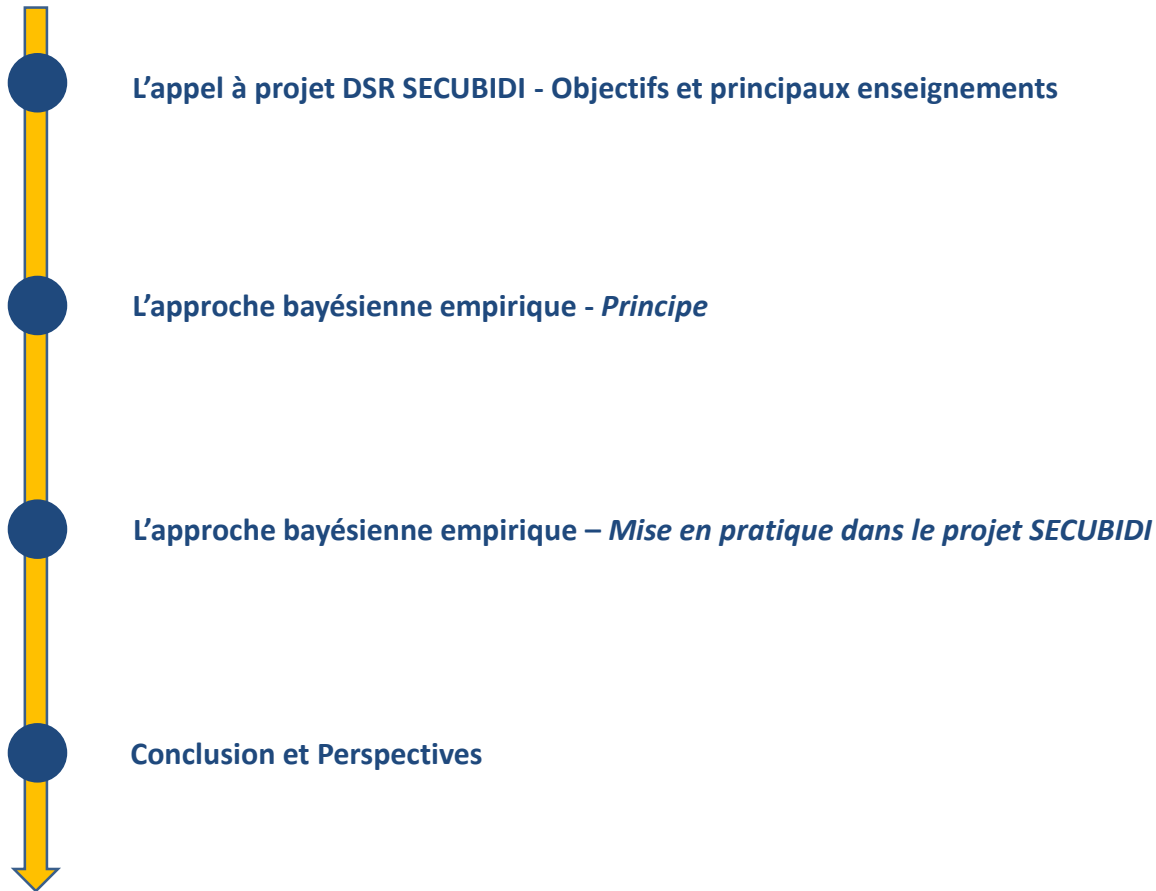


**Utilisation des estimations bayésiennes
empiriques pour fiabiliser
l'accidentalité d'une section de route
bidirectionnelle**
Projet Sécubidi

Samuel Melennec & Laurent Monfront – Cerema

SOMMAIRE



Partie 1

L'appel à projet DSR SECUBIDI

Objectifs et principaux enseignements

Projet SECUBIDI : Amélioration de la sécurité des routes bidirectionnelles

- Réponse Cerema à un **Appel à Projet** de la Délégation à la Sécurité Routière

- Objectif : **apporter une connaissance** détaillée de l'accidentologie et des usages sur les routes bidirectionnelles de rase campagne
 - Mieux connaître pour agir, en particulier *estimer et hiérarchiser les enjeux de sécurité* en distinguant fonction des routes, caractéristiques de l'infrastructure et usages ;
 - Identifier les principaux mécanismes et facteurs d'accidents pour poser un diagnostic et estimer le rôle de l'infrastructure et des usagers ;
 - Évaluer la possibilité de proposer une analyse particulière par territoire, typiquement au niveau d'un réseau départemental en s'appuyant notamment sur les *données existantes et disponibles (trafics, vitesses, bases de données géomatiques, ...)*.

