Questions sur la conception du dispositif d'« homme mort » sur les tramways

Robin Foot • Ghislaine Doniol-Shaw, LATTS / CNRS

Version française de l'article **"**Questions raised on the design of the « dead-man » device installed **on trams", *Cognition, Technology and Work***, Volume 10, n°1, Janvier 2008, pp ;41-51**]**

Résumé *Le retour du tramway en France, depuis 20 ans, a été facteur d'innovation. Assurer l'attractivité de ce mode de transport supposait en effet d'offrir l'image d'un système résolument moderne. Dans cette réinvention d'un mode de transport, on observe qu'un dispositif de sécurité, le système de veille, «l'homme mort » en langage ferroviaire usuel, destiné à pallier les risques liés à une défaillance du conducteur, est redéfini en dehors du champ des conditions de la conduite propre au tramway. Un nouveau dispositif, calqué sur ce qui existe dans les métros les plus récents, est introduit sans que ni l'intérêt ni les conséquences, sur le travail de conduite et la sécurité du transport, de cette nouvelle veille dans les tramways ne soient interrogés. L'analyse du processus de mise en œuvre de ces dispositifs de veille permet de questionner et de repenser, pour partie, le système de réglementation et d'homologation qui a accompagné le renouveau des tramways en France.*

Mots-clés : Tramway, sécurité, design, conditions de travail, homme mort

Abstract *The reappearance of the tram in French cities over the past twenty years has stimulated innovation. Ensuring the attractiveness of this transit mode has meant conveying a distinctly modern image of the system. Inherent in the resurgence of this transit mode, a safety device, in the form of a monitoring system (the "dead man's device" in rail parlance) intended to mitigate risks related to driver blackout, has been reconfigured to operate beyond the range of actual tram driving conditions. This new device, inspired by subway systems, has been introduced without inciting any examination of either the benefits or consequences, in terms of working and safety conditions, arising from such an alternative form of monitoring.*

Keywords : tramway, safety, design, working conditions, dead-man control

Robin Foot et Ghislaine Doniol-Shaw
Latts, ENPC, 6-8 avenue Blaise Pascal,
Cité Descartes, 77455 Marne-la-Vallée Cedex2, France
e-mail : foot (at) latts.enpc.fr

Introduction

Certains objets semblent tellement faire partie d'un paysage qu'il ne vient à l'idée de personne de s'interroger sur leur place et leur forme. Leur présence est si forte qu'ils sont le paysage même. On ne les distingue plus véritablement. Pour percevoir de nouveau ces objets, il faut qu'un événement bouleverse ce paysage, le dépayse à lui-même en quelque sorte. Alors, l'objet perd son caractère naturel, intangible et peut être questionné à nouveaux frais. C'est ce procédé de "*l'estrangement des choses*", dont parle Chklovski[1], qui "*semble susceptible de constituer un antidote efficace à un risque qui nous guette tous : celui de tenir la réalité (nous compris) pour sûre*" (Ginzburg 2001). À cette condition, l'évidence peut alors être interrogée.

C'est à une situation de ce type que nous avons été confrontés avec l'invention d'un nouveau véhicule pour les transports urbains : le bus tram, le tramway sur pneu, le véhicule intermédiaire (entre le bus et le tram), entre autres appellations. Engin hybride avec des essieux orientables équipés de pneumatiques, susceptible d'être guidé par un rail central ou d'être conduit avec un volant, il est un peu comme cette chauve-souris dont parle Jean de la Fontaine qui, suivant les circonstances, est soit souris soit oiseau. Ce bus-tram ne s'est pas contenté de bousculer les frontières séparant les véhicules routiers et ferroviaires, il a aussi réinterrogé la notion même de guidage.

En effet, même si tous les bus-tram partagent la même caractéristique de dissocier le guidage du roulement, *a contrario* des « vrais » tramways où les rails servent à la fois au guidage et au roulement, tous n'ont pas adopté une même technique d'accroche à ce rail de guidage, tous n'ont pas adopté non plus une même stratégie concernant la réversibilité entre modes de conduite.

Certains ont opté pour une accroche mécanique sur un rail central (le TVR de Bombardier et le Translohr de Lohr Industrie) qui suppose d'arrêter le véhicule pour procéder au changement de

1 Cité par Ginzburg, 2001 p. 16

mode de conduite. D'autres ont choisi un type d'accroche sans frottements mécaniques (guidage optique de Siemens, contrôle magnétique d'une trajectoire programmée avec le Phileas de la société néerlandaise APTS), indûment appelé « immatériel », qui autorise, du point de vue technique, une réversibilité instantanée même si, du point de vue de la conduite, la question est plus complexe (Doniol-Shaw and Foot 2005).

Ce nouveau type de véhicule, susceptible d'être conduit sous deux modalités aussi différentes que le mode routier ou le mode guidé, n'a cependant pas été équipé de tous les systèmes de sécurité attachés, réglementairement, aux systèmes guidés. Ils ne disposent ainsi ni de chasse-corps, système de sécurité passive destiné à éviter qu'un piéton ou un cycliste, heurté par l'avant du véhicule, ne soit entraîné sous ses roues, ni de système de veille encore appelé dispositif d'homme mort. Ce système est quant à lui destiné à stopper le véhicule en cas de défaillance du conducteur qui cesserait alors d'agir sur ce système, entraînant en conséquence le déclenchement du freinage d'urgence.

L'absence de ces dispositifs de sécurité tient au fait que l'Administration, chargée du contrôle de l'application de la réglementation et de l'homologation des véhicules, a considéré que, dès lors qu'ils peuvent être conduits en mode routier, c'est ce mode qui constitue la référence et, de ce fait, le mode guidé n'est pas évalué. L'Administration fera « comme si » ces véhicules hybrides étaient tout le temps routiers et imposera la seule homologation routière. Cela entraînera l'obligation d'avoir un volant toujours actif[2], que le véhicule soit effectivement conduit comme un véhicule routier ou qu'il soit guidé par un rail même si, dans cette dernière configuration, la présence d'un volant actif met en cause la sécurité[3], sans permettre une conduite routière. C'est seulement avec le démarrage catastrophique du bus-tram de Bombardier, dans l'agglomération de Nancy en janvier 2001, marqué par une succession d'accidents, et l'arrêt de l'exploitation, pendant une année, pour sécuriser le système, que l'administration « découvrira » le mode guidé et ses problèmes spécifiques.

