

De MFD 88019 → A. Cuet 4/12/07

AUTEURS

Alexandre Cuet*
Ingénieur TPE
Chef de l'unité
Auscultations & réseaux,
terrassements & contrôles
Laboratoire régional
des Ponts et chaussées (LRPC) Toulouse

Gérard Chervet
Ingénieur
Chargé de mission
Visage et produits associés
Laboratoire régional
des Ponts et chaussées (LRPC)
Saint-Brieuc

*Fonction assurée lors du projet.
La fonction actuelle est la suivante :
Chef du district Centre
Direction interdépartementale
des routes (DIR) du Sud-Ouest



Photo 1
Intérieur d'un véhicule équipé d'un système embarqué de relevé visuel assisté par GPS
Interior view of a vehicle equipped with an onboard GPS-assisted visual surveying system

Couplen, un système d'information géographique (SIG) pour l'exploitation de la route

2^e partie

Couplen, une chaîne d'acquisition pour la constitution et la mise à jour des référentiels géographiques routiers

La gestion des données routières est une préoccupation majeure pour les exploitants de réseaux routiers. Elle nécessite généralement une panoplie d'outils informatiques sophistiqués qu'il faut savoir configurer et inter-connecter pour former un système d'informations routières (SIR).

Depuis quelques temps, les SIR ont vocation à intégrer des objets géographiques. Cette évolution a révolutionné le monde routier, le forçant à intégrer l'univers bidimensionnel des cartographes. A cet effet, il a fallu mettre en œuvre des solutions embarquées de géocodage et de géoréférencement pointues. Reposant sur la technologie GPS, certaines de ces solutions sont arrivées à maturité aujourd'hui.

Cette publication rappelle les fondamentaux de la gestion spatiale des données routières et présente les dernières avancées en la matière, en exposant diverses fonctionnalités d'un système informatique nommé Couplen, mis en œuvre par deux laboratoires régionaux du Réseau scientifique et technique (RST) de l'Équipement.

Introduction

Dans l'article précédent [1], nous avons abordé la thématique de la gestion des données routières, sous l'angle d'une exploitation à l'aide d'un progiciel de système d'information géographique (SIG), par le biais d'une procédure dite de géocodage, souvent abstraite, sorte de « boîte noire » pour la majorité des utilisateurs. Il s'agissait de lever le voile sur un procédé somme toute de plus en plus courant.

Le présent article, délaissant la théorie, est consacré à certains aspects pratiques. L'objectif est de présenter une chaîne d'acquisition (photo 1) résultant d'une collaboration fructueuse entre deux laboratoires du réseau des Laboratoires des Ponts et chaussées et le conseil général de la Haute-Garonne.

Cette solution logicielle, nommée Couplen, a récemment été mise à l'épreuve par le Laboratoire régional des Ponts et chaussées (LRPC) de Toulouse sur près de 3 000 kilomètres dans sa zone d'action.

De la mise à jour du référentiel à la reconstitution du filaire: la genèse de Couplen

Développé par le LRPC de Saint-Brieuc à l'initiative du conseil général de la Haute-Garonne, Couplen était à l'origine prévu comme un outil de couplage (curviligne, XY), d'où son nom. Il s'est assez rapidement doté de fonctionnalités pour la mise à jour de la cartographie des routes (corrections de cartes), d'abord par tracé manuel, au-dessus de photos aériennes par exemple, puis très vite par intégration d'une trame GPS au format NMEA [2].

Bien entendu, beaucoup d'administrateurs de bases de données routières (BDR) ne se contentèrent pas de ces simples mises à jour de tracés: une fois équipés

d'un GPS, la première tentative de certains a été de géoréférencer des objets routiers sans prendre la peine de les localiser en « points de repères (PR) + abscisse », puis de les projeter sur le référentiel existant. Un tel mélange de données géocodées et d'informations géoréférencées par GPS pouvait avoir des conséquences désastreuses. A cette confusion des genres s'ajoute en outre l'imprécision de la mesure GPS qui impose de recourir à une projection orthogonale afin que l'information relevée soit rattachée sans ambiguïté au tracé de la route à laquelle elle appartient. Or, dans la courbe d'un virage, on conçoit sans peine qu'une projection orthogonale ne soit pas la solution adéquate.

