

MESURES DES COMPORTEMENTS ET ÉVALUATION D'AMÉNAGEMENTS EN SÉCURITÉ ROUTIÈRE

Olivier MOISAN et Peggy SUBIRATS

Cerema Normandie Centre

JOURNÉE ÉCHANGES CLUB ACCIDENTOLOGIE INTERURBAIN DU 03 DÉCEMBRE 2021

CONTEXTE

- En France, les accidents sur les routes départementales représentent environ 62% de la mortalité routière (ONISR, 2018)
- L'analyse des accidents nécessite une période de 3 à 5 ans pour déterminer l'efficacité d'une modification de l'infrastructure.
 - Ces délais d'analyse ne répondent pas aux exigences des gestionnaires ou des usagers de la route.
 - Il est souhaitable d'évaluer rapidement l'efficacité d'un aménagement, de l'amélioration des équipements ou de la modification de l'environnement sans attendre la survenue d'accidents.
- Mise en œuvre d'aménagements parfois innovants : carrefours « chicane », giratoires à terre-plein central franchissable, giratoires doubles dit « cacahuète », panneaux d'avertissement dynamiques etc.
 - Besoin d'évaluer et d'acquérir de la connaissance sur ces nouveaux aménagements

CONTEXTE

- **Diagnostic d'aménagements**

L'influence d'un aménagement sur la vitesse

- **Aide à la conception d'aménagements, parfois innovants**

Dimensionnement géométriques de dispositifs ralentisseurs de types chicane

- **Aide diagnostic, sur itinéraires ou sur points isolés**

Sur des intersections ou des virages accidentés

- **La recherche**

En faisant conduire un panel de conducteurs et en déterminant leur comportement vis-à-vis de l'infrastructure

CONTEXTE

- **Etape préalable à la mise en oeuvre d'un aménagement :**
 - formaliser les enjeux à considérer et les objectifs à atteindre
 - réalisation d'observations des comportements des usagers afin d'établir un diagnostic
 - proposer les aménagements cohérents avec les comportements observés
- **Avant et après mise en service :**
 - Définition des enjeux et objectifs, et des indicateurs à mesurer
 - Mise en oeuvre d'outils de mesure du comportement
 - réalisée avant et après mise en oeuvre du projet afin de comparer les comportements avant et après aménagement de l'infrastructure
 - A partir du diagnostic établi préalablement
- **Pourquoi évaluer ?**
 - Apprécier la valeur d'un projet au regard d'objectifs attendus
 - Apporter de la connaissance technique sur un aménagement
 - Outils pédagogiques pour la communication avec les élus et les usagers

DES OUTILS

Des outils embarqués

Véhicules instrumentés
(véhicule léger et moto) :

- VACC
Véhicule d'Analyse du
Comportement du Conducteur
- MACC
Moto d'Analyse du
Comportement du Conducteur

Détection d'incidents à partir de
véhicules traceurs (S_VRAI,
Dymoa)



DES OUTILS

Des observatoires de trajectoires

Mesure des vitesses ponctuelles (tubes pneumatiques, radars de vitesses, stations fixes)

Moyens d'observation vidéo

Les deux matériels peuvent être mis en œuvre simultanément et synchronisés afin de procéder à des analyses croisées



EXEMPLE

CHICANE D'ENTRÉE D'AGGLOMÉRATION

- **Présentation de l'aménagement**
 - Chicane d'entrée d'agglomération située après une longue section rectiligne
 - Chicane avec îlot, qui présente une asymétrie entre les deux sens de circulation. permettant d'obtenir une contrainte de trajectoire plus importante dans le sens entrant d'agglomération
- **Moyens mis en œuvre**
 - Visite de sécurité et mesures du comportement de l'utilisateur avec le Véhicule d'Analyse du Comportement du Conducteur (VACC)



