

# G1 - La Viabilité Hivernale

## Quoi de neuf après le congrès de Turin ?

### Flux de circulation sur les autoroutes allemandes à fort trafic en hiver

**M. Thorsten CYPRA**

**Université de Karlsruhe**

Kaiserstr, 12 D  
76131 KARLSRUHE (Allemagne)

Tél. : +49 721/60863652 - Fax : +49 721/607610  
E-mail : [cypra@ise.uni-karsruhe.de](mailto:cypra@ise.uni-karsruhe.de)



# **Flux de circulation sur les autoroutes allemandes à fort trafic en hiver**

Dipl.-Ing. Thorsten Cypra  
Institut du génie routier et ferroviaire  
Université de Karlsruhe ( université technique )  
Kaiserstrasse 12  
D – 76131 Karlsruhe  
Allemagne  
E-mail : cypra@ise.uni-karlsruhe.de

## **INTERROUTE 2006 – Session G1**

### **1 Introduction**

L'efficacité des autoroutes est l'épine dorsale du trafic et ainsi de l'économie qui dépend de plus en plus du fonctionnement ininterrompu de la route en tant que système. Au cours des années passées, la croissance de l'intégration économique européenne et de la mobilité s'est soldée par une forte augmentation de la circulation sur les autoroutes en Allemagne. C'est aussi pour ces raisons que le nombre de perturbations de la circulation a notablement augmenté, causant d'importants coûts au niveau de l'économie nationale et des compagnies privées. Mais les conditions de chaussée hivernales causent, sur des autoroutes de haute charge dont la fluidité du trafic atteint déjà ses limites dans des conditions météorologiques normales, en peu de temps d'importantes perturbations allant jusqu'à la paralysie totale de la circulation - et ceci malgré le haut niveau des services d'hiver. Jusqu'à présent on n'a que peu de connaissances sur le flux de circulation et la capacité pendant des conditions de chaussée hivernales en Allemagne, surtout les dimensions dans lesquelles la capacité des différentes sections d'autoroutes diminue en fonction des facteurs d'influence importants, tels que l'inclinaison longitudinale, la part de poids lourds etc.

En juillet 2001, le Ministère Fédéral allemand des Transports, de la Construction et du Logement – représenté par l'institut fédéral allemand des recherches routières (Bundesanstalt für Straßenwesen, BAST) – a passé la commande à l'Institut du génie routier et ferroviaire directeur : Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.h.c. Ralf Roos d'exécuter le projet de recherche « Optimisation du service d'hiver sur des autoroutes de haute charge ».

Ce projet de recherche visait essentiellement à atteindre deux objectifs : d'une part étudier la capacité de points/sections d'autoroutes dans des conditions de chaussée hivernales à l'aide d'une étude au niveau de la technique de circulation des embouteillages causés par l'hiver. D'autre part, différents projets pilotes seront étudiés dans les centres d'entretien routier respectifs pour analyser les questions d'optimisation du service d'hiver et leurs essais en pratique seront accompagnés au niveau scientifique. Malgré le haut niveau des services d'hiver que l'on trouve en Allemagne, c'est justement en tenant compte des pertes de capacité pour des conditions de chaussée hivernales que certaines mesures de service d'hiver qui doivent être développées dans ce projet de recherche deviennent de plus en plus importantes sur des sections de routes sensibles.

## **2 Étude de la capacité aux conditions de chaussée hivernales**

### **2.1 Définition de la capacité**

Dans le HANDBUCH FÜR DIE BEMESSUNG VON STRASSENVERKEHRSANLAGEN ( HBS ) ( 2001 ) ( Manuel pour le dimensionnement d'installations de trafic routier ) la capacité est définie comme « le plus grand débit qu'un courant de circulation peut atteindre sur une section déterminée à des conditions de la voie et de circulation données ».

La capacité des sections de l'autoroute dépend de nombreuses conditions additionnelles et est donc soumise à de fortes variations dans le temps. Les facteurs d'influence peuvent être regroupés dans quatre groupes :

- conditions de la voie
- conditions de circulation
- conditions de régulation
- conditions périphériques

Les conditions de la voie sont essentiellement les caractéristiques géométriques et de construction de la voie de circulation. Ceci inclut, par exemple, le nombre de virages, l'inclinaison longitudinale et le profil transversal de la route, donc aussi le nombre et la largeur des voies. Puisque sur les autoroutes, le tracé est en ligne droite, la sinuosité n'a presque pas d'importance et peut donc être négligée. Ceci est aussi valable pour la largeur des voies.

Contrairement aux conditions de la voie, les conditions de circulation sont variables dans le temps. Par « conditions de circulation » on entend d'abord la composition du flux du trafic ( le collectif des véhicules ), mais aussi la répartition du trafic sur les différentes voies. Le paramètre déterminant pour décrire la composition du trafic est la part des poids lourds qui varie pendant la journée, la semaine et l'année.

Les conditions de régulation et de contrôle sont des conditions additionnelles dictées sciemment de l'extérieur pour influencer le flux de la circulation. Ici, pour les autoroutes surtout des limitations de vitesse, des interdictions de dépassement et de conduire pour les poids lourds sont importantes.

Les facteurs influençant les conditions périphériques sont les conditions de lumière, météorologiques et de route. Les conditions de la chaussée hivernales sont d'une très grande importance pour le flux de la circulation.

### **2.2 Méthode**

Pour déterminer la capacité pendant des conditions de la chaussée hivernales, les données suivantes ont été prises particulièrement en compte :

- rapports d'activité sur les services d'hiver des centres d'entretien routier étudiés,
- rapports d'activité additionnels développés par l'Institut du génie routier et ferroviaire ( ISE ) pour la saisie des embouteillages par le personnel des centres d'entretien routier,

- données sur le tracé de la route étudié ( inclinaisons longitudinales, nombre de voies de circulation etc. ),
- données provenant de postes de comptage à long terme avec des valeurs q et V différenciées et
- rapports d'accidents.