La refonte de la réglementation sur la sécurité des transports ferroviaires urbains, rendue nécessaire par l'obligation de transposer, dans la loi française, des directives européennes visant à constituer un marché unique européen, est l'occasion, pour l'administration française, de revoir sa position afin de mieux gérer ces situations d'innovation où les frontières entre modes sont déstabilisées. Ce processus de refonte des textes normatifs encadrant les transports urbains aboutit à la disparition de la référence au ferroviaire, remplacé par le terme de mode guidé. Concrètement, cela se traduit par l'abrogation de fait, pour l'essentiel, du décret du 22 mars 1942 « *portant règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation des voies ferrées d'intérêt général et d'intérêt local* » et son remplacement par le décret du 9 mai 2003 « *relatif à la sécurité des transports publics guidés* ». Dorénavant, il n'y a plus de tramway associé à des voies ferrées, mais seulement des « *véhicules de transport public assujettis à suivre, de façon permanente, une trajectoire déterminée par un ou des rails matériels et empruntant l'assiette des routes* ». Dans ce processus de substitution de véhicules guidés aux tramways, ce ne sont pas seulement les termes qui sont changés mais aussi la philosophie et l'économie du contrôle.

On passe d'un principe de gestion par des normes explicites, telles l'obligation d'avoir un chasse corps ou un dispositif de veille, à celle d'une gestion par des procédures qui font obligation à ceux qui sont en charge du contrôle de s'assurer que : *« Tout nouveau système de transport public guidé, ou toute modification d'un système existant, est conçu et réalisé de telle sorte que le niveau global de sécurité à l'égard des usagers, des personnels d'exploitation et des tiers soit au moins équivalent au niveau de sécurité existant ou à celui des systèmes existants assurant des services comparables* ». C'est l'introduction du principe GAMÉ (globalement au moins équivalent), où les normes ne sont plus explicites, mais inscrites dans les objets techniques qui composent les situations prises comme référence. Il s'agit dorénavant d'évaluer globalement la performance d'un nouveau système, par comparaison avec un système antérieur pris pour norme.

La complexité de cette nouvelle procédure et les incertitudes liées aux modes d'évaluation du niveau de sécurité atteint font que Lohr Industrie préfère abandonner la bimodalité de conduite pour son véhicule, le Translohr, qui devient ainsi le premier véhicule guidé sur pneu à être comparé à un tramway classique. La situation de référence choisie pour ce « tramway sur pneu » sera en effet un tramway à roulement ferré, le Citadis d'Alstom, de conception récente et qui, comme le Translohr, dispose d'un plancher bas intégral.

C'est dans ce contexte que nous intervenons pour réaliser une expertise sur la conception du Translohr et plus spécifiquement de son poste de conduite. La demande émane du Comité d'entreprise[4]

2 Par opposition à un volant qui serait débrayé lorsque le véhicule est guidé, évitant ainsi que le conducteur ne voit le volant tourner devant lui au gré des courbes du tracé.

3 C'est en tout cas le constat que fera le service du Ministère des transports chargé d'une expertise technique sur ces véhicules, suite à une série d'accidents de déraillement.

4 Le comité d'entreprise est une instance de représentation des salariés qui a parmi ses prérogatives la possibilité de

de la société exploitant le réseau de transports urbains de la ville de Clermont-Ferrand, le Translohr ayant été choisi pour équiper sa future ligne de tramway. Cette expertise soulève rapidement la question de la conception du dispositif de veille ou d'homme-mort, sur le Translohr d'abord, mais également sur les nouvelles générations de tramways à roulement ferré (Citadis d'Alstom, Eurotram de Bombardier ou encore tram-train de Siemens) auxquels nous avons étendu notre réflexion, pour le compte du Ministère des transports, dans le cadre d'une recherche sur la sécurité.

Méthodologie

L'analyse a été conduite par étapes successives, faisant l'objet de restitutions systématiques aux acteurs impliqués :

- Analyse des données documentaires sur le Translohr fournies par le concepteur

- Analyse comparative de la conception des postes de conduite de différents tramways et de leurs évolutions depuis leur mise en service : rencontre avec les responsables des réseaux exploitants sélectionnés, entretiens avec des conducteurs et accompagnements en cabine sur tout ou partie du trajet, enregistrements photo et vidéo

- Essais sur un véhicule pilote, réalisés sur le site expérimental du constructeur du Translohr, avec des conducteurs expérimentés dans la conduite de différents tramways et de conducteurs de bus du réseau de Clermont-Ferrand, futurs conducteurs du Translohr.

- Organisation d'une journée d'études sur la sécurité des tramways et la conception du poste de conduite, rassemblant les différents acteurs du domaine : responsables de réseaux de transport, conducteurs, concepteurs, experts, représentants de l'Etat…

- Interviews des responsables des différentes instances d'évaluation et de contrôle de la sécurité des transports guidés et analyse de l'évolution de la réglementation

Un nouvel « homme mort » passé inaperçu ?

Les conditions initiales du développement du Translohr, visant son exploitation selon les deux modalités, routière (mode bus) ou guidée (mode tram), et son basculement tardif vers le mode exclusivement guidé ont influencé la conception du véhicule. Par plusieurs traits, son poste de conduite trahit cette origine hybride. Ainsi, comme dans un bus, le poste de conduite est à gauche et la commande de traction/freinage se fait à l'aide de deux pédales, alors que les tramways modernes ont un poste de conduite au centre de la cabine et une traction/freinage commandée par un manipulateur, à l'instar des trains ou des métros. On note aussi que la console de commande occupe la place du volant, face au conducteur, contrairement aux tramways où l'espace est toujours dégagé devant le conducteur.

Un système de veille est intégré dans ce poste pour le mettre en conformité avec la réglementation des transports guidés, qui reprend l'obligation en vigueur sur les tramways d'être équipés d'un "*dispositif spécial, d'un type agréé par le secrétaire d'Etat, provoquant l'arrêt du train en cas de défaillance du mécanicien*"[5]. En termes de sécurité, la veille constitue un dispositif de secours ultime ainsi que le reflète le terme d'homme mort qui lui est communément attaché. Il s'agit cependant bien, pour le Translohr, d'une exigence nouvelle par rapport à la version initiale hybride où, comme nous l'avons vu, aucun système de veille n'était réglementairement requis.

L'ajout d'un tel dispositif sur le Translohr ne pose apparemment pas de problème particulier car il fait partie du paysage ferroviaire en France depuis longtemps. L'expérience accumulée est importante, des systèmes de veille équipant les trains de la SNCF depuis 1965, les métros depuis les années 70, et les tramways depuis leur réintroduction en France en 1985.

