

# Diagnostic de sécurité routière à l'aide de données vidéo

Séminaire, Institut Pascal

Nicolas Saunier

[nicolas.saunier@polymtl.ca](mailto:nicolas.saunier@polymtl.ca)



**POLYTECHNIQUE  
MONTREAL**

LE GÉNIE  
EN PREMIÈRE CLASSE

14 mai 2013

# Un problème de santé mondial

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

*Plus de 1.2 million de personnes meurent chaque année sur les routes dans le monde, et de 20 à 50 millions souffrent de blessures non-mortelles.*

*Dans la plupart des régions du monde, l'épidémie de blessures liées à la sécurité routière est encore en **augmentation**.*

*(Global status report on road safety, World Health Organization, 2009)*

# Un problème de santé mondial

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

TOTAL 2004

RANK	LEADING CAUSE	%
1	Ischaemic heart disease	12.2
2	Cerebrovascular disease	9.7
3	Lower respiratory infections	7.0
4	Chronic obstructive pulmonary disease	5.1
5	Diarrhoeal diseases	3.6
6	HIV/AIDS	3.5
7	Tuberculosis	2.5
8	Trachea, bronchus, lung cancers	2.3
9	Road traffic injuries	2.2
10	Prematurity and low birth weight	2.0
11	Neonatal infections and other	1.9
12	Diabetes mellitus	1.9
13	Malaria	1.7
14	Hypertensive heart disease	1.7
15	Birth asphyxia and birth trauma	1.5
16	Self-inflicted injuries	1.4
17	Stomach cancer	1.4
18	Cirrhosis of the liver	1.3
19	Nephritis and nephrosis	1.3
20	Colon and rectum cancers	1.1

TOTAL 2030

RANK	LEADING CAUSE	%
1	Ischaemic heart disease	12.2
2	Cerebrovascular disease	9.7
3	Chronic obstructive pulmonary disease	7.0
4	Lower respiratory infections	5.1
5	Road traffic injuries	3.6
6	Trachea, bronchus, lung cancers	3.5
7	Diabetes mellitus	2.5
8	Hypertensive heart disease	2.3
9	Stomach cancer	2.2
10	HIV/AIDS	2.0
11	Nephritis and nephrosis	1.9
12	Self-inflicted injuries	1.9
13	Liver cancer	1.7
14	Colon and rectum cancer	1.7
15	Oesophagus cancer	1.5
16	Violence	1.4
17	Alzheimer and other dementias	1.4
18	Cirrhosis of the liver	1.3
19	Breast cancer	1.3
20	Tuberculosis	1.1

Source: World health statistics 2008 (<http://www.who.int/whosis/whostatv2008/en/index.html>)

# Plan

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

- 1 Méthodes de diagnostic de la sécurité routière
- 2 Un cadre probabiliste pour l'analyse des interactions
- 3 Analyse vidéo et apprentissage des trajectoires
- 4 Résultats expérimentaux
- 5 Conclusion

# Plan

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

- 1 Méthodes de diagnostic de la sécurité routière
- 2 Un cadre probabiliste pour l'analyse des interactions
- 3 Analyse vidéo et apprentissage des trajectoires
- 4 Résultats expérimentaux
- 5 Conclusion

# Diagnostic de sécurité routière

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

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

# Diagnostic de sécurité routière

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

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

# Diagnostic de sécurité routière

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

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



# Diagnostic de sécurité routière

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

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

Analyse vidéo

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

Analyse vidéo

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

Ces données sont intrinsèquement insuffisantes pour comprendre les facteurs qui mènent à l'accident

# Diagnostic de sécurité routière

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

- Approche **réactive** paradoxale : l'approche traditionnelle implique d'attendre qu'un nombre suffisant d'accidents se soit produit pour agir

# Diagnostic de sécurité routière

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

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 **substituts** qui ne dépendent pas de l'occurrence d'accidents, qui devraient

# Diagnostic de sécurité routière

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

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 **substitutifs** qui ne dépendent pas de l'occurrence d'accidents, qui devraient
  - apporter des informations complémentaires

# Diagnostic de sécurité routière

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

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 **substitutifs** 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