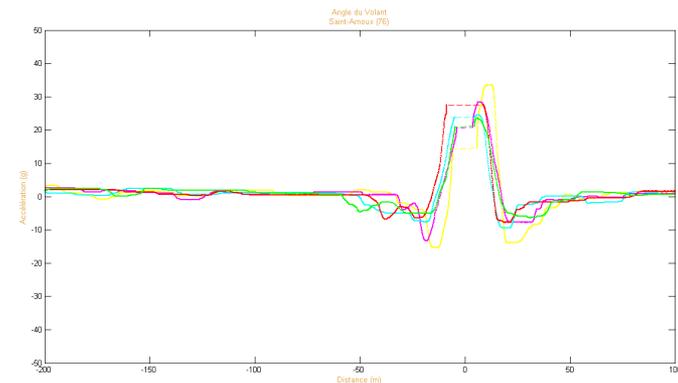
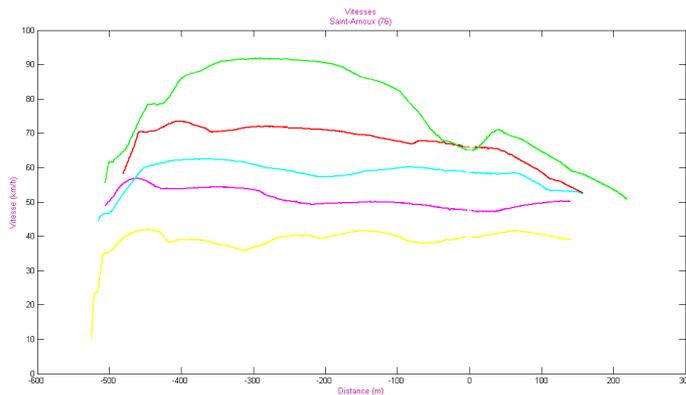
EXEMPLE CHICANE D'ENTRÉE D'AGGLOMÉRATION

• Résultats d'évaluation

- la chicane a été franchie avec le véhicule instrumenté au maximum à 65km/h avec difficultés. Elle est difficilement franchissable à des vitesses supérieures.
- l'aménagement nécessite une réduction de vitesse en approche.
- l'accélération transversale en sortie de chicane est supérieure à celle entrée notamment sur les vitesses de franchissement aux alentours de 65km/h.
- la variation de l'angle du volant est plus importante en sortie de chicane qu'en entrée.



la sortie de la chicane est plus contraignante que l'entrée. C'est une configuration qu'il est conseillé d'éviter au sens du « guide des chicanes et écluses sur voiries urbaines », à cause du risque d'effet de « surprise » qu'elle peut générer chez l'utilisateur.



EXEMPLE

LE CARREFOUR « CHICANE »

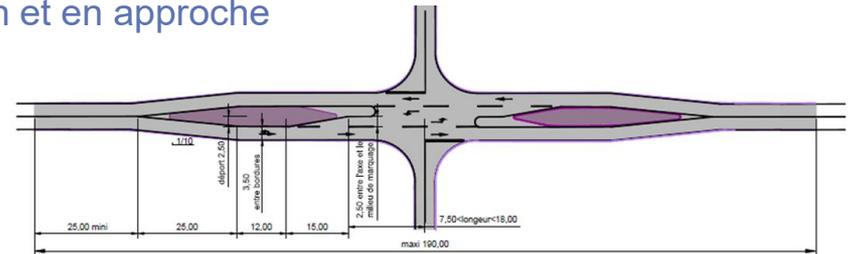
- Objectifs de l'aménagement

- Sécuriser les mouvements dans l'intersection
- Réduire les vitesses des usagers circulant sur l'axe principal au droit de l'intersection
- Améliorer la visibilité et la lisibilité de l'intersection
- Limiter les coûts de réalisation
- Aménager dans des emprises restreintes



- Principes d'aménagement

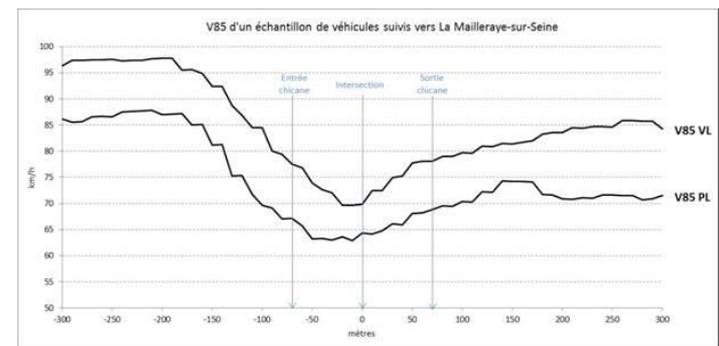
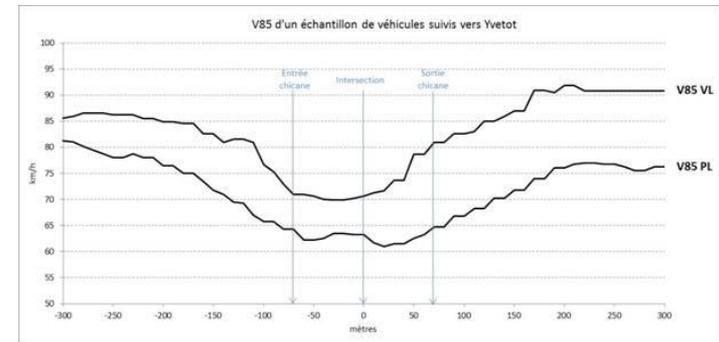
- Déport latéral de trajectoires via une chicane à chaque extrémité
- Deux îlots séparateurs bordurés sur la voie principale
- Rives extérieures bordurées dans l'intersection et en approche
- Voies de tourne-à-gauche réduites
- Vitesse maximale autorisée : 70km/h