Projet GSIR :

Refonte la démarche d'évaluation de la sécurité en combinant accidentalité observée et examen visuel des caractéristiques de l'infrastructure

Explorer la mise en œuvre et l'apport de l'approche bayésienne

Publication scientifique Thierry Brenac
Méthodes quantitatives pour l'identification de sections de route dangereuses - Aspects généraux, approches bayésiennes empiriques. [Rapport de recherche] IFSTTAR. 2020

Projet SECUBIDI : Principaux résultats et pistes d'action

1685 accidents étudiés : base BAAC 2013 2017 et base FLAM des accidents mortels de 2015

Aménagement de l'infrastructure routière

- Les sorties de voie suite à des problèmes de guidage (hors mal aise) représentent 19% de l'ensemble des accidents mortels étudiés (FLAM 2015) => **Planter des dispositifs d'alerte sonore**, principalement en axe de la chaussée autorisés par l'arrêté du 14/01/2020.
- **Traiter des obstacles latéraux**, prioritairement dans les 2 mètres du bord de la chaussée en courbe.
- **Effectuer des mesures d'adhérence** : perte de contrôle par temps humide ; limitation de vitesse en attente de réfection.
- **Limiter les masques à la visibilité** ; attention particulière aux sections avec dépassement autorisé.
- **Visibilité de la route** : courbes serrées après un long alignement (motos) ; méthode ALERTINFRA.
- Amplifier l'**aménagement d'itinéraires cyclables** sur le réseau secondaire (61 % des accidents cyclistes).

Projet SECUBIDI : Principaux résultats et pistes d'action

Evolution de la doctrine technique

- Mutualiser les **données descriptives** de l'infrastructure **recueillies par les gestionnaires** pour estimer l'impact des caractéristiques de l'infrastructure sur les accidents (approche par modélisation).

projet GSIR

- Poursuivre les travaux sur la prise en compte des vitesses pratiquées.

Illustration : pour la modélisation de la vitesse en virage et la méthode de signalisation des virages, en raison de la multiplicité des VMA sur les routes bidirectionnelles.

- Améliorer la **connaissance des usages sur les réseaux secondaires*** ; diversité des enjeux liée à la variété des réseaux. Illustration : adapter le guide Traitement des Obstacles Latéraux (TOL) ; différencier les solutions proposées en fonction des types de réseaux concernés (obstacles plus proches sur le réseau secondaire).
- **Interroger la répartition du profil en travers des routes bidirectionnelles**, notamment la réduction des largeurs de voies au profit de la zone de récupération afin de ne pas dégrader la sécurité des usagers en axe.

* RD de catégorie 3 et plus et voies communales

Projet SECUBIDI : Principaux résultats et pistes d'action

Données : existence, disponibilité et accès

- Pérenniser le recueil de mesures de vitesses FCD (pas de 100 m).
- Les utiliser pour élaborer des observatoires des vitesses pratiquées à différentes échelles (réseau, itinéraires, sections, points).
- Inciter les gestionnaires routiers à mesurer les trafics sur l'ensemble des intersections du réseau principal (branches principales et secondaires) afin de *pouvoir mettre en œuvre les modèles existants* d'accidents en intersections.
- Interroger la répartition du profil en travers des routes bidirectionnelles, notamment la réduction des largeurs de voies au profit de la zone de récupération afin de ne pas dégrader la sécurité des usagers en axe.
- Construire, à partir des cartographies de routes existantes (OpenStreetMap, IGN), un **découpage indexé à pas fixe de l'infrastructure routière** afin de disposer d'un outil efficace pour proposer des traitements en deux dimensions.

projet GSIR

Projet SECUBIDI : Principaux résultats et pistes d'action

Usagers

- **Contrôler les vitesses, l'alcoolémie** (notamment de nuit et hors du réseau principal), **l'usage de stupéfiants**. On dénombre 630 tués de nuit sur les routes bidirectionnelles et 480 tués en présence d'alcool ou stupéfiants et les deux principaux facteurs humains sont la vitesses excessives ou inadaptée (38%) et l'alcoolémie (31%).
- Réaliser des **actions d'information/communication** sur les **risques liés à la fatigue et à l'inattention** ; problématique plus présente sur le réseau principal RN et RD.
- Renforcer la **communication** sur le nécessaire **partage de la route** afin de prendre en compte la présence des **usagers vulnérables**, en particulier **en intersection** (en lien avec l'augmentation de la pratique cycliste).