Ont été étudiées : l'autoroute A 8 dans le domaine de compétence du centre d'entretien routier d'Ulm-Dornstadt ( Bade-Wurtemberg ) et l'autoroute A 5 dans le domaine du centre d'entretien routier d'Alsfeld ( Hesse ) ainsi que des sections d'autoroute de haute charge dans l'agglomération du Rhin/Main. Pour l'étude au niveau de la technique de circulation les centres d'entretien routier ont saisi, jusqu'à présent, les embouteillages pendant les trois semestres d'hiver de 2001/02 à 2003/04. Cela veut dire que les personnels des centres d'entretien routier enregistraient pendant qu'ils assuraient le service d'hiver tous les embouteillages observés en consignait l'heure exacte, en indiquant le point kilométrique sur l'autoroute, la longueur et la cause de l'embouteillage.

Les embouteillages causés par des conditions hivernales nécessaires pour connaître la capacité sous des conditions de chaussée hivernales ont été filtrés pour interpréter la grande quantité de données. Car on ne peut conclure de l'état de la circulation à la capacité que pour des embouteillages causés par un volume de trafic trop élevé. Par contre, par exemple lors d'un accident, en règle générale au moins une voie est bloquée pour une certaine durée de sorte qu'un embouteillage se forme déjà bien avant que la capacité de cette section de l'autoroute soit atteinte.

Après avoir établi une courbe de variation des vitesses qui donnait le créneau horaire exact de l'embouteillage, on a analysé les données de la période déterminante pour ensuite identifier, à l'aide de diagrammes d-v ( densité de circulation – vitesse ), le débit maximal correspondant à la capacité pour des embouteillages causés par des conditions hivernales ( cf. Figure 1 ).

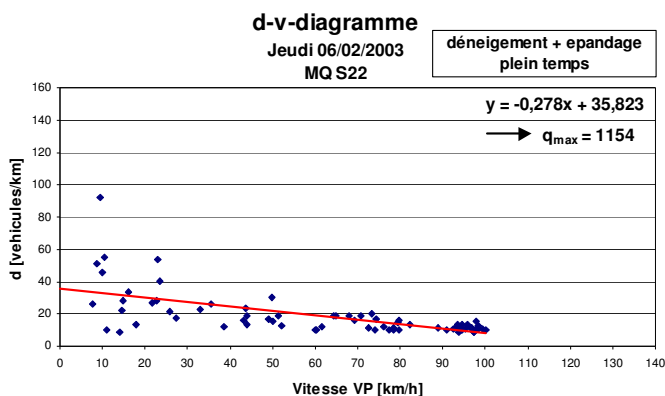


Figure 1 : Exemple d'un diagramme d-v d'un embouteillage causé par les conditions hivernales avec une capacité identifiée  $q_{\max}$

### **3 Résultats de l'étude au niveau de la technique de circulation**

En dressant la liste des résultats de l'évaluation, on a seulement tenu compte des embouteillages qui pouvaient être attribués sans équivoque à une des observations enregistrées par le personnel d'un centre d'entretien routier. Un embouteillage que l'on a seulement détecté par la courbe de variation des vitesses provenant du point de comptage à long terme mais que l'on ne pouvait pas trouver sans équivoque dans la liste de tous les embouteillages observés, n'a pas été pris en compte. Comme dans la plupart des études au niveau de la technique de circulation, une vitesse moyenne de 30 km/h est présumée être un critère limite pour des bouchons sur autoroutes. Ainsi les situations qui étaient enregistrées comme embouteillages mais dont la vitesse, selon la courbe de variation des vitesses provenant du point de comptage à long terme, n'était à aucun moment en dessous de 30 km/h ne sont pas utilisées conformément à la définition d'un embouteillage.

Les embouteillages enregistrés ont été interprétés en considération de l'heure exacte de leur début et fin à l'aide des courbes de variation des vitesses et du débit. Le nombre d'embouteillages interprétables diminuait si soit la fin de l'embouteillage ne dépassait pas la section de mesurage au point de comptage à long terme soit le point de comptage à long terme n'avait pas enregistré de valeurs de vitesse ou débit pour le créneau horaire concerné. Aux embouteillages du centre d'entretien routier d'Alsfeld les deux cas ont eu souvent lieu.

#### **3.1 Résultats de la zone d'étude du centre d'entretien routier d'Ulm-Dornstadt dans le Bade-Wurtemberg**

Tableau 1 représente une liste de tous les embouteillages causés par des conditions hivernales pendant deux hivers étudiés répondant aux exigences mentionnées en haut. Outre les plus hauts volumes de trafic possibles déterminés par des diagrammes d-v elle contient aussi les débits maximaux réels, mesurés par voie empirique, des intervalles concernés. Les différences entre ces valeurs permettront d'évaluer la qualité du modèle d-v linéaire. En plus, à l'aide des valeurs de capacité pour chaussée sèche et en plein jour, indiquées dans le manuel HBS (2001), on peut quantifier la réduction causée par les conditions de chaussée hivernales.

**Tableau 1 : Résultats de la détermination de la capacité pour la zone du centre d'entretien routier d'Ulm-Dornstadt**

**Hiver 2002/03**

Date	Point de mesure	Participation de poids lourd	Inclinaison longitudinale	Débit max.	Capacité (HBS)	Diminution de la capacité
Sa, 04.01.2003	S22	< 5%	≤ 2,0	3.246	3.550	< 10%
	S24	< 5%	2,4	3.204	3.450	
	S25	< 5%	2,3	3.180	3.475	
Di, 05.01.2003	S22	< 5%	≤ 2,0	2.911	3.550	~ 20%
	S24	< 5%	2,4	3.008	3.450	
Je, 23.01.2003	S25	ca. 25%	2,3	1.587	3.275	~ 50%
Je, 30.01.2003	S22	ca. 25%	≤ 2,0	1.789	3.350	~ 50%
	S24	ca. 25%	2,4	1.678	3.250	
	S25	ca. 25%	2,3	1.835	3.275	
Je, 06.02.2003	S22	ca. 30%	≤ 2,0	1.154	3.300	~ 60%
	S24	ca. 30%	2,4	1.067	3.200	
	S25	ca. 30%	2,3	1.368	3.225	

