

Analyse proactive de la sécurité routière et traitement d'image

Colloque annuel
du Réseau de Recherche en Sécurité Routière

Nicolas Saunier
nicolas.saunier@polymtl.ca



**POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL**

LE GÉNIE
EN PREMIÈRE CLASSE

22 mai 2012

Plan

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion

- 1 Méthodes de diagnostic de la sécurité routière
- 2 Un cadre probabiliste pour l'analyse de la sécurité routière
- 3 Traitement de données vidéo et résultats expérimentaux
- 4 Conclusion

Diagnostic de sécurité routière

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion

L'approche traditionnelle repose sur les **données historiques de collision**, avec les limites suivantes :

- 1 **attribution** difficile des collisions à une cause
 - les rapports de collision sont biaisés par la recherche de la faute et non des causes (multiples) de la collision
- 2 **faibles** quantités de données
- 3 qualité des données **recueillies** après l'événement, avec un biais vers les collisions les plus graves

Diagnostic de sécurité routière

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion

- Approche **réactive** paradoxale : l'approche traditionnelle implique d'attendre qu'un nombre suffisant d'accidents se soit produit pour agir
- Recherche d'approches **proactives** et de mesures **substitutives** qui ne dépendent pas de l'occurrence d'accidents, qui devraient
 - apporter des informations complémentaires
 - être liées à des événements plus fréquents que les collisions, observables dans la circulation
 - être corrélés aux accidents, statistiquement et causalement

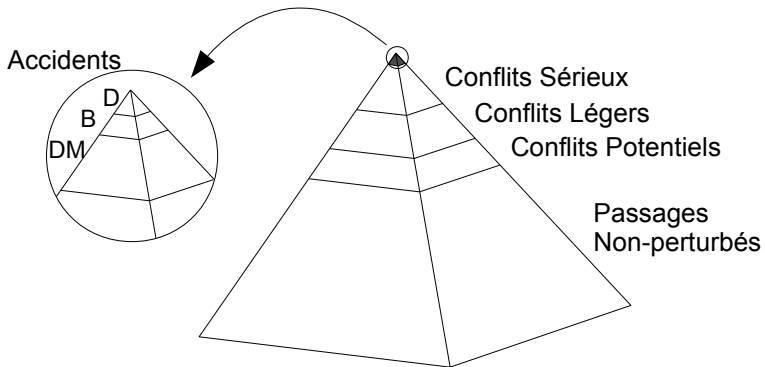
Hiérarchie de sécurité

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion



(Hydén 87, Svensson 98)

Les conflits de trafic

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

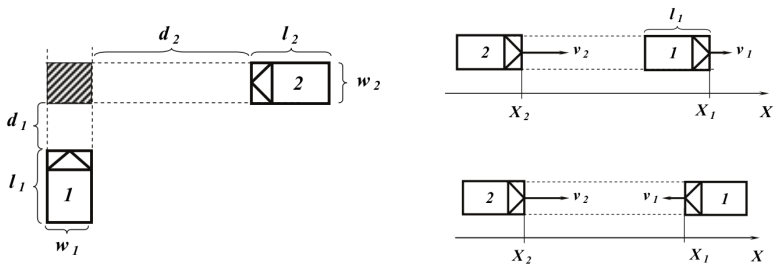
Conclusion

Un conflit de trafic est une situation observable dans laquelle deux usagers ou plus s'approchent l'un de l'autre dans le temps et l'espace à un tel point que la collision est imminente si leurs mouvements restent inchangés

(Proceedings of the first workshop on traffic conflicts 77)

- Développement d'indicateurs de **sévérité** qui mesurent la "proximité" du conflit à une collision potentielle
 - temps à la collision (TTC), temps post-empiètement (PET), décélération de sécurité (DST), temps post-empiètement prédit ("Gap Time")

