**Document n° 2**

Article paru dans la revue *Transport Environnement Circulation* (TEC), vol. 190, pp. 40-47, 2006

# TRAMWAY ET SÉCURITÉ ROUTIÈRE, L'EXPÉRIENCE DES PAYS GERMANOPHONES

Sandra Beer
Thierry Brenac
(INRETS)

## Introduction

Le tramway fait partie des modes de transport traditionnels dans les pays germanophones où de nombreuses villes ont des réseaux de tramways étendus, contrairement à la France qui a connu une période de démantèlement pratiquement complet de ses réseaux. Comme nous le verrons plus loin, les publications de divers pays d'Europe du Nord montrent que les tramways posent des problèmes de sécurité routière spécifiques, qu'il est important de prendre en compte dans la période de (re)développement du tramway que l'on connaît dans de nombreuses villes françaises.

Il nous a paru intéressant de chercher à tirer profit de l'expérience des pays germanophones concernant ces problèmes de sécurité routière liés au tramway. Différents résultats de recherche ont en effet été publiés en langue allemande dans des revues scientifiques ou techniques, ou rapportés dans ce qu'il est convenu d'appeler la "littérature grise" (rapports d'étude non publiés, par exemple).

Nous avons eu accès à cette littérature germanophone par différentes voies. Une recherche bibliographique, s'appuyant notamment sur la consultation de bases bibliographiques (et sur des investigations moins formelles sur internet), a permis le repérage des publications pertinentes dans les revues scientifiques et techniques en allemand. D'autre part, une enquête auprès d'organismes allemands, autrichiens et suisses travaillant sur les questions de transport et de sécurité routière, a permis d'obtenir d'autres informations et de compléter le recueil bibliographique, notamment concernant la littérature grise. L'utilisation d'internet a aussi donné accès à une littérature grise sous forme électronique, émanant des milieux techniques, académiques ou associatifs.

Dans une première partie de cet article, nous revenons sur le contexte scientifique dans lequel cette étude se situe. La deuxième partie présente la synthèse de résultats d'études allemandes, autrichiennes et suisses sur les accidents de la circulation routière liés aux tramways. Enfin la troisième partie est consacrée à la question plus particulière de la sécurité routière aux arrêts de tramway, qui représente un enjeu important, et qui a fait l'objet de nombreuses études dans les pays de langue allemande.

## 1. Contexte scientifique

Avant de nous intéresser plus spécifiquement à la contribution des pays germanophones, nous revenons ici rapidement sur les connaissances acquises concernant les liens entre sécurité routière, transports en commun et tramway en particulier.

L'examen des publications scientifiques dans les revues internationales montre que peu de recherches ont été consacrées à la question de l'effet des transports collectifs sur la sécurité routière [1], sans doute parce que l'on suppose habituellement que l'offre en transport publics doit nécessairement limiter le recours à l'automobile et donc avoir un rôle positif en matière de sécurité routière. Il a bien été montré que la dégradation de l'attractivité des transports collectifs a un effet défavorable sur la sécurité : les fortes hausses tarifaires (environ +90 %) de 1982 dans les transports publics du Grand Londres ont engendré une augmentation du nombre d'accidents corporels de la circulation routière [2]; mais les baisses tarifaires (–25%) qui ont suivi en 1983 n'ont pas eu d'effet de réduction du nombre d'accidents [3]. Et il n'existe guère d'étude, à notre connaissance, concernant les effets à long terme sur la sécurité d'une augmentation de l'offre de transports collectifs, alors que ces effets sont incertains du fait de la complexité et de la multiplicité des mécanismes en jeu (augmentation de l'accessibilité jouant aussi en faveur de trajets pluri-modaux, effets sur les localisations résidentielles et l'étalement urbain, etc. ; voir notamment [4]).

Si les effets finaux, globaux, du développement des transports collectifs sur la sécurité routière demeurent incertains, il reste que les transports collectifs, qu'il s'agisse du bus ou du tram, présentent un risque de blessure par personne kilomètre plus faible que les autres modes (des résultats issus de divers pays sont synthétisés dans [3]). Cela signifie qu'il est en moyenne plus sûr pour une personne allant d'un point A à un point B d'emprunter le bus ou le tram, plutôt qu'un autre mode ; mais cette conclusion n'est pas nécessairement valide si l'usage du bus ou du tram impose un trajet d'extrémité à pied (le risque du piéton étant lui très nettement supérieur à celui de l'automobiliste ; même référence). Ces études ne considèrent que les risques internes (risque des occupants du mode étudié). L'étude de Amon [5], concernant trois villes autrichiennes, considère les risques liés au tram, à la fois internes et externes (blessures chez le protagoniste du tram). Elle montre que le risque de blessure liée au tram — nombre de blessés dans les accidents impliquant des trams, pour 100 millions de personnes kilomètres transportées par tram — est 2 à 3 fois inférieur au risque général de blessure pour 100 millions de personnes kilomètres sur les voies urbaines, tous modes de déplacement confondus (mais reste supérieur au risque de blessure sur autoroute).