EXEMPLE LE CARREFOUR « CHICANE »

- Résultats d'évaluation (matériel bord de voie et embarqué)
 - Mesures en bord de voie des vitesses dans l'intersection avant et après réalisation des travaux (1 semaine, tubes, compteurs-radars).
 - Mesures cinématiques et dynamiques en continu par suivi de véhicules VL et PL à l'aide d'une voiture instrumentée (VACC) après travaux.

	Vers Yvetot		Vers La Mailleraye-sur-Seine	
	Période avant	Période après	Période avant	Période après
Tous véhicules :				
Nombre	4 919	4 118	4 535	4 026
Vmoy	81 km/h	60 km/h	82 km/h	60 km/h
Ecart-type	13 km/h	10 km/h	13 km/h	10 km/h
V85	91 km/h	69 km/h	91 km/h	69 km/h
V > 70 km/h	86%	12%	90%	12%
V > 90 km/h	22%	0%	27%	1%
VL libres¹ :				
Vmoy	84 km/h	62 km/h	86 km/h	63 km/h
V85	93 km/h	71 km/h	95 km/h	72 km/h
V > 70 km/h	94%	16%	95%	18%
V > 90 km/h	30%	0%	39%	1%
PL libres :				
Vmoy	79 km/h	54 km/h	83 km/h	54 km/h
V85	88 km/h	64 km/h	91 km/h	63 km/h
V15 ²	70 km/h	47 km/h	76 km/h	47 km/h
V > 70 km/h	84%	2%	93%	2%
V > 80 km/h	44%	0%	68%	0%

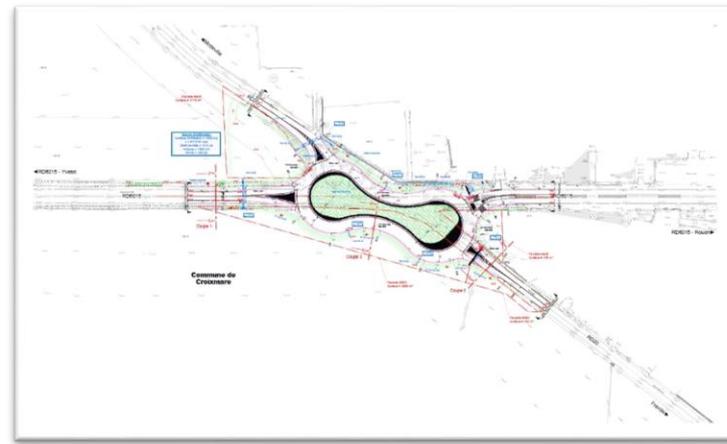


EXEMPLE

LE CARREFOUR « CACAHUÈTE »

Les principes de l'aménagement

- Carrefour plan de type giratoire double type « cacahuète » à 4 branches
- Deux giratoires rapprochés de rayon extérieur $R=25\text{m}$ reliés entre eux par un rayon $R=37,50\text{m}$ remplaçant un carrefour en baïonnette
- Introduction d'une contrainte de trajectoire grâce à l'îlot central paysagé borduré en forme de « cacahuète »
- Une chaussée annulaire de 7,50m
- Sur chaque branche îlots séparateurs bordurés et signalisation identique à celle d'un giratoire
- Aménagement qui ne fait pas l'objet de recommandations techniques : évaluation du fonctionnement de l'aménagement compte-tenu de son caractère innovant



