



# NOTE D'INFORMATION

Circulation Sécurité  
Equipement Exploitation **117**

Auteur : SETRA - CSTR

Editeur :



## Détection Automatique d'Incidents

Avril 1999

***L'incident est défini comme un événement survenant inopinément et de nature à diminuer la capacité de la route et/ou à réduire le niveau de sécurité.***

***Sa détection peut être réalisée soit par surveillance humaine (appel téléphonique, patrouille, surveillance d'écran vidéo), soit automatiquement (à partir des données de boucles magnétiques, de traitement d'image vidéo, ...). Depuis longtemps des systèmes de surveillance par caméra vidéo et moniteurs ont été installés dans les centres de contrôle routiers, mais il s'avère difficile de surveiller longtemps et efficacement plusieurs écrans simultanément. Il a donc été nécessaire de développer des systèmes automatiques permettant de gérer un plus grand nombre d'incidents dans un délai le plus court possible.***

***Cette note d'information, qui a pour objet de faire le point sur les approches utilisées en matière de Détection Automatique d'Incidents, s'adresse plus particulièrement aux chefs de projet qui veulent avoir une vue globale des différents systèmes possibles. Ces différentes approches comprennent des technologies et des algorithmes divers, ayant fait l'objet de recherches et/ou de mises en œuvre depuis plusieurs années.***

La pertinence d'une détection automatique est jugée à travers sa capacité à détecter (les incidents mais aussi les situations à risques : ralentissement, détection d'un véhicule arrêté sur la BAU (Bande d'Arrêt d'Urgence), d'un piéton, ...) avec un délai adapté. La DAI (Détection Automatique d'Incidents) s'appuie sur un système de surveillance assez précis du réseau (boucles de comptages tous les 500 m, couverture vidéo, ...) qui est coûteux à installer. Lorsque ce système de surveillance existe déjà pour d'autres raisons, il faut rapatrier les données et les traiter avec le logiciel adapté. Pour ces différentes utilisations, la conception du système de DAI doit être adaptée à chaque tronçon selon les besoins et présenter un bon niveau de fiabilité.

### LES ENJEUX

La réduction de capacité consécutive à un incident, panne, accident ou à l'effet de certains facteurs météorologiques, entraîne un ralentissement du trafic et des temps perdus par rapport à une situation sans incident. Il peut ensuite y avoir des perturbations au voisinage de la saturation et des bouchons installés pour une durée importante.

Ce phénomène, concernant un sens de circulation, peut s'étendre au sens inverse en cas d'incident majeur, la curiosité entraînant des ralentissements juste avant le bouchon. Une gestion efficace de l'incident et de ses conséquences possibles permet de réduire le retard subi par les véhicules en amont de l'incident.

Sur les autoroutes et les VRU (Voies Rapides Urbaines), le nombre de suraccidents augmente, compte tenu des niveaux de trafic élevés atteints et l'impact sur la sécurité est important. On apprécie mal aujourd'hui le nombre exact de ces suraccidents.

Des retards et temps de parcours augmentés conduisent, pour le même volume de trafic, à une augmentation des émissions polluantes, de la consommation et de l'usure des véhicules.

Une détection efficace génère des gains de temps et des avantages variés. Elle s'impose comme une action privilégiée d'exploitation des autoroutes et voies rapides et incite les exploitants à se doter d'outils de détection et de gestion performants.

## LES SYSTÈMES DE DÉTECTION

Quel que soit le dispositif de mesure employé (boucle électromagnétique, caméra vidéo, capteur à ultrasons, radar...), les systèmes de DAI reposent sur la mise au point d'algorithmes de détection utilisant les données du trafic acquises en temps réel.

On utilise deux principes de détection :

- la détection directe : la patrouille, l'image vidéo, le radar. L'observation de l'incident est directe. On distingue dans cette catégorie des capteurs ponctuels (on regarde une zone définie et on la suit dans le temps) et des capteurs spatiaux (on compare plusieurs images successives) ;
- la détection indirecte : le capteur à boucle magnétique. Il ne détecte pas un véhicule arrêté mais seulement les conséquences de l'arrêt sur le trafic.

Chaque technologie de détection identifie un incident comme appartenant à une classe d'événement particulier. Par exemple, un véhicule arrêté sur la BAU ne sera pas détecté par un capteur à boucle magnétique (posé sur les voies de circulation) mais sera visualisé par un capteur vidéo.

### Les matériels

Pour la description des matériels, on se référera utilement au document *Les capteurs de trafic routier* édité par le SETRA (réf. E9547).

