

# L'IA au service des opérations de récolte forestière

Philippe Giguère, Professeur agrégé  
Département d'informatique et de génie logiciel



**IVADO**



**DAMAS** Data Analytics  
Mobile and  
Autonomous Systems



Laboratoire de Robotique Nordique  
Northern • Robotics • Laboratory

**FORAC**

# Industrie de l'exploitation du bois

## Emplois dans le secteur des produits forestiers en 2015 (Québec)

Foresterie, exploitation et soutien à l'exploitation forestière (11N)	9 186
Fabrication du papier [322]	21 813
Fabrication de produits en bois [321]	28 053
Fabrication de meubles et de produits connexes [337]	20 919
	79 971

Source : Statistique Canada, Enquête mensuelle sur l'emploi, la rémunération et les heures de travail (CANSIM 281-0024)

- Pénurie de main d'œuvre
- Formation des opérateurs
  - machinerie complexe
  - variabilité des productivités

# Abatteuse-groupeuse



# Taux de mortalité (morts/100 000)

1	<b>Exploitants forestiers</b>	132.7
2	Pêcheurs	54.8
3	Pilotes et ingénieurs de vol	40.4
4	Couvreur (toiture)	39.7

De loin le métier le



# Automatiser à quel %?

- On ne vise pas 100 % autonomes.
- On reverse la métrique : combien de véhicules un opérateur humain peut-il superviser?

18!

Publié le 23 novembre 2017 à 13h27 | Mis à jour le 23 novembre 2017 à 13h27

**Dans les mines, l'heure est aux supercamions autonomes et à la haute technologie**



# Point de vue opérateur

Abatteuse-groupeuse



Tête multi



Défis intéressants au niveau de la perception

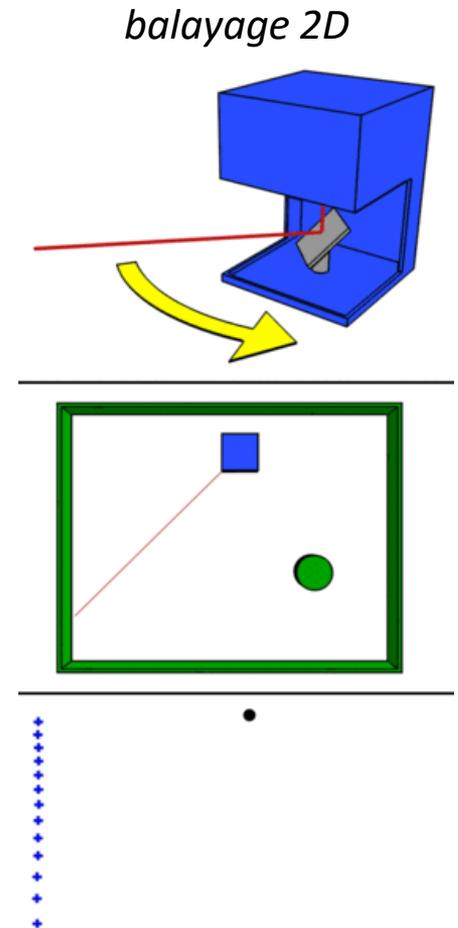
# Convergence technologique

- Apprentissage machine
  - Deep Learning
- Robotique mobile
  - LiDAR

16 faisceaux



- Cartographie 3D



*source : wikipédia*

# Quelles opérations automatiser ?

**Objectif : alléger la charge cognitive pour les opérateurs**

- Reconnaissance des essences d'arbres
- Martelage et inventaires
- Navigation autonome (cueillette)
- Coupe et saisie

# Reconnaissance automatique d'essence

- Prix varient en fonction de l'essence
  - trier manuellement
  - absorber une perte de revenu
- Si basée sur apparence d'écorce, fonctionne
  - en toute saison
  - sur des billes coupées dans la cour à bois
- Adapter les procédés industriels (écorçage)
- Effectuer des inventaires automatisés en forêt, ou lors de la coupe

Peut-on reconnaître l'essence  
d'un arbre par son écorce ?

