

Les technologies pour la sécurité routière de tous les usagers

Nicolas Saunier
nicolas.saunier@polymtl.ca



**POLYTECHNIQUE
MONTREAL**

LE GÉNIE
EN PREMIÈRE CLASSE

8 septembre 2016

Introduction personnelle

- ▶ Ingénieur (intelligence artificielle) et docteur (informatique) de Télécom ParisTech

Introduction personnelle

- ▶ Ingénieur (intelligence artificielle) et docteur (informatique) de Télécom ParisTech
- ▶ Professeur à Polytechnique Montréal depuis 2009 dans le département des Génies civil, géologique et des mines

Introduction personnelle

- ▶ Ingénieur (intelligence artificielle) et docteur (informatique) de Télécom ParisTech
- ▶ Professeur à Polytechnique Montréal depuis 2009 dans le département des Génies civil, géologique et des mines
- ▶ Membre du Centre Interuniversitaire de Recherche sur les Réseaux d'Entreprise, la Logistique et le Transport (CIRRELT), de la chaire mobilité de Catherine Morency et associé au centre d'excellence Canadien pour les véhicules autonomes (CAVCOE)

Introduction personnelle

- ▶ Ingénieur (intelligence artificielle) et docteur (informatique) de Télécom ParisTech
- ▶ Professeur à Polytechnique Montréal depuis 2009 dans le département des Génies civil, géologique et des mines
- ▶ Membre du Centre Interuniversitaire de Recherche sur les Réseaux d'Entreprise, la Logistique et le Transport (CIRRELT), de la chaire mobilité de Catherine Morency et associé au centre d'excellence Canadien pour les véhicules autonomes (CAVCOE)
- ▶ **Intérêts:** systèmes de transport intelligents (STI), sécurité routière, analyse de données de transport (recueil, stockage, traitement, avec des techniques d'apprentissage automatique, et visualisation de données)

Plan de la présentation

Catégories et exemples

Les technologies pour la mesure et le contrôle de la vitesse

Véhicules connectés

Véhicules autonomes

Conclusion

Plan de la présentation

Catégories et exemples

Les technologies pour la mesure et le contrôle de la vitesse

Véhicules connectés

Véhicules autonomes

Conclusion

Catégories

- ▶ Systèmes **embarqués** / **fixes**

Catégories

- ▶ Systèmes **embarqués** / **fixes**
- ▶ Systèmes **actifs** / **passifs** (sécurités primaire / secondaire)

Catégories

- ▶ Systèmes **embarqués** / **fixes**
- ▶ Systèmes **actifs** / **passifs** (sécurités primaire / secondaire)
 - ▶ évolution de l'usage du terme actif pour désigner des systèmes qui prennent en compte l'état du véhicule et de son environnement pour éviter et minimiser les conséquences d'un accident

Catégories

- ▶ Systèmes **embarqués** / **fixes**
- ▶ Systèmes **actifs** / **passifs** (sécurités primaire / secondaire)
 - ▶ évolution de l'usage du terme actif pour désigner des systèmes qui prennent en compte l'état du véhicule et de son environnement pour éviter et minimiser les conséquences d'un accident
- ▶ Systèmes **"temps réel"** ou différé

Catégories

- ▶ Systèmes **embarqués** / **fixes**
- ▶ Systèmes **actifs** / **passifs** (sécurité primaire / secondaire)
 - ▶ évolution de l'usage du terme actif pour désigner des systèmes qui prennent en compte l'état du véhicule et de son environnement pour éviter et minimiser les conséquences d'un accident
- ▶ Systèmes **"temps réel"** ou différé
 - ▶ temps réel: **informatifs** / **contrôle** (partiel) du véhicule

Catégories

- ▶ Systèmes **embarqués** / **fixes**
- ▶ Systèmes **actifs** / **passifs** (sécurité primaire / secondaire)
 - ▶ évolution de l'usage du terme actif pour désigner des systèmes qui prennent en compte l'état du véhicule et de son environnement pour éviter et minimiser les conséquences d'un accident
- ▶ Systèmes "**temps réel**" ou différé
 - ▶ temps réel: **informatifs** / **contrôle** (partiel) du véhicule
 - ▶ différé, par ex. pour le **diagnostic** de la sécurité routière

“Nouveaux” capteurs

- ▶ Capteurs vidéo: spectre visible, caméra infrarouge, drones, caméras stéréo
- ▶ Radars
- ▶ Capteurs LIDAR 2D/3D
- ▶ Technologies de suivi des usagers: Bluetooth/Wifi, puces RFID, etc.
- ▶ Technologies de localisation (GNSS)
- ▶ Informations sur le véhicule/l'utilisateur: accéléromètre, compas, gyroscope, données du Bus CAN