EXEMPLE

LE CARREFOUR « CACAHUÈTE »

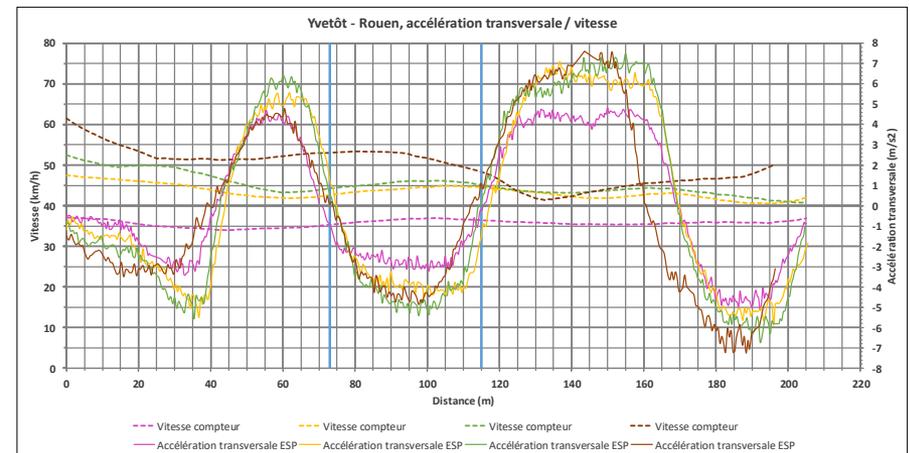
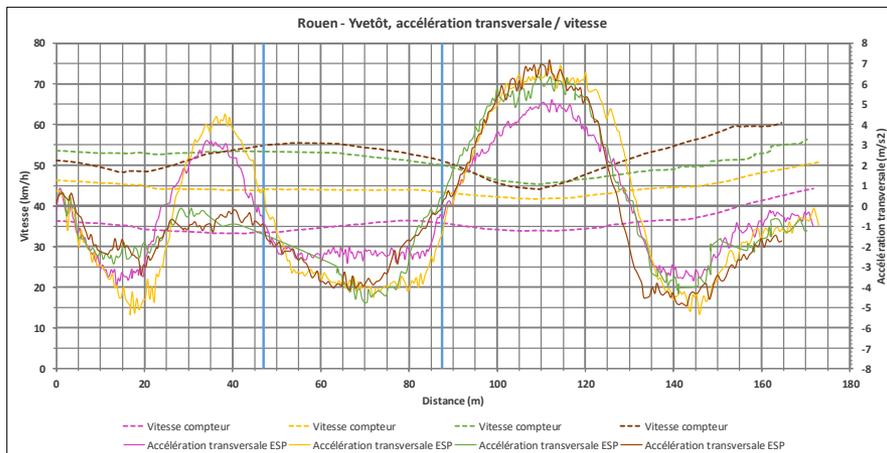
- Moyens mis en œuvre
 - Réalisation de mesures cinématiques à l'aide du Véhicule d'Analyse du Comportement du Conducteur (VACC) :
 - estimation du profil de vitesse de franchissement de l'aménagement
 - analyse des paramètres dynamiques du couple véhicule/conducteur (accélérations longitudinales et transversales)
 - Réalisation d'observations vidéo pour évaluer le comportement des différents types d'utilisateurs dans l'aménagement
 - Focus sur le comportement des 2RM



EXEMPLE LE CARREFOUR « CACAHUÈTE »

- Résultats d'évaluation

- Fortes contraintes dynamiques en entrée et sortie
- Vitesses de franchissement « apaisées » (<40 km/h)
- Contraintes dynamiques plus ou moins fortes selon les branches empruntées
- Une nécessaire optimisation des trajectoires à vitesse importante (>40 km/h)