#### *Le capteur à boucles magnétiques*

Les capteurs magnétiques sont le plus fréquemment utilisés pour la mesure des données de circulation : intensité du trafic, vitesse, taux d'occupation. Les technologies sont différentes selon que l'on utilise une ou plusieurs boucles.

#### *Le capteur vidéo*

La vidéo est couramment utilisée pour la surveillance du trafic par des opérateurs dans les postes de contrôle. Son développement pour l'analyse de trafic est plus récente.

Les systèmes, TRISTAR, qui utilise une image de type spatial, identifie les formes mobiles apparaissant sur l'écran et donc les arrêts en comparant plusieurs images successives (il s'agit d'une fonction « suivi de mobiles ») et IMPACT, qui calcule la densité de véhicules en traitant des pelotons de véhicules successifs, sont des systèmes de détection directe. AUTOSCOPE, qui reproduit sur une fenêtre de l'écran des lignes servant de repères, fonctionne par détection indirecte. Avec ces systèmes, l'incident lui-même est détecté dans un délai de quelques secondes et si l'image de l'incident est transmise à l'exploitant, il peut en définir immédiatement la nature.

#### *Le capteur à hyperfréquence (radar)*

Le radar peut être utilisé en capteur de couverture de zone effectuant une mesure continue sur un site rectiligne et sans obstacle, sur plusieurs voies avec des fonc-

tions de détection d'incidents et de bouchons (type « suivi de mobiles ») ou en capteur de mesure ponctuelle permettant des données de comptage (principe comparable à celui des capteurs à boucles magnétiques). Il comporte deux vitesses d'alarme, l'alarme supérieure permet de détecter les ralentissements et les bouchons, l'alarme inférieure, les arrêts intempestifs du type incident ou accident.

#### *Le capteur phonique*

Un observateur écoutant successivement et périodiquement les signaux en provenance d'un microphone placé en bordure de la voie, est capable d'évaluer l'état plus ou moins fluide de la circulation grâce aux informations sonores qui lui parviennent.

Le détecteur de perturbations construit sur ce principe fonctionne suivant le mode indirect avec une faible précision sur la distinction des situations au droit des appareils.

#### *Les dispositifs embarqués*

Le principe de fonctionnement de ces appareils est le « suivi de mobiles » sur un tronçon plus ou moins long avec possibilité de transmission d'informations et de localisation avec les GPS (Global Positioning System), GSM (Group System Mobile) et des bornes de transmission.

### La mesure des performances

Les indicateurs de performance s'apprécient en différé sur une période déterminée :

- taux de détection :

$$TD = \frac{\text{Nombre d'incidents détectés}}{\text{Nombre d'incidents effectifs}}$$

- il y a fausse alarme lorsque le système diagnostique un incident qui ne s'est pas produit en réalité.

taux de fausses alarmes :

$$TFA = \frac{\text{Nombre de fausses alarmes}}{\text{Nombre d'alarmes}}$$

Pour les capteurs vidéo, on évalue le nombre de fausses alarmes par unité d'espace (la station) et par unité de temps (le jour). En pratique on utilise le nombre de fausses alarmes par station et par jour.

- délai moyen de détection. Ce délai suppose connue ou estimée l'heure de l'incident. Ces renseignements sont obtenus par dépouillement systématique des bandes vidéo ou par estimation à partir des constats d'intervention.

### Le calibrage

Chaque algorithme est caractérisé par un ensemble de seuils. Pour chacun des seuils fixés, il est possible de déterminer sur des données précises, les valeurs correspondantes des critères de performance décrits dans le paragraphe précédent.

En exploitation opérationnelle, les performances du système de surveillance dépendent étroitement de la qualité de la phase de calibrage : des seuils trop « lâches » génèrent des fausses alarmes systématiques, des seuils trop « contraints » occultent les détections. Un ensemble de seuils est considéré comme optimal si, pour un taux de détection donné, il induit un taux de fausses alarmes minimal. Suivant les cas pratiques, il peut s'avérer nécessaire de privilégier l'un ou l'autre de ces seuils, voire même de mettre en œuvre un calibrage visant à minimiser les délais de détection, comme dans les projets d'autoroutes à gabarit réduit.

Dans le cas de DAI utilisant des boucles magnétiques, il est nécessaire de reconstituer un historique des données sur la portion traitée, historique concernant les incidents ainsi que les données de trafic liées à ces incidents sur une période donnée. Cette phase de calibrage est lourde à mettre en œuvre.

Le calibrage des systèmes de DAI utilisant des caméras vidéo consiste à définir des zones d'observation sur la chaussée correspondant aux champs des caméras et à paramétrer les seuils de déclenchement d'alarme.