Systemes fixes

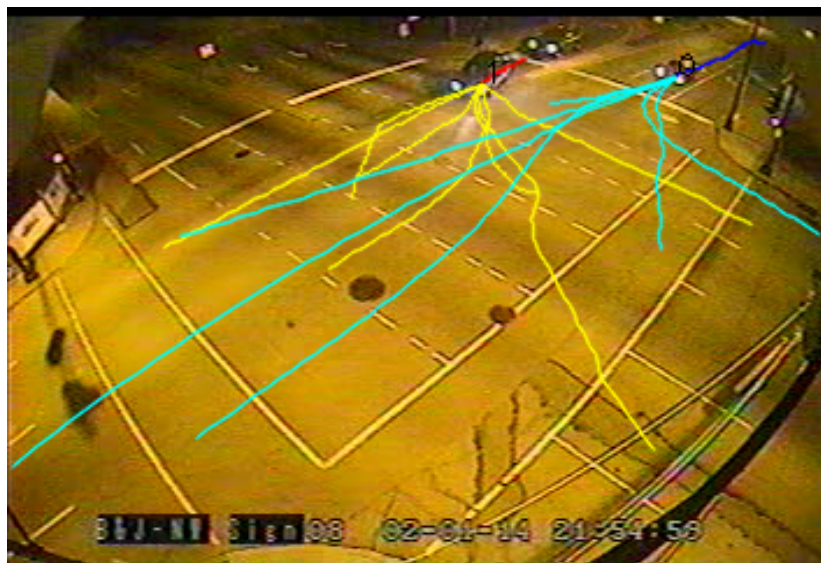
Capteurs

- ▶ pour communiquer des informations aux vehicules et usagers (vehicules **connectés**)
- ▶ pour le diagnostic des comportements et de la sécurité des usagers

Systèmes fixes















Systèmes fixes



Systèmes fixes



Systèmes fixes

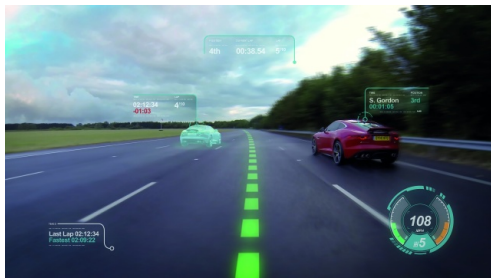
SAMPLE CAMERA VIEWS UNDER DIFFERENT LIGHTING CONDITIONS					
Daytime Conditions	Thermal Camera	Regular Camera	Nighttime Conditions	Thermal Camera	Regular Camera
Overcast			High visibility		
Sun, no shadows			Medium visibility		
Sun, strong shadows			Low visibility		

Exemples de systèmes actifs

- ▶ Système anti-blocage des roues
- ▶ Correcteur électronique de trajectoire
- ▶ Systèmes d'aide au stationnement
- ▶ Système d'aide pour le freinage
 - ▶ avertissement de freinage en aval
- ▶ Système anti-collision
- ▶ Régulateur de vitesse adaptatif/intelligent (mêmes capteurs que système anti-collision)
- ▶ Système de maintien dans la voie, de détection de sortie de route
- ▶ Système d'adaptation intelligente de la vitesse (SAIV)

Exemples de systèmes actifs

- ▶ Technologies d'affichage de l'information, par ex. affichage tête haute



Exemples de systèmes actifs

- ▶ Technologies de **rétroaction** au conducteur: retour haptique, tactile
- ▶ **Biométrie**: détection de l'état du conducteur (inattention, endormissement)
- ▶ Capteurs et systèmes de **détection** des obstacles et autres usagers, par ex. la vision de nuit, le suivi des angles morts, la détection des panneaux de signalisation



Commentaires

- ▶ **Automatisation** en cours des tâches de conduite: systèmes d'assistance (avancé) à la conduite
- ▶ Complexité de la **rétroaction** et de la **prise de contrôle** du véhicule
 - ▶ augmentation de la **charge de travail** et de la **charge cognitive**
 - ▶ difficulté de **prédire** les impacts (positifs et négatifs) des technologies non-déployées individuellement et ensemble
 - ▶ importance du **taux de pénétration**

Exemples de systèmes passifs

- ▶ Systèmes de protection des passagers, comme la ceinture de sécurité, l'air bag
- ▶ Recherche sur des systèmes de protection des usagers vulnérables: air bag sur le capot avant