Partie 2

L'approche bayésienne empirique

Principe

Thierry Brenac – Août 2020

Méthodes quantitatives pour l'identification de sections de route dangereuses -Aspects généraux, Approches bayésiennes empiriques

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02935354>

Estimer l'accidentalité d'une section - Approche bayésienne empirique

Combiner en les pondérant 2 sources d'information :

Information à priori

La **Moyenne** des nombres d'accidents observés sur des **sections comparables**

Sections Comparables à la section étudiée signifie mêmes :

- *Trafic*
- *Longueur*
- *Caractéristiques*
 - Profil en travers*
 - Nombre de voies*
 - Type de carrefour*
 - Vitesse Maximale Autorisée*
 - Distance entre échangeurs (RCS)*
 - Accotement*
 - Distance aux obstacles*
 - ...

Poids inversement proportionnel à la **dispersion** des nombres d'accidents sur les sections comparables

l'Observation

Nombre d'accidents observés sur la section étudiée

1- le Poids attribué à l'information à priori

+

Estimateur Bayésien Empirique (EBE) du nombre d'accidents - Théorie

La combinaison des sources d'information s'écrit :

$$\hat{m}_{BE} = \mathbf{v} * \bar{\mathbf{y}} + (1 - \mathbf{v}) * \mathbf{x} \quad \text{avec :}$$

- \hat{m}_{BE} : EBE du nombre d'accidents sur la section.
- \mathbf{x} : le nombre d'accidents observés sur la section étudiée.
- $\bar{\mathbf{y}}$: moyenne des nombres d'accidents observés sur les sections comparables.
- $\mathbf{v} = \bar{\mathbf{y}} / \mathbf{s}^2$ poids attribué à l'information à priori avec \mathbf{s}^2 variance (dispersion) des accidents observés (y_i) sur les sections comparables. Plus l'information déduite des sections comparables est dispersée (s^2 grand) plus l'information locale \mathbf{x} sera privilégiée.

La littérature scientifique montre que l'EBE est un meilleur estimateur de l'accidentalité d'une section de route (événements rares et indépendants) que le seul nombre d'accidents observés.

