

Intelligence Artificielle & Véhicule Autonome : Quelle IA pour quelles fonctions ?

Pr. Fabien Moutarde
Centre de Robotique (CAOR)
Mines ParisTech
PSL Research University

Fabien.Moutarde@mines-paristech.fr
<http://people.mines-paristech.fr/fabien.moutarde>

Intelligence Artificielle & Véhicule Autonome, Pr. Fabien Moutarde, Centre de Robotique, MINES ParisTech, PSL 29/11/2017 1

Faut-il de l'intelligence pour conduire ?

*Démo de conduite automatisée par le
centre de Robotique de MinesParis durant... IV'2002 !*



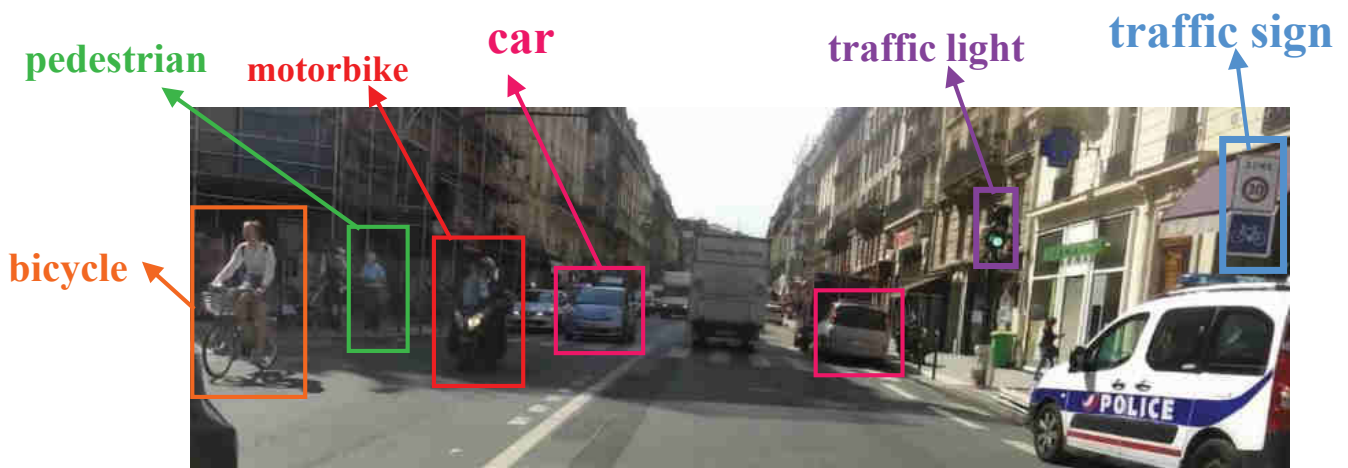
**Boucle robotique classique et assez simple :
asservissement commande du volant selon
estimation position par rapport à route**

Intelligence Artificielle & Véhicule Autonome, Pr. Fabien Moutarde, Centre de Robotique, MINES ParisTech, PSL 29/11/2017 2



Perception pour véhicule autonome

Besoin avant tout de
« ***compréhension*** » ***temps-réel de scène***



Composant-clef pour Aides à conduite (ADAS)
et la conduite automatisée

- Forte contrainte temps-réel : traiter au moins ~10 frames/second

TRAITEMENT DU SIGNAL, IMAGES	Vision		
	Reconnaissance d'objets		
	Reconnaissance d'activités		
	Recherche dans des banques d'images et de vidéos		
	Reconstruction 3D et spatio-temporelle		
	Suivi d'objets et analyse des mouvements		
	Localisation d'objets		
	Asservissement visuel		
APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE	Parole	ALGORITHMIQUE ET AIDE A LA DECISION	Programmation logique et ASP (Answer Set Programming)
	Apprentissage supervisé		Déduction, preuve
	Apprentissage non-supervisé		Théories SAT
	Apprentissage séquentiel et par renforcement		Programmation par contraintes
	Optimisation pour l'apprentissage		Recherche heuristique
	Méthodes bayésiennes		Planification et ordonnancement
	Réseaux de neurones		Réseaux bayésiens, raisonnement causal
	Méthodes à noyau		Systèmes multi agents
	Apprentissage profond		Traitement de l'incertitude et de l'imprécision
	Fouille de données		Théorie des fonctions de croyance
ROBOTIQUE	Conception	CONNAISSANCES	Bases de connaissances
	Perception		Extraction & nettoyage de connaissances
	Décision		Inférence
	Action		Web sémantique et ontologies
	Interactions environnement/humains/robots		Sciences cognitives
	Flottes de robots		Traitement automatique de la langue
	Apprentissage des robots		
	Cognition pour la robotique et les systèmes		

Cf « Livre blanc IA » de l'INRIA

Intelligence Artificielle ? Ou surtout Machine-Learning ?