Les deux questions que nous venons d'évoquer — celle de la contribution du développement des tramways à la sécurité routière, et celle des niveaux de sécurité comparés du tramway et des autres modes — si elles sont intéressantes du point de vue de la sécurité routière, n'ont en pratique que peu d'incidence sur l'action : en effet, les décisions conduisant aujourd'hui à développer le tramway résultent de bien d'autres considérations que la sécurité (attractivité et compétitivité des villes et des centres, valorisation patrimoniale et symbolique, équité sociale, etc. [4]). De ce fait, les questions véritablement importantes du point de vue de la sécurité routière et de l'action sont plutôt les suivantes : quels sont les problèmes de sécurité routière induits par les tramways et comment les réduire ?

La littérature scientifique internationale montre en effet que les tramways posent des problèmes spécifiques de sécurité routière, en particulier vis-à-vis des piétons [6] [7] [8] [9]. Ce sont ces problèmes de sécurité liés aux tramways auxquels nous nous intéressons dans la

suite de cet article. Plus précisément, nous examinons la contribution des travaux en langue allemande sur ce sujet. Quelques études portant sur des villes allemandes mais publiées en anglais sont également prises en considération ; d'autre part les résultats de toutes ces études sont mis en perspective, lorsque c'est possible, en les situant par rapport à des résultats concernant des pays non germanophones (notamment les pays scandinaves).

## 2. Accidents impliquant des tramways

### La part des accidents de tram dans l'ensemble des accidents

Peu d'études examinent la part des accidents liés aux trams relativement à l'ensemble des accidents de la circulation. Cette part est sans doute très variable selon l'étendue et la fréquentation du réseau de tramways. Dans le cas de Dresde, les accidents corporels impliquant des trams, tels qu'ils sont recensés par la police, représentent environ 4 % du total des accidents corporels de la circulation dans cette ville [10]. Cette ville de Saxe de 470000 habitants comporte un réseau de tramways de 129 km de long, dont environ 70 % où le tram est intégré à la circulation générale. La part des accidents de tram serait sans doute plus forte si l'on considérait seulement les accidents les plus graves, le risque de blessures mortelles étant nettement plus élevé dans les collisions impliquant des trams [1] que dans les collisions impliquant uniquement d'autres types de véhicules (y compris des bus) [8] [11]. Dans le cas de la ville de Zürich (342000 habitants, réseau de tramways de 69 km, dont 80 % où le tram est intégré à la circulation générale), une étude permet d'avoir une estimation par défaut de la part des accidents de tram concernant les accidents de piétons : les collisions entre piétons et tram dans les zones d'arrêt représentent 6 % du total des accidents de piétons de la ville [11].

Les chiffres que nous venons de mentionner ne prennent généralement en compte que les cas d'implication directe du tramway dans une collision (ou dans la production de blessures : chute de passager à bord du tram par exemple). Mais il existe aussi de nombreux cas où il existe un lien un peu moins direct : usager traversant masqué par le tram puis heurté par un autre véhicule, où piéton traversant en courant pour "attraper" son tram et renversé par une voiture, par exemple. Ces cas sont à peu près aussi nombreux que les cas d'implication directe, du moins concernant les accidents avec des piétons [9] [11]. Notons que le même phénomène est observé pour les bus, de façon encore plus marquée puisque les cas d'implication indirecte sont alors nettement plus nombreux que les cas d'implication directe ([9] [11] ; ces résultats étant en cohérence avec ceux d'une recherche française [1]).

Quelques publications du corpus bibliographique étudié examinent les caractéristiques de l'ensemble des accidents impliquant des trams, en particulier en fonction des personnes ou des moyens de transport impliqués (notamment [5], concernant les villes autrichiennes de Vienne, Linz et Innsbruck). D'autres études, plus nombreuses, sont centrées sur quelques aspects correspondants à des enjeux particulièrement importants : accidents au niveau des arrêts de tramways, ou des traversées de piétons. Nous présentons dans la suite de cette section les résultats de ces travaux, dans leurs grandes lignes, en les illustrant par les données de certaines études.

### Les victimes d'accidents impliquant des trams

Il ressort de l’ensemble des études que les occupants du tram, les occupants des véhicules particuliers et les piétons sont les personnes le plus souvent blessées dans les accidents avec des trams (voir notamment [5] [12] [13]). Le tableau 1 présente la répartition des victimes par

catégorie d'usager dans les accidents impliquant des trams dans les villes de Vienne, Linz et Innsbruck, d'après [5]. On peut voir que les passagers de tram constituent la plus grande part (43 %) des blessés légers, mais que les piétons, s'ils représentent 16 % des blessés légers, sont les victimes les plus sévèrement touchées puisqu'ils représentent 45 % des blessés graves et 83 % des tués. La plupart des tués dans les accidents impliquant des trams sont donc des piétons [5] [13] ce qui est en cohérence avec des résultats provenant d'autres pays [6].