**Hiver 2003/04**

Date	Point de mesure	Participation de poids lourd	Inclinaison longitudinale	Débit max.	Capacité (HBS)	Diminution de la capacité
Lu, 15.12.2003	M1	ca. 25%	2,1	2.215	3.325	~ 35%
	M2	ca. 25%	2,8	1.760	3.150	
	S24	ca. 30%	2,4	2.366	3.200	~ 30%
	S25	ca. 25%	2,3	2.016	3.275	
Di, 08.02.2004	M1	< 5%	2,1	2.185	3.575	~ 40%
Ve, 27.02.2004	S22	ca. 15%	≤ 2,0	3.198	3.450	~ 10%
	S24	ca. 15%	2,4	3.369	3.350	

Les fautes absolues ainsi que les fautes relatives sont indiquées dans la comparaison entre l'expérience et le modèle d-v linéaire. Plus le débit maximal est élevé, plus les effets sur la faute relative sont faibles. Ainsi toutes les journées étudiées des deux hivers à l'exception de trois présentent une différence de moins de 10 %. Mais par exemple durant l'embouteillage du 06/02/2003, la capacité s'est tellement réduite que des valeurs de fautes un peu plus élevées naissent au niveau des pourcentages. Il peut y avoir ici des divergences dans les deux sens. On ne peut découvrir aucune tendance qui consisterait à dire que les débits maximaux constatés à l'aide des diagrammes d-v seraient par principe plus élevés ou sans exceptions inférieures à ceux qui ont été mesurés de façon empirique. On peut donc conclure que le procédé appliqué ne semble pas contenir de fautes systématiques et que les différences au niveau du débit maximal résultent, par contre, uniquement de l'inexactitude des droites de régression dressées.

Les capacités de comparaison pour des voies unidirectionnelles à deux bandes sans limitation de vitesse proviennent, comme déjà mentionné, du HBS ( 2001 ). Sur des pentes équivalentes de plus de 2 %, les capacités ont été interpolées respectivement aux sections de mesurage concernées.

Avec les valeurs de comparaison des capacités valables pour chaussée sèche et en plein jour que l'on trouve ainsi, on remarque des réductions d'une ampleur de 10 % à un peu plus de 60 %. Il en résulte donc une très grande marge ce qui montre qu'apparemment la réduction de la capacité dépend très fortement aussi de la nature et de l'intensité de l'événement hivernal.

Selon les rapports d'activité, samedi, 04 janvier 2003, on a d'abord effectué un épandage purement préventif avant que les premières chutes de neige commencent tard l'après-midi. Cette mesure préventive et l'état de la chaussée ne devenant hivernal que peu à peu sont peut-être la raison

pour laquelle, avec quelque 10 %, la réduction de la capacité était relativement faible. La petite part des poids lourds peut y avoir aussi contribué. Pour les dates du 05/01, 23/01 et 30/01, les rapports d'activité mentionnent de la neige fraîche et de la boue neigeuse. Bien que, à première vue, les conditions météorologiques apparaissent similaires, le 05/01/2003 la capacité a diminué seulement de 20 % contrairement à quelque 50 % les deux autres jours. Ceci s'explique à nouveau seulement par les parts de poids lourds différentes et les grandes divergences des événements hivernaux quant à leurs intensités.

Des événements hivernaux extrêmes avec de longues chutes de neige ont causé, le matin du 06/02/2003, les plus grandes diminutions de la capacité avec un peu plus de 60 % dans la direction de Stuttgart. La direction de Munich était influencée par des fermetures de voies temporaires avant la montée vers le plateau du Jura souabe, donc ces sections de mesurage n'ont pas été prises en compte dans les résultats. On dispose de photos de cette journée pour une estimation visuelle ( cf. Figure 2 ). En ce faisant, malgré une intervention de dégagement et d'épandage en utilisant tous les moyens disponibles, la chaussée restait couverte de neige.



**Figure 2 :** Conditions de chaussée hivernales sur l'autoroute A 8 dans la zone du centre d'entretien routier d'Ulm-Dornstadt le 06/02/2003 ( à gauche à 9.34h, à droite à 11.00h )

### **3.2 Résultats de la zone d'étude du centre d'entretien routier d'Alsfield dans la Hesse**

On ne dispose que de deux embouteillages utilisables de la zone d'étude d'Alsfield ( cf. Tableau 2 ). Durant l'hiver 2002/03 ceci s'explique surtout par le fait que d'un côté les embouteillages saisis ne se déroulaient, géographiquement, pas dans les sections des points de comptage à long terme et que, de l'autre côté, les enregistrements font souvent défaut pour les journées hivernales étudiées. Durant l'hiver 2003/04 des événements d'embouteillage causés par des conditions hivernales ont été enregistrés uniquement durant une journée mais ceux-ci n'ont pas pu être utilisés pour observer les capacités ( p. ex. débit trop faible tôt le matin ).

**Tableau 2 :** Résultats de la détermination de la capacité pour la zone du centre d'entretien routier d'Alsfield

### Hiver 2002/03

Date	Point de mesure	Participation de poids lourd	Inclinaison longitudinale	Débit max.	Capacité (HBS)	Diminution de la capacité
Sa, 23.02.2002	AXN	11%	-0,5	1.972	3.500	~ 40%
Lu, 03.02.2003	ALS	26%	-2,5	2.385	3.350	~ 35%

Dans les résultats d'Alsfeld, avec -6 % resp. 9 % les déviations en pour cent entre l'expérience et le modèle linéaire d-v restent eux aussi en dessous de 10 %. Avec quelque 40 % resp. 35 %, les diminutions de capacité restent dans la moyenne des résultats des interprétations des points de comptage de Bade-Wurtemberg. Dans les rapports d'activité pour les deux jours les cases « neige fraîche » et « boue neigeuse » étaient cochées.