# Diagnostic de sécurité routière

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

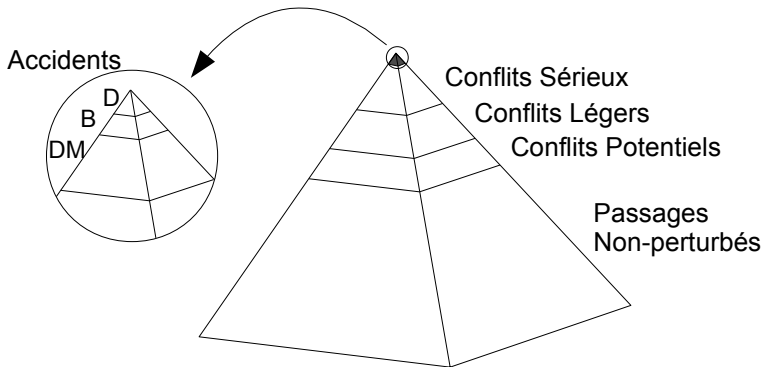
Résultats expérimentaux

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 **substitutifs** 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 corrélées aux accidents, statistiquement et causalement



# Hiérarchie de sécurité



*(Hydén 87, Svensson 98)*

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

# Les conflits de trafic

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

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)*

# Les conflits de trafic

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

- Techniques des conflits de trafic (TCT) : méthodes de diagnostic de la sécurité routière reposant sur l'observation et l'évaluation de la **fréquence** et la **sévérité** des conflits à un site particulier
- 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

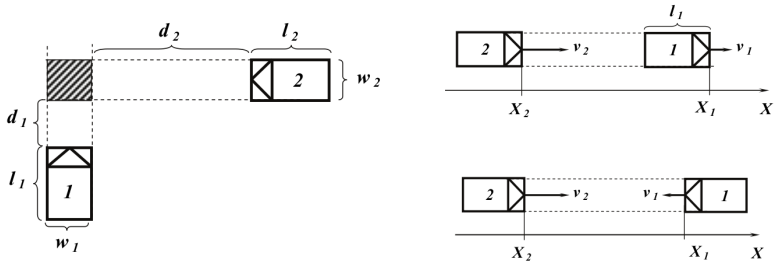
Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion



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

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

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

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

# Limites des techniques des conflits de trafic

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

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

# Limites des techniques des conflits de trafic

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

## 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

# Plan

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

- 1 Méthodes de diagnostic de la sécurité routière
- 2 Un cadre probabiliste pour l'analyse des interactions**
- 3 Analyse vidéo et apprentissage des trajectoires
- 4 Résultats expérimentaux
- 5 Conclusion

# La trajectoire de collision

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

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)*



# La trajectoire de collision

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

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

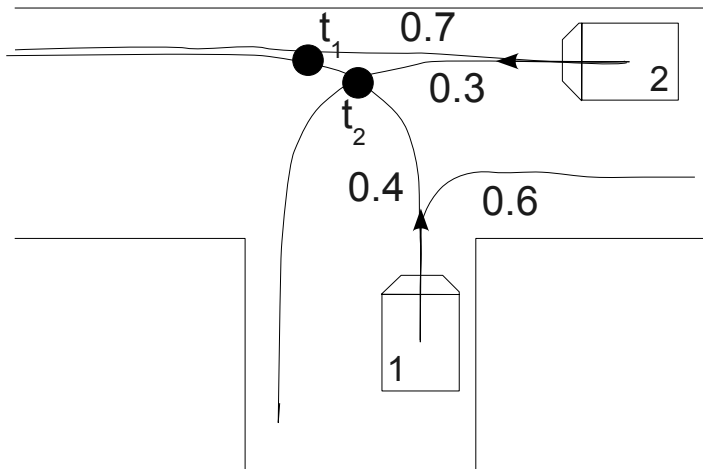
Analyse vidéo

Résultats  
expérimentaux

Conclusion

- Plusieurs **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

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

# Probabilité de collision

- 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

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

# Probabilité de collision

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

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  $P(\text{Collision}(U_i, U_j)) > 0$ )