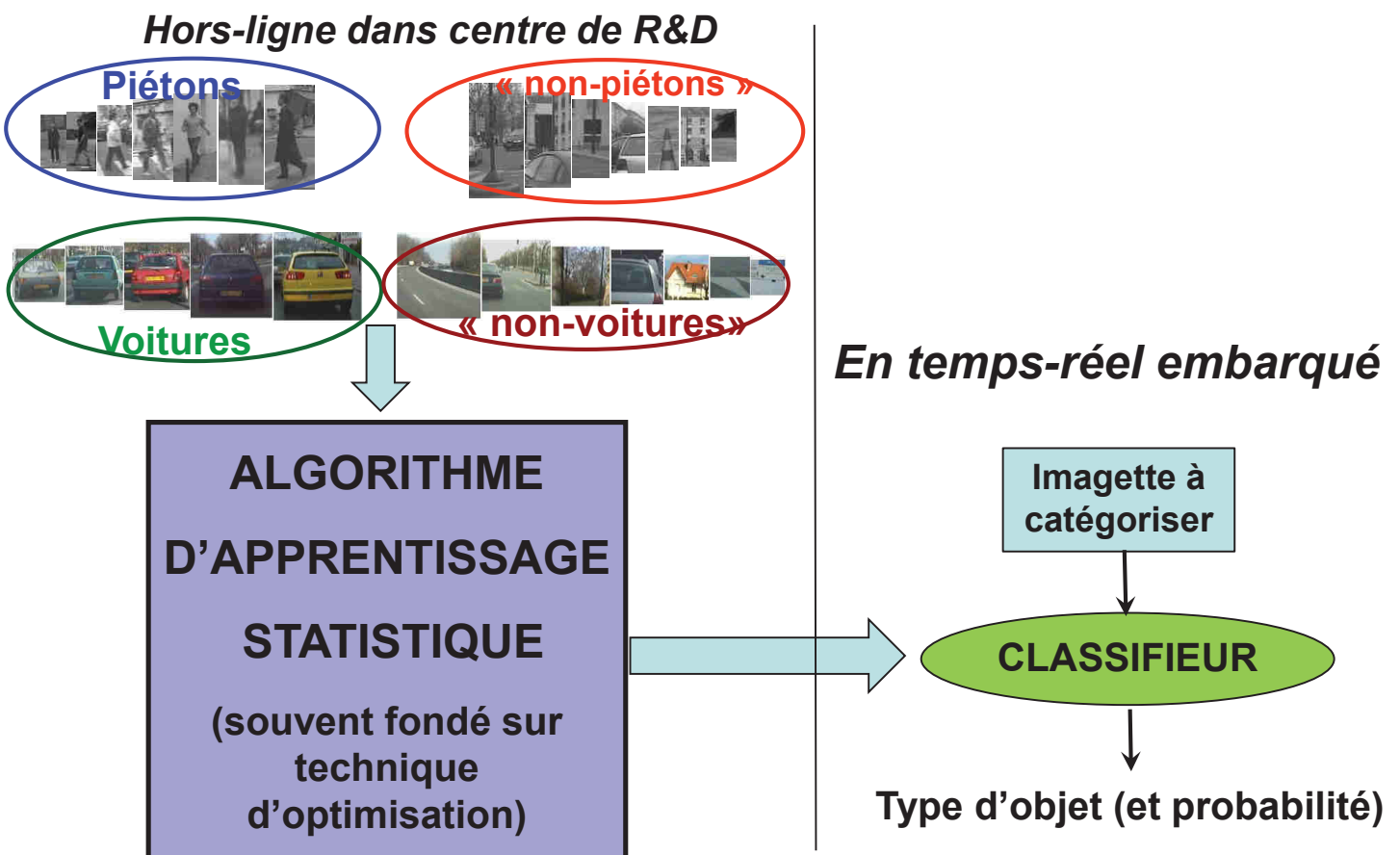
- **Intelligence Artificielle, un domaine très vaste et hétérogène :**
 - Raisonnement à base de règles, systèmes experts
 - Algorithmes de jeu (échecs, Go, etc..)
 - Multi-agents, émergence comportement collectif
 - ...
 - Optimisation, recherche opérationnelles, programmation dynamique,
 - Planification (de trajectoire, de tâches, etc...)
 - Apprentissage machine (statistical Machine-Learning)
= modélisation fondée sur des données
(optimisation, via exemples, de modèle paramétrique)

Principalement les 2 derniers sous-ensembles de l'IA qui sont pertinents pour les véhicules autonomes

Quelles IntelligenceS ArtificielleS pour le Véhicule Autonome ?