## 4 Mesures hivernales spéciales

Dans le cadre de ce projet de recherche, différents projets pilotes dans les centres d'entretien routier respectifs ont été étudiés – dans la perspective d'une optimisation du service d'hiver – et leurs essais en pratique ont été accompagnés au niveau scientifique. Quelques-unes de ces mesures étudiées seront décrites par la suite : L'utilisation d'un véhicule haute performance équipé d'un chasse-neige et d'une souffleuse balayeuse pour le service hivernal ; l'utilisation d'un pulvérisateur de produit dégelant mobile dans la zone de chantier ; l'emploi de feux clignotants bleus et de sirènes sur des véhicules de service d'hiver ; la réduction des durées de chargement par différents systèmes de chargement ainsi que la possibilité d'imposer des interdictions temporaires de circuler durant des conditions hivernales extrêmes.

### 4.1 Emploi d'un Véhicule haute performance équipée d'une souffleuse-balayeuse pour le service hivernal

Le véhicule spécialisé étudié dans le cadre de cette mesure pilote est en fait un véhicule de service hivernal conçu à l'origine pour être utilisé dans les aéroports avec une souffleuse-balayeuse rajoutée. Les souffleuses-balayeuses (Jetbroom) développées par la société suisse Marcel Boschung AG sont employées dans les centres d'entretien routier d'Alsfeld (Hesse) et de Freudenberg (Rhénanie-du-Nord-Westphalie). Ce véhicule spécialisé a été conçu, en général, pour l'entretien de surfaces d'exploitation aérienne et, en particulier, pour le service d'hiver. Les objectifs visés par la conception de la souffleuse-balayeuse étaient une très grande vitesse de travail, une meilleure qualité de dégagement en augmentant la performance de dégagement mécanique ainsi qu'un emploi multifonctions. Depuis 1987, les Jetbrooms sont également utilisés pour le service d'hiver des routes à l'étranger. Les résultats présentés ici proviennent de la phase d'introduction des nouveaux véhicules de service d'hiver dans la Hesse et dans la Rhénanie-du-Nord-Westphalie ainsi que de la deuxième période d'emploi dans la Hesse pendant l'hiver 2003/2004.

Pour l'emploi dans le service d'hiver le véhicule ( cf. Fig. 3 ) est équipé d'un chasse-neige polysoc avec une largeur de dégagement adaptée au système total – en règle générale avec un soc pivotant et une largeur de dégagement > 4 m – ainsi que d'une souffleuse-balayeuse entre les essieux et de buses souffleuses à l'arrière du véhicule pour l'emploi en dé-



gagement à droite ou à gauche. La souffleuse-balayeuse se compose d'un balai rotatif combiné avec des buses souffleuses. Les buses souffleuses placées sur la souffleuse-balayeuse et à l'arrière du véhicule sont alimentées d'un courant d'air réglable par une turbine à haute performance. Pour épandage du sel humide, un appareillage d'épandage standard de 4 m<sup>3</sup> et un dispositif de sel humide approprié sont montés sur le véhicule haute performance.



**Figure 3 : Souffleuse balayeuse à haute performance comme véhicule de service d'hiver routier**

Ainsi, dans le mode de balayage-soufflage, immédiatement après le dégagement de la neige par le chasse-neige a lieu un autre déneigement combiné, mécanique et pneumatique du reste de la neige, de la boue neigeuse ou de l'eau. Selon la consistance de la neige on peut équiper le balai rotatif qui tourne dans le sens inverse à la marche et parallèlement au chasse-neige en position inclinée de lamelles de fil d'acier ondulé ou de matière plastique. La pression d'appui du balai rotatif est réglable en continu. Le balai s'adapte automatiquement à la nature des terrains et devrait permettre de grandes vitesses de dégagement. Les restes de neige transportés en avant par le balai sont soufflés sur les côtés par les buses d'air montées de manière pivotante à la balayeuse. Ceci permet une haute qualité de dégagement pour une faible inclinaison du balai. Les buses souffleuses montées à l'arrière du véhicule éliminent ensuite les derniers restes de neige de la tranche de route à dégager.

Pour analyser et évaluer les souffleuses-balayeuses à haute performance quant à leur emploi dans le service d'hiver sur les autoroutes, l'Institut du génie routier et ferroviaire (ISE) a pris des photos et des vidéos en roulant derrière les véhicules pendant leur emploi en service d'hiver, interprété les rapports d'activité sur les services d'hiver et les tachygraphes qui ont été mis à sa disposition et discuté avec les personnels des centres d'entretien routier. L'objectif était d'étudier la qualité de dégagement à des vitesses de dégagement élevées, les vitesses de dégagement dans la pratique ainsi que la disponibilité opérationnelle de la souffleuse-balayeuse à haute performance en vue de particularités éventuelles pendant les interventions.

Pour déterminer la vitesse de dégagement moyenne, on a pu attribuer, dans la plupart du temps sans équivoque, les profils de vitesse des ta-

chygraphes, complétés par les rapports d'activité sur les services d'hiver, à des sections de route bien précises. Seules les vitesses moyennes qui avaient été atteintes sur les chaussées continues sans obstacles présents, ont été utilisées pour déterminer les vitesses de dégagement moyennes. En général on peut constater qu'après une phase d'accoutumance des vitesses de dégagement moyennes de 50 km/h peuvent être présumées pour les souffleuses-balayeuses à haute performance tandis que dans la phase d'accoutumance elles étaient de 45 km/h. Contrairement au véhicule de service d'hiver standard, les inclinaisons longitudinales n'avaient que peu d'influence à l'emploi de la souffleuse-balayeuse à haute performance.