**La phase de calibrage est donc tout à fait essentielle.** Les difficultés considérables liées à l'obtention des données et à leur traitement numérique ont constitué un frein à la réalisation de la phase de calibrage. L'utilisation d'algorithmes de plus en plus performants permet le passage des systèmes de surveillance vers une phase opérationnelle dès lors que des calibrages précis et adaptés sont réellement effectués.

### L'exploitation des diverses technologies

#### *Le traitement par boucles électromagnétiques (exemple du système DAISI)*

Les boucles électromagnétiques constituant aujourd'hui les capteurs de recueil de données les plus utilisés dans les systèmes d'exploitation, il importe de tirer parti au mieux et au meilleur coût des informations fournies. **DAISI** (Détection Automatique des Incidents par Seuillage Itératif), développé par l'INRETS (Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité), permet à l'utilisateur d'utiliser les données classiques issues des recueils automatiques. Le gestionnaire du réseau sélectionne un algorithme dans une large panoplie de techniques disponibles. DAISI propose les seuils à utiliser au niveau des différentes sections de l'infrastructure considérée et permet de gagner des mois sur la phase de calibrage. Complété par **DTR** (Daisi Temps Réel), il permet la détection automatique d'incidents à partir des données de trafic des stations de mesures sur voie rapide et autoroute.

Il a été testé dans le cadre de SIRIUS (Service d'Information pour un Réseau Intelligible aux Usagers), avec 47 incidents et les résultats suivants :

Type d'incidents	Taux de détection	Taux de fausses alarmes (/station/jour)
arrêt	75 à 76 %	0,73 à 2,42

Source : Test du logiciel DAISI - RTS n°37 - 1993

En France, ce système est opérationnel sur le Boulevard Périphérique de Paris, sur le Boulevard Périphérique Nord de Lyon et sur les autoroutes d'Ile de France. Il en est de même à Bruxelles et sur les autoroutes wallonnes de Belgique. DAISI est également utilisé aux Etats-Unis, au Canada, en Chine, en Espagne et en Belgique.

#### *Le traitement par analyse d'images vidéo*

Plusieurs systèmes ont été développés. Le système **TRISTAR** a été testé dans le cadre de MELYSSA (Mediterranean-Lyon-Stuttgart Site for Advanced Road Transport Telematics) et est opérationnel sur plusieurs sites en France : autoroutes A43 près de Lyon, A10 sur le contournement de Tours et A8 près de Nice.

Le système **MEDIA4** est utilisé dans le cadre de MIGRAZUR (Moyen d'Information et de Gestion du Réseau Autoroutier en Zone Urbanisée), par les sociétés d'autoroute AREA, COFIROUTE près de Tours. En Ile de France l'autoroute A4 (tronc commun A3, A86) et le Bd Périphérique de Paris dans le cadre de IN-RESPONSE (Incident RESponse with ON-line innovative SENSing) sont opérationnels. A l'étranger, le pont du Tage à Lisbonne (Portugal), un site à Melbourne (Australie) sont opérationnels depuis fin 1998. En 1999, dans le cadre du projet européen ESCORT, plusieurs autres sites seront équipés.

Le système **TRAFICON** est utilisé en Belgique et en Suisse.

Le système **DIVA** (Détection Instantanée de Véhicules Arrêtés ou lents) est opérationnel dans la voirie souterraine des Halles et sera utilisé sur les ouvrages souterrains de A86.

Le système **EVA** (Equipement Visionique Autonome) est utilisé dans le tunnel de Chamoise et sur le convergent de Beaune.

Type événement détecté selon conditions de circulation :

- arrêt isolé en tunnel

Nom du système	Taux de détection	Fréquence de fausses alarmes
MEDIA 4 <sup>1</sup>	> 99 %	0,1 / caméra / jour
TRAFICON <sup>2</sup>	≥ 98 %	0,1 / caméra / jour
DIVA <sup>3</sup>	> 99,9 %	
EVA <sup>4</sup>	> 95 %	

<sup>1</sup> Source : Documentation société CITILOG

<sup>2</sup> Source : Documentation société SIAT

<sup>3</sup> Source : Voirie souterraine des Halles - TEC n° 149 - 1998

<sup>4</sup> Source : DAI Vidéo - TEC n° 129 - 1995

- arrêt isolé en extérieur

Nom du système	Taux de détection	Fréquence de fausses alarmes
TRISTAR 5	90 %	0,1 / caméra / 1 jour
MEDIA 4	> 90 %	0,2 / caméra / jour
TRAFICON	≥ 95 %	0,1 / caméra / jour

<sup>5</sup> Source : Synthèse des expérimentations menées dans le cadre de MELYSSA - RGRA n° 732 - 1995

- bouchons : tous systèmes > ou proches de 99 %.

