme cela devrait être le cas, fait de l'activité de veille une activité distractive comme le rappelle Bailly :

« *Selon Streff & Spradlin (2000), en situation de conduite, la distraction peut être définie comme le déplacement de l'attention loin des stimuli critiques pour la conduite vers des stimuli qui ne sont pas liés à la conduite. Ainsi, toute activité qui éloigne l'attention du conducteur loin de la tâche de la conduite peut être caractérisée de distractive (Ranney, Mazzae, Garrott, & Goodman, 2000). En d'autres termes, une tâche est distractive lorsqu'elle s'ajoute à l'activité principale de conduite et qu'elle lui subtilise des ressources cognitives* » La baisse du niveau de performance qui peut en découler « *a habituellement été expliquée en termes de limitations de capacités (Kahneman, 1973) ou d'incompatibilité des modes de réponses exigés par les tâches (Wickens, 1984)* » (Bailly, 2004, p. 70;73).

## **L'expérience d'une conduite sans vacma**

L'expérimentation de la conduite « sans veille » a conforté et enrichi l'hypothèse posée à partir des entretiens et des observations réalisées en conduite normale « avec veille » à savoir que la veille a un coût cognitif non négligeable.

Sans veille : « *On n'est pas constamment à se dire : faut que j'appuie avant que 3 secondes soient passées, faut que...* » ; « *Quelque part, le subconscient nous dit : il faut veiller, il faut veiller...* » ; « *Il y a plus de rotations de la tête, il y a moins à penser pour le cerveau, à ne pas oublier la veille, donc ça libère après ... On prend du recul, on analyse plus.* » ; « *On est plus zen* », « *plus disponible* » ; « *On voit tout* » ;

« *Là au moins, je peux me concentrer sur mon panorama. J'ai juste à penser à ce que j'ai à faire : mon arrêt en station, regarder ce qui est autour...* ».

C'est grâce à l'absence de veille que l'on peut mieux mesurer ses effets dans la conduite courante. Sans cette veille, la conduite est ressentie comme plus sûre. Tous les conducteurs font état d'une amélioration de la perception de l'environnement.

Cette satisfaction exprimée juste après l'essai de conduite sans veille, n'empêche pas l'expression, par un conducteur, de réserves sur le fait même de supprimer l'activation manuelle de la veille et, par cinq conducteurs, de réserves sur l'incidence de cette amélioration sur leur conduite. L'analyse de ces réserves permet alors d'éclairer la place qu'occupe la veille chez les conducteurs et de mieux comprendre ce qui leur fait supporter cette veille pathogène.

Certains conducteurs considèrent la veille comme un élément structurant de la conduite. L'essai sans veille fait ainsi dire à un conducteur : « *Là, je crispe, c'est devenue une drogue la veille. Sans veille, je suis perdu !* » La veille peut même être plus importante que la conduite, comme pour ce conducteur : « *Quand la veille sonne, ça ne déconcentre pas, ça peut perturber, mais...* » Il ajoute : « *Si vous avez été déconcentré par un piéton, une voiture à un carrefour et que vous avez oublié de veiller...* ». C'est le piéton qui déconcentre de l'action de veille... L'alarme, quant à elle, non seulement ne déconcentre pas, mais est vécue comme le signe d'une défaillance dans le travail : « *Si je loupe, c'est parce que, pour moi, j'ai le sentiment d'avoir été moins attentif* ».

Même si beaucoup de conducteurs souffrent physiquement de l'activation de la veille, certains expriment l'idée qu'elle n'est pas un problème pour la conduite. Après l'essai sans veille, un conducteur dira : « *C'est une contrainte sans être une contrainte, parce qu'une fois qu'on a pris le tic, on le fait inconsciemment* » La formule est remarquable, car le tic est par définition quelque chose dont la logique reste inintelligible et dont on voudrait se libérer.

Et si l'absence de veille a des effets bénéfiques sur la disponibilité à la conduite, qui, dans ces conditions, « *serait de 120%* », cet autre conducteur se sent obligé de préciser « *c'est bien pour dire qu'à la base (avec la veille), j'étais à 100%* ». Cette manière de s'exprimer indique bien qu'il est très difficile pour un professionnel de dire qu'un geste qui fait partie du métier met en cause son professionnalisme.