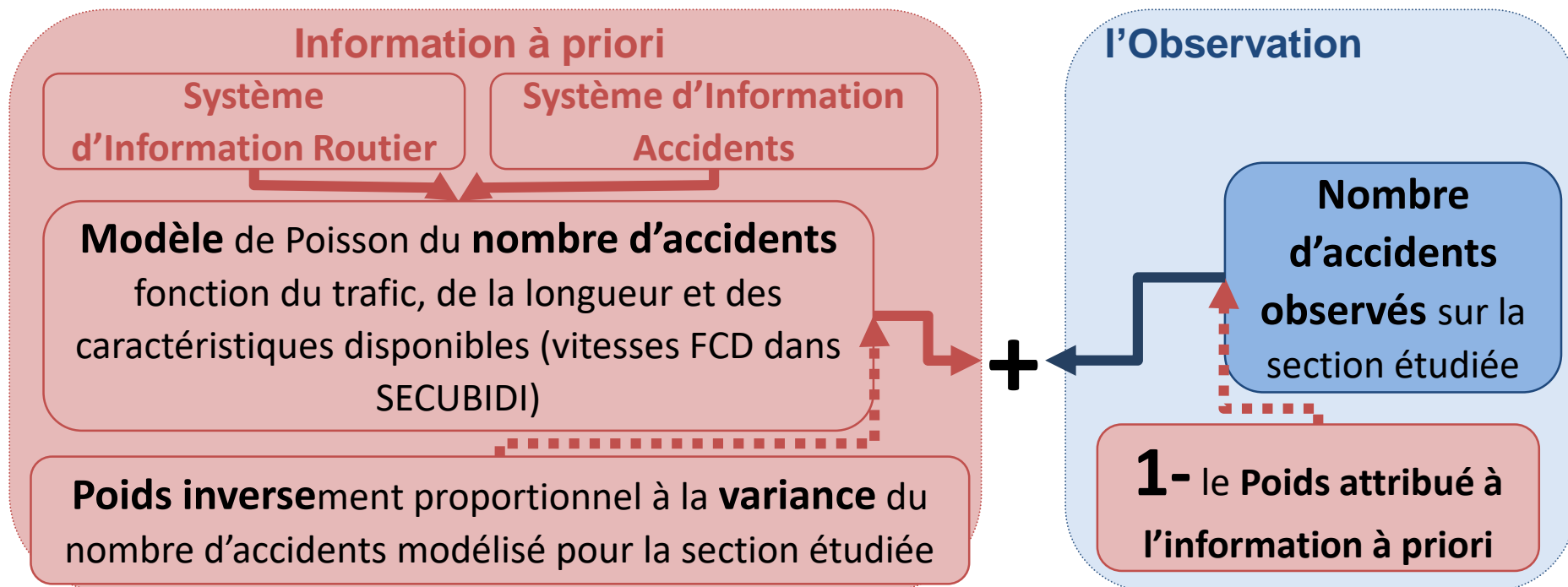
Partie 3

L'approche bayésienne empirique

Mise en pratique dans le projet SECUBIDI

EBE du nombre d'accidents d'une section – Mise en œuvre

En pratique, on ne dispose pas d'un jeu suffisant de sections comparables (mêmes trafic, longueur, caractéristiques).
 L'alternative consiste à modéliser une population virtuelle de sections comparables.



EBE du nombre d'accidents – cas d'une population virtuelle de sections comparables

La combinaison des sources d'information devient pour une section étudiée (i) :

$$\hat{m}_{iBE} = \mathbf{v} * \boldsymbol{\mu}_i + (1 - \mathbf{v}) * \mathbf{x}_i$$

avec :

- \hat{m}_{iBE} : EBE du nombre d'accidents sur la section (i).
- \mathbf{x}_i : nombre d'accidents observés sur la section étudiée (i).
- $\boldsymbol{\mu}_i$: valeur prédite par le modèle de l'espérance du nombre d'accidents pour des sections présentant les mêmes caractéristiques que (i).
- $\mathbf{v} = \boldsymbol{\mu}_i / \mathbf{Var}(\boldsymbol{\mu}_i)$ poids attribué à l'information à priori avec $\mathbf{Var}(\boldsymbol{\mu}_i)$ variance (dispersion) modélisée pour des sections présentant les mêmes caractéristiques que (i).

EBE du nombre d'accidents – Cas pratique

Objectif : rechercher la contribution de la vitesse pratiquée.

Jeu de données :

- 31 sections bidirectionnelles du département de Seine-Maritime hors agglomérations.
- Variables disponibles par section : longueur, trafic, différentes variables vitesses : distributions des V85 et Vitesses Moyennes calculées à partir des distributions FCD au pas de 100m.

Après les avoir tester séparément on retient le ratio $V85_{85} \% / V85_{15} \%$ (variable qui renseigne sur la dispersion spatiale des vitesses sur la section).

- Variable à expliquer : le nombre d'accidents observés hors agglomération.

EBE du nombre d'accidents – Cas pratique

Objectif : rechercher la contribution de la vitesse pratiquée à l'accidentalité.

$$\hat{m}_{iBE} = v * \mu_i + (1 - v) * x_i \quad (\text{rappel})$$

Pour l'évaluer 2 modélisations de μ_i ont été testées :

- Une 1ère sans variable vitesse :

$$\mu_i = 5,37 \times 10^{-4} \times 5(\text{ans}) \times 365 (\text{jours}) \times \mathbf{LONG}_i^{0,9093} \times \mathbf{TRAF}_i^{0,7822}$$

50 % de la variance du jeu de données est expliquée.

- Une 2^{nde} avec :

$$\mu_i = 2,9 \times 10^{-3} \times 5 (\text{ans}) \times 365 (\text{jours}) \times \mathbf{LONG}_i^{0,807} \times \mathbf{TRAF}_i^{0,534} \times \mathbf{V85_85/V85_15}_i^{2,733}$$

57 % de la variance du jeu de données est expliquée.