*Tableau 1. Victimes d'accidents de la circulation impliquant des tramways à Vienne, Linz et Innsbruck (1995-1999 ; d'après Amon [5]).*

| | Blessés légers | Blessés graves | Tués |
|---|---|---|---|
| Occupants du tram | 530 | 70 | 0 |
| Occupants d'automobiles | 384 | 62 | 2 |
| Piétons | 204 | 130 | 20 |
| Cyclistes | 41 | 12 | 1 |
| Occupants de motocycles et cyclomoteurs | 11 | 9 | 1 |
| Autres (P.L., T.C., etc.) | 71 | 6 | 0 |
| Total | 1241 | 289 | 24 |

## Les piétons

Les accidents de trams impliquant des piétons surviennent très majoritairement au voisinage des arrêts de tram [11] [14]. D'autres accidents concernant des piétons se produisent dans les zones de traversées de voies de tram [13]. Parmi les piétons, les personnes âgées et les enfants sont particulièrement concernés [13] [15]. La sur-implication des personnes âgées est plus importante pour les accidents de tram que pour l'ensemble des accidents : à Zürich, au voisinage des arrêts de tram, 66 % des piétons impliqués dans une collision avec un tram ont plus de 60 ans [15].

Nous reviendrons plus en détail sur les mécanismes d'accidents de piétons, les comportements observés et les questions d'aménagement dans la section 3 consacrée aux points d'arrêt de tram.

Une étude réalisée à Stuttgart [13] sur les zones de traversées piétonnes montre que le nombre de piétons heurtés et blessés par des trams semble dépendre assez fortement de l'efficacité du système de freinage des trams. L'analyse des accidents avant et après une amélioration du système de freinage (commande unique, coordination et optimisation des différents moyens de freinage, anti-blocage) montre une évolution statistiquement significative : nette diminution du nombre de blessés à l'extérieur du tram et légère augmentation du nombre de blessés à l'intérieur du tram.

## Les autres catégories d'usagers impliqués dans les accidents avec tram

L’étude d’Amon portant sur trois villes autrichiennes souligne l’importante implication des véhicules particuliers dans les accidents avec des trams (voir tableau 2). La part des accidents entre le tram et les voitures particulières représente 48% des accidents avec un tram à Vienne, 41% des accidents avec un tram à Linz, et 31 % à Innsbruck [5].

Dans ces trois villes, les accidents entre un tram et un autre véhicule se produisent dans 60 % des cas en intersection, dans 20 % des cas au niveau d'entrées ou sorties d'accès riverains, de parc de stationnement, de stations services, et dans 20 % des cas en section courante (dans cette situation, neuf fois sur dix, l'autre véhicule circule dans le même sens que le tram) [5].

*Tableau 2. Catégories d'usagers impliqués dans les accidents avec tram à Vienne, Linz et Innsbruck (1995-1999) (d'après Amon [5]).*

| Catégories d'usager impliqués | Vienne (en % du total des accidents avec tram) | Linz (en % du total des accidents avec tram) | Innsbruck (en % du total des accidents avec tram) |
|---|---|---|---|
| Tram seul | 1,7 | 7,9 | 32,1 |
| Tram – véhicule particulier | 48,2 | 40,6 | 31,0 |
| Tram – piéton | 30,0 | 31,5 | 9,5 |
| Tram – cycliste | 3,8 | 4,2 | 11,9 |
| Tram – deux-roues à moteur | 1,7 | 1,8 | 0,0 |
| Tram – Autre (P.L., bus, tram, etc.) | 7,5 | 11,0 | 9,5 |
| Tram – plusieurs protagonistes | 7,1 | 3,0 | 6,0 |
| Total | 100 % ($n$ = 1013) | 100 % ($n$ = 165) | 100 % ($n$ = 84) |

Dans les accidents de tram seul, il n'y a pas de collision mais souvent un simple freinage ou redémarrage du tram entraînant la chute de passagers à l'intérieur du tram. Le pourcentage élevé d'accidents de cette catégorie à Innsbruck (32 %) pourrait s'expliquer par un recueil plus complet des accidents les plus bénins (les passagers n'étant souvent que très légèrement blessés) à Innsbruck, bien que tous les chiffres cités proviennent des statistiques officielles autrichiennes sur les accidents de la circulation routière. D'autres différences (liées au réseau, au système de freinage, etc.) pourraient peut-être contribuer à expliquer cette particularité.

## Les passagers des trams

Les passagers blessés dans les accidents impliquant des trams peuvent l'être du fait d'une collision avec un protagoniste, du fait d'une manœuvre d'urgence du tram, ou d'un simple freinage ou redémarrage.

