

**EVALUATION DU RESEAU
FRANCAIS DES ROUTES
NATIONALES BASE SUR LE
RELEVÉ DE DEGRADATION
DE SURFACE**

**PH.LEPERT (LCPC)
M.T GOUX (SETRA)**

En 1992, la Direction des Routes du Ministère Français de l'Équipement décida de moderniser ses moyens d'évaluation de l'état des routes nationales. L'outil qui fut développé dans cette optique est essentiellement basé sur un relevé systématique des dégradations de surface, adapté aux routes françaises. Ce relevé était complété par des mesures d'adhérence. Seize laboratoires Régionaux des Ponts et Chaussées furent chargés de recueillir ces informations.

Pour que l'outil d'évaluation ait les qualités exigées (répétabilité, reproductibilité), un effort particulièrement important fut entrepris pour faire du relevé de dégradation un moyen d'essai aussi fiable qu'une mesure physique. Les Laboratoires mirent en oeuvre une méthode de relevé très formalisée, méthode qui définissait très précisément les conditions dans lesquelles le relevé devait être opéré, le type d'information à recueillir et leur codification. Un système de relevé assisté par ordinateur, DESY 2000, configuré en stricte cohérence avec cette méthode, aidait et guidait chaque équipe dans sa tâche. Surtout, un effort considérable de formation et de recalage des quelques 20 équipes participant à l'opération fut fait en introduction au relevé général.

Une fois collectées, les informations étaient recalées sur le bornage du Réseau Routier National, puis sauvegardées dans des banques de données routières VISAGE, à l'échelon régional. C'est à cet échelon que ces informations étaient traitées pour obtenir deux notes de qualité, l'une caractérisant la structure, l'autre caractérisant la surface. Ces deux notes étaient enfin combinées en une note de qualité globale de la chaussée. Toutes les notes étaient calculées par tronçon de 200 mètres.

Outre une vision globale de l'état du réseau français, la Direction des Routes a disposé ainsi d'une approche régionale de cet état et pu prendre en compte cette connaissance pour répartir plus efficacement les crédits d'entretien. L'opération, qui s'est reproduite en 1993, et se poursuivra partiers du réseau dans les années avenir, fournit aussi une masse considérable de données pour la recherche routière, que les Laboratoires des Ponts et Chaussées ont entrepris d'exploiter.

I - Introduction

La définition, puis l'application d'une politique d'entretien sur un réseau routier de grande taille suppose notamment que le maître d'ouvrage dispose d'un outil approprié pour évaluer périodiquement l'état de ses routes. En 1992, la Direction des Routes du Ministère Français de l'Équipement, maître d'ouvrage du Réseau des Routes Nationales (RRN), décide de moderniser son outil d'évaluation. Cette décision répond à un double souci: d'une part, mieux évaluer les besoins en entretien du RRN pour préciser et justifier les crédits nécessaires à cet entretien, d'autre part mieux gérer l'emploi de ces crédits en partenariat avec les maîtres d'oeuvres locaux.

L'attention de la Direction des Routes va d'abord à la préservation du patrimoine énorme que représente 34 000 km de chaussées larges, traitées aux liants hydrauliques ou bitumineux sur de fortes épaisseurs et supportant, pour l'essentiel, des trafics très importants. Mais la sécurité de l'usager n'est pas absente de ses préoccupations, au contraire. Aussi, l'outil d'évaluation prend-il en compte ces deux finalités de l'entretien (cf. § VI). Deux notes traduisent, l'une l'état de la structure, l'autre l'état de la surface.

II - Considérations générales sur le recueil d'informations

II.1 Choix des indicateurs

L'outil d'évaluation repose essentiellement sur un relevé des dégradations de surface des chaussées sur l'ensemble du réseau routier. Ce relevé est simple, mais rigoureux. Il porte sur les déformations permanentes de la chaussée, la fissuration (en distinguant les fissures de retrait des autres types de fissures), les dégradations du revêtement et les réparations. Chacune de ces familles est caractérisée par son extension et sa gravité. Fissurations et déformations sont des indicateurs incontournables pour évaluer non seulement l'état d'une chaussée à un instant donné, mais aussi ses risques d'évolution à court terme. Les déformations interviennent également, avec les dégradations du revêtement, dans l'évaluation du niveau de sécurité offert à l'usager.

