



NOTE D'INFORMATION

Circulation Sécurité
Équipement Exploitation **116**

Auteurs : INRETS
SETRA - CSTR

Editeur :



ACCIDENTS EN CARREFOURS : utilisation des modèles donnant le nombre moyen d'accidents prévisible

Mars 1998

Le rapport INRETS n° 185, d'août 1994, a permis d'obtenir des modèles donnant le nombre moyen d'accidents prévisible pour des carrefours plans situés sur les routes principales hors agglomération, cela en fonction des principales caractéristiques du carrefour (telles que le nombre de branches, le nombre de voies sur la route prioritaire, etc.), et des trafics en présence. La présente note s'intéresse aux principales applications de ce type de modèle, et ne revient pas sur les méthodes d'élaboration des modèles, pour lesquelles on se reportera au rapport publié par l'INRETS. Les applications que nous développerons ici sont principalement, dans le domaine de l'aide au diagnostic et de l'aide à la décision d'aménagement :

- la comparaison entre le nombre d'accidents observé sur un site, et la « prédiction » du modèle, qui donne en fait ce qu'on observerait en moyenne sur une population de carrefours comparables soumis aux mêmes trafics, et sur une même période d'étude ;
- la comparaison entre les nombres d'accidents prévisibles pour différents types de carrefour, par exemple carrefour ordinaire et carrefour giratoire.

1 - LES MODÈLES OBTENUS

Carrefours plans ordinaires équipés de signaux « Stop » ou « Cédez-le-passage »

Le modèle obtenu vaut pour les carrefours plans ordinaires dont les trafics sont compris entre 3 000 et 25 000 véh/j sur la route prioritaire, et compris entre 500 et 8 000 véh/j sur la route non prioritaire (on peut admettre cependant, avec quelques réserves, de l'utiliser dans un domaine de trafic plus large : 2 000 à 40 000 véh/j sur la route prioritaire, et 0 à 13 000 véh/j sur la route non prioritaire). Ce modèle peut être écrit sous la forme :

$$A = J \cdot 2,73 \cdot 10^{-5} \cdot TS^{0,62} \cdot TP^{0,51} \cdot F_{bra} \cdot F_{voie} \cdot F_c$$

avec A : nombre d'accidents prévisible sur la période d'étude
J : nombre d'années de la période
TS : trafic secondaire (véh/j, deux sens confondus)
TP : trafic principal (véh/j, deux sens confondus)
 $F_{bra} = 2,18$ si carrefour à 4 branches
= 1 si carrefour à 3 branches
 $F_{voie} = 1,63$ si route principale à 2 x 2 voies
= 1 dans les autres cas
 F_c : coefficient correcteur selon la période d'étude

L'utilisation de cette formule ne pose pas de difficulté particulière. La détermination du coefficient F_c est effectuée sur la base des indications qui suivent :

- ce coefficient est nécessaire lorsque la période d'étude du carrefour auquel on veut appliquer le modèle est différente de la période 1986-1990, qui était la période d'étude utilisée pour la constitution du modèle ;
- le coefficient F_c est évalué sur la base de l'évolution du taux d'accidents (nombre d'accidents pour 100 millions de véh/km) observé sur les routes nationales ;
- $F_c =$ taux moyen sur la période d'étude / taux moyen 1986-1990.

Cela s'applique aussi bien au cas de périodes d'études dont la durée n'est pas de cinq ans, qu'aux cas plus courants où la période d'étude de 5 ans est décalée dans le temps.

Les valeurs du taux d'accidents (R.N. hors aggro. et agglos < 5000 ha) sont données dans le tableau ci-dessous :

années	taux d'accidents (acc. pour 100 millions de véh.km)	débits (MJA en véh/j)
1980	36,90	7268
1981	34,78	7279
1982	33,05	7396
1983	31,61	7418
1984	30,78	7316
1985	28,58	7441
1986	27,76	7829
1987	24,75	8114
1988	23,88	8398
1989	22,32	8694
1990	21,06	8828
1991	18,80	8956
1992	17,88	8959
1993	16,96	9111
1994	15,87	9333
1995	15,04	9462
1996	14,10	9628

Pour faire la moyenne du taux d'accidents sur une période donnée, il convient de faire une moyenne pondérée par les débits (valeurs nationales pour la période de référence 1986-1990, valeurs nationales ou valeurs reposant sur les données locales de trafic pour la période d'étude du site). Pour simplifier, on peut se contenter de faire une moyenne arithmétique, ou même de considérer que F_c est très proche du rapport des taux d'accidents correspondant aux années autour desquelles sont centrées les périodes ($F_c = \text{taux de l'année médiane de la période d'étude} / 23,88$).