Temps à la collision



$$TTC = \frac{d_2}{v_2} \text{ si } \frac{d_1}{v_1} < \frac{d_2}{v_2} < \frac{d_1 + l_1 + w_2}{v_1}$$

$$TTC = \frac{d_1}{v_1} \text{ si } \frac{d_2}{v_2} < \frac{d_1}{v_1} < \frac{d_2 + l_2 + w_1}{v_2} \text{ (lateral)}$$

$$TTC = \frac{X_1 - X_2 - l_1}{v_1 - v_2} \text{ si } v_2 > v_1 \text{ (arriere)}$$

$$TTC = \frac{X_1 - X_2}{v_1 + v_2} \text{ (frontal)}$$

Limites des techniques des conflits de trafic

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion

- Coût élevé de la collecte manuelle de données
- Problèmes de subjectivité et fiabilité des données : variation des mesures pour un même observateur et entre observateurs

Objectif

Développement d'un cadre et d'outils automatiques pour remédier aux limites des méthodes réactives de diagnostic et des techniques des conflits de trafic

La trajectoire de collision

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion

*Un conflit de trafic est une situation observable dans laquelle deux usagers ou plus s'approchent l'un de l'autre dans le temps et l'espace à un tel point que la collision est imminente **si leurs mouvements restent inchangés***

(Proceedings of the first workshop on traffic conflicts 77)

- Nécessité de spécifier des **hypothèses d'extrapolation** des mouvements

Repenser la trajectoire de collision

Méthodes de
diagnostic

Cadre
probabiliste

Résultats
expérimentaux

Conclusion

- Différentes chaînes d'évènements peuvent mener deux usagers de la route à entrer en collision
- Il est possible d'estimer une probabilité de collision si on dispose d'une méthode probabiliste de prédiction des positions futures des usagers

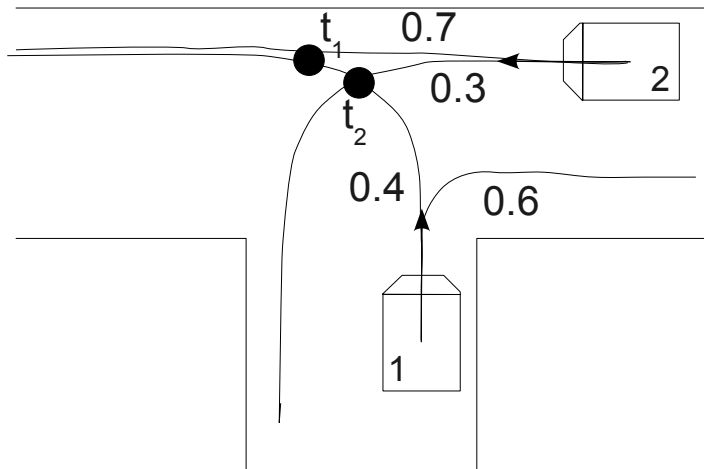
Un exemple simple

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion



Probabilité de collision

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion

- Enumération des N_{CP} points de collision CP_n
- La **probabilité de collision** est calculée en sommant les probabilités d'atteindre chaque point de collision

$$P(\text{Collision}(U_i, U_j)) = \sum_{1 \leq n \leq N_{CP}} P(\text{Collision}(CP_n))$$

- L'**espérance du temps à la collision** peut aussi être calculée (s'il y a au moins un point de collision, soit $P(\text{Collision}(U_i, U_j)) > 0$)

$$TTC(U_i, U_j, t_0) = \frac{\sum_{1 \leq n \leq N_{CP}} P(\text{Collision}(CP_n)) t_n}{P(\text{Collision}(U_i, U_j))}$$

Avantages des capteurs vidéo

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion

- Relative facilité d'installation (ou installation pré-existante)
- Coût modéré
- Riche description du trafic
- Couverture d'une large zone
- Interprétation automatique par des méthodes de vision par ordinateur
- Capacité de vérification ultérieure des données

Système de traitement de données vidéo

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion



Séquence d'images

+

Calibration de la caméra

+



Images étiquetées par type d'utilisateur



Trajectoires des usagers



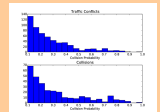
Interactions



Applications



Distribution des mouvements, volumes, identification des origines-destinations, comportement des usagers, etc.



Conflits de trafic, mesures de sévérité et d'exposition, comportements en interaction, etc.