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

# Plan

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

- 1 Méthodes de diagnostic de la sécurité routière
- 2 Un cadre probabiliste pour l'analyse des interactions
- 3 Analyse vidéo et apprentissage des trajectoires**
- 4 Résultats expérimentaux
- 5 Conclusion

# Avantages des capteurs vidéo

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

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

# Scènes de circulation

Méthodes de diagnostic

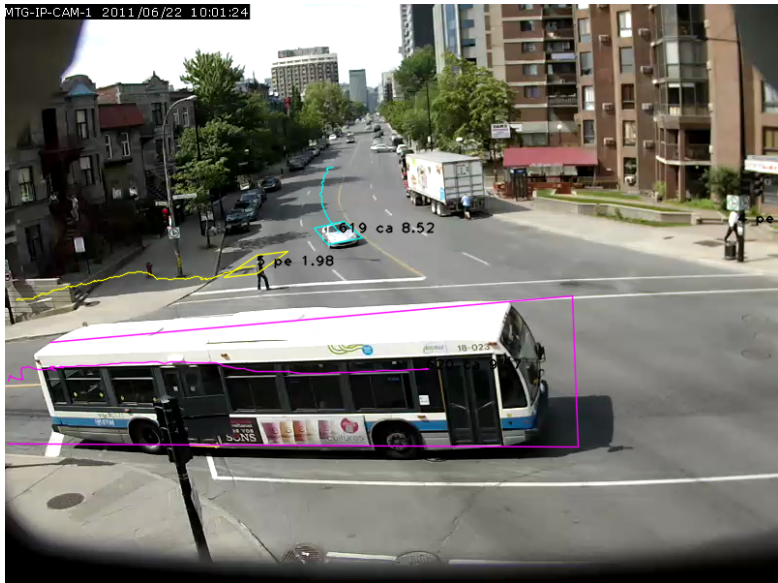
Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

MTG-IP-CAM-1 2011/06/22 10:01:24





# Scènes de circulation

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion



# Système à une caméra fixe

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion



Séquence d'images

+

Calibration de la caméra

+



Images étiquetées par type d'utilisateur



Trajectoires des usagers



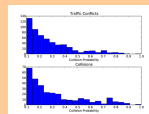
Interactions



Applications



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



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

# Suivi à base de points caractéristiques

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

- Choix de la méthode de détection et de suivi de points (“feature-based tracker”)
  - implémentations disponibles (“Kanade Lucas Tomasi tracker” dans OpenCV)
  - avantages : robuste aux occlusions partielles, à des variations d’illumination, détection automatique des objets en mouvement
- Ajout de contraintes de mouvement pour supprimer le bruit et les erreurs : seuils sur l’accélération et les changements d’angle
- Utilisation de la méthode de Beymer et al. (1999) dans des carrefours, sans zones fixe d’entrée et de sortie

# Suivi à base de points caractéristiques

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

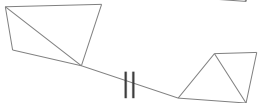
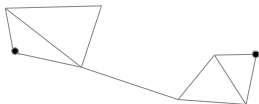
Résultats expérimentaux

Conclusion



sommet: trajectoire d'un point  
arête: groupement de deux points  
 $d_{ij}(t)$ : distance entre point  $i$  et  $j$  at time  $t$

Pour chaque image à l'instant  $t$ ,



hypothèses de véhicules

1. connection des points récemment détectés aux points à une distance inférieure à  $D_{\text{connection}}$

2. suppression de l'arête si le mouvement relatif est trop grand  
 $\max d_{ij}(t) - \min d_{ij}(t) > D_{\text{segmentation}}$

3. identification des composantes connexes du graphe et génération des hypothèses de véhicules si les points ne sont plus suivis

# Suivi à base de points caractéristiques

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

Performance suffisante pour nos besoins, y compris le suivi de (groupe de) piétons



# Apprentissage des mouvements

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

- Comment prédire le mouvement des usagers de la route ?
  - apprendre la **distribution des trajectoires** par l'observation des mouvements des usagers
- Utilisation d'un algorithme **non-supervisé** incrémental qui ne nécessite pas de spécifier le nombre de groupes attendu