#### La technologie hyperfréquence appliquée à la DAI (exemple du système ARMADA)

Le système **ARMADA** fonctionnant selon le principe du radar Doppler, a été conçu pour fournir des alarmes DAI et des données quantifiées de vitesse et de taux d'occupation.

Les tests effectués en 1997 sur le tronçon commun des autoroutes A10 et A11 donnent les résultats suivants :

Type d'incidents	Taux de détection	Taux de fausses alarmes
arrêt quelles que soient les conditions	99,2 %	0,15 par jour

Source : Sécurité et sûreté des déplacements - ARMADA - Congrès international de l'ATEC - 1999

#### Incidents détectés

Incidents avec des risques pour la <b>sécurité</b> comme : arrêts de véhicules, ralentissements		Incidents entraînant d'importantes conséquences sur l' <b>écoulement du trafic</b>
VIDEO	RADAR	BOUCLES
sans distinction de densité de trafic, distance, véhicule	sensible à la distance de l'arrêt, au niveau de trafic, au sens de la chaussée et à la taille du véhicule	délai de détection fonction du trafic et dans tous les cas de plusieurs minutes
idéal par temps couvert, ou de nuit si éclairage	insensible à l'éclairage, aux vibrations, aux ombres mais sensible aux précipitations denses	tous temps

Les principaux enseignements de l'expérimentation MELYSSA sont réunis dans le tableau ci-dessous.

VIDEO	RADAR	BOUCLES
Utiliser des mâts en béton pour les caméras longue focale	Attention à l'orientation de l'antenne	Choisir un espacement entre boucles de 500 m (pas utilisé lors des expérimentations)
Installer les caméras assez haut au-dessus de la chaussée ou sur l'accotement (sensible au masquage de véhicules arrêtés par les véhicules en circulation)	Combiner ce système avec des caméras pour l'identification précise du problème	Combiner ce système avec des caméras pour l'identification du problème
Equiper les caméras de filtres polarisants		Réaliser une importante base de données pour le calibrage du système

#### Une application : MIGRAZUR

Sur l'autoroute A8 près de Nice (longueur 40 km et trafic variant de 50.000 à 110.000 véh/jour), la société ESCOTA a mis en place :

- une télésurveillance du réseau en continu par une couverture vidéo totale (une caméra tous les 500 m en section courante et tous les 200 m en tunnel, soit 220 caméras) ;
- l'installation d'un recueil automatique de données en utilisant les caméras de comptage ;
- une détection automatique d'incident par analyse d'image afin de réduire le délai de détection.

Cette détection est implantée sur les sites présentant des caractéristiques à risques (60 caméras). Le délai de détection est de 20 à 30 secondes. Après validation, l'action peut être déclenchée au bout de 1 à 3 minutes : envoi de services d'urgence, action des PMV (Panneaux à Messages Variables), messages radios, déploiement automatique de fermeture, ... A la réception du message émanant d'une caméra DAI, le système sélectionne la caméra de surveillance la plus proche et l'oriente vers le lieu présumé de l'incident. L'opérateur n'a plus qu'à parfaire le réglage pour voir de quoi il s'agit. Globalement, le taux de détection est supérieur à 95 % avec un taux de fausses alarmes de 0,2 alarme / caméra / jour pour les détections d'arrêt et de 100 % pour la détection des ralentissements et des bouchons et un taux de fausses alarmes de 0.



## RECOMMANDATIONS D'UTILISATION

Les incidents peuvent avoir deux types d'impact : la sécurité, le temps perdu. Ces deux aspects s'excluent plus ou moins l'un l'autre. Un incident déterminé, une panne par exemple peuvent avoir l'une ou l'autre de ces conséquences selon la densité du trafic. En condition de trafic fluide, les incidents mettent en danger les usagers qui arrivent à vitesse élevée ; en condition de trafic saturé, ils peuvent entraîner une perte de temps sans constituer un véritable danger, les usagers circulant à vitesse réduite.

Les systèmes de détection par boucles détectent les incidents qui causent des pertes de temps moyennes ou importantes. Ils ne permettent pas de détecter ceux (les plus nombreux) qui sont les plus dangereux. Dans la réalité, les incidents dont les conséquences n'affectent que la sécurité sont beaucoup plus fréquents que les incidents qui entraînent une perte de temps importante pour les usagers. C'est le cas sur les autoroutes où la demande excède rarement la capacité.