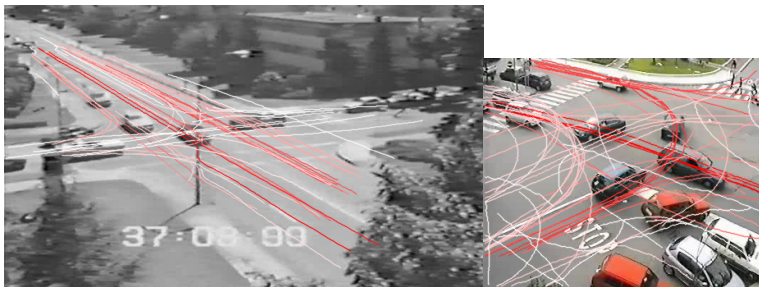
Distribution des trajectoires

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion



Ensemble conflits, Vancouver

58 prototypes
(2941 trajectoires)

Reggio Calabria, Italie

58 prototypes
(138009 trajectoires)

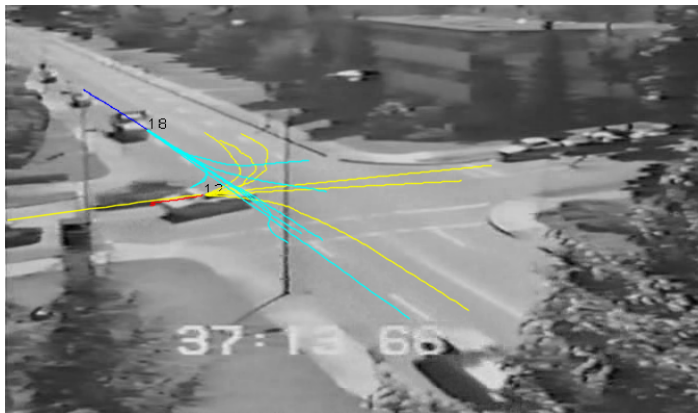
Calcul de la probabilité de collision pour des usagers en interaction

Méthodes de
diagnostic

Cadre
probabiliste

Résultats
expérimentaux

Conclusion



Données de conflits (Vancouver)

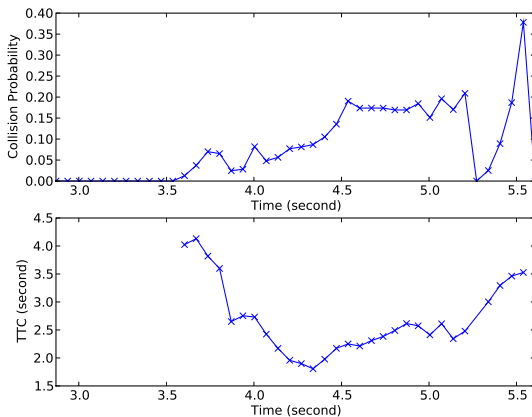
Indicateurs de sévérité

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion



Conflit latéral (Kentucky)

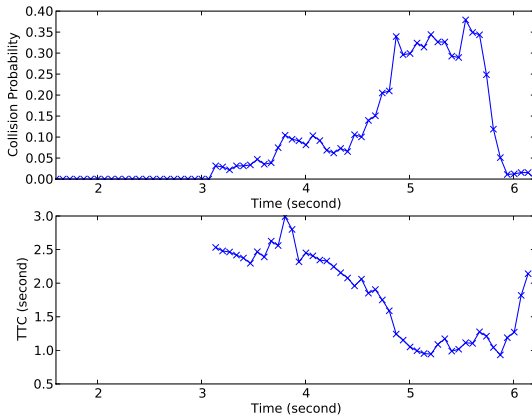
Indicateurs de sévérité

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion



Conflict parallèle (Kentucky)