EBE du nombre d'accidents – Cas pratique

Conséquence sur la hiérarchisation des sections en fonction de la densité d'accidents :

Id_section	Longeur (km)	V85_85/ V85_15	TMJA	Nb acc	Taux observé	densité observée	Densite_EBE avec vitesse	Densite EBE sans vitesse	classement densité observé	classement densité EBE sans vitesse	classement densité EBE avec vitesse
33	2.42	1.35	16000	7	9.91	2.89	1.42	1.56	33	33	33
4	7.59	1.51	9211	16	12.54	2.11	1.37	1.26	4	4	4
10	2.03	1.30	6561	2	8.23	0.99	0.62	0.57	10	32	24
2	3.92	1.15	3125	3	13.42	0.77	0.30	0.34	2	23	32
32	16.22	1.35	12653.5	12	3.20	0.74	0.68	0.72	32	24	20
20	7.69	1.43	9429	5	3.78	0.65	0.67	0.61	20	20	8
24	11.37	1.63	12036.5	7	2.80	0.62	0.78	0.64	24	29	10
22	26.17	1.31	5910	16	5.67	0.61	0.48	0.52	22	13	29
16	28.36	1.59	7726	16	4.00	0.56	0.59	0.53	16	10	16
29	7.78	1.33	12385.5	4	2.27	0.51	0.60	0.61	29	16	23
23	10.59	1.25	19244	5	1.34	0.47	0.56	0.64	23	22	26
34	11.4	1.36	4816	5	4.99	0.44	0.40	0.37	34	35	25
31	16.34	1.19	9211	7	2.55	0.43	0.39	0.47	31	15	15
27	9.64	1.28	5082	4	4.47	0.41	0.37	0.37	27	26	22
1	17.22	1.21	6575.5	7	3.39	0.41	0.35	0.40	1	31	5
13	2.47	1.13	9219	1	2.41	0.40	0.44	0.57	13	8	13
15	5.05	1.26	9284.5	2	2.34	0.40	0.49	0.52	15	5	35
11	5.08	1.11	6443	2	3.35	0.39	0.32	0.43	11	25	34
5	5.69	1.27	7899.5	2	2.44	0.35	0.44	0.46	5	11	14
9	13.91	1.35	6780.5	4	2.32	0.29	0.37	0.35	9	1	30
26	3.5	1.34	7817	1	2.00	0.29	0.53	0.47	26	14	31
6	11.03	1.21	5392	3	2.76	0.27	0.29	0.32	6	30	9
8	4.26	1.52	8777	1	1.47	0.23	0.66	0.46	8	34	27
21	18.42	1.35	4300	4	2.77	0.22	0.28	0.25	21	27	1
28	15.24	1.18	3412.5	3	3.16	0.20	0.20	0.22	28	9	11
14	5.33	1.26	7589	1	1.35	0.19	0.40	0.39	14	2	2
3	35.85	1.30	5259.5	6	1.74	0.17	0.22	0.21	3	6	6
12	5.75	1.19	5568	0	0.00	0.00	0.26	0.27	12	12	21

Partie 4 Conclusion et Perspectives

Apports de l'approche bayésienne empirique

L'EBE est un estimateur de l'accidentalité vraie d'une section :

- Statistiquement meilleur que le nombre d'accidents observé.
- Qui prend en compte des facteurs infras et d'usage dans l'évaluation de l'accidentalité d'une section de route à travers la modélisation.
- Qui fiabilise la hiérarchisation de l'ensemble des sections d'un réseau.
- Doit améliorer l'efficacité de la dépense publique engagée par les gestionnaires routiers : choix des sections à diagnostiquer et actions à engager.

Apports de l'approche bayésienne empirique et Perspectives

Cette approche :

- S'appuie sur des justifications mathématiques éprouvées.
- Se veut accessible aux services techniques des gestionnaires (collecte des informations routières).
- Est documentée et réalisable avec des outils statistiques libres (*R* pour la modélisation, *tableurs* pour la mise en œuvre).
- Doit, au fur et à mesure des collectes de données routières, permettre d'identifier et calibrer les facteurs explicatifs de la survenue d'accidents.
- Soulève l'enjeu du choix de l'agrégation des facteurs infras et d'usage (ici la vitesse pratiquée) à l'échelle de la section d'étude.

Merci de votre attention

Coordonnées Intervenants

Organisme : Cerema Hauts-de-France

Adresse : 44 ter rue Jean Bart Lille

Mails : samuel.melenec@cerema.fr, laurent.monfront@cerema.fr

Tel : 03.20.49.61.95

Projet SECUBIDI : Eric Violette, Laurent Dodet, Nicolas Dubos,
Bérengère Varin, Olivier Bisson, Vincent Ledoux, Gabriel Kleinmann,
Samuel Melenec, Laurent Monfront, Guillaume Le Denmat