# Approche *Deep Learning*

- Excelle pour la reconnaissance d'image
- Part d'un ResNet34 pré-entraîné sur ImageNet

# Approche *Deep Learning*

- Excelle pour la reconnaissance d'image
- Part d'un ResNet34 pré-entraîné sur ImageNet
- *Fine-tuning* sur jeu de données maison
  - 25 000 photos d'écorce, 20 essences
  - 1 100 arbres de tailles différentes
  - images recadrées à la main



# Variations intra vs. inter classes

- 93.9% multicrop, 1 image
- 97.8% si vote sur toutes les images d'un tronc

Variations  
Intra-classe



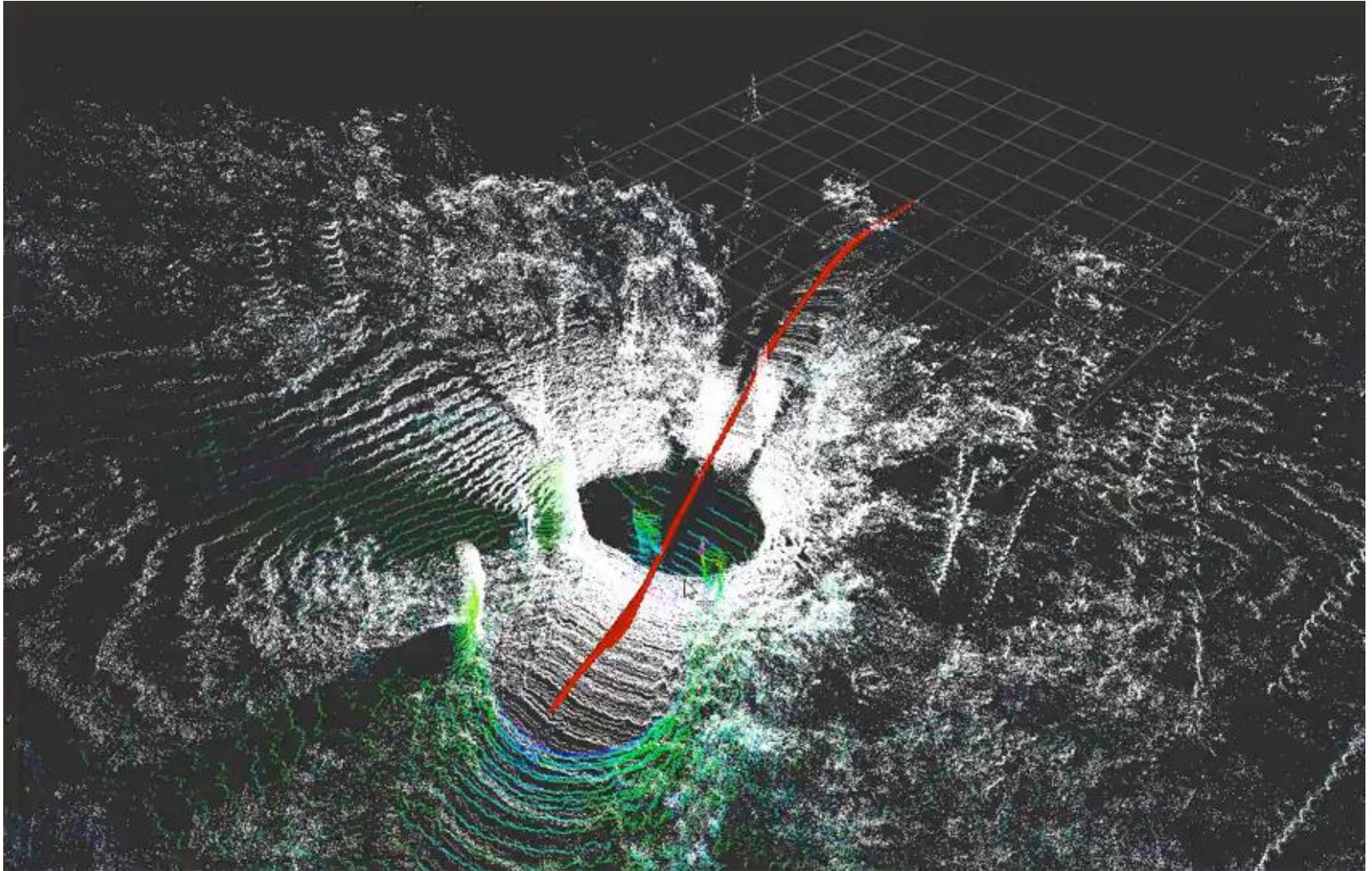
Érable  
rouge

Variations  
Inter-classes



Épinette blanche    Épinette de Norvège    Épinette noire

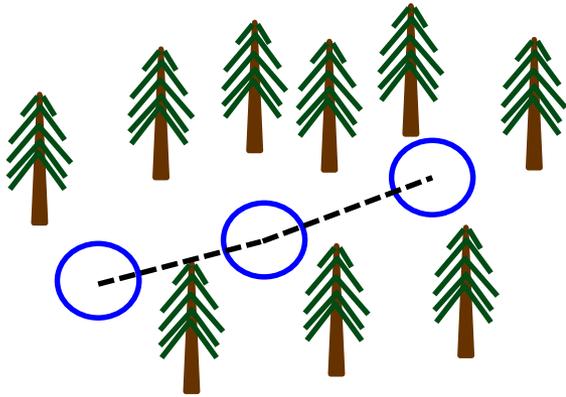
# LiDAR 3D en forêt



Jean-François Tremblay (Maîtrise, 2017-)