Toutefois, le rapport des conducteurs à cette veille ne peut pas être compris sans renvoyer à la conduite quotidienne. Ce quotidien amène les conducteurs à vivre des situations qui leur montrent leurs limites à maîtriser un véhicule de 40 tonnes, face à des êtres vulnérables. C'est ce qu'ont exprimé ces conducteurs, lors de la chute d'une cycliste à un carrefour : « *Elle serait sous le tram, je ne sais pas ce que j'aurais pu faire* », lors d'une priorité non respectée par un automobiliste : « *Je ne sais pas ce que j'aurais pu faire* » ou encore : « *Je n'y peux rien... 40 tonnes contre un morceau de viande, y a pas à discuter.* »

*Mais c'est vrai, ce n'est pas péjoratif !* » Le sentiment de ne pas être maître des situations est également présent dans la perception de la foule dans la zone piétonne du centre-ville, qualifiée de « tsunami ». On ne lutte pas contre un tsunami, on ne peut que s'en protéger.

Pour se protéger, on peut s'abriter derrière le règlement : « *J'ai ma conscience, j'ai respecté la procédure. Il faut gonguer car, en cas d'enquête, j'ai fait mon boulot, j'ai prévenu* ». Mais, la veille elle-même, dans sa fonction « distractive » peut aussi fonctionner comme mise à distance du danger. Ainsi, un conducteur, durant l'essai sans veille, a exprimé la sensation d'avoir « *l'impression que les gens vont se jeter sur moi* ». Notre interprétation est que, pour ce conducteur, le seul du groupe-test à avoir été très déstabilisé par l'expérimentation de la conduite sans veille, la disponibilité induite par l'absence d'action sur la veille modifiait radicalement sa perception de l'environnement, en produisant une conscience « rapprochée » de la situation environnante ressentie, dans ce cas, comme anxiogène. Tout en fonctionnant, sur le plan cognitif, comme une activité distractive, la veille pourrait aussi fonctionner comme une « distraction subjective ». Son activation réduisant la perception de l'environnement permettrait en effet de mettre à distance la situation et ses sources d'anxiété.

La force de cette crainte de l'accident et le sentiment du peu de maîtrise de certaines situations, si elle s'exprime de façon extrême par une « stratégie » de diminution des capacités de perception, se manifeste également sous d'autres formes,

Certains conducteurs ne peuvent pas s'empêcher de se crisper sur la tablette : « *Ça doit être devenu inconscient, mais je dois pas mal focaliser sur la pression de la tablette. Sûr, je focalise...* ».

La crainte de l'accident se manifeste également, dans les situations délicates, par une accélération de l'appui sur les boutons de veille. En dehors de nos observations, plusieurs conducteurs avaient pu le remarquer : « *Si on fait un arrêt un peu chaud, je sais que je vais faire clac-clac, je vais veiller 2-3 fois rapidement pour rattraper alors qu'il n'y a pas besoin* » ; « *Sur les rares accidents que j'ai eu, quand je fais un freinage d'urgence, quand je pile, je veille... En fait, ça ne sert à rien. Au contraire, si je ne veille pas, elle va s'arrêter la rame* »

Les conducteurs font ainsi état de l'aspect irrationnel de leurs rapports à cette veille. Alors qu'ils pensent devoir s'arrêter en urgence, ils poursuivent pourtant l'action sur la veille (comme un « tic », « *inconsciemment on se dit il faut veiller* »). La veille est à la fois une source de tension et un moyen de déjouer la tension liée à la peur de l'accident.

L'expérimentation de la conduite sans activation manuelle de la veille a permis de percevoir la difficulté qu'il y a à intégrer les actions de veille dans la conduite. La concurrence de ces actions avec la conduite joue sur l'attention du conducteur. Veiller absorbe des ressources de conduite.

Pour que cet empiétement de la veille sur la conduite devienne légitime, tout se passe comme si la veille avait dû prendre le dessus sur la conduite au point de pouvoir la représenter, la symboliser. Cela se manifeste dans le fait, par exemple, qu'être pris en défaut sur la veille tend à devenir équivalent à être pris en défaut sur la conduite ou qu'un piéton peut distraire de la conduite.

Ce processus d'incorporation de la veille dans la conduite entretient une relation étroite avec le danger, non d'un malaise du conducteur, cette dimension tend à être complètement occultée, mais de l'accident. À l'extrême, la veille est une ressource pour

moins voir le danger. Plus ordinairement, la veille focalise le danger. C'est sur elle que certains conducteurs s'activent en cas d'incident ou de risque.