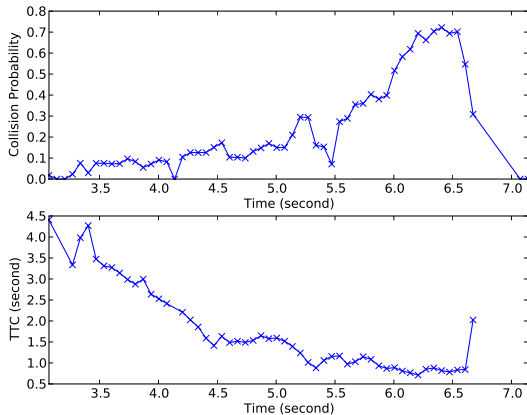
Indicateurs de sévérité

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion



Collision latérale (Kentucky)

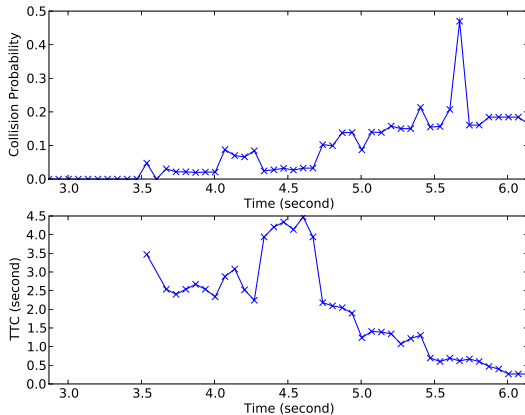
Indicateurs de sévérité

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion



Collision parallèle (Kentucky)

Distribution de la sévérité des interactions

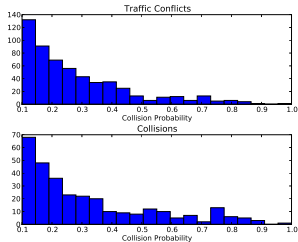
Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

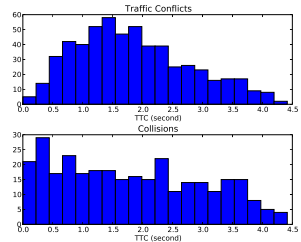
Résultats expérimentaux

Conclusion

Probabilité de collision maximale



TTC minimal



Données de conflits et de collisions (Kentucky)

Distribution spatiale des points de collision

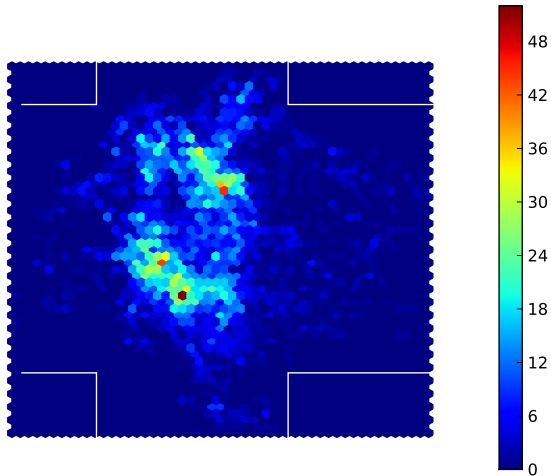
Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion

Collisions



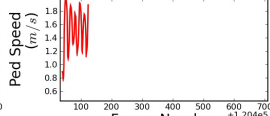
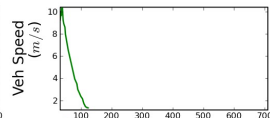
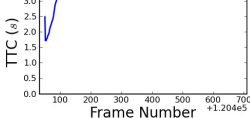
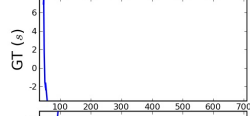
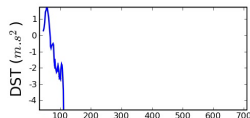
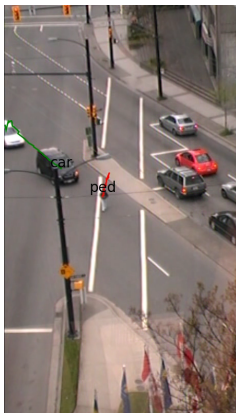
Interactions entre piétons et véhicules : résultats