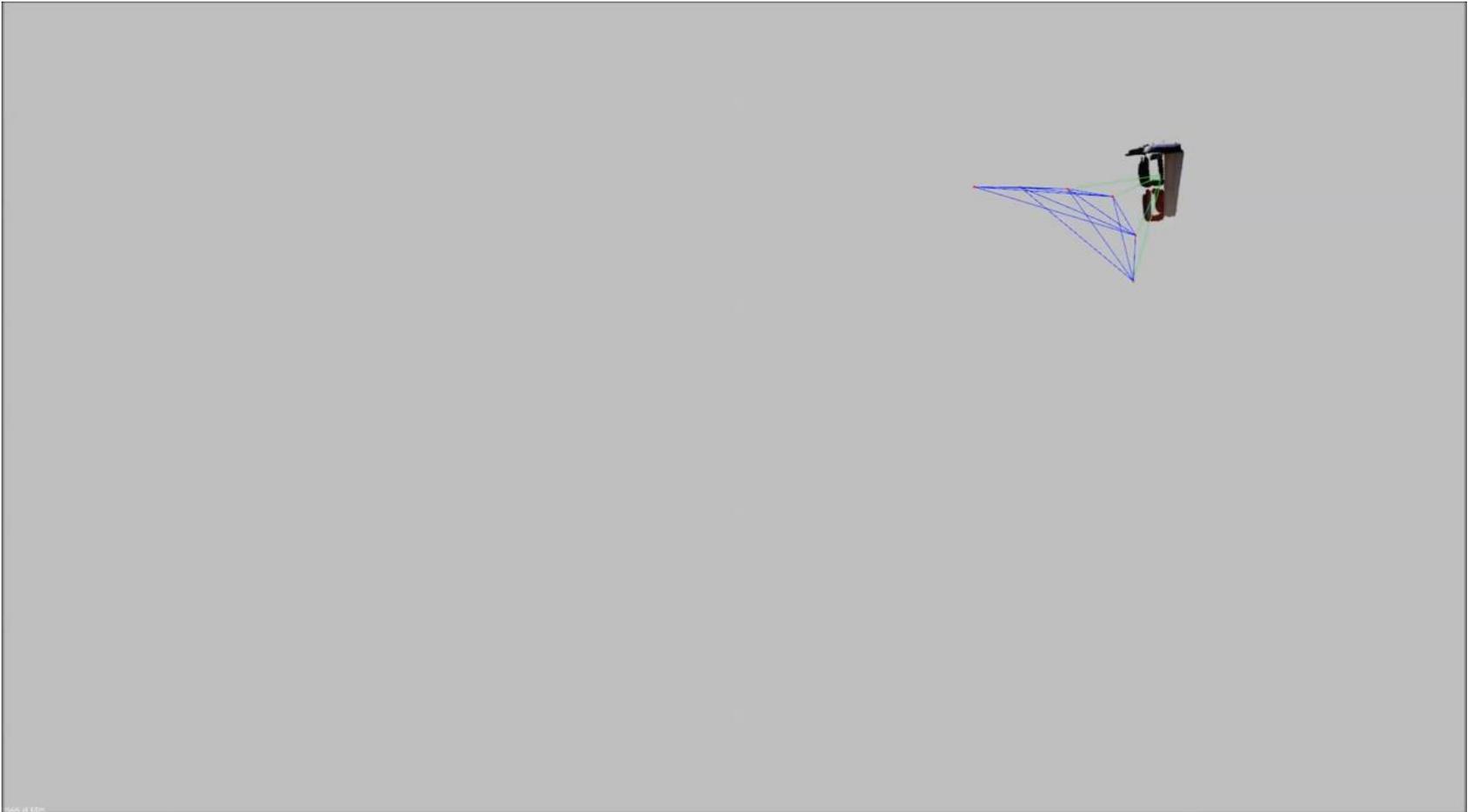
# Création de carte SLAM

SLAM : Simultaneous Localization and Mapping



Clearpath Husky + 2D LiDAR (pan-tilt)