Exemples de systèmes passifs

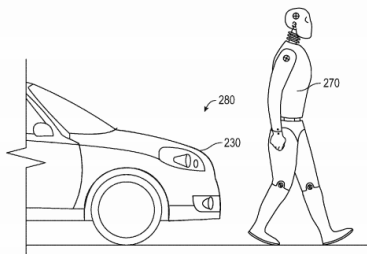


FIG. 6A

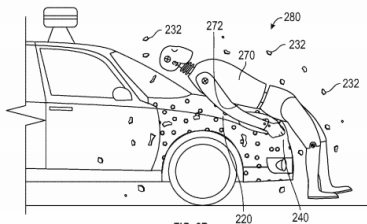


FIG. 6B

Technologies pour les usagers vulnérables

- ▶ **Bénéfices indirects** des technologies pour les véhicules motorisés: meilleures détection et capacité d'évitement

Technologies pour les usagers vulnérables

- ▶ **Bénéfices indirects** des technologies pour les véhicules motorisés: meilleure détection et capacité d'évitement
- ▶ Difficulté de concevoir des systèmes d'**avertissement** pour tous les usagers

Technologies pour les usagers vulnérables

- ▶ **Bénéfices indirects** des technologies pour les véhicules motorisés: meilleure détection et capacité d'évitement
- ▶ Difficulté de concevoir des systèmes d'**avertissement** pour tous les usagers
 - ▶ comment transmettre l'information?

Technologies pour les usagers vulnérables

- ▶ **Bénéfices indirects** des technologies pour les véhicules motorisés: meilleure détection et capacité d'évitement
- ▶ Difficulté de concevoir des systèmes d'**avertissement** pour tous les usagers
 - ▶ comment transmettre l'information?
 - ▶ besoin de **standardisation** des technologies: communication et logiciel (VàV et VàI)

Technologies pour les usagers vulnérables

- ▶ **Bénéfices indirects** des technologies pour les véhicules motorisés: meilleure détection et capacité d'évitement
- ▶ Difficulté de concevoir des systèmes d'**avertissement** pour tous les usagers
 - ▶ comment transmettre l'information?
 - ▶ besoin de **standardisation** des technologies: communication et logiciel (VàV et VàI)
 - ▶ opportunités et défis des **téléphones intelligents**

Technologies pour les usagers vulnérables

- ▶ **Bénéfices indirects** des technologies pour les véhicules motorisés: meilleure détection et capacité d'évitement
- ▶ Difficulté de concevoir des systèmes d'**avertissement** pour tous les usagers
 - ▶ comment transmettre l'information?
 - ▶ besoin de **standardisation** des technologies: communication et logiciel (VàV et Vàl)
 - ▶ opportunités et défis des **téléphones intelligents**
 - ▶ proposition de balises pour détecter les usagers non-motorisés

Technologies pour les usagers vulnérables

- ▶ **Bénéfices indirects** des technologies pour les véhicules motorisés: meilleure détection et capacité d'évitement
- ▶ Difficulté de concevoir des systèmes d'**avertissement** pour tous les usagers
 - ▶ comment transmettre l'information?
 - ▶ besoin de **standardisation** des technologies: communication et logiciel (VàV et Vâl)
 - ▶ opportunités et défis des **téléphones intelligents**
 - ▶ proposition de balises pour détecter les usagers non-motorisés
- ▶ Autres possibilités: améliorer la visibilité des usagers vulnérables de nuit par éclairage adaptatif

Plan de la présentation

Catégories et exemples

Les technologies pour la mesure et le contrôle de la vitesse

Véhicules connectés

Véhicules autonomes

Conclusion

Projet MTMDET

Stratégie d'expérimentation de systèmes d'adaptation intelligente de la vitesse (SAIV) et d'enregistreurs de données de vitesse (EDV)

- ▶ Effectuer un inventaire et un bilan des **expériences internationales et au Québec** avec les SAIV, EDV et potentiellement d'**autres systèmes** pouvant avoir un impact sur la vitesse et la sécurité routière
- ▶ Évaluer la **faisabilité** et l'**impact potentiel** de ces systèmes sur la sécurité routière
- ▶ Identifier les technologies qui pourraient être expérimentées au Québec, le cas échéant

[Morin et al., 2016]

Enregistreurs de données de vitesse (EDV)

- ▶ Utilisation dans le cadre de programmes d'**assurance télématique**
- ▶ Difficile d'évaluer leur impact
- ▶ Opportunité de système de **diagnostic continu** des comportements et de la sécurité à grande échelle

Systèmes d'adaptation intelligente de la vitesse (SAIV)