Le LRPC de Saint-Brieuc s'est alors attaché à développer au sein de Couplen un module de saisie spécifique, destiné à être embarqué dans un véhicule, et capable de mettre en œuvre un GPS

et un odomètre synchronisés. L'objectif est de recueillir l'intégralité de la trame GPS tout en associant à chaque coordonnée géographique enregistrée une valeur de distance odométrique: on obtient ainsi un filaire de points XY repérés en curviligne. Si l'on applique cette méthode à l'ensemble d'un réseau routier, il est possible d'étalonner la cartographie produite avec une précision beaucoup plus grande qu'avec une livraison BD Carto ou même BD Topo étalonnée sur la base des seuls carrefours. Le géocodage des diverses informations relevées en curviligne prend alors tout son sens.

le logiciel intègre un tableau et un schéma linéaire (figure 1). Couplen peut être confortablement piloté grâce à une tablette tactile (photo 2) en vente dans le commerce.



Photo 2
Connecté sur son ordinateur portable avec le logiciel Couplen en fond d'écran, le clavier tactile Intellikeys USB conçu par la société Intellitools
Connected to its portable computer with COUPLEN software in background, the Intellikeys touch-sensitive USB keyboard designed by Intellitools

Une ergonomie étoffée

Outre la carte embarquée qui permet de contrôler visuellement la qualité du signal GPS que l'on reçoit,

Il est enfin possible d'assister les releveurs lors de saisies textuelles en prédéterminant des séries de choix au travers d'un système de menus déroulants.

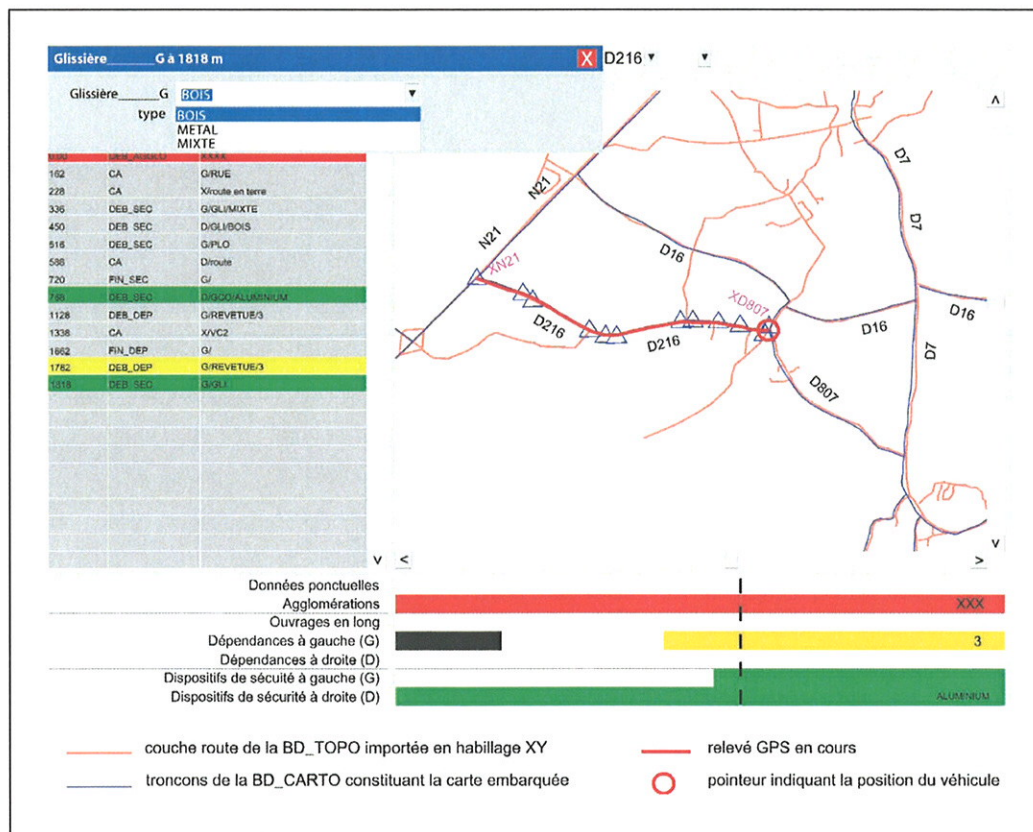


Figure 1
Vue partielle de l'écran du logiciel Couplen en mode saisie, avec son tableau, son schéma linéaire et sa carte embarquée. Un dispositif de sécurité (glissière) est en cours de relevé, avec choix du matériau de construction (bois, métal, bois + métal) par un système de menu déroulant