# Ingrédients de l'algorithme d'apprentissage

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

- 1 La représentation des données des groupes
- 2 Une mesure de similarité / distance entre les trajectoires, entre les trajectoires et les groupes
- 3 Une méthode de mise à jour des groupes

# Ingrédients de l'algorithme d'apprentissage

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

- 1 La représentation des données des groupes
  - 2 Une mesure de similarité / distance entre les trajectoires, entre les trajectoires et les groupes
  - 3 Une méthode de mise à jour des groupes
- 1 Trajectoires prototypes
  - 2 Similarité de la sous-séquence la plus longue (LCSS)
  - 3 Garder le prototype le plus long



# Plan

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

- 1 Méthodes de diagnostic de la sécurité routière
- 2 Un cadre probabiliste pour l'analyse des interactions
- 3 Analyse vidéo et apprentissage des trajectoires
- 4 Résultats expérimentaux**
- 5 Conclusion

# Distribution des trajectoires

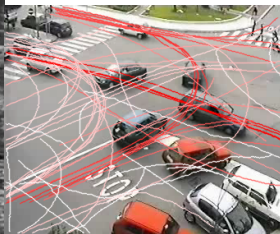
Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

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

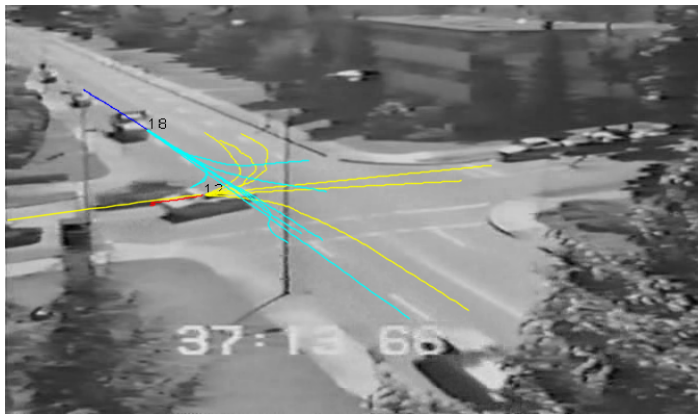
Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion



Données de conflits (Vancouver)

# Indicateurs de sévérité

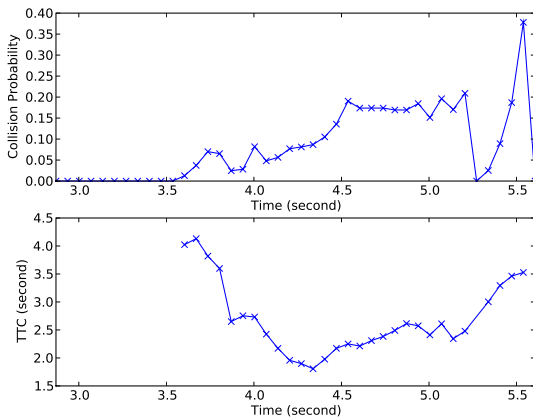
Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion



Conflit latéral (Kentucky)

# Indicateurs de sévérité

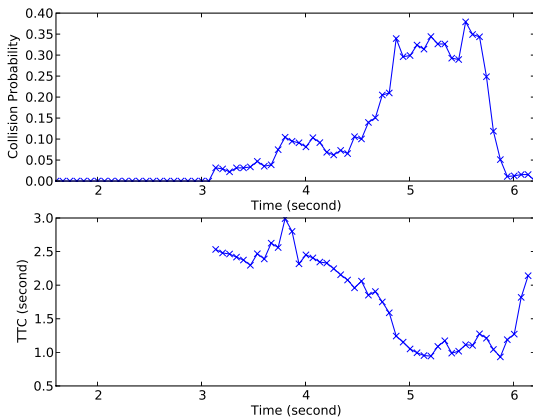
Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion



Conflict parallèle (Kentucky)

# Indicateurs de sévérité

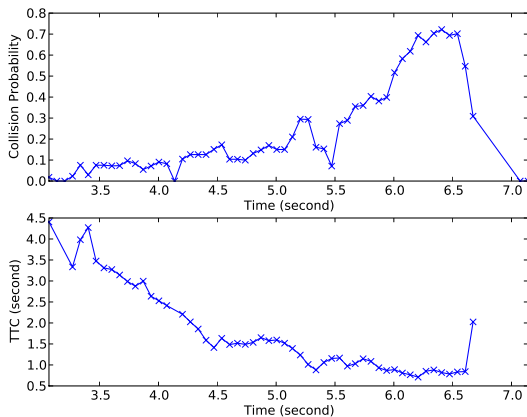
Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion



Collision latérale (Kentucky)

# Indicateurs de sévérité

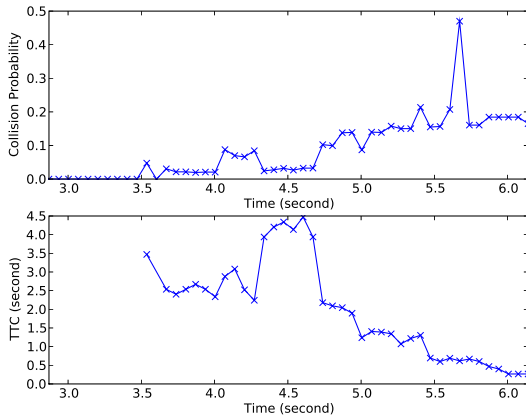
Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion



Collision parallèle (Kentucky)

# Distribution de la sévérité des interactions

Méthodes de diagnostic

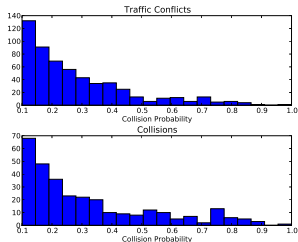
Cadre probabiliste

Analyse vidéo

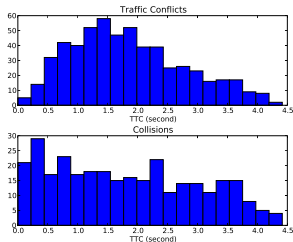
Résultats expérimentaux

Conclusion

## Probabilité de collision maximale



## TTC minimal



Données de conflits et de collisions (Kentucky)



# Distribution spatiale des points de collision

Méthodes de diagnostic

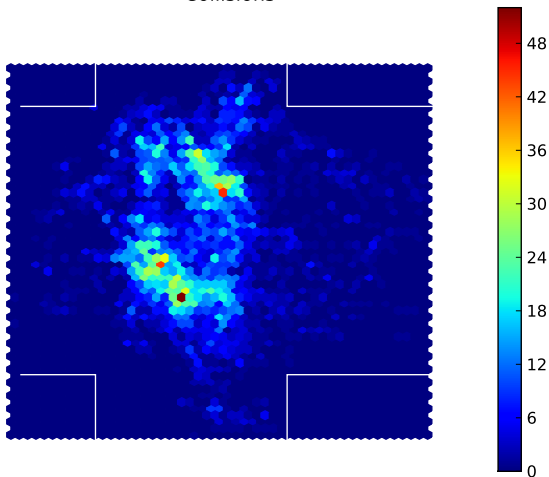
Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

Collisions



# Distribution spatiale des points de collision

Méthodes de diagnostic

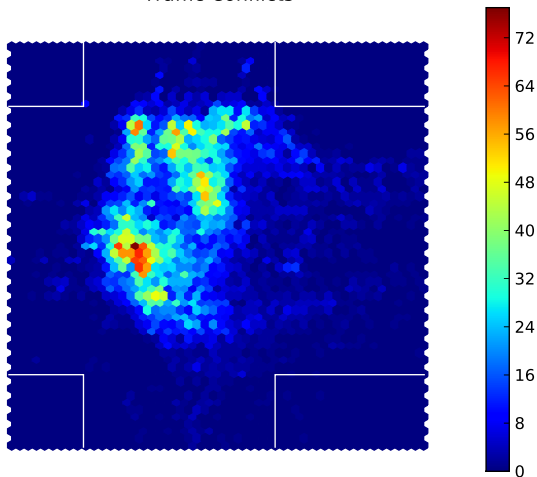
Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