Par-contre durant les deux hivers au cours desquels les interventions de service d'hiver étaient étudiées, il n'y avait ni de grandes hauteurs de neige ( $\geq 10$  cm) ni des consistances de neige humides / lourdes ce qui aurait rendu le service plus difficile. Il faut supposer que les vitesses de dégagement sont moins élevées dans de telles conditions. Surtout avec de la neige humide, la vitesse de dégagement est limitée vers le haut pour éviter p. ex. d'importants dégâts aux panneaux, postes téléphoniques ou boîtes de distribution en bord de routes.

La qualité de dégagement a été estimée visuellement. Pour ceci, des photos et des enregistrements vidéo ont été réalisés en suivant la souffleuse-balayeuse à haute performance ainsi que des photos prises à partir d'endroits plus élevés tels que des ponts. Ceci a permis de faire une comparaison visuelle directe sur écran de l'état de la chaussée avant et après le dégagement.

Si l'on compare les résultats du dégagement effectué par véhicule de service d'hiver standard muni seulement d'un chasse-neige avec ceux d'un véhicule à haute performance équipé de chasse-neige et de souffleuse-balayeuse, on constate aisément le dégagement mécanique-pneumatique supplémentaire. Ceci permet, comme la figure 4 le montre, de meilleurs résultats de dégagement allant jusqu'à un dégagement complet à des vitesses de dégagement élevées.



**Figure 4 :** Comparaison des résultats de dégagement par véhicule de service d'hiver standard (à gauche) avec ceux par souffleuse-balayeuse à haute performance (à droite)

En conclusion on peut constater que dans des sections de route sensibles, surtout avec de fortes inclinaisons longitudinales, ce véhicule peut

optimiser le service d'hiver par un dégagement complet mécanique renforcé avec, en même temps, des durées d'exécution très brèves (< 30 minutes) et ainsi réduire le risque de bouchons causés par les conditions hivernales notablement.

En règle générale le dégagement par souffleuse-balayeuse à haute performance devrait s'effectuer en progression en décalage afin d'obtenir un état de la chaussée homogène. La distance entre les véhicules de dégagement devrait être assez faible pour que les autres usagers de la route ne doublent pas. Dans le cas de fortes chutes de neige, il faut dissoudre le groupe de véhicules en progression en décalage afin de mieux s'occuper de la voie droite en durées d'exécution moins élevées.

#### 4.2 L'emploi de feux clignotants bleus et de sirènes aux véhicules de service d'hiver

L'emploi de feux clignotants bleus et de sirènes (comme sur les véhicules de police, de sapeurs-pompiers et du SAMU) sur des véhicules de service d'hiver au lieu des gyrophares jaunes permet à ces véhicules, pendant des embouteillages, de former des passages de déneigement sur des sections de route de haute charge et d'assurer ainsi le service hivernal sans grande perte de temps dans la phase sensible.



Figure 5 : Dégagement rendu plus difficile dans le cas d'un embouteillage

Pour étudier cette mesure, il fallait surtout tenir compte de questions légales. En principe, l'emploi de feu clignotant bleu sur des véhicules de service d'hiver peut être compatible aux directives consignées dans le Code de la route allemand « StVO » si une prestation du service d'hiver rapide aussi dans le cas d'embouteillages contribue à éviter des situations d'urgence causées par des embouteillages de longue durée et ainsi des dangers. Les feux clignotants bleus sont à employer uniquement pour former des passages de déneigement ; sinon les véhicules de service d'hiver ne sont pas libérés des autres dispositions du code de la route allemand « StVO ». Pour que le feu clignotant bleu puisse être employé sans effets rétroactifs négatifs à long terme pour la police, les sapeurs-pompiers et le SAMU, il faut que les services d'hiver l'emploient de façon très restrictive. Pour cette raison il faut fixer des directives fondamentales précises pour l'emploi du feu clignotant bleu. Ainsi un service d'hiver rapide et effectif peut être assuré si à tout moment, dans les sections de route

risquant la formation rapide d'embouteillages, un véhicule muni d'un feu clignotant bleu et d'une sirène peut, en cas de risque d'embouteillage très élevé ou s'il y a déjà des embouteillages ou bien dans le cas de chutes de neige fortes et durables, former des passages de déneigement tout seul et avec un effet rapide, sans devoir attendre un autre véhicule muni d'un dispositif d'alerte approprié.



**Figure 6 : Véhicule de service d'hiver muni de feux flash et d'avertisseurs à plusieurs tons**

### **4.3 Réduction des durées de chargement**

Le chargement des véhicules de service d'hiver avec du sel d'épandage sec ou avec une solution saline représente une perte de temps pendant l'intervention de service d'hiver. C'est pourquoi il convient de réduire les durées de chargement au minimum. Ces études avaient pour but de comparer différents systèmes de chargement en tenant compte des durées de chargement spécifiques à chaque système dans la pratique du service d'hiver – le tout dans le but d'élaborer des potentiels d'optimisation pour réduire les durées de chargement. Le chargement du sel d'épandage sec peut se faire par convoyeur de matériaux d'épandage, chargeur à roues, silo de matériaux d'épandage ou (rarement) grue de chargement. Dans la pratique des services d'hiver, le chargement par chargeur à roues ou avec la technique du silo s'avère être positif en considération des brèves durées de chargement et de l'intervention d'un seul agent. Le chargement par convoyeur de matériaux d'épandage peut être employé comme système supplémentaire ou de remplacement si la capacité des systèmes de chargement présents est insuffisante. En dimensionnant les systèmes de chargement, il faut assurer que la défaillance d'un système pendant la prestation du service d'hiver (silo du matériau d'épandage vide ou obstrué, arrêt technique du chargeur à roues ou du convoyeur) puisse être compensée par l'intervention d'autres systèmes. Pour ceci seule une combinaison des différents systèmes de chargement, surtout chargeur à roues et technique de silos, en capacités suffisantes peut être recommandable au service d'entretien des autoroutes en cas d'interventions de plusieurs journées avec tous les moyens disponibles utilisés. La technique des silos peut surtout être appliquée pour des halles d'entrepôt de sel hors service car les silos de matériaux d'épandage ser-