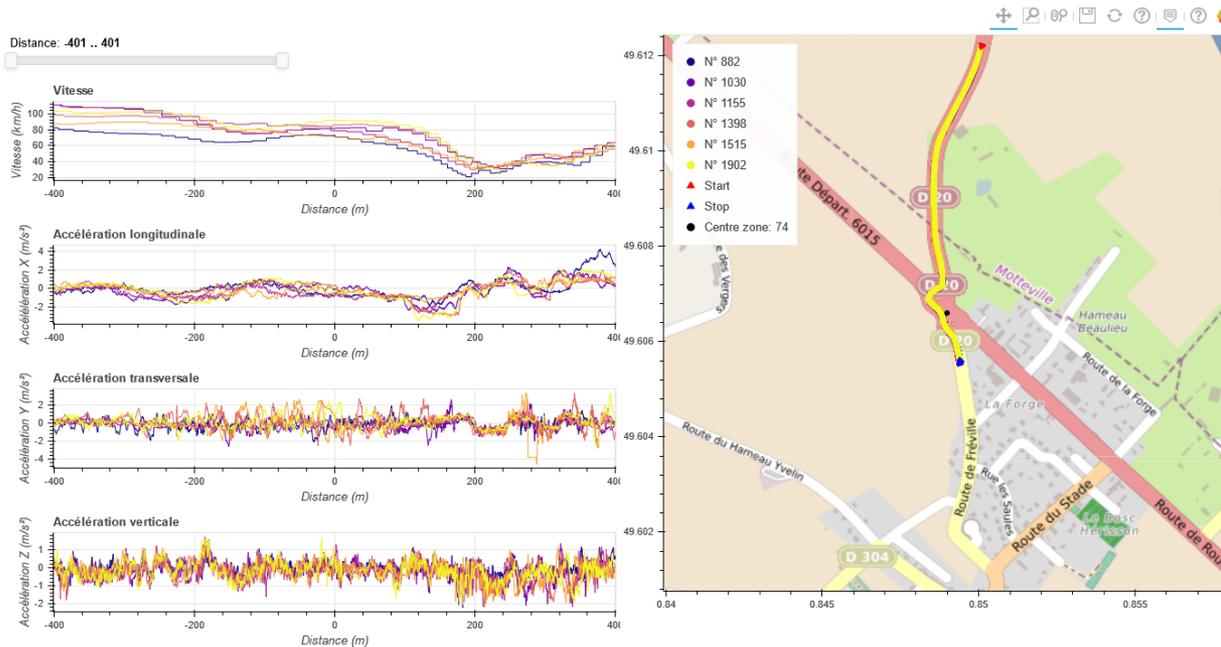
EXEMPLE

LE CARREFOUR « CACAHUÈTE »

- Observations réalisées à partir de vidéos : positionnement latéral et trajectoires
 - Dans les deux sens de circulation, les usagers optimisent leur trajectoire
 - De manière générale, les usagers ne circulent pas à deux de front sur la chaussée annulaire, malgré une « impression » de grande largeur.
 - La cohabitation avec les usagers vulnérables tels que les cyclistes semble bien se passer
 - Zones de chaussée annulaire très peu utilisées
 - Manœuvres particulières : deux véhicules légers circulent côte à côte sur l’anneau au niveau de la voie entrante



EXEMPLE LE CARREFOUR « CACAHUÈTE »



Analyse des paramètres dynamiques

- Vitesses d'approche entre 100 km/h et 110 km/h (VLA=90 km/h)
- Vitesses de franchissement sont de l'ordre de 30 km/h
- Accélérations longitudinales sont inférieures à 0.3 g
- Vitesses angulaires sont de l'ordre de 50° à 60°/s
- Accélérations angulaires varient entre 50°/s² et 250°/s²
- **Aménagement jouant son rôle de modérateur de vitesse (<40 km/h)**
- Fortes sollicitations dynamiques induisant des vitesses faibles



DES OUTILS INNOVANTS POUR LE DIAGNOSTIC



OBJECTIFS DU PROJET

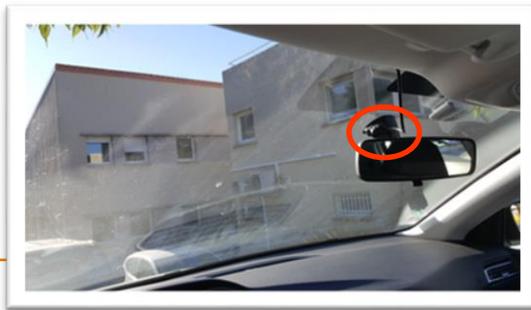
- Procéder à une auscultation incidentologique du réseau routier exploité par le Département de Seine-Maritime
- Procéder à une analyse du comportement des usagers sur certains types d'aménagements routiers pour apprécier leur sécurité
- Tester l'intérêt de la détection d'incidents pour former les agents en charge de la maintenance et de l'entretien des routes