Du point de vue de la subjectivité de la conduite, la fonction de la veille a donc été totalement subvertie.

L'expérimentation d'une conduite sans activation manuelle de la veille a rendu visible cette concurrence cognitive entre deux actions sans relation fonctionnelle. Mais, pour les conducteurs, accepter explicitement le coût cognitif de la veille, ce serait accepter qu'elle perturbe la conduite, ce qui renforcerait le sentiment de ne pas maîtriser, « à 100% », la conduite de ce véhicule pour lequel l'anticipation, basée sur le prélèvement des informations sur l'environnement et leur traitement, est la stratégie principale. La difficulté courante de parler de cette peur dans les collectifs de conducteurs comprend ici celle de parler des véritables effets de cette veille sur la conduite (les effets sur le physique semblent plus facilement exprimables). Quelques éléments du système collectif de défense (Dejours, 1993) apparaissent que ce soit sous la forme d'une euphémisation des effets du dispositif de veille sur la conduite ou, plus radicalement, d'un déplacement de la définition même de ce que conduire veut dire, une conduite subsumée dans la veille en quelque sorte.

La limite de ce système de défense c'est qu'il ne réduit pas la tension ressentie et n'empêche pas les gestes irrationnels, tout comme il ne préserve pas des TMS. Cette dimension psychique (Molinier, 2008) s'ajoute aux dimensions biomécanique et cognitive d'explication de survenue des TMS.

## Conclusion

La réalité des risques de TMS liés à la conception du poste de conduite et du système de veille a été confirmée par cette étude. Nous avons mis en évidence que les facteurs de risque étaient à la fois biomécaniques, par la conjugaison de la rigidité posturale et de l'importance de la répétitivité des gestes, et cognitifs, en raison des exigences propres à l'action sur la veille, qui amputent la disponibilité mentale des conducteurs pour la conduite et qui sont une source de tension. L'expérimentation de la conduite sans la veille a également mis en évidence la fonction distractive de la veille, les conducteurs ayant souligné, pour la plupart, l'amélioration de la situation. Ce constat ne s'est toutefois pas étendu à la critique de la qualité du travail de conduite du fait de l'activité de veille. Tous les conducteurs se sont « défendu », chacun à leur façon, de penser que les exigences de la veille pouvaient atteindre la qualité de leur travail et, par voie de conséquence, la sécurité de la conduite. En l'absence de changement immédiat de la situation, la conduite sans veille n'étant qu'une expérimentation ponctuelle et aucune garantie n'étant donnée quant aux transformations, cette stratégie de défense est la seule qui permette de continuer à travailler « avec la veille », en tenant à distance la peur et les risques accrus pour la sécurité induits par l'inadaptation de l'outil de travail.

Ainsi, en associant des éléments méthodologiques de l'ergonomie et de la psychodynamique du travail, nous avons évité de dissocier les risques. Nous avons pu montrer, dans cette situation, que les risques de TMS n'étaient pas indépendants du rapport subjectif qu'entretiennent les conducteurs avec leur travail de conduite et donc des risques dits « psychosociaux ».

Les constats que nous avons faits posent cependant la question de l'action. Les conducteurs ont en effet exprimé aisément leurs problèmes de santé en lien avec la conception de la situation de travail, du point de vue biomécanique. Cependant, leur difficulté à mettre

en question le travail, dont nous avons souligné le nécessaire caractère défensif, est une barrière à la transformation de la situation, dès lors que les enjeux en termes de qualité du travail et de sécurité ne peuvent pas être soutenus par les conducteurs.

Cette étude mettrait ainsi en lumière ce qui peut être un obstacle à la transformation de bien des situations à savoir l'impossibilité, pour les salariés, de mettre en cause la qualité de leur travail quels que soient les contraintes et les risques de leur situation de travail.