Carrefours giratoires

Bien qu'il repose sur des données plus fragiles, un modèle a pu être constitué également pour les carrefours giratoires. Ce modèle peut être écrit sous la forme :

$$A = J \cdot 0,15 \cdot 10^{-4} \cdot TE$$

avec A : nombre d'accidents prévisible sur la période d'étude
 J : nombre d'années de la période
 TE : trafic total en entrant (véh/j)

A la différence du modèle donné plus haut pour les carrefours plans ordinaires, on ne dispose pas de coefficient correcteur en fonction de la période d'étude. Cependant, si l'on applique le coefficient F_c , calculé selon les indications ci-dessus, pour des périodes plus récentes que la période 1986-1990, on peut considérer qu'on obtiendra une approximation par excès du nombre d'accidents prédictible sur un carrefour giratoire.

Ce modèle vaut pour les giratoires donc les trafics entrants sont compris entre 3 200 véh/j et 40 000 véh/j et pour la période d'étude 1986-1990.

2 - COMPARAISON ENTRE LE NOMBRE D'ACCIDENTS OBSERVÉ SUR UN SITE ET LA PRÉDICTION DU MODÈLE

Cette démarche permet d'apprécier le niveau d'insécurité d'un site particulier, par comparaison avec le niveau moyen d'insécurité qui serait attaché à des carrefours comparables (nombre de branches, de voies sur la route prioritaire, etc.) soumis aux mêmes conditions de trafic.

Ainsi, si le nombre d'accidents observé est significativement supérieur à ce qui peut être prévu sur des carrefours comparables, on peut penser que le carrefour présente des anomalies accidentogènes qui pourraient être corrigées sans remettre en cause le type de carrefour. A l'inverse, si ce nombre est comparable ou inférieur à la prédiction, on peut penser que ce carrefour ne présente pas d'anomalie marquée, et que la solution envisageable pour réduire le nombre d'accidents de façon notable est un changement radical de type de carrefour (transformation en carrefour giratoire par exemple).

Bien entendu, cette démarche ne vient qu'en appui, en complément à l'analyse fine des procédures d'accidents (procès-verbaux établis par les forces de l'ordre). En effet, « l'anormalité » du site peut être également appréciée par l'analyse des procédures d'accidents, et surtout cette analyse est la seule en mesure de nous faire connaître la nature des anomalies de l'aménagement, et donc la seule permettant de définir ensuite des aménagements de sécurité appropriés.

La comparaison entre l'observation sur le site et la prédiction faite sur des carrefours comparables, de nature plus statistique, permet donc de recouper, de conforter l'analyse des procédures. Au-delà, la prédiction du modèle est un des moyens d'apprécier quel niveau d'insécurité pourrait être raisonnablement atteint par des mesures correctives.

Cette application peut être illustrée par l'exemple suivant :

Il s'agit d'un carrefour à 4 branches, équipé de voies de tourne-à-gauche avec des îlots en saillie, situé à l'intersection d'une route nationale à 2 voies supportant un trafic moyen de 19 240 v/j en moyenne sur la période 1988-1992, et d'une route départementale supportant un trafic de 5 120 v/j (moyenne des trafics sur les 2 branches, sur cette période).

a) Conclusions de la démarche de diagnostic (sans l'apport de l'utilisation du modèle).