- ▶ Différents types selon le fonctionnement informatif/actif
- ▶ **40+ expérimentations** depuis 25 ans
- ▶ **Impacts positifs** sur la sécurité routière, d'amplitude variable selon les caractéristiques du SAIV
 - ▶ impacts les plus grands pour systèmes **actifs obligatoires/non-débrayables**
- ▶ **Déploiement** de SAIV informatifs et même actifs (Ford, Honda, Audi) en 2015

Plan de la présentation

Catégories et exemples

Les technologies pour la mesure et le contrôle de la vitesse

Véhicules connectés

Véhicules autonomes

Conclusion

Nouveaux paradigmes

- ▶ Véhicules (et infrastructure) connectés



Nouveaux paradigmes

- ▶ Véhicules autonomes



Nouveaux paradigmes

- ▶ Véhicules (et infrastructure) connectés
- ▶ Véhicules autonomes
- ▶ Les véhicules autonomes n'ont pas besoin d'être connectés

Véhicules connectés

- ▶ **Mêmes** applications de sécurité active

Véhicules connectés

- ▶ **Mêmes** applications de sécurité active
 - ▶ + meilleures informations: disponibles plus rapidement, plus précises, plus complètes

Véhicules connectés

- ▶ **Mêmes** applications de sécurité active
 - ▶ + meilleures informations: disponibles plus rapidement, plus précises, plus complètes
 - ▶ + envoi possible d'avertissements: ne pas dépasser, perte de contrôle

Véhicules connectés

- ▶ **Mêmes** applications de sécurité active
 - ▶ + meilleures informations: disponibles plus rapidement, plus précises, plus complètes
 - ▶ + envoi possible d'avertissements: ne pas dépasser, perte de contrôle
 - ▶ + coordination possible des véhicules, par ex. régulateur de vitesse collaboratif

Véhicules connectés

- ▶ **Mêmes** applications de sécurité active
 - ▶ + meilleures informations: disponibles plus rapidement, plus précises, plus complètes
 - ▶ + envoi possible d'avertissements: ne pas dépasser, perte de contrôle
 - ▶ + coordination possible des véhicules, par ex. régulateur de vitesse collaboratif
- ▶ Fonctionnalités **supplémentaires**

Véhicules connectés

- ▶ **Mêmes** applications de sécurité active
 - ▶ + meilleures informations: disponibles plus rapidement, plus précises, plus complètes
 - ▶ + envoi possible d'avertissements: ne pas dépasser, perte de contrôle
 - ▶ + coordination possible des véhicules, par ex. régulateur de vitesse collaboratif
- ▶ Fonctionnalités **supplémentaires**
 - ▶ information sur l'état de la route

Véhicules connectés

- ▶ **Mêmes** applications de sécurité active
 - ▶ + meilleures informations: disponibles plus rapidement, plus précises, plus complètes
 - ▶ + envoi possible d'avertissements: ne pas dépasser, perte de contrôle
 - ▶ + coordination possible des véhicules, par ex. régulateur de vitesse collaboratif
- ▶ Fonctionnalités **supplémentaires**
 - ▶ information sur l'état de la route
 - ▶ aide à l'insertion sur autoroute

Véhicules connectés

- ▶ **Mêmes** applications de sécurité active
 - ▶ + meilleures informations: disponibles plus rapidement, plus précises, plus complètes
 - ▶ + envoi possible d'avertissements: ne pas dépasser, perte de contrôle
 - ▶ + coordination possible des véhicules, par ex. régulateur de vitesse collaboratif
- ▶ Fonctionnalités **supplémentaires**
 - ▶ information sur l'état de la route
 - ▶ aide à l'insertion sur autoroute
 - ▶ avertissement d'autres modes, par ex. aux passages à niveau

Véhicules connectés

- ▶ **Mêmes** applications de sécurité active
 - ▶ + meilleures informations: disponibles plus rapidement, plus précises, plus complètes
 - ▶ + envoi possible d'avertissements: ne pas dépasser, perte de contrôle
 - ▶ + coordination possible des véhicules, par ex. régulateur de vitesse collaboratif
- ▶ Fonctionnalités **supplémentaires**
 - ▶ information sur l'état de la route
 - ▶ aide à l'insertion sur autoroute
 - ▶ avertissement d'autres modes, par ex. aux passages à niveau
- ▶ **Appel automatique** et transmission d'information en cas d'accident

Freins

- ▶ Problème d'**adoption**: qui va acheter le premier véhicule connecté?

Freins

- ▶ Problème d'**adoption**: qui va acheter le premier véhicule connecté?
 - ▶ importance du taux de pénétration: effets non-linéaires, effets de seuil

Freins

- ▶ Problème d'**adoption**: qui va acheter le premier véhicule connecté?
 - ▶ importance du taux de pénétration: effets non-linéaires, effets de seuil
- ▶ Qui va **payer** pour l'infrastructure fixe?