vent aussi bien de systèmes de stockage que de chargement. Souvent les bases opérationnelles sont utilisées communément par plusieurs centres d'entretien routier. Dans ce cas, les silos de matériaux d'épandage permettent le chargement simultané de plusieurs véhicules de service d'hiver et le re-chargement simultané des véhicules après les interventions de service d'hiver en groupes de véhicules en progression en décalage. Les systèmes de chargement pour les différents centres d'entretien routier doivent être choisis au cas par cas en tenant compte des conditions locales et des systèmes existants. En plus, toutes les bases opérationnelles devraient être munies de dispositifs de chargement de solution saline pour pouvoir garantir en principe l'emploi de sel d'épandage humide lors du service flexible des véhicules pendant des périodes d'utilisation maximale. Les durées de chargement peuvent être notablement réduites au minimum en renforçant le chargement simultané de sel d'épandage sec et de solution saline. Ainsi les chargements en 7 minutes deviendront possibles – avec comme facteur décisif la performance du dispositif de chargement de la solution saline.



Figure 7 : Chargement par silos de matériaux d'épandage de 250 t

## 5 Conclusion

Les premiers résultats de la réduction de capacité due aux conditions de la chaussée hivernales ont démontré la grande importance que le service d'hiver joue surtout sur les autoroutes de haute charge. En tout, 25 embouteillages causés par des conditions hivernales ont pu être analysés pour déterminer les capacités. Les évaluations des événements de bouchons causés par des conditions hivernales sur autoroute ont donné des réductions de capacité de 10 et 60 % aux sections de mesurage au Bade-Wurtemberg ; aux points de comptage en Hesse, on a constaté des pertes de capacité entre 35 et 40 %. Bien que l'ensemble des données pour les observations de la capacité dans l'agglomération soit encore trop faible pour faire des déclarations de principe, ils correspondent bien avec les résultats des deux autres sections de l'étude au niveau de la technique de circulation. En général on remarque que dans les diagrammes d-v, la dispersion des points de données est d'autant plus élevée que la diminution de la capacité est élevée. Avec des conditions météorologiques extrêmes donc non seulement la capacité diminue plus sensiblement, mais aussi le

flux de la circulation lui-même devient nettement plus discontinu. Ceci nuit à l'exactitude avec laquelle une ligne droite peut être rajoutée dans le diagramme d-v. Ainsi les plus grandes fautes naissent pendant les jours de conditions météorologiques extrêmes.

Actuellement à l'Institut du génie routier et ferroviaire de l'Université de Karlsruhe ( université technique ) d'autres études au niveau de la technique de circulation sont exécutées sur la base de ces résultats pour obtenir des connaissances différenciées de l'influence de l'inclinaison longitudinale, de la composition du trafic, de la durée des chutes de neige etc. Celles-ci seront ensuite considérées dans un modèle par l'intermédiaire duquel, en fonction des facteurs d'influence révélateurs, on vise à obtenir un système de décision sur les mesures de service d'hiver sur les autoroutes de haute charge. A l'aide de connaissances plus différenciées sur la capacité pendant des conditions de chaussée hivernales, il est possible de gérer le service d'hiver encore plus efficacement, surtout sur des sections de route sensibles.

## **Bibliographie**

HANDBUCH FÜR DIE BEMESSUNG VON  
STRASSENVERKEHRSANLAGEN (HBS) ( Manuel pour le dimensionnement d'installations de trafic routier )  
Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen ( Société de recherche du génie routier et du transport )  
Cologne, 2001

Cypra, Thorsten / Roos, Ralf / Zimmermann, Matthias. (2006),  
Optimierung des Winterdienstes auf hochbelasteten Autobahnen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V135, Bergisch-Gladbach



# Flux de circulation sur les autoroutes allemandes à fort trafic en hiver

Dipl.-Ing. Thorsten Cypra

INTERROUTE 2006

Rennes – France

24. - 26. 10 2006



## Motivation Situation Actuelle

# ISE



Décembre 21/22, 2001

- Augmentation de la circulation
- Surcharge de circulation causée par des conditions de chaussée hivernales
- Haut niveau du service viabilité hivernale en Allemagne  
→ Mais tout de même des ralentissements important et des bouchons de longue durée
- Besoin de connaître les flux de circulation et les capacités lors des conditions de chaussée hivernales en Allemagne





- Analyse des flux de circulation dans différentes conditions
- Objectifs du projet:
  - Investigation sur la capacité des différents profils en travers d'autoroutes lors de condition de chaussées hivernales
  - Accompagnement de différents projets pilotes dans les différents centres d'entretien routier pour analyser l'optimisation du service d'hiver



## Définition

Donnée par le « Manuel pour le dimensionnement des routes (HBS, 2005) »:

“La capacité est définie comme le plus grand débit qu’un flux de circulation peut atteindre sur une section déterminée avec des conditions routières et de trafic données.”

## Facteurs d'influence

- Conditions routières
- Conditions de circulation
- Conditions de régulation
- Conditions périphériques



---

### **Sources des données:**

- Rapports d'activité sur le service d'hiver des centres d'entretien routier étudiés
- Rapports d'activité additionnels développés par ISE
- Données sur le tracé de la route étudié
- Données avec différentes valeurs de densité et de vitesse
- Rapports d'accidents

### **Sélection des données pour l'analyse de capacité:**

- Embouteillages causés par des conditions hivernales
- Pas les embouteillages liés aux accidents en condition hivernale