Des mesures (hauteur au sable, coefficient de frottement transversal) complètent les indicateurs pris en compte dans le calcul de la note de sécurité, car il est impossible de juger de l'adhérence d'un revêtement sur une seule impression visuelle.

La mesure de déflexion n'est pas prise en compte dans le calcul de la note structurelle. Ce choix ne résulte pas de considérations sur la pertinence de cette mesure vis à vis des objectifs de l'outil d'évaluation. Pratiquement, il s'avérerait impossible d'exécuter cette mesure sur 28 000 km de routes, dans l'enveloppe de coût et dans les délais prescrits par le maître d'ouvrage en 1992. Mais cet indicateur n'a pas pour autant été écarté de la gestion du réseau routier. Il est toujours considéré dans les phases aval de la chaîne des études d'entretien: programmation de travaux, et surtout diagnostic de problèmes structurels. Les campagnes de mesures de déflexion sont mieux ciblées sur des itinéraires désignés par l'évaluation.

II.2 Conditions de recueil des indicateurs

Pour que l'outil d'évaluation réponde à l'attente du maître d'ouvrages, il faut d'abord que les méthodes de recueil de données soient fiables, c'est à dire répétables, reproductibles et aussi exactes que possible. Ces conditions ne posent pas trop de difficultés pour les mesures d'adhérence. En revanche, on connaît les difficultés inhérentes aux relevés de dégradations: subjectivité des informations saisies, influence de nombreux paramètres extérieurs tels que l'éclairage, l'humidité de la route, etc. Pour surmonter ces difficultés, la procédure de relevé retenue pour l'outil d'évaluation est soigneusement et précisément définie. Elle s'appuie sur une méthode de relevé très détaillée et très précise que les Laboratoires des Ponts et Chaussées ont mise au point, et plus spécialement sur l'un de ses modes opératoires, M3, spécialement conçu pour l'évaluation rapide d'un réseau routier (cf. § III). Un système de relevé assisté par ordinateur, nommé DESY, totalement cohérent avec la méthode de relevé, guide l'opérateur dans l'application de ce mode opératoire, et facilite considérablement son travail (cf. § IV). Toutes les équipes réalisant ce relevé sont soumises à une procédure d'agrément qui comporte une formation à l'utilisation du système DESY et à l'application du mode opératoire M3, et des actions régulières d'essais croisés (cf. § III et VII). Le dispositif ainsi mis en place

(méthode + appareil + formation + essais croisés) assure la qualité des relevés.

111- La méthode LPC de relevé de dégradations de surface

III.1 Principes généraux de la méthode

Depuis plusieurs années, les Laboratoires des Ponts et Chaussées, en France, ont pris conscience que, pour faire du relevé de dégradations de surface un outil fiable et précis, il fallait rigoureusement formaliser la méthode de relevé, codifier les dégradations, configurer les appareils d'assistance au relevé et former les équipes. Cette prise de conscience a d'abord débouché sur la rédaction d'une méthode précise et complète [1], pouvant s'adapter à toutes les circonstances dans lesquelles le relevé de dégradations peut être utilisé. Dans ce but, la méthode comporte six modes opératoires distincts et complémentaires (cf. tableau n° 1) dans lesquels la façon de relever les dégradations est soigneusement décrite. Selon l'objectif, le type d'études, pour lequel il a été conçu, le mode opératoire différencie plus ou moins finement les dégradations à relever: sommaire (mais néanmoins rigoureux) pour l'évaluation, plus détaillé pour les études diagnostic, extrêmement précis pour le suivi de sections témoins, etc.

Par rapport à la situation antérieure en France, l'une des innovations de cette méthode est la prise en compte de la gravité des dégradations, en complément de leur étendue. Ce paramètre a été reconnu comme intervenant de façon importante dans l'appréciation de l'état des chaussées.