En l'absence de remontées négatives sur les systèmes existants, le constructeur du nouveau tramway sur pneus a choisi d'adopter l'architecture fonctionnelle des dispositifs à l'œuvre sur les plus récents tramways et d'assembler des éléments ayant déjà subi avec succès des procédures d'homologation. Il choisit ainsi d'implanter un dispositif de veille activé par une commande manuelle, sous la forme de boutons poussoirs situés de part et d'autre de la console de commande, l'appui sur l'un ou l'autre de ces boutons réalisant la fonction de veille. Les boutons d'appui s'apparentent eux à des systèmes existants à la SNCF. Il associe à cette commande une temporisation empruntée à celle du Citadis d'Alstom, pris comme référence, en termes de niveau de sécurité, en application du principe GAME (globalement au moins équivalent). Cette temporisation autorise un appui d'au maximum 15 secondes (13 secondes avant le déclenchement d'un buzzer puis deux secondes avant le déclenchement d'un freinage d'urgence) ou un relâchement d'au maximum 4 secondes (2 secondes avant le déclenchement d'un buzzer puis deux secondes avant le déclenchement d'un freinage d'urgence).

demander une expertise extérieure lors de l'introduction de nouvelles technologies.

5 Article 30 du décret du décret du 22 mars 1942.

Personne ne note que l'emprunt de ces différents éléments, validés et homologués sur d'autres types de matériels roulants, et l'implantation de cet « homme mort » dans ce nouveau tramway sur pneus, constituent une innovation dans la conception de ce dispositif et plus largement dans la conception du poste de conduite. Cette innovation, qui porte sur le travail de conduite, passe inaperçue aux yeux des concepteurs du véhicule essentiellement préoccupés par les performances du système technique et la conformité aux procédures d'homologation.

Pourtant cette présence d'une veille temporisée (VACMA[6]) activée manuellement sur un tramway à commande de traction/freinage par pédalier constitue une « anomalie » dans le monde des tramways. Il existe ou a existé toutes sortes d'associations entre la commande de traction/freinage et le dispositif de veille (veille intégrée ou associée au manipulateur de traction/freinage, avec ou sans système d'activation complémentaire au pied, veille et traction/freinage par pédalier), mais jamais, sur plus de cent ans d'histoire du tramway électrique, on n'a conçu de tramway commandé par pédalier avec une veille actionnée à la main. Le plus étrange est que cette invention dont, *a priori*, on ne peut préjuger de la pertinence, se fasse quasiment par inadvertance, et par conséquent dans l'indifférence. Du moment que son fonctionnement technique est validé, il n'y a pas lieu de s'interroger sur son usage par les conducteurs. Le fonctionnement théorique de ce dispositif fait en quelque sorte écran à sa fonction effective (Sigaut 1991).

Cette transparence du travail dans la conception d'un poste de conduite souligne la manière dont les objets techniques sont pensés en référence à des objets homologués. Cette référence permet de faire l'économie d'une réflexion sur leur fonctionnalité et leur usage. La méconnaissance des fondements fonctionnels d'un objet n'est plus un problème. L'imitation devient une ressource pour reproduire des systèmes existants sans avoir à s'interroger. Le principe GAME, que la France a proposé à l'Europe pour offrir une alternative à la seule approche probabiliste de la sécurité, peut soutenir de tels processus même si, en théorie, son application suppose un réexamen du problème et de la solution proposée.

Cependant, cette absence de questionnement d'une innovation dans un dispositif de secours ultime dont on s'attendrait à ce qu'il fasse l'objet d'une attention particulière est moins étrange que cela n'y paraît, compte tenu de l'état lacunaire, en France, des connaissances sur ce système. Cette situation est le résultat d'au moins deux facteurs. En premier lieu, la France a redécouvert le tramway assez récemment (1985) et, par conséquent, ne disposait plus de dispositif de contrôle susceptible de centraliser des retours d'expérience. Il faut en effet attendre la création, en 2001, du STRMTG (service technique des remontées mécaniques et des transports guidés), pour que, sous son impulsion, commence à se constituer, en 2004, une base de données des accidents de tramway. Mais, jusqu'à maintenant, aucun événement impliquant la veille n'a fait l'objet d'une remontée. En second lieu, l'hypothèse de l'absence d'accident mettant en jeu la VACMA pourrait expliquer le relatif silence sur ce dispositif. En effet, aucun des exploitants que nous avons rencontrés n'avait en mémoire de cas où la veille avait servi à la sécurité du transport.

On est donc en face d'un paradoxe classique : le manque de connaissance par retour d'expérience dérivé de l'absence même d'expérience. Pour contourner ce paradoxe, il faut alors se départir d'une fascination pour l'exceptionnel, l'accident, et s'intéresser aux comportements usuels, afin de comprendre comment se constituent, dans l'ordinaire des situations de travail, l'appréhension de ces dispositifs (Amalberti and Barriquault 1999). Au travers des formes concrètes d'appropriation de ces objets techniques, on voit se dessiner les écarts et inadéquations entre les normes et les pratiques. L'expression des conducteurs sur ces écarts permet alors de réexaminer ces dispositifs.

Un manipulateur en perpétuel remaniement

L'observation de cet usage ordinaire des dispositifs de veille a été réalisée sur quatre réseaux choisis selon deux critères de nature différente[7]. D'une part, nous avons privilégié les réseaux disposant de tramways dont la commande de traction/freinage se fait par l'intermédiaire d'un système de pédalier, afin d'avoir un élément de comparaison avec le Translohr, objet de notre expertise. Deux réseaux répondaient à ce critère. D'autre part, nous avons choisi des réseaux ayant l'expérience de l'acquisition d'une deuxième génération de tramways afin de voir comment l'expérience faisait retour dans la conception des systèmes de veille et de commande de traction/freinage. Nous avons retenu trois cas où, de manière plus ou moins formalisée et importante, les exploitants ont associé les conducteurs à la redéfinition du poste de travail.

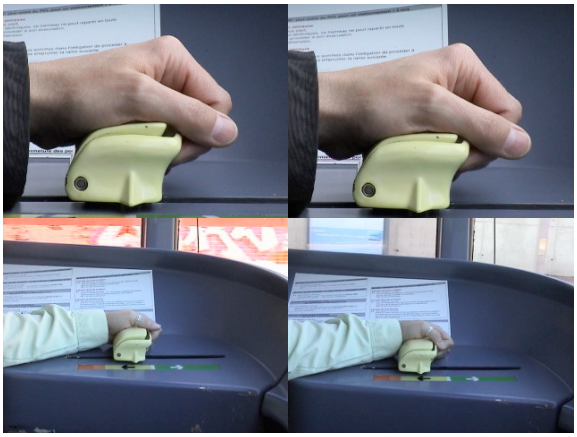
Le premier constat est que la première génération de matériels à manipulateur de traction/freinage intégrant le système de veille, n'a pas totalement satisfait les conducteurs. La

6 VACMA : Veille à Contrôle de Maintien d'Appui

7 Les comptes-rendus de ces visites sont publics et peuvent être téléchargés à l'adresse suivante : http://latts.cnrs.fr/site/p_lattsperso.php?Id=767&style=&col=

commande d'un nouveau matériel a permis qu'une critique positive s'exprime. On peut noter que les modifications proposées vont toutes dans le sens d'une diminution des contraintes posturales induites par la forme du manipulateur de traction qui mobilise en permanence une seule main dans plusieurs actions.