Les principaux éléments tirés de l'examen des données locales d'accidents, examen incluant l'analyse du déroule-

ment des accidents à travers les procès-verbaux, sont les suivants :

- au total, 15 accidents se sont produits sur la période 1988-1992, correspondant tous à des collisions de type « collisions à angle droit » entre un usager non prioritaire traversant la RN et un usager prioritaire circulant sur cette route ;
- pour 4 de ces accidents, les renseignements disponibles sont insuffisants pour avoir une compréhension précise du déroulement de l'accident (absence ou insuffisance du procès-verbal) ;
- 3 accidents (groupe 1) ont un déroulement voisin : un usager de la route non prioritaire, habitant le département, est surpris par la présence du carrefour, et ne s'arrête pas au Stop ou tardivement, d'où collision avec un véhicule prioritaire ;
- 8 accidents (groupe 2) concernent des usagers non prioritaires qui s'arrêtent au Stop, ne perçoivent pas l'usager prioritaire (dans deux cas, il s'agit d'une motocyclette), ou plus rarement, mésestiment sa vitesse ou sa distance au carrefour, puis redémarrent et entrent en collision avec l'usager prioritaire.

Ces éléments, complétés par un examen du site, conduisent aux conclusions suivantes :

- les conditions d'approche sur les branches de la route départementale (tracé facile, rectiligne sur 3 et 3,5 km de part et d'autre du carrefour, route prioritaire respectivement sur 11 km et 6 km, font que les usagers, même connaissant les lieux, peuvent être surpris par la présence du carrefour, malgré un traitement classique et convenable de l'arrivée sur le carrefour (signalisation, îlot séparateur efficace en termes de rupture visuelle), et de ce fait, peuvent ne pas s'arrêter ou s'arrêter trop tardivement.

Ce problème concerne au moins 3 accidents (groupe 1), et au plus 7 si les 4 cas incertains relevaient de ce déroulement, et pourrait sans doute être notablement atténué par l'implantation de dispositifs d'alerte (bandes rugueuses) en approche des Stop ;

- les autres accidents (groupe 2 ; 8 accidents au moins, et au plus 12 si les quatre cas incertains s'y rattachaient) relèvent de facteurs plus généraux, plus habituels sur ce type de carrefour : la combinaison des vitesses élevées des usagers prioritaires et de la difficulté de la traversée pour les usagers non prioritaires, qui doivent prendre de l'information visuelle, traiter cette information, prendre une décision et effectuer leur manœuvre sous de fortes contraintes de temps ; ce qui peut conduire à des problèmes tels que la non perception d'un usager prioritaire ou des erreurs d'estimation.

Ces phénomènes sont peut être accentués sur ce site, compte tenu des conditions d'approche défavorables pour l'un des deux sens, dues au fait que la route nationale à deux voies est dans le prolongement d'une route express à deux chaussées de caractère autoroutier sur une très longue distance, ce qui engendre notamment un niveau de vitesse particulièrement élevé.

Quoi qu'il en soit, ces problèmes peuvent difficilement être traités dans le cadre d'une approche ponctuelle, excepté si

l'on change radicalement de type de carrefour, de façon à éliminer les facteurs habituels, dont il vient d'être question, de l'insécurité des carrefours ordinaires.

b) Comparaison entre nombre d'accidents observé sur ce site et prédiction du modèle.

Compte tenu des données présentées plus haut et après corrections liées à la période d'étude (F_c), le nombre d'accidents prédit par le modèle, pour un carrefour à 4 branches sur route nationale à deux voies situé dans les mêmes conditions de trafic, est de 8 accidents environ sur la période 1988-1992.

Ce nombre est à comparer au nombre observé qui est de 15 accidents corporels. Pour un nombre d'accidents observé de 15, la limite inférieure de l'intervalle de confiance à 90 % de la moyenne (voir le tableau des intervalles de confiance de la loi de Poisson, joint à la présente note d'information) est de 9,2 accidents.

Il apparaît donc que ce carrefour se distingue, par des facteurs d'insécurité spécifiques, de la moyenne d'une population de référence (virtuelle) de carrefours de même configuration générale placés dans des conditions de trafic identiques.