111.2 Mode opératoire M3

Pour l'outil d'évaluation du Réseau Routier National, c'est le mode M3, rigoureux mais sommaire, qui fut retenu. Son domaine d'application, qui se définit ainsi:

"Relevé allégé applicable à l'évaluation, la surveillance, la programmation d'entretien et les études de renforcements de tous types de chaussées de rase campagne répondait exactement à l'objectif de l'outil. Dans ce mode opératoire, un véhicule équipé d'un système de relevé DESY (cf. IV) parcourt lentement

l'itinéraire à ausculter. Deux opérateurs sont à bord, l'un conduisant le véhicule et décrivant les dégradations qu'il voit, l'autre introduisant ces informations dans le système DESY. Les dégradations sont classées en 5 grandes rubriques fonctions de leur nature, et pour chaque rubrique en deux sous-rubriques, fonction de leur gravité (cf. tableau n° 2). A chaque dégradation sont associées une abscisse de début et une abscisse de fin si elle présente une certaine étendue longitudinale (ex: fissure longitudinale, dégradations de revêtement, etc.), ou une abscisse unique si elle est ponctuelle (ex.: fissure transversale).

Dans ce mode opératoire, le relevé se fait en un seul passage par chaussée, au cours duquel sont notées les dégradations présentes sur la voie de circulation sur laquelle roule le véhicule de relevé, et sur la voie adjacente. Le mode opératoire précise la conduite à tenir lorsque plusieurs dégradations sont présentes simultanément sur la chaussée: si elles sont de nature différente, elles sont toutes notées, si elles sont de même nature seule la plus grave est relevée. Notons qu'en règle générale, une dégradation n'est relevée que si elle est bien identifiable (le doute bénéficie à la chaussée !).

III.3 Formation des équipes et essais croisés

Toutes les équipes de relevés de dégradations bénéficient d'une formation lourde en trois phases:

- une introduction à la méthode et à l'emploi des appareils de relevé, comportant aussi un travail à partir de diapositives illustrant toutes les dégradations susceptibles d'être rencontrées, avec leur différents niveaux de gravité;

- des travaux pratiques effectués immédiatement à la suite de la formation précédente, et au cours desquels toutes les équipes effectuent, l'une à la suite de l'autre, le relevé de dégradations sur une section de routes, puis commentent ensemble les résultats de ces relevés communs; cette discussion porte notamment sur les écarts constatés en nature, gravité et extension des dégradations entre les différents relevés, et permet ainsi de lever les ambiguïtés qui peuvent subsister après la première étape;

- après quelques semaines de pratique opérationnelle du relevé, des relevés de calage réunissent tout ou partie des équipes et les amènent de nouveau sur une autre section de route où l'exercice précédent est renouvelé.

IV - Le système de relevé assisté par ordinateur: DESY 2000

Le système DESY 1 2] est utilisé depuis 1990 par le réseau des Laboratoires Régionaux des Ponts et Chaussées pour effectuer la collecte, le traitement et le conditionnement des données routières en vue de leur introduction dans les banques de données. Le dispositif de collecte proprement dit (fig 1) se présente sous la forme d'une valise rigide aisée à embarquer à l'intérieur de tout type de véhicule. Il comprend un micro-ordinateur compatible PC, avec un disque dur et une unité de disquette, auxquels sont adjoints deux organes pour exécuter les fonctions spécifiques au système.

- le clavier informatique standard est encadré de deux claviers complémentaires de 20 touches chacun; chaque touche peut être dédiée au relevé de l'une ou l'autre des données routières requises par l'application; un système de caches amovibles permet de faciliter la tâche de l'opérateur en rappelant la donnée correspondante à chaque touche au moyen d'icônes figuratives ou colorées.

- grâce à un dispositif spécifique (capteur branché sur la boîte de vitesse du véhicule), DESY connaît en temps réel sa localisation le long de l'itinéraire relevé.

La figure 2 montre la configuration des claviers de fonctions de la valise DESY utilisée pour le relevé des dégradations de chaussée selon le mode opératoire M3 décrit au paragraphe 111-2. A chaque rubrique de dégradations requises par la méthode (déformations, fissures transversales, autre fissuration, dégradations du revêtement et réparations), la configuration des claviers dédie une touche par niveau de gravité. On observera également que deux touches sont réservées, l'une pour le relevé obligatoire des points de repère jalonnant l'itinéraire à intervalle d'environ 1 km, l'autre pour celui, optionnel, des changements de revêtement.

Le principe d'un relevé à l'aide de DESY est simple. Après identification de la section de route concernée (département géographique, type et numéro de route, localisation de début et de fin de la section, sens du trajet) l'opérateur parcourt la section de route et chaque fois qu'il estime que commence une dégradation appartenant à l'une des rubriques précitées pour la méthode M3, il en évalue la gravité et actionne la touche de fonction associée, ce qui a pour effet de prendre automatiquement en compte l'abscisse curviligne correspondante .