Traffic Conflicts



# Interactions entre piétons et véhicules : résultats

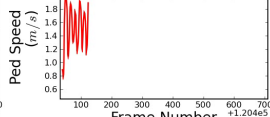
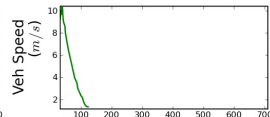
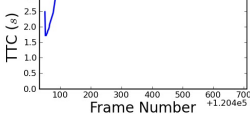
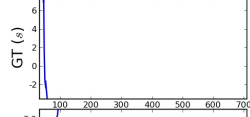
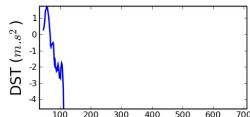
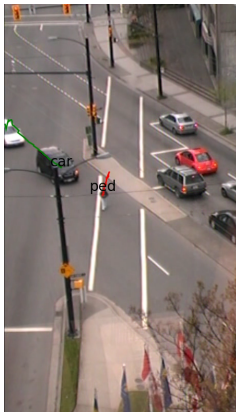
Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion



Frame Number +1.204e5  
PET = 3.80s

Données recueillies à Vancouver

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

Méthodes de  
diagnostic

Cadre  
probabiliste

Analyse vidéo

Résultats  
expérimentaux

Conclusion



“Scramble phase”, données recueillies à Oakland

# Distribution avant/après des points de collision

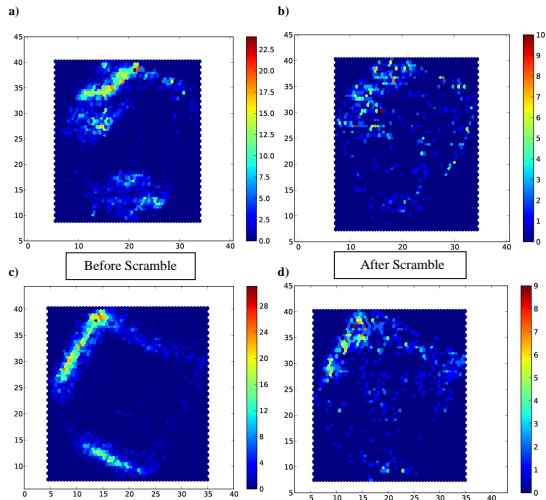
Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion



# Distribution des indicateurs de sévérité traditionnels

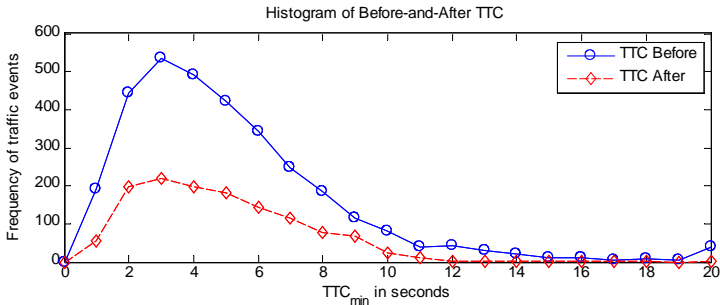
Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion



# Interdiction de changement de voie sur autoroute

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

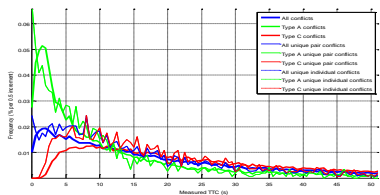
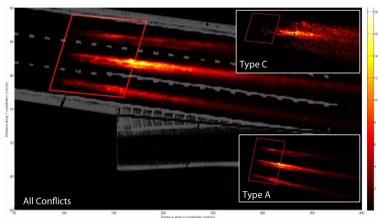
86

Ramp: A20-E-E56-3

Treatment: Yes

Region(s): UPreMZ, PPreMZ

Analysis length: 50 m



Site avec marquage (Étude dans la région de Montréal, MTQ)

# Interdiction de changement de voie sur autoroute

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

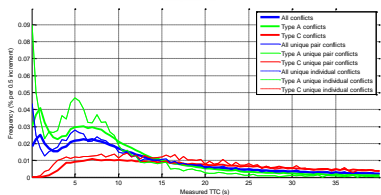
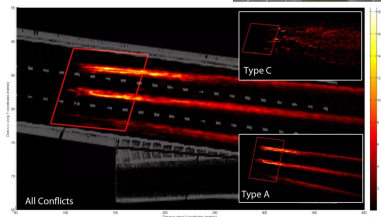
Résultats expérimentaux