- **Interprétation « sémantique » environnement véhicule :**
 - Détection et catégorisation/reconnaissance d'objets (voitures, piétons, vélos, panneaux, feux, ...)
 - **Prévision des mouvements** des autres usagers
 - **Inférence intentions** conducteurs/piétons (ou policier !) d'après leurs regards/gestes
- **Planification de trajectoire (y compris vitesse)** dans environnement dynamique incertain
- **Pour ADAS et automatisation niveaux 2-3 :**
 - Analyse et **compréhension attention et activités ou gestes du « conducteur-superviseur »**
- **A + grande échelle spatio-temporelle :**
 - **Prévision évolution trafic** pour optimiser itinéraires

Catégorisation visuelle d'objets : apprentissage-machine



Où en était la perception visuelle pour véhicules « intelligents » vers 2012 ?



Algo du CAOR pour TSR vers 2011
 → ~95% OK
 [HoG features + SVM pour détection
 + RDF pour reconnaissance]

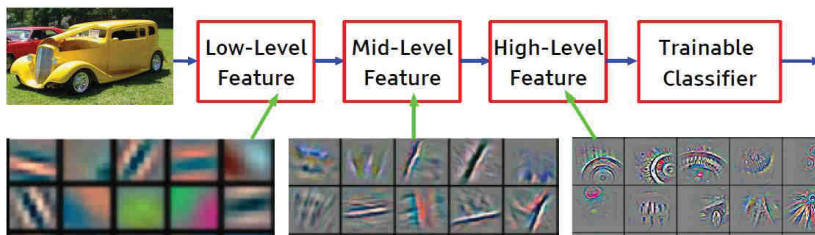


Algo du CAOR pour ADAS vers 2009
 → ~95% OK (voitures) et ~80% OK (piétons)
 [ControlPoints features + adaBoost]

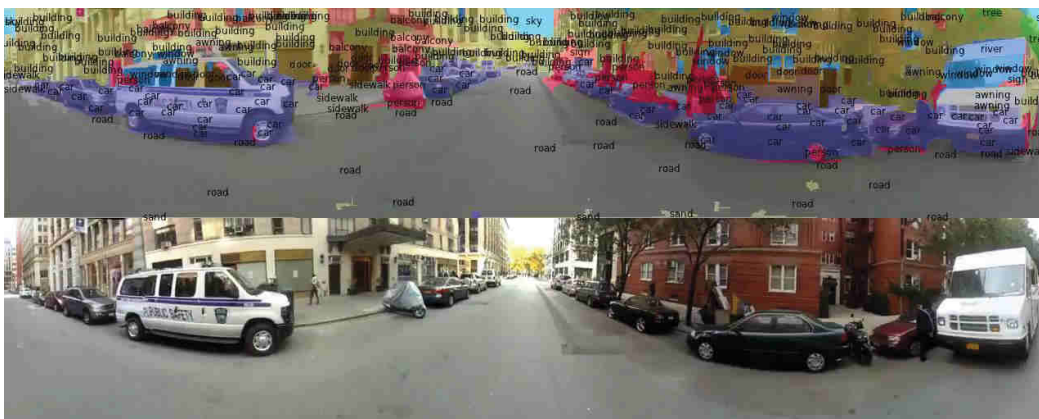


- Features « sur mesure »
- Classif par adaBoost, SVM, RDF
- Combinaisons différentes, optimisées pour chaque catégorie (panneaux, véhicules, piétons, ...)

Quels avantages apportés récemment par apprentissage profond (convNet) ?



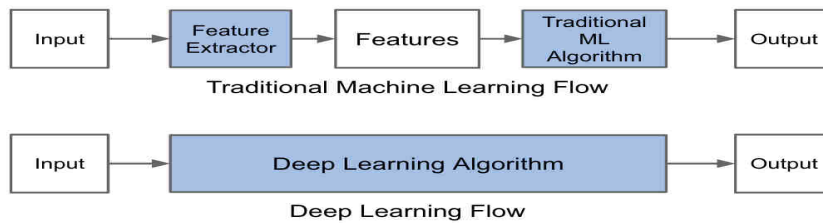
Principe : apprendre FEATURES en + de classification