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion



PET = 3.80s

Données recueillies à Vancouver

Étude avant et après l'autorisation du passage des piétons en diagonal

Méthodes de
diagnostic

Cadre
probabiliste

Résultats
expérimentaux

Conclusion



“Scramble phase”, données recueillies à Oakland

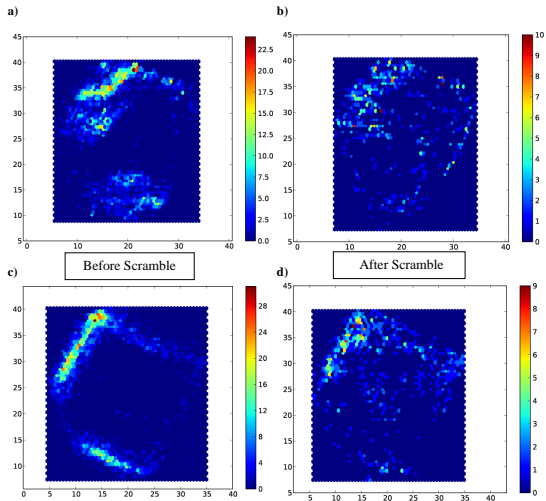
Distribution avant/après des points de collision

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion



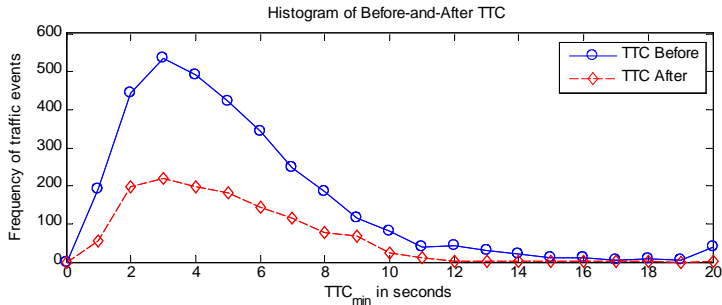
Distribution des indicateurs de sévérité traditionnels

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion



Interdiction de changement de voie sur autoroute

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion

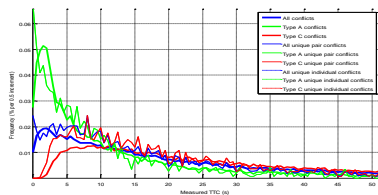
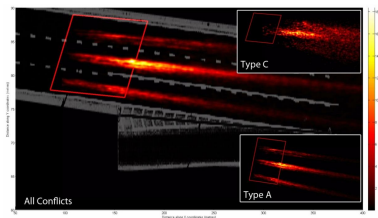
86

Ramp: A20-E-E56-3

Treatment: Yes

Region(s): UPreMZ, PPreMZ

Analysis length: 50 m



Conclusion

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion

- Méthodes **proactives** pour le diagnostic de la sécurité routière, complémentaire de l'approche traditionnelle
 - cadre simple et générique, sans cas particulier pour les catégories d'interactions ou les types d'utilisateur
- Démonstration de méthodes **automatiques** pour recueillir des données de trafic sur tous les usagers, y compris les piétons

Projets en cours

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Résultats expérimentaux

Conclusion

- Programme de recherche en sécurité routière (FQRNT-MTQ-FRSQ)
 - Sécurité des carrefours giratoires au Québec
 - Sécurité des usagers vulnérables (Luis Miranda-Moreno)
- Collecte et analyse de larges ensembles de données pour mieux comprendre les mécanismes d'accidents (CRSNG)
- Projet pilote d'étude des interactions entre conducteurs, cyclistes et piétons (Ville de Montréal)

Science ouverte

Méthodes de
diagnostic

Cadre
probabiliste

Résultats
expérimentaux

Conclusion

- Reproductibilité des résultats
- Importance de partager les données et les méthodes/outils
 - Outils de traitement d'image et des trajectoires **libres** (“open source”)

Collaborateurs

- Clark Lim and Tarek Sayed (Université de la Colombie Britannique)
- Karim Ismail (Université Carleton)
- Luis Miranda-Moreno (Université McGill)
- Mohamed Gomaa Mohamed, Paul St-Aubin (École Polytechnique de Montréal)

<http://nicolas.saunier.confins.net>

Questions ?