Les passagers sont en général beaucoup moins sévèrement blessés que les usagers impliqués en tant que protagonistes du tram (surtout s'agissant des usagers vulnérables), comme il ressort des résultats présentés plus haut concernant trois villes autrichiennes ([5] ; voir tableau 1). Une autre étude concernant Stuttgart, traitant des accidents de tram survenant au niveau des traversées piétonnes [13], va également dans ce sens : sur 38 passagers blessés dans de tels accidents, seuls 2 le sont grièvement, et aucun n'est tué, alors que sur 41 personnes traversant la voie de tram et blessées dans ces accidents, on compte 18 blessés graves et 4 tués.

Concernant les blessures occasionnées aux passagers, des éléments intéressants concernant la ville de Zürich, mais sans distinction entre passagers de bus et passagers de tram, ont été rapportés par Kobi [11]: les blessures de gravité moyenne ou forte sont extrêmement rares concernant les passagers ; dans la majorité des cas les blessures sont liées à des chutes et sont en rapport avec un point d'arrêt (personnes s'apprêtant à descendre chutant lors d'un freinage,

personnes venant de monter, et déséquilibrées lors du démarrage) ; 78 % des passagers blessés ont plus de 60 ans et 80 % sont des femmes.

**Place du tramway dans la circulation et niveau de sécurité**

Seule une publication du corpus bibliographique étudié évoque cette question. Elle porte sur la ville de Dresde [10]. Les auteurs examinent la densité de collisions impliquant des trams, c'est-à-dire le nombre de collisions entre tram et autres usagers par kilomètre de voie de tram. Ce calcul est fait pour trois configurations : a) Voies intégrées : tramway intégré à la circulation générale ; b) Voies séparées : tramway sur des voies réservées, séparées de la chaussée où s'écoule la circulation, mais situées à proximité ; c) Voies indépendantes : tramway sur des voies réservées indépendantes, éloignées des chaussées où s'écoule la circulation générale. Les voies intégrées représentent 70 % des 129 km du réseau de tram de Dresde. Les voies séparées représentent environ 20 %, et les voies indépendantes 10 %.

Les voies indépendantes paraissent avoir un niveau de sécurité meilleur que les deux autres types, mais les faibles effectifs d'accidents considérés pour cette configuration ne permettent pas vraiment de conclure à ce sujet. En revanche, les effectifs sont plus importants pour les deux autres configurations, et les résultats sont les suivants : si l'on considère les accidents matériels, la densité d'accidents est un peu plus faible dans la configuration 'Voies séparées' que dans la configuration 'Voies intégrées'. Mais si l'on considère les accidents corporels, la densité d'accidents (corporels) apparaît trois fois supérieure pour les 'Voies séparées' relativement aux 'Voies intégrées', ce résultat étant significatif d'un point de vue statistique. Ce résultat peut surprendre à première vue mais pourrait s'expliquer (vitesses supérieures des trams sur les voies séparées, maintien de situations de conflit en intersection, notamment). Ce résultat intéressant doit cependant être considéré avec une certaine prudence dans la mesure où de nombreux autres paramètres peuvent influer sur la densité d'accidents, et dans la mesure où il ne porte que sur une seule ville.

## 3. La sécurité aux points d'arrêts de tram

Un grand nombre d'analyses de sécurité du corpus bibliographique étudié porte sur les arrêts. Les accidents aux points d'arrêt semblent en effet constituer un enjeu majeur. Dans les zones piétonnes, environ deux tiers des accidents entre tram et piétons se produisent aux points d'arrêt (résultats portant sur quatre villes allemandes [14]). A Zürich, les accidents de piéton liés aux arrêts de tram (collisions tram-piéton, et collisions avec rôle indirect du tram : masque à la visibilité, piéton traversant en courant pour prendre le tram) représentent 12 % de l'ensemble des accidents de piéton de cette ville [11]. Les études portent sur différents thèmes : l'analyse des accidents de piéton aux points d'arrêt, l'observation des comportements des piétons dans de telles zones, et enfin la configuration et l'aménagement des arrêts.

**Les accidents de piéton aux points d'arrêt**

Kobi [11] distingue trois groupes d'accidents :

- Le premier groupe concerne plutôt des piétons âgés, qui traversent une première partie de chaussée où ne circule que le trafic automobile, et puis arrivés sur l'îlot d'attente de l'arrêt, poursuivent leur traversée en ne regardant que du côté droit, et sont alors heurtés par un tram venant de leur gauche. La largeur importante et la complexité de l'aménagement, la concentration de l'attention sur la circulation automobile beaucoup plus abondante que celles des trams, contribuent à la genèse de ces accidents.