S_VRAI : un outil pertinent pour les gestionnaires routiers :

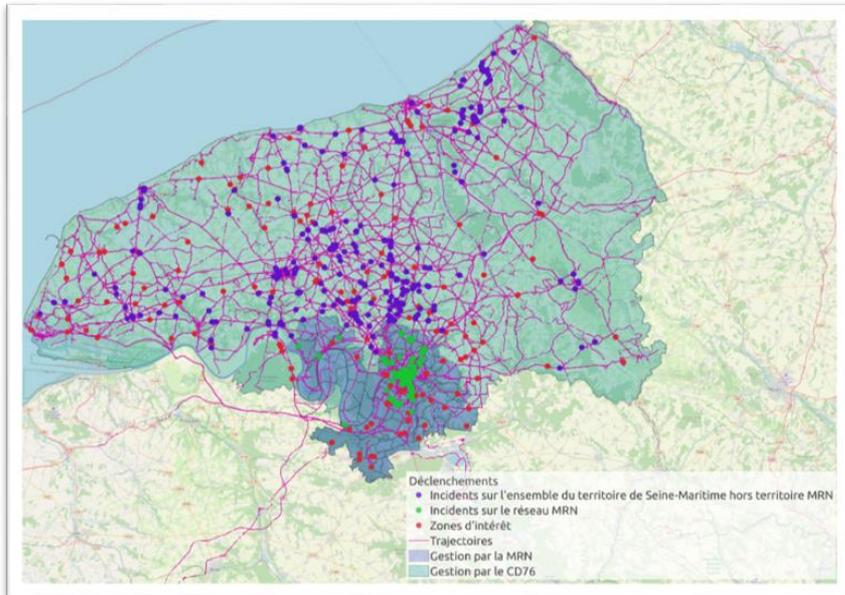
- **un outil d'alerte de points de vigilance**
 - **un outil d'évaluation des aménagements innovants**
 - **un outil d'évaluation des politiques départementales**
-

DÉPLOIEMENT

- Equipement déployé :
 - un EDR (EMMAPhone)
 - une caméra de contexte (filmant la scène routière)
 - optionnellement une connexion au bus CAN des véhicules
 - un dispositif d'activation / désactivation du système
- Scénario de déploiement :
 - un recueil de données sur quatorze mois
 - un déploiement au sein de douze véhicules



BILAN CHIFFRÉ DÉFINITIF APRÈS 12 MOIS DE RECUEIL* STATISTIQUES GÉNÉRALES



	Sur l'ensemble du territoire	Hors réseau exploité par la Métropole Rouen Normandie	Réseau exploité par la Métropole Rouen Normandie
Incidents			
Nombre d'incidents	673 ¹	329 ²	145
Nombre de vidéos	255 ³	122	46
Zones d'intérêt			
Nombre de zones	189	141	48
Nombre de vidéos	1 096	959	137
Nombre de passages	9 464	7 743	1 721

[1] Inclut des incidents sur voies communales, autoroutes, parkings, aires privées et périmètre Métropole Rouen Normandie qui ne sont pas pris en compte dans les deux autres colonnes.

[2] Inclut certains incidents qui déclenchent sur VC mais au niveau d'une intersection avec une RD.

[3] Pour des raisons techniques, nous ne disposons pas de l'ensemble des vidéos.

• Flotte S_VRAI 2

- 16 véhicules équipés
- Trajets : 8 228 parcours : 2 304 dans la Métropole Rouen Normandie (MRN) et 7 006 hors MRN
- Distance : 130 500 km parcourus dans le Département de la Seine-Maritime dont 17 200 sur le réseau de la MRN