# SLAM : fermeture de boucle



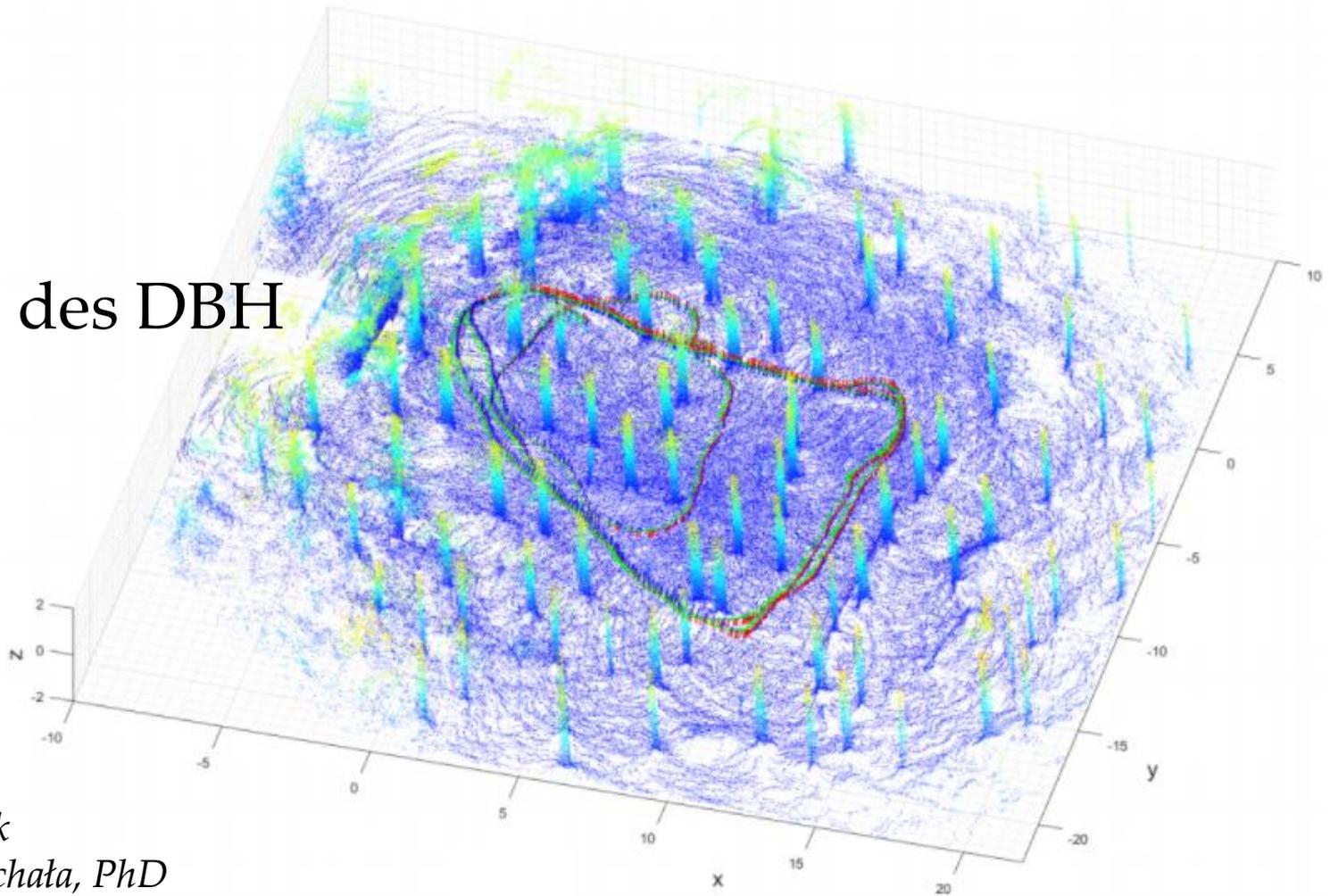
Deformation-based Loop Closure for Large Scale Dense RGB-D SLAM  
T. Whelan, J. McDonald, M. Kaess, J. J. Leonard, *IROS* 2013.