Dans le cas du TFS (tramway français standard), en service à Paris, la critique a porté à la fois sur les modalités de déplacement du manipulateur et sur les contraintes posturales associées à l'action sur la veille, même si sa conception autorise différentes prises (photos 1 à 4). Il faut noter que ce manipulateur est emprunté au métro lyonnais sans qu'aient été considérées les différences d'usage avec un tramway. En particulier, il n'a pas été pris en compte le fait que le pilotage automatique du métro rendait quasiment sans usage le manipulateur et la veille. La conséquence de ce transfert de contexte a été l'apparition, chez les conducteurs, de troubles musculo-squelettiques touchant la main, le poignet, le bras ou l'épaule, sur les réseaux de tramway doté d'un manipulateur de ce type.



Photos 1 à 4 : manipulateur du TFS avec sa veille. Deux types de prise, permettant d'actionner la veille et la traction.

Cette remise en cause a abouti à la production d'un manipulateur rotatif doté d'un contact sensitif pour la veille. Mais on constate que le « script » d'action que la forme de l'objet veut prédéterminer (Akrich 1987), saisie du manipulateur à pleine main et contact avec le pouce (photos 5 et 6), ne se réalise pas effectivement. La prise latérale et en pince est souvent préférée (photos 7 et 8), associée à l'actionnement d'une pédale de veille qui avait été demandée par les conducteurs. Dès lors, le fait que l'actionneur de la veille associé au manipulateur ne soit plus accessible ne pose pas de problème. En conséquence, il n'y a pas de retour critique sur la conception du manipulateur même si son usage ne correspond pas aux attentes des concepteurs.



Photos 5 à 8 : manipulateur rotatif du Citadis avec son usage théorique et son usage pratique

À Strasbourg, ville équipée de l'Eurotram, le manipulateur, situé sur l'accoudoir gauche du siège du conducteur (photo 9), ne donnait pas satisfaction en particulier du fait de la quasi-impossibilité de se servir de l'accoudoir, pour reposer l'avant-bras en même temps que l'on se sert du manipulateur (photos 10 et 11). De plus, la présence et la disposition de la clochette et du dispositif de veille sur le manipulateur contraignent fortement la position de la main et de l'avant-bras, ce qui a été l'objet de critiques. Le modèle retenu s'inspire de la commande par *« joystick »* en vigueur sur le tramway Combino produit par Siemens. Il est à noter que, sur le Combino circulant à Fribourg en Allemagne, ce manipulateur, sert également au contrôle de la vigilance du conducteur. Les commandes de traction et de freinage se substituent à l'activation d'un dispositif autonome de type « homme mort ». Quand le tram roule sur l'erre, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a aucune action sur le manipulateur, le conducteur doit le maintenir enfoncé. Toutefois, cette idée d'utiliser directement, et non pas en lui associant un dispositif spécifique, le manipulateur de traction/freinage comme source d'information sur la présence active du conducteur, si elle a été évoquée n'a pas été retenue pour des raisons « techniques ».



Photos 9 à 11 : poste de l'Eurotram, manipulateur de traction, sonnette et veille, action sur le manipulateur

Dans cette redéfinition de la commande de traction/freinage autour d'un joystick, la possibilité

d'avoir une position du manipulateur qui ne soit pas la mise au neutre, mais prépare au freinage sans l'enclencher sera reconduite. Cette position, intermédiaire entre le neutre et le freinage, « découverte » sur le manipulateur de l'Eurotram par les conducteurs, leur permet de préparer la rame au freinage sans l'amorcer et est considérée par eux comme extrêmement importante pour la sécurité, car la prévention des accidents réside essentiellement dans leur vitesse de réaction au freinage. Actuellement, cette position n'est pas physiquement marquée dans la course du manipulateur. Elle correspond à une position qui se définit négativement : ni le neutre ni l'enclenchement des circuits de freinage. Sur le Citadis d'Alstom, il existe également cette position du manipulateur qui anticipe le freinage, en se décalant de la position neutre sans enclencher le freinage. L'équivalent de cette disposition sur un tramway à conduite à pédalier s'inscrit dans une forme de conduite dite « préventive » qui consiste à, dès que possible, arrêter de tractionner et conduire sur l'erre, tout en ramenant le pied devant la pédale de frein.

Toujours liée à cette question du freinage, il y a également une possibilité, sur le manipulateur actuel de l'Eurotram, de déverrouiller le freinage d'urgence en cours d'action. Ce dispositif permet de bénéficier d'un freinage important en début de décélération, tout en évitant, à la fin, de bloquer le tram et de provoquer des chutes à l'intérieur du compartiment voyageur. Il faut savoir que la plupart des accidents de personnes ont lieu à l'intérieur de la rame. Il est donc important de laisser une certaine latitude au conducteur pour juger de l'opportunité de poursuivre ou non un freinage d'urgence. La demande a été faite de reconduire cette fonctionnalité dans le futur joystick.

On remarque cependant que ce joystick focalise, comme l'ancien manipulateur, un ensemble de fonctions (traction/freinage, débrayage du freinage d'urgence, veille et sonnette). Il est donc à craindre que cette polarisation des commandes ne multiplie les contraintes posturales sur le seul bras gauche, et ne réactive de ce fait les critiques formulées à l'encontre de l'ancien manipulateur.

Une exception remarquable

À l'opposé de ces expériences, le renouvellement du matériel du réseau de Saint-Étienne (agglomération de taille moyenne du centre de la France) se caractérise par une grande stabilité dans la conception des commandes de traction/freinage et d'activation de la veille. Cette stabilité est d'autant plus remarquable que, à l'opposé des réseaux de tramway de Strasbourg ou Paris, celui de Saint-Étienne a toujours exploité un tramway depuis la fin du XIX^{e} siècle (1881) et, depuis 1959, des tramways à commande par pédales.