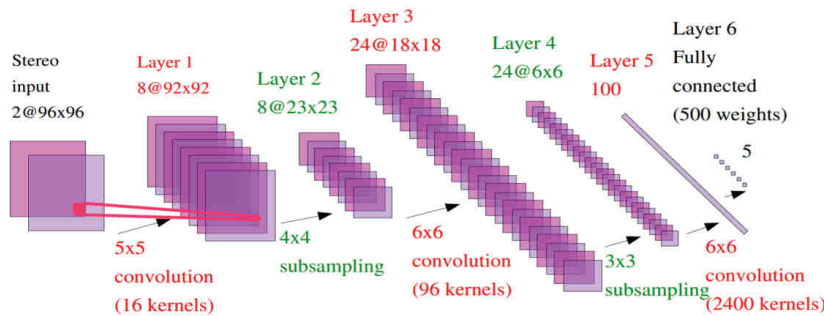
[C. Farabet, C. Couprie, L. Najman & Yann LeCun:
 Learning Hierarchical Features for Scene Labeling,
 IEEE Trans. PAMI, Aug.2013.]

- Unification algos détection/reco pour toutes catégories
- Plus grande robustesse car appris sur base ENORME

Que sont les Convolutional Networks (et apprentissage profond) ?



CNN= Succession de couches Convolutions_paramétrées/Pooling, + apprentissage simultané (par descente gradient, avec exemples images+labels-classe) de REPRESENTATION et classification

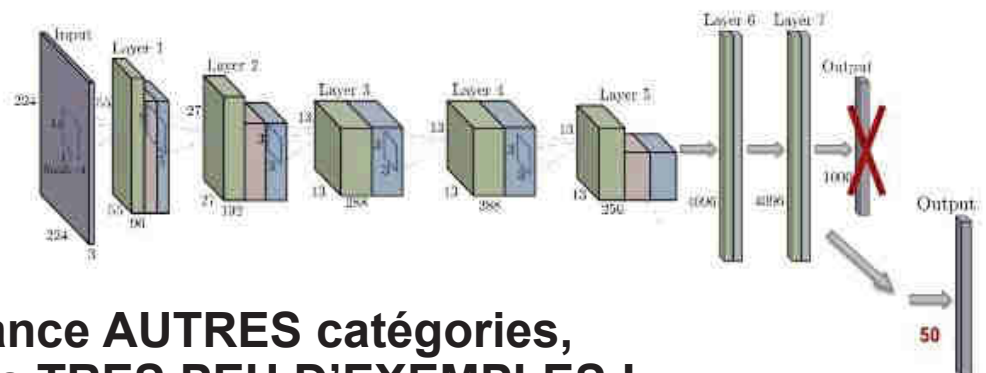


Pour AlexNet/GoogLeNet, ~ 5-10 couches convolutions+pooling
 → *millions de paramètres à optimiser !*

→ **besoin base apprentissage ENORME** type ImageNet (millions d'exemples et milliers de classes !!) **pour apprendre « from scratch »**

Généralité de la représentation obtenue par apprentissage profond !

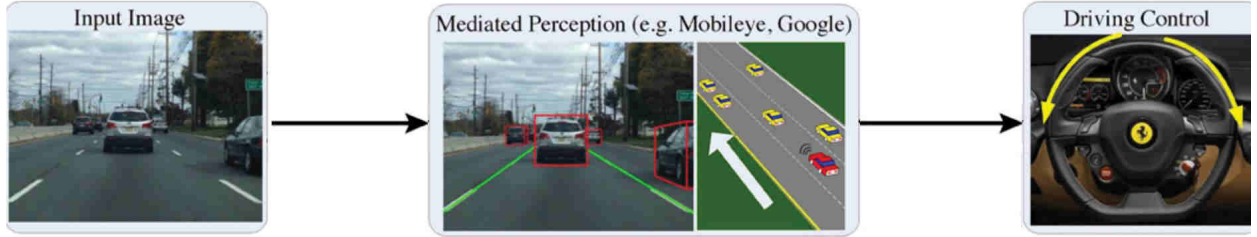
En enlevant dernières couches (celles de classification) de convNet appris sur ImageNet, on obtient une transfo de l'image d'entrée en une représentation « semi-abstraite », qui peut servir de base pour apprendre autre chose (« transfer learning ») :