V - Le pré traitement des données et leur introduction dans la banque VISAGE

V.1 Pré traitement des données

On ne peut généralement pas transférer directement des données routières dans une banque de données. Les informations qui alimentent une banque de données routière sont en effet issues de dispositifs de collectes nombreux et variés: DESY, Défectographes, APL, SCRIM, etc. Chacune est localisée dans un référentiel qui est propre au système qui a servi à la recueillir. Or, au sein d'une banque de données, toutes ces informations doivent être localisées dans un seul et même système de repérage sous peine de rejets ou (et c'est plus grave !) d'association d'informations ne concernant pas la même portion de chaussée dans un même traitement. De plus, il importe de ne pas surcharger la banque de données par une quantité de données élémentaires inutiles, et consommatrice d'espace et de temps de calcul. Le système DESY est doté, outre les fonctions décrites au paragraphe IV, d'un ensemble de logiciels qui lui permet de gérer ces problèmes. Ces fonctionnalités furent largement utilisées pour l'évaluation du Réseau Routier National.

DESY dispose d'abord d'un module qui permet d'importer le fichier de repérage extrait de la banque de données routières dans laquelle doivent être transférées les informations relevées. Grâce à cette fonction, tous les relevés et mesures faits sur le Réseau Routier National furent harmonisés et recalés par rapport au bornage de référence. Les données brutes de saisie furent ensuite agrégées par tronçons de longueur constante (200m) et exprimées en terme d'étendue relative pour chacune rubrique et sous-rubriques de dégradations, et en terme de moyenne pour les mesures, ceci en vue de calculer les notes d'état

de structure et de qualité globale par tronçon (cf. § VII.1).

Notons qu'à l'issue des phases de prétraitement et d'élaboration des rubriques déduites, il est possible de visualiser les résultats sur des schémas itinéraires linéaires, grâce à des modules spécifiques de DESY. Dans l'opération de relevé systématique des dégradations de surface sur le Réseau Routier National français, le tracé systématique des schémas itinéraires a constitué une étape importante dans la validation des données avant leur introduction dans la banque.

V.2 Introduction dans la Banque VISAGE

La dernière phase (fig. 3) confiée au système DESY a consisté à reconditionner les résultats pour les rendre compatibles avec la banque VISAGE, et permettre leur importation dans cette banque. DESY dispose à cet effet d'une interface efficace et performante avec la banque de donnée VISAGE

VI - Traitement des relevés et des mesures

VI.1 Nature des notes calculées

Les notes produites par l'outil d'évaluation, et qui sont calculées par tronçon de 200 mètres, s'adressent à deux niveaux décisionnels:

- la note d'état de la structure (resp. d'état de la surface) renseigne le maître d'oeuvre local chargé de l'entretien sur la présence de défauts de la structure (resp. de la couche de roulement) afin d'orienter les études et les travaux d'entretien;

- la note de "qualité globale" (resp. "usagers") renseigne le maître d'ouvrages sur l'état global de son patrimoine à travers ses besoins en entretien (resp. sur la perception qu'ont les usagers de la route).

VI.2 Principe de la notation

Le système de notation a été élaboré par les Centres d'Etudes Techniques de l'Equipement ~CETE), le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) et le Service d'Etudes Technique des Routes et Autoroutes (SETRA).

La note d'état de la structure N_s reflète l'écart entre l'état constaté par les relevés et les mesures de la chaussée et un état de référence (état "neuf"). Cet état de référence est défini par le fait qu'il n'existe que moins de " r " % de risques de devoir entretenir la structure avant 20 ans; " r " est fonction du trafic. L'écart entre l'état constaté et l'état de référence idéal est chiffré selon le processus suivant:

- les routes sont classées par structure et par gamme de trafic;
- l'état de la chaussée de chaque tronçon de 200 mètres est défini à partir d'une combinaison d'indicateurs pertinents, choisis selon le type de structure;
- une solution "conventionnelle" de travaux, fonction de l'état de la structure et du trafic, doit ramener la chaussée à l'état de référence;
- le coût " C " de cette solution est chiffré, puis rapporté au coût " C_{max} " de la solution la plus onéreuse;
- la note d'état structurel attribuée au tronçon, entre 0 et 20, est une fonction décroissante de ce rapport.