- Le deuxième groupe concerne des piétons plus jeunes, dont l'attention est focalisée sur un tram arrêté ou arrivant à l'arrêt, et qui traversent pour prendre ce tram, souvent en courant. Ils sont alors heurtés par un véhicule automobile, ou par un autre tram. Ces piétons traversent dans leur grande majorité en oblique en tournant le dos au trafic venant de leur gauche. Ces accidents se produisent souvent aux stations importantes (avec des correspondances) et aux arrêts en position centrale avec des îlots d'attente.
- Le troisième groupe concerne des piétons heurtés par des véhicules dépassant le tram. Les piétons heurtés dans cette configuration se trouvent très généralement sur le passage piéton, et sont initialement masqués à la vue des automobilistes par le tram. Ces accidents se produisent généralement dans des configurations où des véhicules peuvent circuler (règlementairement ou non) sur une voie immédiatement contiguë au tram.

Une étude portant sur les accidents impliquant des enfants (moins de 16 ans) au voisinage des arrêts dans la ville autrichienne de Graz [9] met également en évidence le cas de piétons masqués par le tram et heurtés par d'autres véhicules. Concernant les cas de jeunes piétons heurtés par les trams, cette étude met aussi en évidence d'autres facteurs : masques à la visibilité constitués par des véhicules stationnés, par l'abri de l'arrêt, distraction du jeune piéton.

## Configuration des arrêts et sécurité

Plusieurs études proposent des réflexions sur la sécurité des différentes configurations, en s'appuyant sur les analyses d'accidents mais aussi sur l'observation des comportements d'usagers (piétons, cyclistes, voyageurs, automobilistes et conducteurs de véhicules de transport en commun) dans les zones d'arrêt [14] [16] [17] [18] [19]. Ces travaux font notamment une distinction entre les arrêts au bord de la chaussée et les arrêts en position centrale puisque le risque pour les voyageurs montant et descendant n’est pas le même dans ces cas.

### *Les arrêts en position centrale*

La plupart des études concluent que les arrêts en position centrale sur la chaussée présentent des risques plus élevés pour les voyageurs que les arrêts au bord de la chaussée [14] [17] [18]. Hamann montre notamment que les voyageurs pressés, soucieux de ne pas rater le tram, font le choix du chemin le plus court et le plus direct pour éviter des détours (traversées obliques, hors passages piétons) [14]. Les arrêts en position centrale, imposant la traversée de voies de circulation à tous les piétons souhaitant prendre le tram, favorisent de telles traversées précipitées, comme le montrent également les analyses d'accidents évoquées plus haut [11].

Parmi les arrêts en position centrale, il existe différentes catégories :
- les arrêts en position centrale sans îlots d'attente (photo 1, et figure 1 à gauche), où les trams s'arrêtent sur leurs voies situées en milieu de chaussée, sans aménagement d'îlot ni de terre-plein ;
- les arrêts en position centrale avec îlots d'attente (photo 2, et figure 1 au centre), où les voies de tram également situées en milieu de chaussée, sont bordées de part et d'autre de deux îlots où les voyageurs peuvent attendre le tram.

Pour un *arrêt en position centrale sans îlot*, la zone d’attente, située sur le trottoir, est séparée de la zone d’arrêt. Sauf équipement particulier de l'arrêt (feu tricolore, par exemple),

le risque pour les voyageurs montant paraît important : les voyageurs n'ont pas la possibilité d'attendre à proximité du tram. Ils doivent donc traverser la chaussée au moment où le tram arrive et ils entrent en conflit avec les véhicules particuliers [19]. De plus, si les voyageurs descendant traversent ensuite immédiatement devant ou derrière le tram (puisqu'il n'est pas confortable pour eux d'attendre le départ du tram en restant sur la chaussée) ils peuvent ne pas être vus et être renversés par un autre tram ou d'autres véhicules. Les études en langue allemande considèrent de ce fait cette configuration comme particulièrement peu sûre (voir par exemple [18]). Différentes dispositions ont été étudiées pour limiter le risque de ce type de configuration :

- la mise en place d'"îlots de temps" (c'est-à-dire d'une protection temporaire par feu tricolore : le feu est réglé en fonction du tram, il passe au rouge dès que le tram arrive, pour protéger les voyageurs descendant et montant) [19] (photo 1) ;
- la mise en place de surélévation de chaussée (plateau) pour la zone située entre le trottoir et la voie de tram, permettant de modérer les vitesses des autres véhicules [18] [19], et facilitant en outre la montée et la descente des voyageurs du tram (Photos 3 et 4, et figure 1 à droite) (voir ci-après) ;
- la remise en cause de la position centrale de l'arrêt, en avançant le trottoir jusqu'à la voie de tram [17] ; nous reviendrons plus loin sur cette disposition.