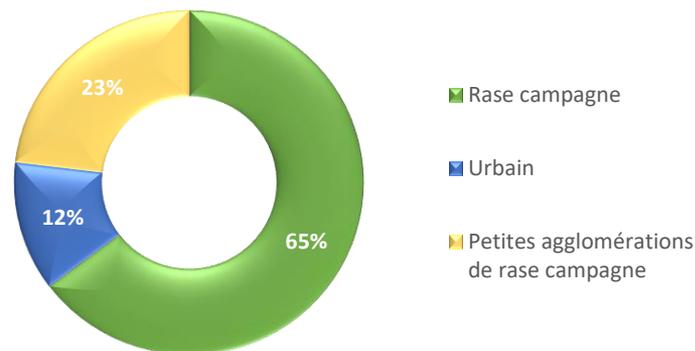
• Remarque

- Parmi les 329 incidents, 21 ont lieu dans une zone d'intérêt

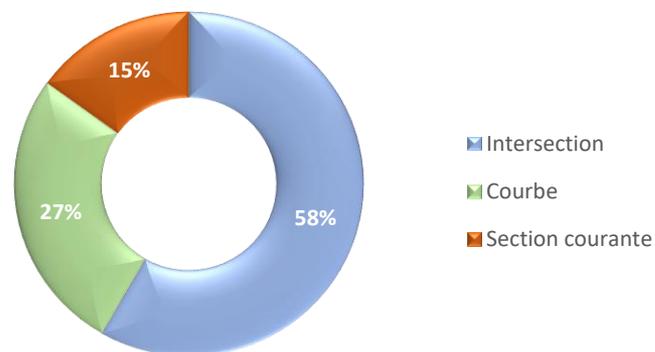
* 12 mois de recueil : décembre 2017 à janvier 2019

RÉPARTITION DES INCIDENTS EN FONCTION DE L'ENVIRONNEMENT ROUTIER ET DE LA CONFIGURATION ROUTIÈRE

- **65% des incidents sont déclenchés en rase campagne**, 23% dans les petites agglomérations de rase campagne et 12% sur le réseau urbain (hors Métropole Rouen Normandie)



- **Les incidents se sont principalement produits en intersection (58%)** et en courbe (27%). 15% des lieux d'incidents correspondent à une ligne droite



REPARTITION DES INCIDENTS EN FONCTION DE L'ENVIRONNEMENT ROUTIER ET DE LA CONFIGURATION ROUTIÈRE

- **32% des incidents** ont eu lieu dans des **intersections de rase campagne**
- **25 % des incidents** ont eu lieu dans des **courbes de rase campagne**
- **17% des incidents** ont eu lieu dans des **intersections en agglomérations de rase campagne**

	Intersection	Courbe	Section courante
Urbain	9%	<1%	2,7%
Rase campagne	32%	25%	8%
Agglomérations de rase campagne	17%	1,5%	4%

INCIDENTS

- **Situations de conduite**
 - dangereuses
 - non maîtrisées ou à la limite de la maîtrise par le conducteur
 - qui n'occasionnent pas nécessairement de choc, de dégât
- **Caractérisées**
 - par le dépassement de seuils physiques (accélérations longitudinales, transversales et couplées, jerk, etc)

nregle_dyn	Rcourte	rtype	rnormaccxy	rnormjerkxy	rvit_gps
4	NormAccXY>=6 & NormJerkXY>20 & TypeINC_4RM	INC_4RM	>=6	>20	NULL
5	NormAccXY>=5 & NormJerkXY>20 & vit_GPS>=80 & TypeINC_4RM	INC_4RM	>=5	>20	>=80
6	NormAccXY>=4 & NormJerkXY>20 & vit_GPS>=100 & TypeINC_4RM	INC_4RM	>=4	>20	>=100
11	NormAccXY>=6 & vit_GPS>=10 & TypeINC_4RM	INC_4RM	>=6	NULL	>=10

EVALUATION D'AMÉNAGEMENTS EXISTANTS

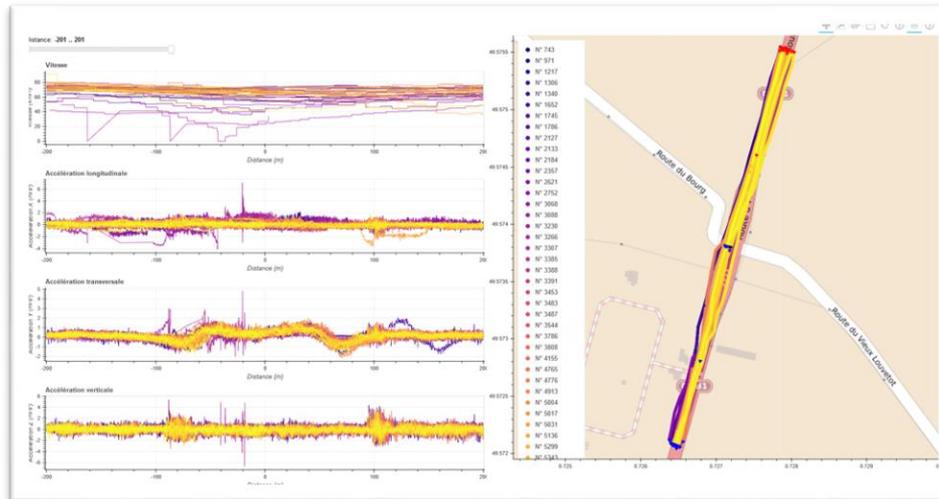
- Évaluer l'impact avant / après aménagement de l'infrastructure routière
- Expérimenter et évaluer des aménagements innovants
- Acquérir de la connaissance sur des objets routiers ou sur une zone particulière