Conclusion

70

Ramp: A20-E-E56-3  
Treatment: No

Region(s): UPreMZ  
Analysis length: 50 m



Site sans marquage  
(Étude dans la région de Montréal, MTQ)



# Plan

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

- 1 Méthodes de diagnostic de la sécurité routière
- 2 Un cadre probabiliste pour l'analyse des interactions
- 3 Analyse vidéo et apprentissage des trajectoires
- 4 Résultats expérimentaux
- 5 Conclusion**

# Conclusion

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

- Méthodes **proactives** pour le diagnostic de la sécurité routière, complémentaire de l'approche traditionnelle

# Conclusion

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

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

# Conclusion

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

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
- Mise en oeuvre de méthodes **automatiques**

# Projets en cours

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

- Programme de recherche en sécurité routière (FRQNT-MTQ-FRQS)
  - Sécurité des carrefours giratoires au Québec : 30 sites, 12 h par site
  - Sécurité des usagers vulnérables (Luis Miranda-Moreno, McGill)
- Collecte et analyse de larges ensembles de données pour mieux comprendre les mécanismes d'accidents (CRSNG)

# Science ouverte

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

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”)

## Travaux effectués avec

- 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 (Polytechnique Montréal)

`http://nicolas.saunier.confins.net`

`https:`

`//bitbucket.org/Nicolas/traffickingintelligence`

Questions ?

# Similarité de la sous-séquence la plus longue (LCSS)

Méthodes de  
diagnostic

Cadre  
probabiliste

Analyse vidéo

Résultats  
expérimentaux

Conclusion

Soient une trajectoire  $Q_i = \{q_{i,1}, \dots, q_{i,n}\}$  où  $q_{i,k} = (x_{i,k}, y_{i,k})$  sont les coordonnées,  $Head(Q_i)$  la séquence  $\{q_{i,1}, \dots, q_{i,n-1}\}$ . Pour  $\epsilon \geq 0$  et deux trajectoires  $Q_i$  et  $Q_j$  de longueurs respectives  $m$  et  $n$ ,  $LCSS_\epsilon(Q_i, Q_j)$  est définie comme

- 0 si  $m = 0$  ou  $n = 0$ ,
- $1 + LCSS_\epsilon(Head(Q_i), Head(Q_j))$  si  $|x_{i,k_1} - x_{j,k_2}| < \epsilon$  et  $|y_{i,k_1} - y_{j,k_2}| < \epsilon$ ,
- $\max(LCSS_\epsilon(Head(Q_i), Q_j), LCSS_\epsilon(Q_i, Head(Q_j)))$  sinon.



# Similarité de la sous-séquence la plus longue (LCSS)

Méthodes de  
diagnostic

Cadre  
probabiliste

Analyse vidéo

Résultats  
expérimentaux

Conclusion

- Distance  $DLCSS = 1 - LCSS / \min(n, m)$
- La LCSS peut être calculée par programmation dynamique en  $O(nm)$ 
  - C'est coûteux, mais robuste et flexible

# Algorithme d'apprentissage des trajectoires

Méthodes de diagnostic

Cadre probabiliste

Analyse vidéo

Résultats expérimentaux

Conclusion

**Input :** A set of trajectories  $Q = \{Q_i\}$ , the allowed matching distance  $\epsilon$  in the LCSS similarity definition, and the maximum LCSS distance  $\delta$  for two trajectories to match ( $0 \leq \delta \leq 1$ ).

**Output :** A set of prototype trajectories  $P = \{P_j\}$ .

**for all** Trajectory  $Q_i$  **do**

**for all** Prototype  $P_j$  in  $P$  **do**

        Compute  $DLCSS_\epsilon(Q_i, P_j)$ .

**if**  $DLCSS_\epsilon(Q_i, P_j) < \delta$  AND  $P_j$  is shorter than  $Q_i$  **then**

$P_j$  is removed from  $P$ .

**if**  $Q_i$  didn't match any prototype OR  $Q_i$  matched at least one shorter prototype **then**

$Q_i$  is added to  $P$ .