*Photo 1. Arrêt central sans îlot, avec protection par feu ("îlot de temps").*
*(Dresde, 2005, photo S. Beer).*

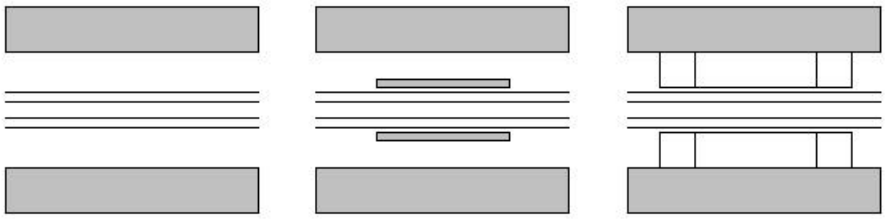

*Figure 1. Arrêts en position centrale, sans îlots (à gauche), avec îlots d'attente (au centre), avec surélévation de chaussée (à droite).*

Les arrêts centraux sans îlots d'attente mais avec *une surélévation de chaussée* (photos 3 et 4, figure 1, à droite) ne sont pas courants et sont apparus relativement tard : le premier arrêt avec élévation de chaussée en Allemagne a été construit en 1993 à Iéna (Jena) ; en 2002, on n'en trouve que 18 dans cette ville. Les voies de tram, en position centrale, restent à niveau, mais les espaces entre ces voies et les trottoirs sont traités en plateaux surélevés ; il existe donc une dénivellation d'une quinzaine de centimètres entre ces plateaux et la chaussée portant les voies du tram. Une balise marque parfois le début de cette dénivellation à l'entrée du plateau surélevé. Du point de vue de la sécurité routière, les observations concernant ce type d'arrêt sont encore assez limitées. L'étude du BAST [19], réalisée entre 1998 et 2001 sur une vingtaine de sites dans plusieurs villes allemandes (Dresde, Düsseldorf, Erfurt, Iéna, Rostock), ne met pas en évidence d'accidents liés à cette conception particulière, hormis à Rostock où, de nuit, des accidents de véhicules heurtant la balise située en entrée du dispositif ont été constatés. A Vienne [18], les arrêts avec élévation de chaussée ne sont pas non plus très anciens (1992) : ils ont été réalisés quand il n'était pas possible de mettre en place des îlots ni de transformer l'arrêt en avançant le trottoir jusqu'au bord de la voie. Le réaménagement des arrêts situés sur les rues commerçantes chargées et marquées par des conflits d'usage a motivé, à Vienne, la mise en place de ce type d'arrêt. Aujourd'hui ces arrêts semblent acceptés par les usagers et sont admis par l'audit de sécurité qui évalue les mesures d'aménagement des infrastructures de transport en Autriche (même référence).

Les *arrêts en position centrale avec îlots d'attente* (photo 2, figure 1 au centre) ne présentent pas les mêmes inconvénients que les arrêts centraux sans îlot, mais sont néanmoins considérés comme des configurations relativement peu sûres [14] [17] [18] comme nous l'avons mentionné plus haut, du fait notamment de la nécessité pour tous les voyageurs de traverser la chaussée pour accéder au tram. Il semble aussi que cette configuration favorise une vitesse relativement élevée de la circulation automobile [18]. Ces conclusions vont dans le même sens que les résultats de deux études norvégiennes mettant en évidence que le risque d'accidents, et notamment d'accidents de piéton, est beaucoup plus faible aux arrêts en bord de chaussée par rapport aux arrêts en position centrale avec îlots d'attente [3].

*Photo 2. Arrêt en position centrale avec îlot d'attente (Dresde, 2005, photo S. Beer).*

*Photos 3 et 4. Arrêt central avec élévation de chaussée, deux exemples (Source : Angenendt, W., Bräuer, D., 2002 : Mittellage-Haltestellen mit Fahrbahnanhebung. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 96, p. 33 et p. 42 ; [19]).*

### *Les arrêts au bord de la chaussée*

De façon générale, les arrêts au bord de la chaussée sont considérés comme les plus sûrs car ils limitent fortement les conflits entre les voyageurs accédant au tram ou descendant du tram et le trafic automobile [17] [18] [20]. Ces conclusions sont en cohérence avec les évaluations norvégiennes [3]. On peut distinguer deux types d'arrêt en bord de chaussée :
- Les arrêts où, dès la construction, les voies de tram ont été placées le long des trottoirs dans la zone d'arrêt (ou dans certains cas le long d'une bande de stationnement, auquel cas la neutralisation du stationnement au niveau de l'arrêt paraît nécessaire) ;
- Les arrêts avec avancée de trottoir : ils s'agit d'arrêts qui étaient initialement en position centrale, qui ont été transformés en avançant le trottoir jusqu'aux voies de tram, pour éviter les inconvénients liés aux arrêts en position centrale ; cette dernière configuration présente l'avantage d'une très bonne visibilité réciproque entre piétons, trafic automobile et tram.