Lors des discussions organisées avec les conducteurs, dans les années 1990, pour définir un nouveau matériel, il n'y a pas eu de remontées négatives par rapport au système existant qui auraient fait pencher la balance en faveur d'un manipulateur de traction. Le maintien des mêmes stéréotypes sur les deux types de matériels qui devaient coexister sur la ligne de tramway a alors prévalu pour reconduire cette option de commande par pédalier. Le fonctionnement des nouveaux pédaliers s'est par ailleurs avéré, à l'usage, plus simple que les anciens, en raison de l'introduction de l'électronique dans les commandes. De la même manière, le système d'homme mort par pédale a été reconduit. L'appui sur cette pédale avec le pied gauche doit être constant et suffisant pour la maintenir à mi-course pendant tous les déplacements. Un « dur » dans la course de la pédale de veille permet de positionner la pédale dans le bon angle. Tout appui au-delà de cette butée ou tout retrait entraîne immédiatement le déclenchement du freinage d'urgence. Il n'y a pas de temporisation entre la détection d'un appui inadéquat, par un système de type buzzer ou autre, et le déclenchement du freinage. L'appropriation par les conducteurs du nouveau pédalier a été acquise rapidement, après quelques réglages.

Il nous semble que cette grande stabilité technique est un fait assez rare pour être souligné et interrogé d'autant plus que l'allure générale du poste de conduite de ce tramway à pédalier « moderne » ne ressemble pas à la génération précédente des PCC. Entre les deux, les changements de conception du poste de conduite apparaissent assez radicaux. On pourrait dire que tout a changé, y compris le design des pédales d'accélération et surtout de freinage, sauf la conception du système de veille. Sans connaître les raisons qui ont prévalu à ce choix initial, il nous semble, qu'au-delà du respect des stéréotypes ou des habitudes, la conception de ce système de veille répond aux exigences sensorielles et cognitives d'une conduite où des fonctions différentes sont attribuées aux deux pieds. En effet, il serait très difficile pour le conducteur de réguler, d'un côté, avec le pied droit, ses actions de traction/freinage et, de l'autre, avec le pied gauche, une veille "active" fondée sur un rythme monotone. L'appui constant s'apparente alors à une tâche "de fond", stable, que les conducteurs peuvent incorporer. Le fait que le changement de position déclenche immédiatement le freinage, et non une pré alarme sollicitant une action de récupération du conducteur, apparaît comme une sécurité supplémentaire. On peut en effet faire l'hypothèse qu'un changement de position du pied sur la pédale de veille correspond à un brusque changement dans les conditions de l'environnement et à un accroissement des exigences nécessaires pour gérer la situation. Dans ce cas, la conséquence d'un mouvement du pied sur la pédale de veille, qui est le freinage immédiat du véhicule, constitue un système de sécurité, non seulement adapté à des problèmes

qui seraient propres au conducteur (endormissement, malaise…), mais aussi à des situations anormales du point de vue de l'environnement, puisqu'il conduit à stopper le véhicule, c'est-à-dire, en adoptant le langage de la sûreté de fonctionnement, à le mettre en position sûre.

L'imitation pour règle, indépendamment du sens

Au travers de ces quelques exemples, on perçoit le rôle de l'imitation dans l'innovation. Celle-ci se fait à la fois de manière consciente et inconsciente. On emprunte ce qu'on a déjà vu fonctionner ailleurs, mais cet emprunt se fait sans réexamen des différences de contexte, sans actualisation du sens de l'objet du point de vue de l'action dans laquelle il est inscrit.

Mais le point le plus important est que le retour d'expérience se cristallise autour de la définition locale d'un objet entre un réseau et un constructeur. Tous les débats qui ont lieu à ce moment-là ne laissent guère de traces écrites. La seule consignation objective qu'ils connaissent est leur « traduction » dans la forme nouvelle prise par le dispositif technique (Callon 1986). Ce nouvel objet technique s'inscrit alors, du point de vue du sens, sous deux régimes différents, suivant qu'il est utilisé à l'endroit où ont eu lieu les discussions ou qu'il devient l'une des options au catalogue du constructeur. Dans ce dernier cas, l'objet est muet. Le retour d'expérience ne fait plus sens, il est absorbé dans la forme matérielle de l'objet qui ne dit plus rien des raisons et des forces qui l'ont fait naître. Le retour d'expérience n'est donc pas socialisé et l'on peut voir se perpétuer des dispositifs qui ont fait, en plusieurs endroits, l'objet de critiques importantes. Ainsi le tramway innovant de Bordeaux[8], récemment inauguré, qui est un modèle Citadis d'Alstom, est équipé du manipulateur linéaire rejeté par les conducteurs du Citadis circulant à Paris.

Les hypothèses de « l'homme mort », entre fonction et croyance

Cette absence d'interrogation sur les raisons qui poussent les réseaux de tramways à demander des modifications du dispositif de veille renvoie à un état plus général d'absence d'interrogation sur sa logique fonctionnelle. Pour la comprendre, on peut repartir de l'objet technique lui-même, de sa matérialité, de sa forme et de sa logique de fonctionnement. Comme tout objet technique, les systèmes de veille proposent un « script » d'action qui traduit les hypothèses de leurs concepteurs sur "*les éléments qui composent le monde dans lequel l'objet est destiné à s'insérer*" (Akrich 1987). Le risque de la défaillance de l'homme est au cœur de ces dispositifs de sécurité, mais en examinant les différents systèmes nous sommes confrontés à une pluralité d'hypothèses, parfois contradictoires, sur les caractéristiques de la défaillance humaine. Pour comprendre ce paradoxe, il faut, au préalable, décrire ces différents systèmes et parvenir à expliciter les hypothèses de l'homme et de sa défaillance qu'elles inscrivent dans leur matérialité.

Plusieurs conceptions du système de veille pour différentes théories de la défaillance humaine

Dans la première, avec le système de veille automatique (VA), le conducteur doit tout le temps activer la commande de veille. Un relâchement se traduit, avec ou sans temporisation, les deux situations existant, par le déclenchement d'un freinage d'urgence.

Dans la seconde, le conducteur doit alternativement appuyer et relâcher la commande de veille, c'est la veille automatique à contrôle de maintien d'appui (VACMA) inventée dans les années 60. Les temporisations attribuées à l'une ou l'autre action varient suivant les réseaux, mais, dans la plupart, les valeurs sont de l'ordre de douze secondes au maximum pour l'appui et de deux seconde au maximum pour le relâché. Si un conducteur maintient l'appui plus de douze secondes sur la commande de veille ou s'il relâche cet appui plus de deux secondes, un buzzer retentit et, si aucune action sur la veille n'intervient dans les deux secondes, le freinage d'urgence se déclenche. Un seul réseau, celui de Strasbourg, a choisi un dispositif qui considère indifféremment le maintien de l'appui ou le relâché. Le conducteur doit maintenir un même état au maximum huit secondes, sinon un premier avertissement sonore se déclenche puis, au bout de deux secondes sans modification d'état, une nouvelle sonnerie, avec un buzzer plus rapide que le premier, retentit et le conducteur a alors encore deux secondes pour changer l'état du dispositif, avant le déclenchement d'un freinage d'urgence.