Partial view of COUPLEN software screen in input mode with spreadsheet, linear diagram and onboard card.
A safety device (slide) is surveying with its choice of construction material (wood, metal, wood+metal) by means of a pull-down menu

Gestion routière Systèmes d'information géographique

Le confort de saisie a donc fait l'objet d'une attention toute particulière. Entièrement paramétrable, Couplen peut s'adapter à n'importe quel type de relevé, qu'il s'agisse d'un inventaire de patrimoine (figure 2) ou d'un relevé des dégradations superficielles. Toutes les phases nécessaires à sa configuration sont décrites dans le logigramme représenté sur la figure 3.

Une prise en compte de la spécificité des échangeurs giratoires

Alors qu'une convention stable existe pour déterminer le début des bretelles, il n'y en a aucune en ce qui concerne les giratoires (photo 3). Les pratiques peuvent en conséquence varier d'un gestionnaire à l'autre, obligeant les laboratoires routiers à s'adapter (figure 4).

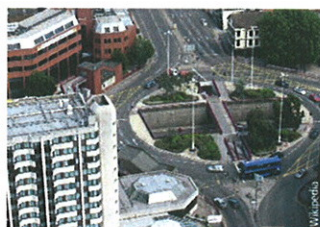


Photo 3
Un giratoire à Bristol
A roundabout in Bristol

Lors des relevés et par souci de simplicité, il était jusqu'à présent assez répandu de traverser les giratoires sans interrompre le décompte de l'odomètre : cette façon de faire revenait ainsi à ne pas les considérer comme des objets routiers à part entière. Le nombre de carrefours réaménagés en giratoire augmentant d'année en année et ce phénomène devenant une préoccupation majeure pour l'exploitant, une gestion séparée de ces ouvrages bien particuliers se profile et se précise : comment, en effet, les entretenir rationnellement si l'on est incapable d'en estimer les surfaces et les linéaires ? La tendance du moment est donc d'éviter de comptabiliser dans le bornage des sections courantes les linéaires relatifs aux giratoires mais l'outil informatique [3] actuellement utilisé par les LRPC n'est pas en mesure de satisfaire simplement ce genre de sollicitation. Cette situation complique la tâche des releveurs sur le terrain, les contraignant à multiplier les manipulations et à arrêter la session en cours dès l'arrivée sur un giratoire.

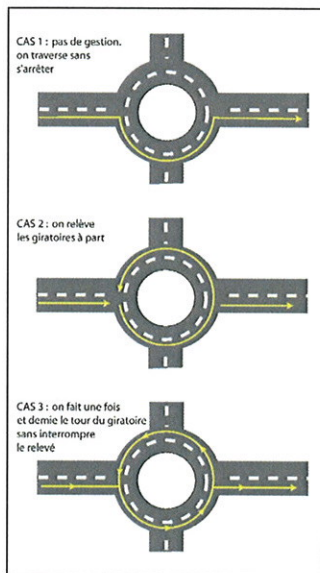


Figure 4
Quelques cas de figures envisageables pour le relevé des giratoires
Possible scenarios for the surveying of roundabouts



Figure 2
Détail d'une configuration du clavier de saisie en vue d'un relevé d'environnement
Detail of an input keyboard configuration for the surveying of surroundings