Cette approche conforte les conclusions du point a ci-dessus. Elle tend à montrer d'une part qu'il existe des possibilités d'actions correctives puisque le site a un niveau d'insécurité plus fort que la moyenne. Elle suggère d'autre part que malgré cela, la part de l'insécurité structurelle qui demeurerait si l'on se ramenait à des conditions moyennes est élevée (de l'ordre de 8 accidents en cinq ans), du fait des trafics exposés, ce qui devrait inciter à prévoir une transformation plus radicale du carrefour (changement de type de carrefour au profit d'un type structurellement plus sûr, comme le carrefour giratoire par exemple).

3 - PRÉDICTIONS COMPARÉES DES NOMBRES D'ACCIDENTS SUR DIFFÉRENTS TYPES DE CARREFOUR

De telles comparaisons peuvent être utiles lors de l'aménagement d'infrastructures nouvelles, pour lesquelles il peut être intéressant, par exemple, de comparer le nombre d'accidents prévisible dans une configuration de type carrefour giratoire au nombre d'accidents prévisible dans une configuration de type carrefour plan ordinaire, pour des conditions de trafics identiques. Mais il peut être aussi intéressant, sur un site existant, de comparer le nombre d'accidents observé, le nombre prédit sur la même période par le modèle sur un carrefour plan ordinaire moyen (placé dans les mêmes conditions de trafic) et le nombre prévisible dans ces mêmes conditions sur un carrefour giratoire moyen.

On peut reprendre ici l'exemple précédent : le nombre d'accidents constatés sur la période 1988-1992 est de 15. Les prédictions des modèles, intégrant la correction par le coefficient F_c , conduisent aux résultats suivants :

- le nombre d'accidents prévisible en moyenne sur des carrefours ordinaires présentant les mêmes caractéristiques générales, soumis aux mêmes conditions de trafic, et sur la même période est égal à :

$$5 \times 2,73 \cdot 10^{-5} \times 5 \cdot 120^{0,62} \times 19 \cdot 240^{0,51} \times 2,18 \times (21,06/23,88) = 7,9$$

- le nombre d'accidents prévisible en moyenne sur des carrefours giratoires soumis aux mêmes conditions de trafic et sur la même période est égal à :

$$5 \times 0,15 \cdot 10^{-4} \times (5 \cdot 120 + 19 \cdot 240) \times (21,06/23,88) = 1,6$$

On voit donc, dans ce cas, que s'il est raisonnable d'escompter ramener le nombre d'accidents à environ huit par période de 5 ans, au moyen de mesures correctives (compte tenu de ces chiffres et du diagnostic exposé dans le point 2 ci-dessus), un tel bilan resterait assez lourd, et pourrait être réduit encore considérablement (jusqu'à 1,6 accident en moyenne par période de cinq ans) si l'on transformait l'intersection en carrefour giratoire. Dans cette comparaison, un avantage supplémentaire doit aussi être donné au carrefour giratoire, si l'on tient compte de la gravité des accidents. En effet, le ratio moyen du nombre d'accidents mortels sur le nombre total d'accidents corporels est au moins deux fois moins élevé sur un giratoire que sur un carrefour plan ordinaire.

4 - CONCLUSIONS

Les développements qui précèdent montrent que les modèles qui ont été élaborés peuvent être utilisés dans différentes perspectives opérationnelles. D'autres applications, comme l'estimation de la moyenne de la variable de Poisson sur un site, sont décrites dans le rapport INRETS n° 185.

Cependant, il est important de rester prudent dans l'utilisation de ces modèles. En effet, s'ils prédisent un « comportement » moyen pour un ensemble de carrefours présentant des caractéristiques similaires et des niveaux de trafics identiques, il existe une dispersion assez importante autour de ce comportement moyen, cette dispersion s'expliquant essentiellement par les particularités locales des sites.

Aussi, il reste indispensable de toujours prendre en compte, en sus de la prédiction des modèles, les données locales d'accident (sauf évidemment en cas d'infrastructures en projet), non seulement sous la forme du nombre d'accidents observé, mais aussi en utilisant les informations contenues dans les procédures d'accidents, permettant de comprendre le déroulement de chaque accident et le rôle des particularités du site étudié.