Si ces dispositifs tentent de capter un même type d'information, un état de défaillance de l'homme, leur stratégie varie. Cette variation renvoie, de fait, à des théories différentes de l'homme que l'on peut expliciter ainsi.

Avec la veille automatique, correspondant à un appui constant sur la commande, la théorie est simple. Si le conducteur a un malaise ou un endormissement profond, il se relâche et tout

8 L'innovation porte sur le mode d'alimentation électrique du tramway, une partie du trajet, en particulier dans la partie historique de la ville et dans certaines rues étroites, se faisant par une alimentation par le sol et non par une alimentation aérienne.

relâchement doit être interprété comme une défaillance. Le déclenchement du freinage d'urgence est alors le moyen de mettre le système en sécurité. Plus vite, ce relâchement est saisi, plus vite la mise en sécurité du véhicule peut être assurée.

La temporisation de deux secondes entre le relâchement de la veille et le déclenchement du freinage d'urgence, adoptée sur le tramway circulant à Nantes, introduit une hypothèse seconde, celle d'un possible mauvais actionnement de la veille sans lien avec une défaillance physiologique du conducteur. Cette temporisation lui permet alors de récupérer une « fausse manœuvre ». La théorie de l'homme se complexifie d'une possibilité d'avoir seulement une défaillance de l'action et non du sujet. Mais le relâchement étant le signal convenu pour la défaillance, l'automate n'accorde que peu de temps à l'homme pour récupérer sa « mauvaise action ».

Avec la veille automatique avec contrôle du maintien d'appui, la théorie du dispositif se complique car, à la différence de la temporisation sur le tramway de Nantes, elle n'autorise pas la défaillance de l'action mais, au contraire, l'oblige à intervalles non seulement réguliers mais en plus très rapprochés. La dissymétrie de la temporisation (12/2 secondes) formalise le fait que le relâchement plus que le maintien d'appui est considéré comme le signe potentiel d'une défaillance. Néanmoins, la fréquence de l'obligation de relâchement reste intrigante. Qu'est-ce qui justifie ces valeurs ?

Quand on interroge les experts du milieu ferroviaire, ils n'en savent rien. Plusieurs « théories indigènes » coexistent et circulent sur la rationalité de ce dispositif et de sa temporisation. Pour certains, le relâchement permettrait de s'assurer qu'un conducteur ne reste pas « agrippé » sur le manipulateur de traction alors qu'il aurait perdu connaissance. Pour d'autres, principalement du côté des constructeurs, cela permet d'éviter la « fraude ». Les différences de temporisation observées entre les trains (55/5 secondes), les métros ou le tram-train, dont une première ligne vient d'être mise en service en France, (30/2 secondes) et les tramways (12/2 secondes) seraient liées aux différences de masse des rames, aux distances de freinage et aux intervalles de sécurité. Mais dès que l'on examine quelques instants cet argument, il s'avère sans consistance pratique car, dans un milieu urbain, quatre secondes suffisent largement pour brûler un feu rouge et traverser un carrefour. La théorie la plus souvent mobilisée pour justifier de la VACMA modifie de manière sensible sa fonction. Elle n'aurait pas tant pour but de prévenir une défaillance que de s'assurer de la vigilance du conducteur. Ce glissement de sens de veille à vigilance est assez fréquent et peut se retrouver, par exemple, dans des règlements de sécurité d'exploitation aussi bien que dans les discours d'experts et la France n'en a pas le monopole[9].

Enfin, dernière hypothèse, sous-tendue par le fonctionnement de la VACMA sur le tramway de Strasbourg qui considère de manière symétrique l'appui et le relâchement, la défaillance de l'homme peut se manifester aussi bien par une crispation que par un relâchement.

L'indicible hypothèse de la fraude ?

Nous avons donc vu quatre configurations du dispositif d'« homme mort ». Si trois d'entre elles ont une théorie facilement explicitable de leur fonctionnement, l'une nous laisse perplexe. La VACMA temporisée de manière dissymétrique en douze secondes pour l'appui et deux secondes pour le relâché n'a pas véritablement de théorie ou plutôt en a trop pour parvenir à être convaincante.

La théorie du contrôle de la vigilance qui est probablement celle qui est la plus souvent mobilisée pour justifier de ce système de VACMA, ne parvient pas à se fonder dans les faits. Régulièrement, on redécouvre que sa fonction n'est pas de contrôler la vigilance. Un accident récent est venu encore une fois le rappeler.

Le 30 août 2004 sur la ligne de tramway de Rouen, une rame en percute une autre, arrêtée en station. L'enquête menée par le Bureau d'enquête sur les accidents de transports terrestres conclut ainsi : "*La cause humaine est à l'origine de l'accident. L'hypothèse d'un malaise brutal a été étudiée dans un premier temps, et a laissé place à l'hypothèse beaucoup plus probable d'une hypovigilance du conducteur consécutive à un début de somnolence*" [10]. La survenue de cet accident où un conducteur actionne au moins deux fois la VACMA, sans « voir » la rame devant lui, rappelle que "*la seule information fiable qu'elle* [la VACMA] *peut délivrer*

9 On retrouve la même confusion à l'étranger, comme dans ce livre de référence du monde ferroviaire britannique qui définit ainsi l'homme mort : "*Un système plus sophistiqué fut conçu dans les années 60, habituellement défini comme dispositif de sécurité pour le conducteur ou de contrôle de vigilance. Son fonctionnement suppose que le conducteur manifeste sa vigilance en actionnant périodiquement un bouton du pupitre de commande ou en appuyant sur une pédale spécifique*" *in* Simmons Jack & Biddle Gordon (eds), 1997, *The Oxford companion to British railway history, from 1603 to the 1990s*, Oxford University Press, p.125.

10 *Rapport d'enquête technique sur l'accident de tramway survenu à Rouen le 30 août 2004*, Juin 2005 - rapport BEA-TT- n°2004-007. Ce document est disponible sur le site du Ministère des transports : http://www.equipement.gouv.fr/article.php3?id_article=569

sur le conducteur est la présence effective de ce conducteur sur la rame".

Mais, si rien ne change, il est possible que cette conclusion soit encore une fois inaudible par le milieu en charge de la sécurité des transports guidés. En effet, cela fait près de quinze ans que l'on sait expérimentalement que les situations d'hypovigilance ne sont pas contradictoires avec le maintien d'une activité machinale. Ces travaux ont permis de constater *« pendant ces phases de vigilance atténuée, un accroissement de la régularité dans les relâchés de la pédale et une augmentation de la durée du relâchement de l'appui. »* Les chercheurs notent aussi que *« c'est au cours de ces phases d'hypovigilance, qui doivent être considérées comme physiologiques, que nous avons observé les omissions de réponses aux signaux de limitation de vitesse ou aux signaux d'arrêt. »* (Mollard et al. 1991). Le système de veille peut ainsi être activé « normalement » par les conducteurs, sans que cela ne signifie pour autant qu'ils sont en situation de vigilance réelle.