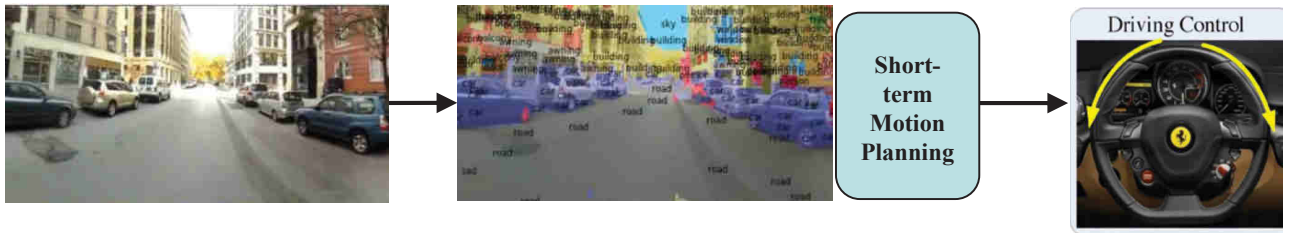
- **Reconnaissance AUTRES catégories, même avec TRES PEU D'EXEMPLES !**
- **Contrôle direct volant**
- **Localisation précise (position+cap) = PoseNet**
- **... et même informations tridimensionnelles**

Quelle part & type de ML/IA dans chaîne complète de conduite automatisée ?

- Approche « classique » :



- Sémantisation image par ConvNet (Deep-Learning) :



- End-to-end Deep-Learning (nVidia, Berkeley) :



Apprentissage profond pour la commande (end-to-end)

Performance

Trained for 196 million steps

Test on training track

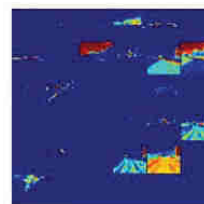
Snow (SE)



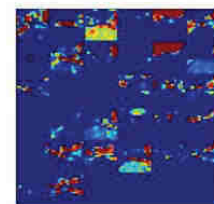
Game graphics



Network input and guided backpropagation



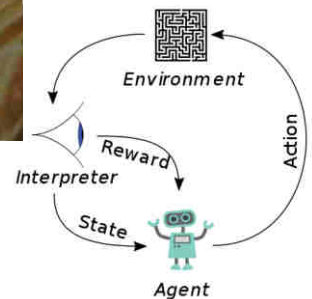
Layer 1



Layer 2

Activations

["End-to-End Driving in a Realistic Racing Game with Deep Reinforcement Learning",
E. Perot, M. Jaritz, M. Toromanoff, and R. de Charrette,
CVPR'2017 workshop on Deep-Learning for Robotic Vision]



Evolution future du Véhicule Autonome

Apprendre aussi planification ? Et commande ??

Apprentissage en continu (tout au long vie du véhicule) ??

Véhicule Autonome ET CONNECTÉ

- Platooning
- Intersections automatisées
- Manœuvres coopératives
- Perception collaborative

De la voiture au « Service de Mobilité »
(taxis autonomes à la demande)

Intersections Automatisées

- Feux tricolores = TRES SOUS-OPTIMAL en débit !
- Traversée d'intersection = partie critique et délicate pour les véhicules autonomes
- Nécessité de garantir à la fois :
 - Sécurité = NON-COLLISION
 - Disponibilité = NON-BLOPAGE (pas de deadlock »)



→ Besoin algo intelligent de COORDINATION LOCALE
Communications Véhicule-Infrastructure (V2I)

Perspectives pour VA

Points encore « durs » pour conduite automatisée :

- Robustesse et validation quantifiée des algos ML !
- **Redondance** / complémentarité des capteurs **ET DES ALGOS** (et donc aussi **FUSION « robuste »**)
- **Ego-localisation précise**
- Manœuvres d'urgence
- Suivi **attention/activité conducteur-superviseur**
- Planification "intelligente" de trajectoires
- Prévision mouvements/trajectoires des autres usagers
- Inférence intentions conducteurs/piétons (ou policier !) d'après **regards/gestes** (et aussi infos VA → autres usagers)
- **Compréhensibilité/prédictibilité comportement VA** par conducteurs humains, piétons, etc

Points « durs » pour conduite automatisée et coopérative :

- Interactions entre véhicules autonomes, et avec autres
- Perception collaborative
- **Intersections automatisées**

- Apprentissage augmentation donnée
- Apprentissage partiellement non-supervisé
- Deep-Learning probabiliste

	Deep Learning	Probabilistic Deep Learning
Model	$[\hat{y}] = f(x)$	$[\hat{y}, \hat{\sigma}^2] = f(x)$
Regression	$Loss = \ y - \hat{y}\ ^2$	$Loss = \frac{\ y - \hat{y}\ ^2}{2\hat{\sigma}^2} + \log \hat{\sigma}^2$

- Apprentissage de comportement (par renforcement ?)
- Apprentissage "en continu" (pendant utilisation)
- Curiosité artificielle
- "Explicabilité" (cf juridique + acceptabilité)
- Combinaison avec algos "classiques" déterministes (cf Deep Kalman Filter)

Questions ?