# Carte 3D de la forêt

- Permet d'identifier la position des arbres
  - inventaire (avec détection essence)
  - décision coupe sélective automatisée (martelage)
- Pourra enregistrer la pose des billes déposées au sol (canevas)
  - pour cueillette subséquente
  - y attribuer des données pertinentes (essence, diamètre, etc.)

# Cartographie SLAM 3D en forêt

Extraction des DBH



*Marek  
Pierzchała, PhD*



**NIBIO**

NORWEGIAN INSTITUTE OF  
BIOECONOMY RESEARCH

Mapping forests using an unmanned ground vehicle with 3D LiDAR and graph-SLAM, M. Pierzchała, P. Giguère, R. Astrupa  
Computers and Electronics in Agriculture 145, 217–225.

# Navigation autonome avec LiDAR (2015)

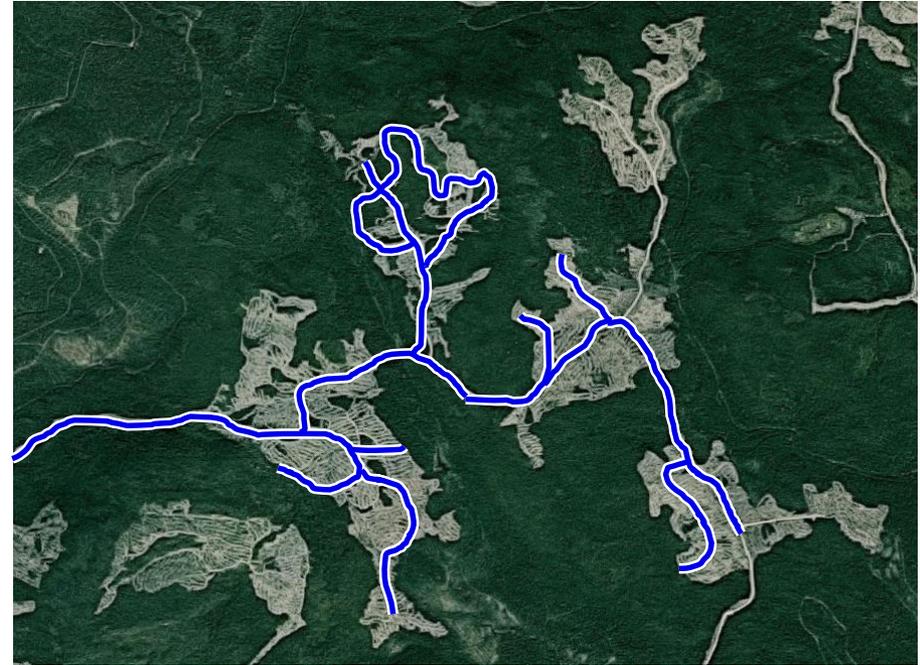
## *Teach-and-Repeat*

- Algorithme en deux phases
  - *Teach* : un humain conduit le robot, dépose un **rail virtuel** dans l'environnement
  - *Repeat* : le robot peut se conduire de manière autonome sur ce **rail**



# Cartes routières virtuelles

- Construction d'un **réseau routier virtuel**
- Par des travailleurs **non-experts** qui conduisent l'équipement instrumenté
- Des véhicules autonomes peuvent cueillir les billes déposées (carte 3D)



O. Ringdahl *et al.* Path tracking in forest terrain by an autonomous forwarder, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 26(4), 2011.