189 points sur l'ensemble du territoire de la Seine-Maritime dont **141 points sur le réseau exploité par le Département de la Seine-Maritime**

Ces zones correspondent principalement aux **carrefours « chicane », giratoires à terre-plein central franchissable, chicanes d'entrée d'agglomération ou zones présentant un intérêt suite à des accidents corporels**

LE CARREFOUR « CHICANE » INTERSECTION RD131/ROUTE DE LA QUENELLERIE

- Paramètres dynamiques des différents passages des véhicules équipés d'un boîtier EDR sur le carrefour « chicane » - RD131 - Sens Yvetot vers Louvetot



- **Analyse de l'incident**

- RD131 - Sens Yvetot vers Louvetot : 45 passages, 4 conducteurs
 - des vitesses d'approche entre 60 et 80 km/h
 - des vitesses de franchissement entre 40 et 75 km/h
 - un aménagement qui sollicite en transversal mais dans le seuil de confort des usagers (inférieur à 2m/s^2)

ANALYSE DES DONNÉES TRAITÉES ISSUES DE LA BASE S_VRAI SUR DEUX AUTRES SITES

Intersection RD131/Route de la Quenellerie et du Vieux Louvetot



**Intersection RD925/RD17)
Commune d'Angerville-la-Martel**



Intersection RD40/Route de l'école) – Commune de Trouville – Alliquerville



Sens de circulation	RD131 Sens Yvetot vers Louvetot	RD131 Sens Louvetot vers Yvetot	RD925 Sens Dieppe vers Fécamp	RD925 Sens Fécamp vers Dieppe	RD40 Sens Trouville - Alliquerville vers A29	RD40 Sens A29 vers Trouville - Alliquerville
Nombre de passage	45	18	3	5	3	2
Nombre de conducteur	4	3	3	3	3	2
Vitesses d'approche	Entre 60 et 80 km/h	Entre 51 et 85 km/h	Entre 65 et 80 km/h	Entre 51 et 81 km/h	Entre 70 et 80 km/h	70 km/h
Vitesse Maximale Autorisée (VMA)	70 km/h	70 km/h	70 km/h	70 km/h	70 km/h	70 km/h
Vitesses de franchissement	Entre 40 et 75 km/h	Entre 31 et 77 km/h	Entre 50 et 71 km/h	Entre 48 et 75 km/h	Entre 50 et 70 km/h	Entre 50 et 60 km/h
Accélération transversale	Norme inf. 2m/s ²	Norme inf. 2m/s ²	Norme inf. 2m/s ²	Norme inf. 2m/s ²	Norme inf. 2m/s ²	Norme inf. 2m/s ²

- Résultats similaires pour les trois intersections
- Confirme les objectifs initiaux des aménagements
- Confirme les résultats de précédentes évaluations

FORMATION DES AGENTS DU SERVICE EXPLOITATION SÉCURITÉ ROUTIÈRE DE LA DIRECTION DES ROUTES

- **Formation des agents du Service Exploitation Sécurité Routière (SESR) de la Direction des Routes à l'analyse des données S_VRAI en lien avec l'infrastructure**
 - Rappel de la démarche S_VRAI
 - Présentation de l'outil
 - Etudes de cas
 - Analyse de quelques cas des données issues de la base S_VRAI (*trajectoires, incidents, évènements, zones d'intérêt, vitesses*)
 - Interprétation et mise en lien éventuelle avec l'infrastructure
 - Visite de quelques sites retenus : identifier les points de vigilance (expertise) et réflexion sur les pistes d'action



Merci pour votre attention

Contacts :

peggy.subirats@cerema.fr

Olivier.moisan@cerema.fr