Ce résultat est d'ailleurs quasi contenu dans le cahier des charges initial de la Vacma puisqu'une des trois conditions essentielles qu'elle devait satisfaire était "*une mise en œuvre inconsciente du point de vue du conducteur qui devait être affranchi de la sujétion gênante que représentait une opération sans cesse réitérée*" (Ribeill 1997).

Pour comprendre cette capacité d'une « théorie » à rester dominante tout en ne résistant ni à l'épreuve des faits ni à celles des expériences scientifiques, il faut probablement en chercher l'explication du côté de ce cahier des charges élaboré par la SNCF dans les années 60. Dans ce document, il n'y a pas d'ambiguïté. La VACMA, inventée en 1965, n'a pas pour fondement une controverse physiologique, mais un souci plus pragmatique des ingénieurs de la SNCF d'éviter les « fraudes » qui avaient cours avec le dispositif de veille en usage sur les trains. Celui-ci consistait en un « cerclo », disposé sous le volant de traction, que le conducteur devait tenir collé au volant. Un simple lien pouvait être substitué à l'action manuelle, permettant ainsi au conducteur de se déplacer dans la cabine ce qui, pour des trajets de plusieurs heures sans arrêt, n'était pas négligeable. Le relâchement ne sert donc qu'à vérifier qu'il n'y a pas fraude sur l'information de maintien (Ribeill 1997). La brièveté du temps de relâchement doit être interprétée comme un compromis nécessaire car le signal qui vérifie la conformité de l'action est le même que celui qui informe d'une perte de conscience.

L'émergence d'une théorie du contrôle de la vigilance, même si nous ne pouvons la dater avec précision, est donc postérieure à l'invention de la VACMA qui avait à la fois une hypothèse physiologique (la défaillance se traduit par le relâchement) et une hypothèse morale (l'homme fraude). Le fait qu'elle se soit substituée pour partie à la théorie originelle s'explique probablement par la difficulté, pour les gestionnaires des réseaux de transport, de légitimer durablement, aux yeux des agents, les contraintes imposées à leur travail par le souci de prévenir une fraude éventuelle.

Si on rétablit ce double fondement théorique du dispositif de l'« homme mort » dans les formes prises par les défaillances physiologique et morale, on peut alors clarifier la controverse silencieuse, car enfouie dans la matérialité des dispositifs, qui traverse les réseaux de transports. Un simple classement permet d'expliciter les hypothèses contradictoires sur l'homme et son comportement exprimées par les réseaux de transport urbain dans trois types de dispositifs.

Pour les réseaux de tramways de Nantes ou Saint-Étienne, la fraude n'est pas un problème et la défaillance de l'homme se traduit par un relâchement du corps. Un dispositif de veille par maintien constant d'appui est suffisant.

Pour le réseau de Strasbourg, la fraude n'est pas un problème, mais le comportement du corps humain est incertain. La défaillance peut se traduire par une crispation aussi bien que par un relâchement. Une VACMA avec une temporisation symétrique entre le maintien et le relâchement de l'appui est nécessaire.

Pour les réseaux de Paris, Grenoble, Lyon, Bordeaux, Montpellier…, la fraude est un problème et la défaillance se traduit par un relâchement du corps. Une VACMA avec une temporisation dissymétrique (temps de relâchement bref par rapport au temps d'appui) est nécessaire.

Une fois formulée sous cette forme, la controverse des dispositifs d'« homme mort » semblerait pouvoir être réglée assez facilement. Au regard de l'enjeu de sécurité publique, il suffirait alors de discuter de chacune des hypothèses.

La défaillance de l'homme se manifeste-t-elle par un relâchement ou une crispation ? En dehors de récits d'épouvante et de films d'horreur, l'hypothèse du relâchement est la seule que l'on puisse retenir d'un point de vue médical.

La fraude est-elle un problème ? Que ce soit à Nantes ou à Saint-Étienne, qui ont adopté un système de veille à appui constant, personne n'a fait état d'un quelconque problème de fraude sur le dispositif de veille. Les différences entre les trains interurbains et le tramway peuvent expliquer cette situation. D'une part, les possibilités techniques de frauder à l'insu de la hiérarchie sont plus faibles car les agents de maîtrise peuvent entrer dans le poste de conduite tout au long du trajet. D'autre part, les temps de trajet entre deux arrêts sont courts, de l'ordre de quelques minutes, et les conducteurs n'ont pas éprouvé la nécessité de frauder un dispositif ne leur posant pas problème.

Du point de vue de la sécurité, les dispositifs de veille automatique, du type de celui du tramway de Saint-Étienne, sont donc ceux qui garantissent la meilleure réactivité en cas de défaillance puisque la question de la fraude ne se pose pas dans le cadre des tramways urbains. Pourtant, ce sont les moins efficaces du point de la sécurité qui deviennent la norme.

Conclusion

Au travers de cet exemple du tramway et du dispositif d'« homme mort », on se rend compte que la dérive dans la conception d'un système, par rapport à sa fonctionnalité initiale, ne porte pas seulement sur une opposition entre les conducteurs, d'une part, et les concepteurs et les managers d'autre part, mais peut entraîner tout le monde dans la "*dérivée des « solutions sauvages »*" (Amalberti and Barriquault 1999) inventées pour transformer et adapter les systèmes productifs. Cette dérivée est imperceptible car elle est le résultat d'une accumulation, dans la durée, de transformations mineures et de transferts incessants de « bouts » de système d'un contexte à un autre. Il n'y a pas de rupture mais un bricolage incessant. Ainsi la mise en place d'une VACMA sur les tramways n'attire guère l'attention puisqu'elle n'est « que » l'introduction d'un système déjà éprouvé depuis longtemps.

Cette absence d'intérêt pour ce dispositif rend compte d'un autre désintérêt, celui pour le travail de conduite. Pour les concepteurs et les managers, l'innovation ne paraît que rarement nécessiter une évaluation préalable des situations que l'on veut transformer. Selon cette même logique, il n'est pas fréquent que la valeur d'une innovation soit confrontée à la réalité de l'activité. L'idée que, de toute façon, le travail suivra est assez prégnante.