Lidar-based Teach-and-Repeat of Mobile Robot Trajectories, Sprunk *et al.*, *IEEE/RSJ Int'l Conf. on Intelligent Robots and Systems*, 2013.

# Test en forêt



*D. Landry  
(Maîtrise)*

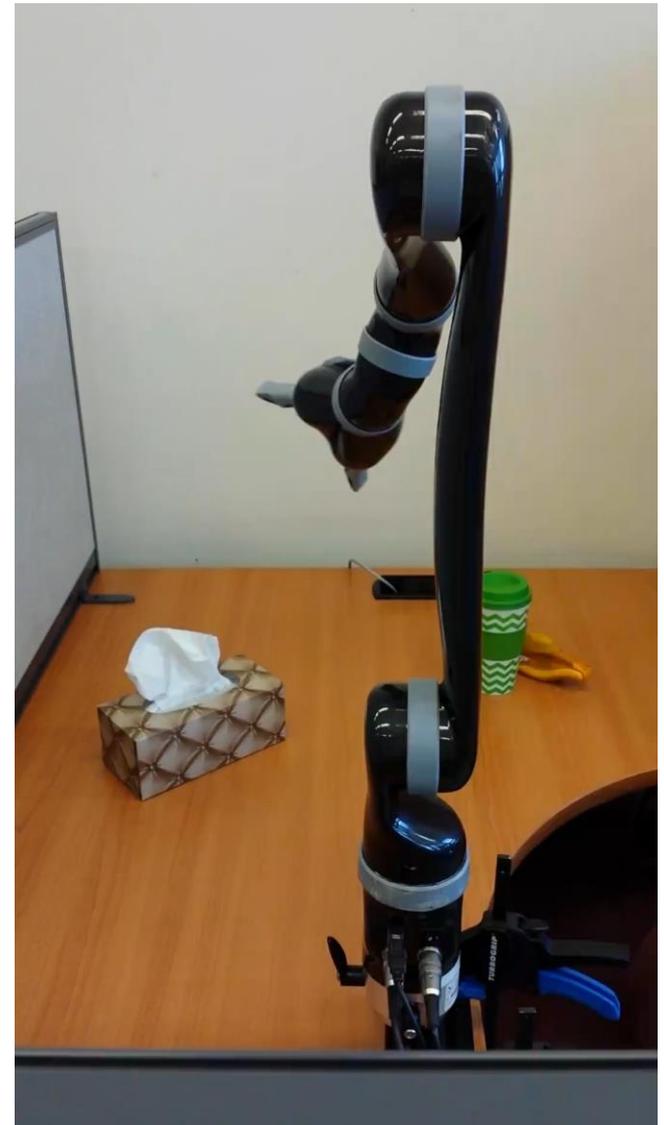
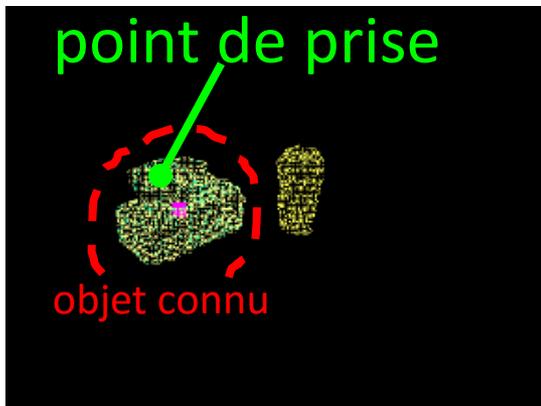
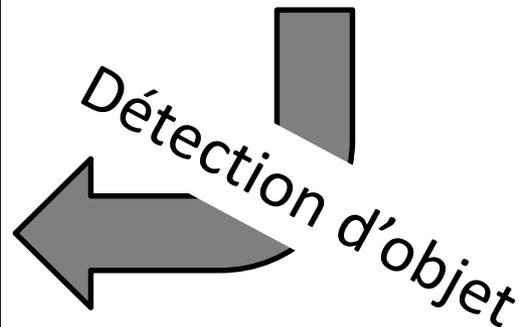
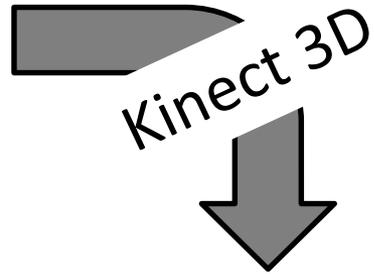
**Superposition vidéo des phases Teach et Repeat**