BIBLIOGRAPHIE

- Sécurité des Routes et des Rues, SETRA, CETUR, Septembre 1992, 436 p.
- BRENAC T. Accidents en carrefour sur routes nationales. Modélisation du nombre d'accidents prédictible sur un carrefour et exemples d'applications. Rapport INRETS n° 185. Arcueil : INRETS, août 1994, 107 p.
- BRENAC T. Carrefours giratoires en France : évolutions et niveau de sécurité. In « Giratoires 92, Actes du séminaire international », 14-16 octobre 1992, Nantes. Bagneux : SETRA, CETUR, février 1993, pp 29-39.
- METHODS. Aide à l'analyse statistique du risque [Logiciel]. Bagneux : SETRA, juin 1995 [version 2.0].

Cette note a été rédigée par :

Thierry BRENAC
Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS)
Louis DUPONT
Centre de la Sécurité et des Techniques Routières (CSTR)
Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA)

S.E.T.R.A. 46, avenue Aristide Briand - B.P. 100 - 92225 BAGNEUX Cedex - France

☎ 01 46 11 31 31 - Télécopie 01 46 11 31 69 - 01 46 11 36 83

Renseignements techniques : L. PATTE - SETRA/CSTR - ☎ 01 46 11 31 33

Bureau de vente : ☎ 01 46 11 31 55 - 01 46 11 31 53 - référence du document : **E 9815**

Ce document a été édité par le SETRA, il ne pourra être utilisé ou reproduit même partiellement sans son autorisation.

AVERTISSEMENT

Cette série de documents est destinée à fournir une information rapide. La contrepartie de cette rapidité est le risque d'erreur et la non exhaustivité. Ce document ne peut engager la responsabilité ni de son auteur ni de l'administration.

Les sociétés citées le cas échéant dans cette série le sont à titre d'exemple d'application jugé nécessaire à la bonne compréhension du texte et à sa mise en pratique.

ISSN 1250-8683

INTERVALLE DE CONFIANCE 90 % (LOI DE POISSON)

Nombre d'accidents constatés : x
 L'intervalle de confiance 90 % de la moyenne m va de m₁ à m₂
 (réf. Biométrie Tables t. 40)

x	m ₁	m ₂	x	m ₁	m ₂	x	m ₁	m ₂
0	0	3	17	10,8	25,5	34	25,0	45,3
1	0,15	4,7	18	11,6	26,7	35	25,9	46,4
2	0,36	6,3	19	12,4	27,9	36	26,7	47,5
3	0,82	7,8	20	13,2	29,1	37	27,6	48,7
4	1,4	9,2	21	14,1	30,2	38	28,4	49,8
5	2,0	10,5	22	14,9	31,4	39	29,3	50,9
6	2,6	11,8	23	15,7	32,6	40	30,2	52,1
7	3,3	13,2	24	16,6	33,8	41	31,1	53,2
8	4,0	14,4	25	17,4	34,9	42	31,9	54,3
9	4,7	15,7	26	18,2	36,1	43	32,8	55,4
10	5,4	17,0	27	19,1	37,2	44	33,7	56,5
11	6,2	18,2	28	19,9	38,4	45	34,6	57,7
12	6,9	19,4	29	20,8	39,5	46	35,5	58,8
13	7,7	20,7	30	21,6	40,7	47	36,3	59,9
14	8,5	21,9	31	22,5	41,8	48	37,2	61,1
15	9,2	23,1	32	23,3	43,0	49	38,1	62,2
16	10,0	24,3	33	24,2	44,1	50	39,0	63,3

Lorsque x > 50, on a :

$$m_1 = x - 1,65 \sqrt{m_1} \quad \text{et } m_2 = x + 1,65 \sqrt{m_2}$$

En première approximation, on calcule :

$$x - 1,65 \sqrt{x} = m_1 \quad \text{et } x + 1,65 \sqrt{x} = m_2$$

Puis on remplace sous le radical x par les valeurs trouvées pour m₁ et pour m₂. On peut recommencer ensuite avec les nouvelles valeurs trouvées de m₁ et de m₂.