La note d'état de la surface N_r est obtenue en suivant la même démarche tout à fait similaire. La note de qualité globale N_g est obtenue en prenant la plus petite des deux précédentes. Enfin, la note usager est calculée comme la note de surface, mais en remplaçant substituant à C_{max} le coût des travaux de surface les plus importants.

VI.3 Présentation des résultats

Les résultats de ce traitement sont présentés sous différentes formes:

- des histogrammes des différentes notes par catégories de routes, département par département (rappelons que la France est divisée en 95 départements), comparés à leurs homologues établis au niveau national,

- des schémas itinéraires complets, sur lesquels figurent toutes les informations de base concernant la chaussées (type de structure, trafic, indicateurs produits par les relevés et les mesures, etc.) et les valeurs des notes,

- enfin, une série de cartes permettant de visualiser l'état des routes de France.

VII - Préparation et exécution de l'évaluation du RRN en 1992

La décision d'évaluer les 28 000 km de routes nationales fût prise le 6 Avril 1992. L'opération fut pilotée par le SETRA et le LCPC.

VII.1 Les relevés visuels

Les relevés visuels mobilisèrent 16 Laboratoires des Ponts et Chaussées répartis sur le territoire national, à raison d'une ou deux équipes par laboratoire. La préparation de l'opération et la formation des équipes occupa le mois qui suivit. L'opération de relevé proprement dite commença le 18 Mai 1993 et dura quatre mois. Chaque laboratoire reçut la liste des itinéraires à relever et un fichier informatique comportant tous les éléments du bornage de ces itinéraires. Sur la base de cette commande, il organisa le travail de son ou de ses équipes. Chaque équipe roulait à une vitesse moyenne de 4 km/h, sur la voie droite de la chaussée à relever, notant les dégradations au fur et à mesure qu'elle avançait. Les relevés se faisaient sans interruption du trafic, les maîtres d'oeuvres se chargeant d'assurer la protection des équipes. Une signalisation adéquate était installée sur chaque itinéraire lors du relevé et un véhicule lourd suivait le véhicule de relevé. Ces dispositions autorisaient une cadence journalière de 30 km environ. Dès qu'un itinéraire était achevé, les données correspondantes étaient prétraitées (cf. ~ VI) et transférées vers un centre régional où elles étaient stockées dans une banque de données VISAGE 11]. C'est dans ce centre que les données étaient interprétées et que les notes étaient calculées, section par section (cf. § VI).

VII.2 Les mesures

Les mesures de hauteur au sable furent réalisées à l'aide d'un système "Rugolaser". Deux appareils en France sont équipés pour réaliser cette mesure: le véhicule SIRANO de la SAMRA, et le SCRIM du Laboratoire Régional de Lyon. Les mesures de coefficient de frottement transversal furent effectuées avec le SCRIM du Laboratoire de Lyon. En fait, une bonne partie des mesures disponibles sur le RRN en 1992 résultaient de campagne faites au cours des années précédentes avec ces appareils. En 1992, la banque de données fut complétée avec 2 000 km de mesures Rugolaser et 6 000 km de mesures SCRIM.

VII.3 La restitution des résultats

Une fois les relevés et les mesures exécutés et prétraités par le système DESY 2 000, elles furent introduites dans des banques de données VISAGE. En France, 8 centres régionaux (CETE) sont équipés avec cette banque de données. Chacun de ces centres dispose, dans sa banque, de toutes les informations concernant les routes nationales traversant les départements qui lui sont administrativement rattachés. Le traitement des notes fut effectué par ces centres, qui émirent les documents rassemblant les résultats vers les maîtres d'oeuvres de leur région. Un traitement fut organisé parallèlement à l'échelon national pour transmettre les résultats au maître d'ouvrage.

Grâce à cette organisation, en Novembre 1992, soit 6 mois après la commande, tous les résultats de l'évaluation des 28 000 km de routes nationale étaient remis au maître d'ouvrage et à ses maîtres d'oeuvres.