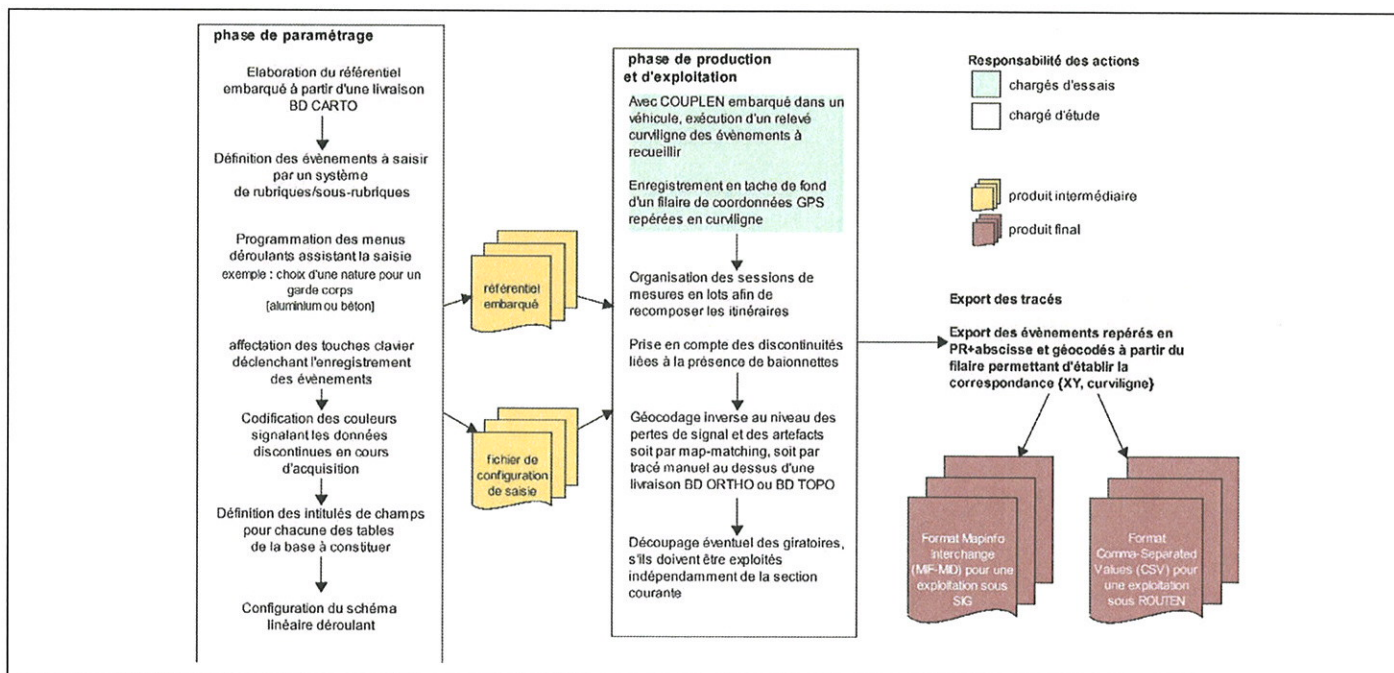


Figure 3
Logigramme synthétisant le fonctionnement de Couplen lors de la constitution d'un référentiel routier. Lors d'une mise à jour, il convient d'établir le référentiel embarqué à partir de la cartographie existante, à condition qu'elle soit correctement étalonnée
Logic diagram synthesising the operation of COUPLEN during the formation of a road referential. During updating, the onboard referential must be established from the existing mapping, provided it is correctly calibrated

bdc

Couplen permet de gérer les giratoires comme des entités autonomes (figure 5). Pour peu que le véhicule en ait systématiquement fait une fois et demie le tour et que les relevés en aient marqué l'entrée et la sortie, Couplen sait les extraire un par un et recalcule automatiquement les distances curvilignes sur chacune

des routes concernées. Il est capable de fournir une base des giratoires, avec les informations essentielles, telles les coordonnées des centres et les valeurs des rayons. Le logiciel intègre une fonction de modélisation, utile pour certains carrefours de petite taille esquissés de façon trop schématique par le relevé GPS.