Il n'est alors pas étonnant de constater un certain « décrochage » des processus d'innovation vis-à-vis des réalités de la production. Les dispositifs de normes et de contrôle qui se développent et s'homogénéisent, en particulier avec l'unification européenne et la globalisation des marchés, peuvent alors constituer un autre réel, nécessaire et suffisant pour éprouver l'innovation. Cette économie de l'innovation, qui privilégie le rapport aux exigences portées par les dispositifs de contrôle et de normes sur la réalité de la production soutient alors un processus « d'aliénation culturelle » d'un groupe où "*l'impératif de solidarité entre ses membres est placé au-dessus de la prise en considération du réel qui est la raison d'être du groupe. (...) Et avec le temps, un processus s'installe au terme duquel c'est la culture toute entière du groupe qui fait écran à la perception du réel qu'elle est censée représenter*" (Sigaut 1990). L'imaginaire associé à l'« homme mort » dans le milieu des transports rend assez bien compte de tels processus.

De telles dérives sont possibles parce qu'un clivage se crée entre la conception d'un nouvel objet technique, son homologation et les usages qui lui sont associés. Dans le processus de validation d'une innovation, le contrôle des normes et du respect des procédures prend le pas sur le travail de justification d'une fonction. On est, en quelque sorte, « entre soi », on n'a pas besoin de dire pourquoi on fait telle chose puisque cela « va de soi », on doit simplement dire comment on l'a fait. Ainsi, avec le tram-train, on peut discuter à l'infini sur comment définir la temporisation de la veille sans jamais se demander à quoi elle sert. Ainsi, avec le Translohr, quand il abandonne son volant pour devenir un tramway, on ne cherche pas à savoir s'il était raisonnable de ne pas l'avoir auparavant équipé d'une VACMA puisque, fonctionnellement, il était semblable. C'est la norme qui dit le réel de la situation.

Réintroduire, les objets techniques dans un jeu social plus ouvert aiderait à se prémunir de ce type de dérive. Pour l'instant, les objets techniques, s'ils mobilisent beaucoup de discours sur leur fonctionnement, déduit de leur structure interne, sont relativement muets sur leur manière d'être en société, sur ce à quoi ils servent effectivement et comment on les utilise, dit autrement, sur la relation entre fonction effective et forme. Ce silence des usages dans la conception et le contrôle est probablement une des causes qui permet à l'imaginaire des concepteurs de dériver par rapport au réel de l'activité. Dès lors que l'activité est exclue du travail de conception, le dispositif normatif tend à devenir le seul plan d'épreuve du travail de conception et la dérive du sens des objets techniques peut s'institutionnaliser. Cette institutionnalisation est d'autant plus facile que se mettent en place des procédures d'imitation où le sens des objet n'est plus obligé d'être repris dans le langage par un travail de justification.

Si l'ouverture du travail de conception à de nouveaux protagonistes sociaux, en particulier aux utilisateurs, ne constitue pas une idée originale tant elle est constitutive de l'émergence d'une ergonomie de langue française (Wisner 1995) ou des courants anglo-saxons sur la cognition distribuée (Hutchins 1995; Suchman 1987), cette recherche met l'accent sur le fait que rien n'est jamais acquis de ce point de vue là. La mobilisation d'une connaissance sur les objets techniques à partir de l'analyse du travail et de l'activité reste un enjeu nécessaire.

Cette recherche montre également qu'il est illusoire de penser que l'on peut procéder à une mise à plat permanente et continue d'un cahier des charges fonctionnel lors de la conception. Ce processus a aussi son économie qui repose sur la mise en « boîte noire » (Latour 1989, p.212) d'un certain nombre de composants que les constructeurs peuvent dès lors mobiliser en tant que telle, comme un tout organisé, dans de nouveaux agencements. On ne rouvre les « boîtes noires » que lorsque se produisent des

déplacements, des ruptures, des innovations qui rendent perceptibles une nouvelle problématisation d'un objet technique. Il faut que les boîtes deviennent un peu moins noires c'est-à-dire que l'on parvienne à rendre explicite pour les différents protagonistes, tant du côté des concepteurs que des utilisateurs, ce qui pose problème.

Dès lors que ce travail d'explicitation est réalisé, on constate que les positions peuvent bouger même si, forcément, la mise en cause des postulats jusque-là admis se fait d'autant moins facilement que cette mise en cause opère depuis la question du travail, point de vue souvent disqualifié *a priori*. Le processus de questionnement de l'homme mort en cours sur les tramways, dont on ne peut évidemment pas préjuger des résultats, manifeste cet état des choses.

Bibliographie

Akrich, M. (1987). Comment décrire les objets techniques? *Techniques et Culture*, 49-64.

Amalberti, R., & Barriquault, C. (1999). Fondements et limites du retour d'expérience. *Annales des Ponts et Chaussées*, 67-75.

Callon, M. (1986). Éléments pour une sociologie de la traduction : la domestication des coquilles St-Jacques et des marins pêcheurs dans la baie de St. Brieuc. *L'Année Sociologique*, Numéro spécial : La sociologie des Sciences et des Techniques, 169-208.

Doniol-Shaw, G., & Foot, R. (2005). Can a transit route be considered outside of its environmental context? Questions raised by an optical guidance system installed on buses, *Actes de l'atelier Safety and Context du* (pp. 13-24). Paris: Fifth International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context « Context-05 ». http://www.informatik.uni-trier.de/~ley/db/conf/context/context2005w.html#Doniol-ShawF05

Ginzburg, C. (2001). *A distance. Neuf essais sur le point de vue en histoire*. Paris: Gallimard.

Hutchins, E. (1995). *Cognition in the Wild*. Cambridge (MA): MIT Press.

Latour, B. (1989). *La science en action*. paris: La découverte.

Mollard, R., Coblentz, A., & Cabon, P. (1991). Détection de l'hypovigilance chez les conducteurs de train, *Transports et Communication* (pp. 65-71). Caen: Paradigme.

Ribeill, G. (1997). Les conducteurs électriciens : tatonnements et lenteurs autour de la reconnaissance d'un nouveau métier. *Revue d'histoire des chemins de fer*, 385-398.

Sigaut, F. (1990). Folie, Réel et technologie. *Techniques et culture*, 15, 167-179.

Sigaut, F. (1991). Un couteau ne sert pas à couper mais en coupant. Structure, fonctionnement et fonction dans l'analyse des objets, *25 ans d'études technologiques en préhistoire. XI^e Rencontres internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes* (pp. 21-34). Juan-les-Pins: APDCA.

Suchman, L. (1987). *Plans and situated actions: the problem of human/machine communication,*. Cambridge: Cambridge University Press.

Wisner, A. (1995). *Réflexions sur l'ergonomie (1962-1995)*. Toulouse: Octares.