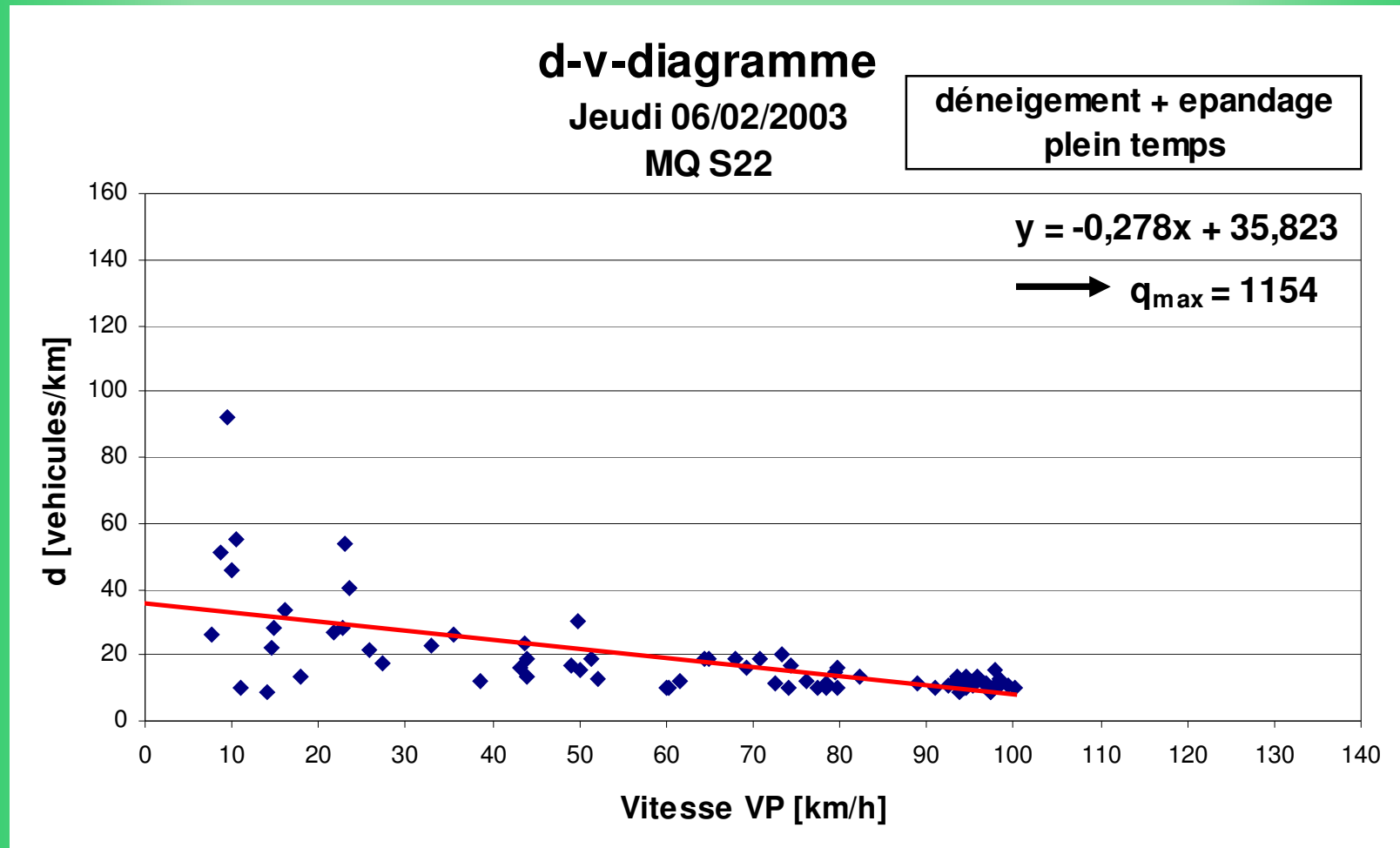


- Autoroute A8  
Centre d'entretien routier d'Ulm-Dornstadt, Bade-Wurtemberg  
TMJA<sub>2003</sub> = 78.000; poids lourd 15,1 %
- Autoroute A5  
Centre d'entretien routier d'Alsfeld, Hesse:  
TMJA<sub>2003</sub> = 53.000; poids lourd 15,2 %
- Conurbation Rhin-Main:  
Centre d'entretien routier d'Rüsselsheim, Hesse:  
TMJA<sub>2003</sub> = 134.000; poids lourd 13,1 %
- Les centres d'entretien routier choisis ont saisi les embouteillages pendant les semestres d'hiver de 2001/02 à 2003/04



# Méthode Diagramme „Densité de circulation – Vitesse“

ISE





# Résultats

## Autoroute A8 à Bade-Wurtemberg

ISE

### Hiver 2002/03

Date	Point de mesure	Participation de poids lourd	Inclinaison longitudinale	Débit max.	Capacité (HBS)	Diminution de la capacité
Sa, 04.01.2003	S22	< 5%	≤ 2,0	3.246	3.550	< 10%
	S24	< 5%	2,4	3.204	3.450	
	S25	< 5%	2,3	3.180	3.475	
Di, 05.01.2003	S22	< 5%	≤ 2,0	2.911	3.550	~ 20%
	S24	< 5%	2,4	3.008	3.450	
Je, 23.01.2003	S25	ca. 25%	2,3	1.587	3.275	~ 50%
Je, 30.01.2003	S22	ca. 25%	≤ 2,0	1.789	3.350	~ 50%
	S24	ca. 25%	2,4	1.678	3.250	
	S25	ca. 25%	2,3	1.835	3.275	
Je, 06.02.2003	S22	ca. 30%	≤ 2,0	1.154	3.300	~ 60%
	S24	ca. 30%	2,4	1.067	3.200	
	S25	ca. 30%	2,3	1.368	3.225	

### Hiver 2003/04

Date	Point de mesure	Participation de poids lourd	Inclinaison longitudinale	Débit max.	Capacité (HBS)	Diminution de la capacité
Lu, 15.12.2003	M1	ca. 25%	2,1	2.215	3.325	~ 35%
	M2	ca. 25%	2,8	1.760	3.150	
	S24	ca. 30%	2,4	2.366	3.200	~ 30%
	S25	ca. 25%	2,3	2.016	3.275	
Di, 08.02.2004	M1	< 5%	2,1	2.185	3.575	~ 40%
Ve, 27.02.2004	S22	ca. 15%	≤ 2,0	3.198	3.450	~ 10%
	S24	ca. 15%	2,4	3.369	3.350	