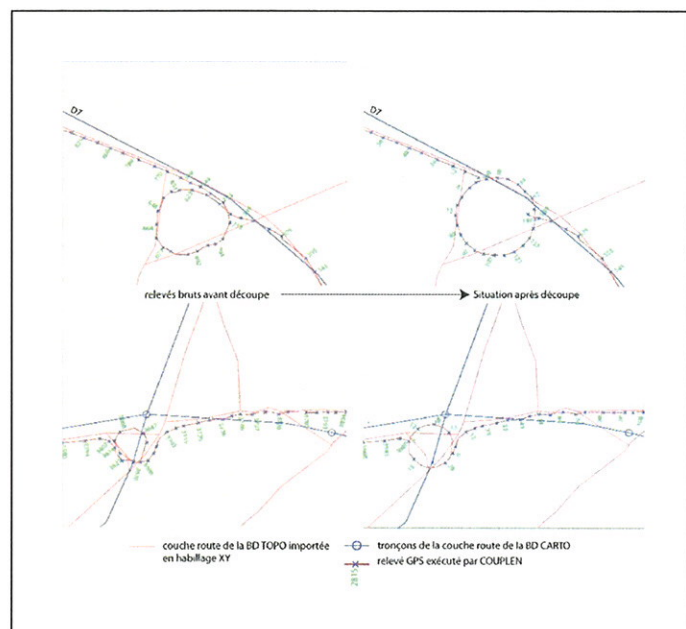


Figure 5
Modélisation des giratoires après découpe et traitement.
La modélisation donne les meilleurs résultats pour les formes circulaires
Modelling of roundabouts after cut-up and processing.
Modelling yields the best results for circular forms

Un filaire lissé par géocodage inverse

Couplen contient un algorithme permettant de rattraper les inévitables défauts du signal, fréquents dans les zones boisées, en montagne ou en agglomération, soit parce que des masques (traversée d'une forêt dense, passage sous un tunnel) viennent perturber la réception, soit parce qu'une réflexion préalable sur des objets de hauteur importante (immeuble, falaise) fausse le calcul de distance et celui des coordonnées.

Pour augmenter la précision quelle que soit la nature du terrain, des solutions matérielles existent, comme le recours à la technologie *Real Time Kinematic (RTK)* [4] qui consiste à utiliser deux récepteurs GPS ; le premier étant installé sur un point fixe dont les coordonnées sont connues avec précision, et diffusant en continu des informations correctives au second, via une liaison téléphonique GPRS/GSM. Ces solutions sont toutefois complexes à mettre en œuvre et coûteuses, même si elles restent viables en dynamique, c'est-à-dire depuis un véhicule en mouvement.

La réponse de Couplen est de loin plus pragmatique. Entre deux points dont on ne remet pas en question les coordonnées GPS, on commence par esquisser un nouveau tracé en s'appuyant sur la couche route de la BD Topo ou sur un fond de photographies aériennes géoréférencées. Connaissant les abscisses curvilignes de départ et de fin puisque le relevé a aussi impliqué un odomètre, le logiciel connaît la distance parcourue entre les deux points d'accrochage. Par une simple règle de trois, comme lors du processus de géocodage, il est alors possible de calculer les abscisses curvilignes théoriques des points du nouveau tracé. On parle de géocodage inverse (figure 6). Il est de pratique courante de procéder ainsi pour lisser les petits artefacts et les aberrations localisées.

Un export entièrement automatisé

Une fois les sessions de mesure regroupées en lots et les itinéraires recomposés, après avoir procédé aux éventuelles opérations de géocodage inverse,