## COÛTS DES DIVERS SYSTÈMES

### Les boucles magnétiques

Les boucles magnétiques sont installées en très grand nombre sur certains des sites à surveiller. Le coût d'installation est alors négligeable (si nécessité de doubler quelques équipements) voire nul. Leur utilisation en DAI nécessite cependant une fréquence élevée des mesures et un rapatriement en temps réel, donc un équipement adéquat de transmission. Le coût matériel est donc faible, mais le coût des transmissions nécessaires, quel que soit le matériel, est à prendre en compte et l'effort de calibrage est important.

Pour une boucle classique, le coût matériel est de l'ordre de 3 KF HT et 2 KF HT pour le détecteur hors coûts de génie civil.

### Le traitement d'image vidéo

Une installation de DAI par analyse d'image comporte : des caméras, un analyseur traitant les images d'une ou plusieurs caméras, une artère de transmission des signaux, une alerte dans un PC avec éventuellement un moniteur vidéo.

Les coûts concernant le génie civil, les mâts, les caméras, les liaisons physiques communs aux différents matériels sont :

- caméra de vidéo surveillance + mât + génie civil : 120 à 200 KF ;
- liaison fibre + multiplexeur + énergie : 110 KF.

A titre d'exemple on peut citer les installations de DAI exploitées par COFIROUTE à Tours, à savoir 13 caméras couvrant 100 à 500 m, sur mât ou sur ouvrage d'art pour un coût de :

- caméras + émetteurs + transmissions : 1,3 MF ;

- récepteur optique + mise en forme des données : 0,4 MF ;
- formation, mise en service, réglages : 60 KF.

Ces coûts font de la DAI vidéo un outil coûteux. Toutefois, les prix sont susceptibles d'évoluer à la baisse : pour les caméras avec banalisation rapide de cet outil, pour les analyseurs qui suivront au niveau des capacités et des prix, l'évolution de l'informatique, pour les transmissions, avec la rénovation des systèmes de transmission le long des autoroutes.

Cependant on peut noter que là où le besoin de DAI existe, des caméras de surveillance sont déjà en place ainsi que des moyens de télétransmissions.

### Le radar

Actuellement les matériels utilisés sont des prototypes ou sont fabriqués en série restreinte et d'un coût non représentatif d'un dispositif opérationnel.

### Le détecteur acoustique

Le détecteur acoustique est d'un coût modique : 4 KF l'unité. Son positionnement en dehors de la chaussée permet une maintenance aisée et peu coûteuse.

## LES PERSPECTIVES

La comparaison des différents systèmes de détection d'incidents révèle des gammes de performances variant en fonction de nombreux facteurs : l'intensité du trafic, les conditions de visibilité, les caractéristiques géométriques des aménagements, ... Chaque technologie possède ses points forts mais aussi ses limites d'utilisation.

En pratique, l'emploi de plusieurs approches peut s'avérer nécessaire pour assurer de manière exhaustive, et dans des conditions de coût et de fiabilité satisfaisantes, la surveillance du trafic sur l'ensemble du réseau.

Les expérimentations décrites précédemment ont montré que deux méthodes principales étaient actuellement utilisées pour la détection des incidents : les boucles électromagnétiques détectent les conséquences d'un incident sur le flux de circulation et les caméras vidéo détectent en général directement les incidents en identifiant leur nature et dans un délai extrêmement bref (quelques secondes). Par ailleurs les situations à risque (véhicule sur la BAU, obstacle...) sont repérées par les caméras vidéo. Ces systèmes sont relativement sensibles aux conditions météorologiques, d'éclairage, de visibilité, de positionnement des caméras.

Diverses expérimentations ont montré des résultats différents selon l'algorithme utilisé sur un site donné. L'intégration de ces diverses approches, technologiques ou méthodologiques peut, semble-t-il, améliorer la performance globale d'un système de détection.

La fusion de données issues de différents types de capteurs et la combinaison d'algorithmes permettent de réaliser un calibrage optimal du site déterminé. Dans le cadre du projet européen IN-RESPONSE, plusieurs sites franciliens devraient pouvoir être équipés de différents types de capteurs permettant d'effectuer ces tests.

Pour de plus amples informations sur les systèmes de détection d'incidents, on se reportera utilement au Rapport d'étude édité par le SETRA, publié en février 1999 sous la référence E 9905.

#### **Cette note a été rédigée par :**

Annie Legrand - ☎ 01 46 11 30 91  
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 : A. LEGRAND - SETRA/CSTR - ☎ 01 46 11 30 91  
Bureau de vente : ☎ 01 46 11 31 55 - 01 46 11 31 53 - référence du document : **E 9904**

*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