VIII - Conclusions

L'évaluation de l'état des 28 000 km de routes nationales demanda six mois. Elle déboucha sur un ensemble complet et détaillé de résultats: histogrammes des notes, pour l'ensemble du réseau et par département, cartes des itinéraires avec représentation des notes des sections par des codes de couleur, etc. Ceci permit notamment de mieux justifier les besoins en entretien de ce réseau, et de rationaliser l'application de la politique d'entretien plus que jamais auparavant. De tels résultats n'auraient jamais pu être obtenus dans des délais si courts, et avec une telle fiabilité, si les Laboratoires des Ponts et Chaussées, qui exécutèrent les mesures, n'avaient disposé d'une méthode de relevé des dégradations de surface parfaitement formalisée et d'un appareil cohérent avec cette méthode. Cet article montre en outre quelles dispositions furent prises pour que les relevés de dégradations gagnent en objectivité, en associant à cette méthode et à cet appareil une action de formation des équipes suffisamment approfondie. Des progrès peuvent encore être faits, et le seront grâce à l'expérience acquise lors de cette opération.

IX - Références

- [1] L. Bertrand, Ph. Lepert "Méthode LPC de relevé des dégradations de surface des chaussées", LCPC, Paris, Mars 1993
- [2] R. Guillemin, "DESY 2000", notice d'utilisation, LCPC, 1992

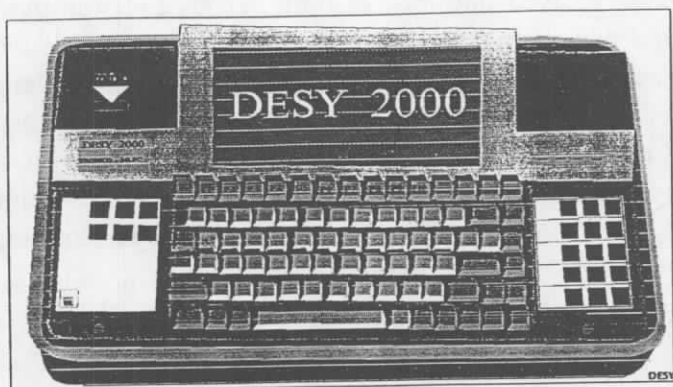


figure n° 1 : La valise DESY, utilisée pour le relevé des dégradations de chaussées (avec les deux claviers spécialisés à droite et à gauche du clavier informatique)

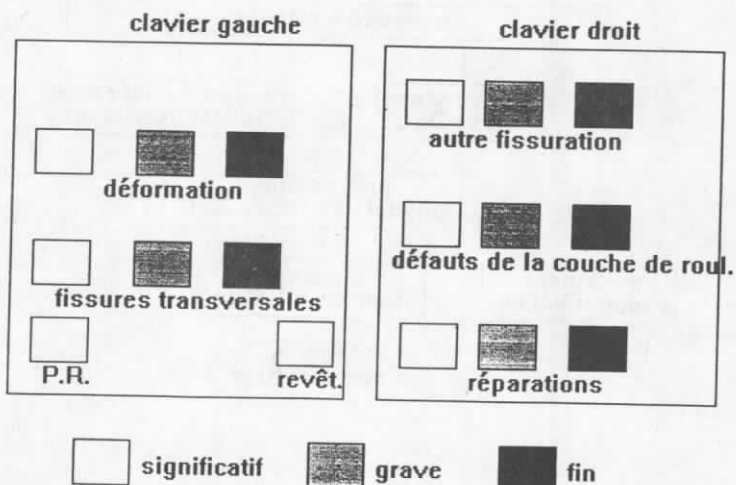


figure n° 2 : configuration des claviers spécialisés DESY pour appliquer le mode opératoire M3 de la méthode de relevé de dégradations

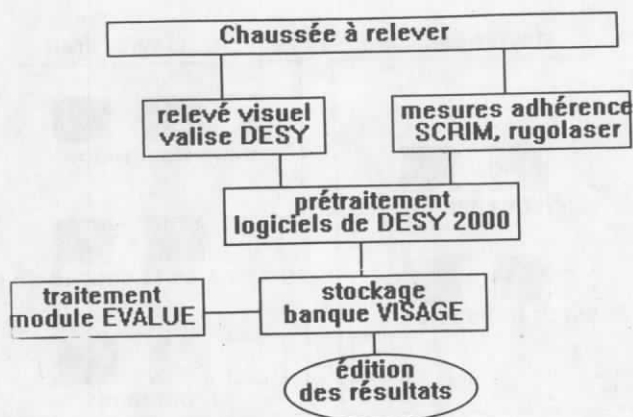


Figure 3 : chaîne d'acquisition et d'évaluation de l'outil d'évaluation du RRN