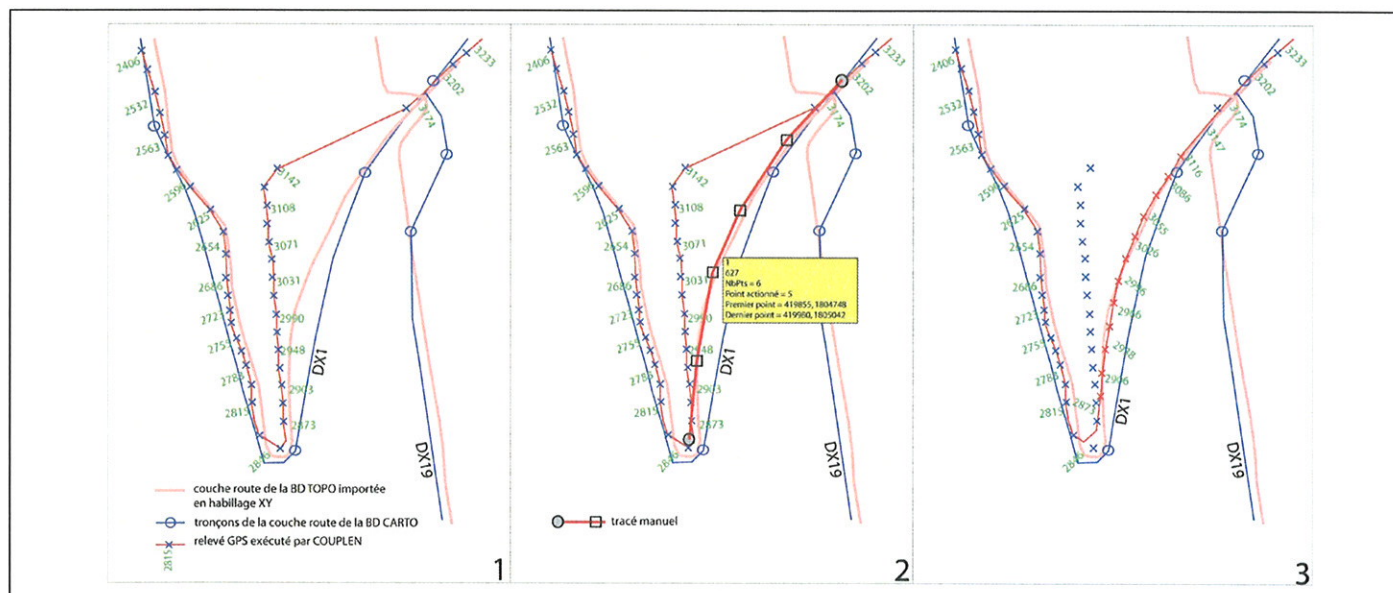


Figure 6
Géocodage inverse par tracé manuel avec la BD Topo en habillage XY
1 : relevé brut ; 2 : exécution d'une correction manuelle ; 3 : modification du relevé après validation de la correction
Reverse geocoding by manual tracing using BD Topo with XY location
1: Raw survey, 2: Manual correction procedure, 3: survey modification after correction validation

la production du référentiel géographique peut être lancée en tâche de fond, sans que l'opérateur ait à intervenir. Au final, Couplen fournit 2 livrables (figure 3) totalement compatibles : une cartographie des routes et une base de données géoréférencées et repérées en curviligne. L'exploitation par le gestionnaire peut alors véritablement commencer.

Conclusion

Auparavant, un mur virtuel séparait les techniciens de la route, trop habitués à la gestion curviligne, des informaticiens aux commandes des SIG, pas nécessairement informés

des spécificités du monde routier. Couplen tente de briser ce tabou, en intégrant les outils des uns et des autres dans un produit unique. Couplen serait-il un outil de couplage doté d'un module de saisie ou plutôt un logiciel de relevé visuel contenant des fonctionnalités cartographiques ? A chaque utilisateur de choisir sa version... Pour plus d'informations sur son fonctionnement, une fiche pratique [5] est disponible sur le blog consacré aux produits de la gamme Visage, à l'adresse suivante : <http://savlex.free.fr/spip/>. Si cette solution avec GPS embarqué permet de constituer simplement un référentiel géographique routier,

il est important de rappeler la nécessité pour l'exploitant d'avoir préalablement procédé à un marquage des points de localisation (PLO) (figure 7). Au minimum, seront matérialisés les débuts et fins de routes ainsi que les PR. Si l'objectif est une gestion intégrale sous SIG, il conviendra d'ajouter les discontinuités des routes ainsi que les débuts et fins de giratoires et de chaussées séparées, ainsi que tout autre élément fixe censé faciliter le repérage (poteaux, buses, ouvrages hydrauliques, ...) Conçu par des techniciens et des exploitants pour leurs propres besoins, Couplen tend à devenir incontournable (figure 8) alors qu'il n'était à l'origine qu'une passerelle autorisant le dialogue entre la base de données routières et le SIG informatique. Développé sur mesure, répondant tant aux besoins des gestionnaires qu'à ceux des laboratoires, les fonctionnalités qu'il offre sont nombreuses : couplage d'une cartographie existante, initialisation d'un nouveau référentiel par relevé GPS, mises à jour de tracés... Couplen dispose même d'un module autorisant l'étalonnage du GPS auquel il est connecté, pour la détermination de son temps de latence, autrement dit du temps nécessaire au récepteur pour faire ses calculs, paramètre fondamental lorsqu'on effectue des relevés en mouvement ■



COUPLEN, a geographical information system (GIS) for road management

2nd part

COUPLEN, acquisition system for the formation and updating of road geographical referentials

Road data management is a major preoccupation for road network operators. It generally requires a range of sophisticated IT tools whose configuration and interconnection must be mastered to form a Road Information System (RIS). For some time, RISs have been designed for the integration of geographical objects. This trend has revolutionised the road world, compelling it to integrate the two-dimensional universe of mapping. To do this, it was necessary to come up with high-accuracy onboard geocoding and georeferencing solutions. Based on GPS technology, some of these solutions have reached maturity today.