Ghislaine Doniol-Shaw

*Ergonome, ingénieur de recherche Cnrs  
Laboratoire Techniques, Territoires et Sociétés*

Robin Foot

*Sociologue, ingénieur de recherche Cnrs  
Laboratoire Techniques, Territoires et Sociétés - Latts, Enpc*

Pierre Franchi

*Ergonome, consultant indépendant*

## Bibliographie

- Bailly, B., 2004, *Conscience de la situation des conducteurs : Aspects fondamentaux, méthodes, et application pour la formation des conducteurs*. (Psychologie cognitive), Université Lumière Lyon 2, Lyon.
- BEA-TT, 2011, Rapport d'enquête technique sur le tamponnement de deux rames de tramway survenu le 12 mai 2010 à Montpellier (34) (pp. 70). Paris: Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre.
- Brodbeck, C., Carballada, G., Cheikh, S., Chotin, P., Clerici, C., Garrigou, A., *et al.*, 2013, Évaluation des conditions de travail des traminots favorisant l'exposition à des risques professionnels et en particulier le risque de TMS, Expertise CHSCT de Keolis Bordeaux (pp. 282). Pessac: Indigo Ergonomie.
- Cail, F., Morel, O., & Aublet-Cuvelier, A., 2011, Quantification des contraintes biomécaniques de 4 conducteurs de tramway de T2C (pp. 66): INRS.
- Cru, D., 2014, *Le Risque et la règle. Le cas du bâtiment et des travaux publics*. Toulouse: Érés.
- Dejours, C., 1993, *Travail, usure mentale. Suivie d'un addendum théorique : De la psychopathologie à la psychodynamique du travail*. Paris: Bayard.
- Dessaigne, M.-F., 2006, Expertise ergonomique portant sur la cabine de conduite du Translohr de la ville de Clermont-Ferrand et sur la veille automatique: Ergonomos/INRETS.
- Dessaigne, M.-F., 2009, Synthèse des observations sur l'ergonomie des postes de conduite des tramways des réseaux français. Étude pour le STRMTG (pp. 52): Ergonomos.
- Doniol-Shaw, G., Foot, R., & Francescon, J.-M., 2009, La conception du Translohr à l'épreuve de la conduite, retour d'expérience du réseau clermontois *Rapport d'expertise nouvelles technologies pour le CDEP Bus de la RATP* (pp. 142). Marne-la-Vallée: LATTs.

- Doniol-Shaw, G., Foot, R., & Franchi, P. (2011). Tramway et TMS : une mise en veille de la santé et de de la sécurité. In F. Jeffroy & A. Garrigou (Eds.), *L'ergonomie à la croisée des risques*. SELF 2011. Congrès International d'Ergonomie (pp. 321-326). Paris: SELF.
- Elwert, L., Florence, E., & Foot, R., 2013, Rapport d'expertise pour le CHSCT de T2C sur le projet de passage d'une vacma manuelle à une veille automatique au pied sur le Translohr (pp. 148). Nancy: 7 Ergonomie.
- Festinger, L., 1957, *A theory of cognitive dissonance*. Stanford: Stanford University Press.
- Foot, R., & Doniol-Shaw, G., 2008, Questions raised on the design of the “dead-man” device installed on trams. *Cognition, Technology & Work*, 10(1), 41-51.
- Hoc, J.-M., 1996, *Supervision et contrôle de processus, la cognition en situation dynamique*. Grenoble: Presses universitaires de Grenoble.
- Jouanno, É., & Royer, O., 2014, Étude ergonomique du poste de conduite de tramway. Divia Keolis Dijon (pp. 34). Dijon: AIST 21.
- Molinier, P., 2008, *Les enjeux psychiques au travail* Paris: Payot.
- Mouchel, M., Anceaux, F., Fourez, E., & Miglianico, D., (2012). *Lien entre stimulation environnementale et vigilance des conducteurs de tramways : une analyse ergonomique*. Communication présentée au 18ème Colloque National de Maîtrise des Risques et Sûreté de Fonctionnement, Tours.
- Page, É., 2015, *Refonte ergonomique du poste de conduite des tramways de Clermont-Ferrand*. (Mémoire de stage scientifique), École des Ponts ParisTech, Marne-la-Vallée.
- Paillard, J., 1976, Tonus, postures et mouvements. In C. Kayser (Ed.), *Physiologie. Livre deuxième: système nerveux. Muscles* (3ème ed., pp. 521-728). Paris: Flammarion.
- STRMTG, 2017, Fonction de veille des tramways. Exigences de sécurité *Guide technique* (pp. 12). Saint Martin d'Hères: Service technique des remontées mécaniques et des transports guidés.