Même si ces arrêts sont considérés comme les plus sûrs, il subsiste des risques, qui sont liés en particulier aux manœuvres de dépassement par la gauche du tramway par d'autres véhicules [11] [17]. Dittemer note que de simples mesures de signalisation ne permettent pas d'empêcher de telles manœuvres [17].

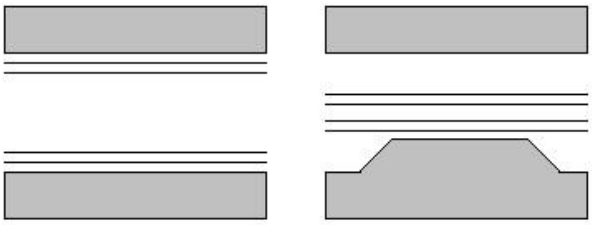

*Figure 2. Arrêts en bord de chaussée (à gauche), avec avancée de trottoir (à droite).*

## Recommandations et règles d'aménagement

Un certain nombre de documents du corpus bibliographique que nous avons étudié portent sur les règles d'aménagement ou comportent des règles pour les aménagements liés au tramway, en particulier aux points d'arrêt [21] [22] [23]. Nous ne pouvons ici développer cet

aspect, d'autant que ces recommandations reposent bien entendu également sur d'autres considérations que la sécurité.

Quelques-uns des travaux recensés (notamment [11] [14]) contiennent des propositions de principes d'action destinés à améliorer la sécurité aux points d'arrêt de tram. Les principes suivants sont cités dans plusieurs documents :
- diminution de la vitesse du trafic particulier, par exemple par des réductions de largeur de chaussée ; les avancées de trottoirs [17] et les surélévations de chaussée [19] vont aussi dans ce sens ;
- réduction des conflits entre le trafic particulier et les piétons, au moyen par exemple de protection par feu, de dispositions empêchant de doubler le tram ; la transformation d'arrêts en position centrale en arrêt en bord de chaussée ou avec avancées de trottoir permettent aussi de réduire ces conflits ;
- amélioration de la lisibilité des arrêts pour les conducteurs de véhicules particuliers ;
- amélioration du guidage pour les piétons (signalisation, barrières, etc.) ;
- amélioration des passages pour piétons (réductions de largeur de chaussée, refuges, etc.) ;
- augmentation de l'attention des piétons (signalisation acoustique d'alerte, par exemple) ;
- augmentation de la place disponible pour les personnes en attente.

Les auteurs de ces études notent que ces orientations d'action ne peuvent résoudre complètement le problème de la sécurité des piétons aux points d'arrêt, et que la mise en œuvre de certaines mesures peut éventuellement déplacer les accidents vers d'autres points [15].

## Conclusion

Du fait de la longue expérience des pays germanophones en matière de tramway, les questions de sécurité routière liées à ce mode de transport ont été étudiées dans ces pays, généralement par les universités, les organismes de recherche ou les administrations. Les recherches que nous avons pu identifier et analyser, sans être particulièrement abondantes, donnent cependant un bon aperçu des problèmes spécifiques de sécurité routière que posent les tramways, en particulier dans les zones d'arrêt et vis-à-vis des piétons. Les arrêts de tram constituent en effet des lieux d'interactions complexes entre piétons, voyageurs, véhicules de transport en commun et trafic automobile.

Bien entendu, de tels résultats ne peuvent être transposés sans précaution à la situation française actuelle. Les tramways des villes allemandes, autrichiennes et suisses ont en effet une longue histoire. Pénétrant généralement au cœur même des villes dans des tissus urbains denses, où ils sont souvent intégrés à la circulation générale et prennent place dans des espaces publics de dimension parfois restreinte, ces réseaux de tram présentent souvent des configurations différentes des réseaux développés actuellement en France. Un examen plus approfondi révèlerait sans doute également des différences importantes entre systèmes techniques (véhicules, automatismes, etc.). Néanmoins, les quelques éléments que nous avons rassemblés pourront sans doute alimenter utilement les réflexions des villes qui travaillent aujourd'hui à des projets de tramways, ou qui développent ou gèrent déjà un réseau de tramways, et se préoccupent de prendre en compte au mieux les aspects de sécurité routière.

## Notes

1. A titre de comparaison, dans la ville suédoise de Göteborg (450000 habitants, 89 km de lignes de tram, le tram étant intégré à la circulation générale sur 28 % de ce linéaire), les tués liés aux accidents avec tram représentent 18 % des tués de la circulation (non compris l'accident de tram catastrophique et exceptionnel de 1992 qui a fait 13 tués dont 10 piétons ; [6]). Cette proportion de 18 %, particulièrement élevée, est cependant en partie à relier à l'agressivité de la face avant de tramways de conception relativement ancienne dans le cas de Göteborg [8].

## Références

[1] Brenac, T. Clabaux, N. (2005). The indirect involvement of buses in traffic accident processes. *Safety Science* 43, 835-843.