# Résultats

## Autoroute A8 à Bade-Wurtemberg

ISE

### Hiver 2002/03

Date	Point de mesure	Participation de poids lourd	Inclinaison longitudinale	Débit max.	Capacité (HBS)	Diminution de la capacité
Sa, 04.01.2003	S22	< 5%	≤ 2,0	3.246	3.550	< 10%
	S24	< 5%	2,4	3.204	3.450	
	S25	< 5%	2,3	3.180	3.475	
Di, 05.01.2003	S22	< 5%	≤ 2,0	2.911	3.550	~ 20%
	S24	< 5%	2,4	3.008	3.450	
Je, 23.01.2003	S25	ca. 25%	2,3	1.587	3.275	~ 50%
Je, 30.01.2003	S22	ca. 25%	≤ 2,0	1.789	3.350	~ 50%
	S24	ca. 25%	2,4	1.678	3.250	
	S25	ca. 25%	2,3	1.835	3.275	
Je, 06.02.2003	S22	ca. 30%	≤ 2,0	1.154	3.300	~ 60%
	S24	ca. 30%	2,4	1.067	3.200	
	S25	ca. 30%	2,3	1.368	3.225	

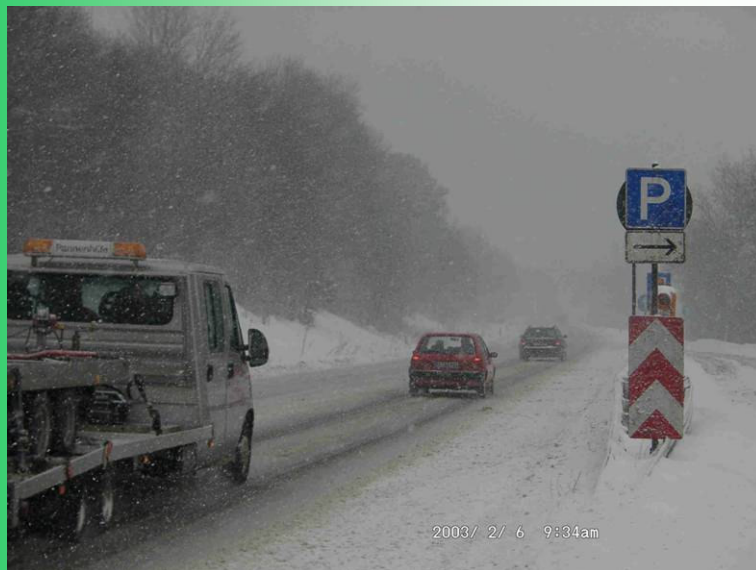
### Hiver 2003/04

Date	Point de mesure	Participation de poids lourd	Inclinaison longitudinale	Débit max.	Capacité (HBS)	Diminution de la capacité
Lu, 15.12.2003	M1	ca. 25%	2,1	2.215	3.325	~ 35%
	M2	ca. 25%	2,8	1.760	3.150	
	S24	ca. 30%	2,4	2.366	3.200	~ 30%
	S25	ca. 25%	2,3	2.016	3.275	
Di, 08.02.2004	M1	< 5%	2,1	2.185	3.575	~ 40%
Ve, 27.02.2004	S22	ca. 15%	≤ 2,0	3.198	3.450	~ 10%
	S24	ca. 15%	2,4	3.369	3.350	



Jeudi, 06.02.2003, Autoroute A 8 (Bade-Wurtemberg):

- Poids lourd: 30 %
- Débit maximal: 1.100 – 1.300 véhicules/h
- Diminution de la capacité: ~ 65 %







- Résultats selon
  - Comportement du flux de circulation pendant des conditions de chaussée hivernales
  - La capacité d'autoroutes pendant des conditions de chaussées hivernales



Systeme d'expert  
d'aide à la décision

- Mesures de Viabilité Hivernale



p.e. interdictions temporaires de  
circuler pour le trafic lourd



## Véhicule Haute Performance

ISE



- Utilisé habituellement sur les aéroports
- « Souffleuse » balayeuse rajoutée
- Largeur de dégagement > 4 m



### Qualité du déneigement:

- Estimation visuelle
- Comparaison de la qualité de déneigement entre les véhicules de service d'hiver standard et le véhicule haute performance
- Haute qualité par le déneigement mécanique et pneumatique supplémentaire → capacité et sécurité



## Justification:

- La possibilité de réaliser le raclage sur des sections à fort trafic est fortement retardée
- Perte de temps sérieuse pour le service d'hiver
- Tests du modèle à différents « Länder » allemands





### Recommandations:

- Définition claire et sans ambiguïté de consignes d'intervention
- Réduction de la perte de temps par le déneigement rapide et de façon indépendante des voies
- Effet positif des gyrophares bleus
- Emploi très restrictif des gyrophares bleus





### Sel d'épandage sec:

- Convoyeur de matériaux d'épandage
- Chargeur sur pneu
- Silo de matériaux d'épandage
- Grue de chargement



- Défaillance d'un système pendant le service d'hivernal  
→ compensation par l'intervention d'autres systèmes si nécessaire
- Combinaison des différents systèmes de chargement



---

### Résumé:

- Grande importance de la viabilité hivernale surtout sur les autoroutes à fort trafic
- Analyse de capacité lors des bouchons causés par les conditions hivernales → besoin de données supplémentaires

### Perspective:

- Analyses ultérieures sur la base de ces résultats
- Détermination des connaissances différenciées de l'influence de la pente longitudinale, de la composition du trafic, de la durée des chutes de neige, etc. considérées dans un modèle pour obtenir un système d'aide à la décision sur les actions de service d'hiver
- Gestion de la viabilité hivernale encore plus efficace



---

**Merci beaucoup pour votre attention!  
Questions sont bienvenues!**