Avancement

- ▶ Projets pilote en cours aux É.-U. avec des applications de sécurité

Avancement

- ▶ Projets pilote en cours aux É.-U. avec des applications de sécurité
 - ▶ Wyoming (corridor I80), villes de New York et Tampa

Avancement

- ▶ Projets pilote en cours aux É.-U. avec des applications de sécurité
 - ▶ Wyoming (corridor I80), villes de New York et Tampa
- ▶ Le véhicule et l'utilisateur sont **déjà connectés**

Plan de la présentation

Catégories et exemples

Les technologies pour la mesure et le contrôle de la vitesse

Véhicules connectés

Véhicules autonomes

Conclusion

La **seule** solution pour éliminer les accidents est de **supprimer**
le conducteur

La **seule** solution pour éliminer les accidents est de **supprimer** le conducteur

“It’s amazing to me that we let humans drive cars. It’s a bug that cars were invented before computers.”

Eric Schmidt en 2010, alors PDG de Google

Niveaux d'autonomie (NHTSA)

Niveau 0 Aucune automatisation

Niveau 1 Automatisation de certaines fonctions:
l'automatisation est présente pour certaines fonctions du véhicule, mais ne font qu'assister le conducteur qui garde le contrôle global

Niveau 2 Automatisation de fonctions combinées: le contrôle d'au moins deux fonctions principales est combiné dans l'automatisation pour remplacer le conducteur dans certaines situations

Niveau 3 Conduite autonome limitée: le conducteur peut céder le contrôle complet du véhicule au système automatisé qui sera alors chargé des fonctions critiques de sécurité

Niveau 4 Conduite autonome complète: le véhicule est conçu pour assurer seul l'ensemble des fonctions critiques de sécurité sur un trajet complet

Science-fiction?

Science-fiction?

- ▶ Des véhicules de niveau 2 et 3 (sur autoroute) **existent**



- ▶ Annonces pour **2020**: Volvo, Uber, Ford, Google, Tesla, etc.

Plan de la présentation

Catégories et exemples

Les technologies pour la mesure et le contrôle de la vitesse

Véhicules connectés

Véhicules autonomes

Conclusion

Conclusions

- ▶ Automatisation inéluctable et **souhaitable** de la conduite

Conclusions

- ▶ Automatisation inéluctable et **souhaitable** de la conduite
 - ▶ l'histoire nous jugera sévèrement si nous retardons l'automatisation de la conduite pour de mauvaises raisons

Conclusions

- ▶ Automatisation inéluctable et **souhaitable** de la conduite
 - ▶ l'histoire nous jugera sévèrement si nous retardons l'automatisation de la conduite pour de mauvaises raisons
 - ▶ impacts "secondaires" majeurs

Conclusions

- ▶ Automatisation inéluctable et **souhaitable** de la conduite
 - ▶ l'histoire nous jugera sévèrement si nous retardons l'automatisation de la conduite pour de mauvaises raisons
 - ▶ impacts "secondaires" majeurs
 - ▶ opportunités pour **repenser la ville** et nos modes de vie, en particulier la place du piéton

Conclusions

- ▶ Automatisation inéluctable et **souhaitable** de la conduite
 - ▶ l'histoire nous jugera sévèrement si nous retardons l'automatisation de la conduite pour de mauvaises raisons
 - ▶ impacts "secondaires" majeurs
 - ▶ opportunités pour **repenser la ville** et nos modes de vie, en particulier la place du piéton
- ▶ Phase de **transition** complexe et potentiellement chaotique



Eisses, S. (2011).

D4 - final report action 3.4 - safety and comfort of the vulnerable road user.

Technical report, European Commission Directorate-General for Mobility and Transport.



Morin, E., Bruneau, J.-F., Bertin-Bénié, G., Saunier, N., Boujilali, N., Abraham, É., Dufort, J., Trudel, P., Bellavance, F., Miranda-Moreno, L., and Saad, F. (2016).

Stratégie d'expérimentation de systèmes d'adaptation intelligente de la vitesse et d'enregistreurs de données de vitesse.

Rapport final R737, Polytechnique Montréal.



TRL, TNO, and Rapp Trans (2015).

Study on good practices for reducing road safety risks caused by road user distractions.

Technical report, European Commission Directorate-General for Mobility and Transport.



VTT, ECORYS, LTU, CIDAUT, LU, and TNO (2016).

Improving the safety and mobility of vulnerable road users through ITS applications: VRUITS.

Questions?

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