[2] Allsop, R.E., Turner, E.D. (1986). Road casualties and public transport fares in London. *Accident Analysis and Prevention* 18, 147-156.

[3] Elvik, R., Vaa, T., (2004). *The handbook of road safety measures*. Amsterdam : Elsevier. 1078 p.

[4] Frenay, P. (2005). Le tram, outil en faveur d'une ville durable ? Réflexions tirées d'une comparaison entre quelques villes moyennes françaises et alémaniques. *Transport, Environnement, Circulation*, 185, 2-8.

[5] Amon, B. (2002). Unfälle mit Straßenbahnen. In: Hauger, G. (Ed.), Forum Verkehrssystemplanung 2002, Ausgewählte Seminararbeiten, IVS-Schriften Band 15, Institut fûr Verkehrssystemplanung der TU Wien, Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, Wien. pp. 7-24.

[6] Hedelin, A., Björnstig, U., Brismar, B. (1996). Trams — a risk factor for pedestrians. *Accident Analysis and Prevention* 28, 733-738.

[7] Cameron, I.C., Harris, N.J., Kehoe, N.J.S. (2001). Tram-related injury in Sheffield. *Injury, International Journal of the Care of the Injured* 32, 275-277.

[8] Hedelin, A., Bunketorp, O., Björnstig, U. (2002). Public transport in metropolitan areas — a danger for unprotected road users. *Safety Science* 40, 467-477.

[9] Unger, R., Eder, C., Mayr, J.M., Wernig, J. (2002). Child pedestrian injuries at tram and bus stops. *Injury, International Journal of the Care of the Injured* 33, 485-488.

[10] Schnabel, W., Korn, J. (2001). Accident occurrence in tram traffic. Proceedings of the international conference 'Road safety on Three Continents' (Pretoria), Staten's VAEG-OCH Transportforskningsinstitut, 15A, 516-526.

[11] Kobi, R. (1990). Sicherheit an Bus- und Tramhaltestellen. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit* 36, 80-85.

[12] Roos, S., Dinter, M., Lau, R., Köhler, U. (1991).Verkehrssicherheitsanalyse des öffentlichen Nahverkehrs. *Forschungsberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen*, vol. 229, 159 p.

[13] Bauer, R. (1995). Unfälle zwischen Fußgängern bzw. Radfahrern und Straßenbahnen an Überwegen der Stuttgarter Straßenbahnen AG (SSB). In : Risser, R. (Hrsg.): 35. BDP-Kongreß für Verkehrspsychologie. Baden, Wienerwald 1994. Deutscher Psychologen Verlag GmbH, Bonn, 227-246.

[14] Hamann, R.R. (1985). Fußgängersicherheit an Haltestellen. *Forschungsberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bereich Unfallforschung*, vol. 120, 134 p.

[15] Kobi, R. (1989). Sicherheit an Bus- und Tramhaltestellen. *Route et trafic* 8, 482-486.

[16] Fiedler, J., Linneberg, E. (1987). Verkehrsgerechte Lage von Haltestellen im Straßenraum unter dem Aspekt der Verkehrssicherheit (Bericht zum Forschungsprojekt 8316 der BAST, Bereich Unfallforschung). Lehr- und Forschungsgebiet Öffentliche Verkehrs- und Transportsysteme der Bergischen Universität, Gesamthochschule Wuppertal.

[17] Dittemer, T. (1990). ÖPNV-Haltestellen mit Kap. Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit untersucht an Straßenbahnhaltestellen. *Grüne Reihe* 14, Fachgebiet Verkehrswesen, Universität Kaiserslautern. 97 p.

[18] Grois, G. (1999). Das Wiener Haltestellenmodell. In : Bundesministerium für Wissenschafet und Verkehr, Sicherheitsmaßnahmen im Vergleichstest — ungeschützte Verkehrsteilnehmer. Verkehrssicherheitskongreß, Wien, 12. Oktober 1998.

[19] Angenendt, W., Bräuer, D. (2002). Mittellage-Haltestellen mit Fahrbahnanhebung. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik*, Heft V 96, 94 p.

[20] Köhler, U., Strauß, S., Wichmann, S. (1998). Auswirkungen von Haltestellen auf Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität innerstädtlicher Hauptverkehrstraßen. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik*, Heft V 57, 39 p.

[21] Österreichisches Normungsinstitut (1997). Anlagen für den öffentlichen Personennahverkehr, Planung. ÖNorm B 4970. Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 13 p.

[22] Schnüll, R. et al. (1999). Führung von Nahverkehrsfahrzeugen in Hauptverkehrsstraßen. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik*, Heft V 62, 184 p.

[23] Brändli, H., Kobi, R. (1989). Schlussbericht der Forschungsarbeit : Sicherheit an Bus- und Tramhaltestellen. IVT-ETH Zürich.