This publication in two phases reviews the basics of road data space management and presents the latest developments in this area, outlining various functionalities of an IT system called COUPLEN implemented by two laboratories of France's Scientific and Technical Network.

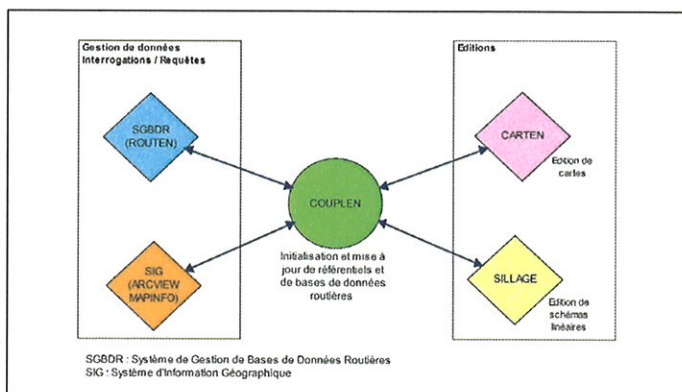


Figure 7
Les échanges de données entre les progiciels d'un système d'informations routières (SIR) : Couplen est au cœur du dispositif !

Data exchange between road information system (RIS) software:
COUPLEN is at heart of system!

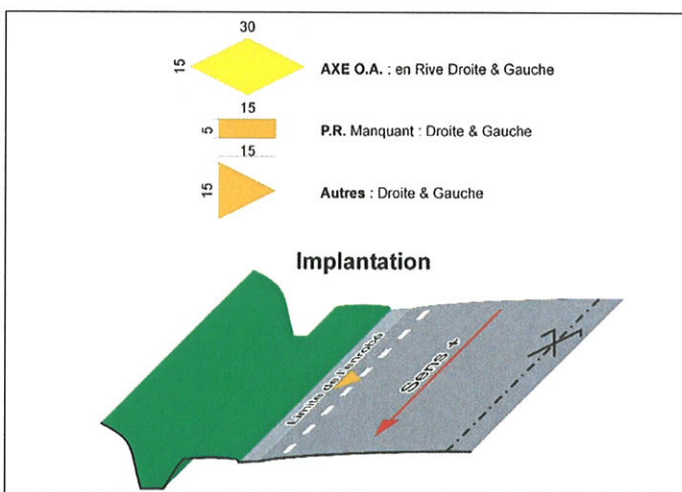


Figure 8
Éléments de marquage
(Source conseil général de Haute-Garonne, Direction de la voirie et des infrastructures, Patrimoine routier infographie)
Marking elements (Source: Haute Garonne General Council, Roadway and Infrastructure Directorate, Computer Graphics for Road Asset Management)

BIBLIOGRAPHIE

- [1] A. Cuet, G. Chervet, « Couplen, un système d'information géographique (SIG) pour l'exploitation de la route, 1^{re} partie, Gestion de la route et SIG : état de l'art », Revue générale des routes et des aéroports (RGRA) N° 862, novembre 2007, pp 71-74
- [2] NMEA standard for interfacing marine electronic devices - National Marine Electronics Association, version 3.01, 2002
- [3] Robert Guillemin, DESY 2000 - Système assisté par ordinateur pour la collecte, le traitement et la restitution des informations de gestion routière, Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et chaussées, Gestion de l'entretien de la route, Spécial XVII, 1994
- [4] Real-Time Z supplement to Z-12 Receiver - Operating manual covering Real-Time Z functions, Ashtec, Inc, 1995-1996
- [5] Gérard Chervet, Procédure pour faire des relevés GPS sous Couplen et les exploiter sous Couplen et Routen, SETRA, 23 Juin 2006