Erreur finale : 1-2 cm

# Préhension autonome



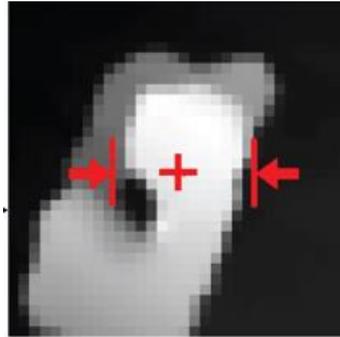
**Perception  
+  
Plannification  
(MoveIt!)**



(Travaux de J.-P. Mercier)

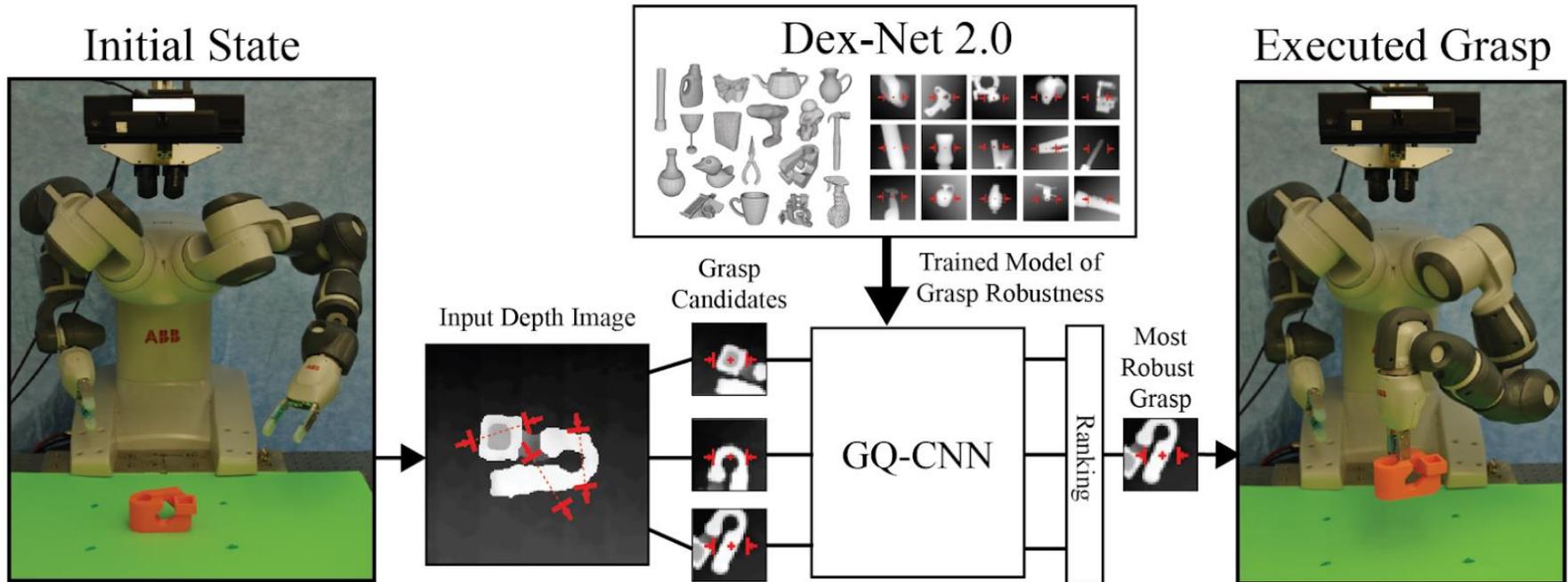
# Deep appliqué à la préhension

Images de profondeur (2.5 D) :

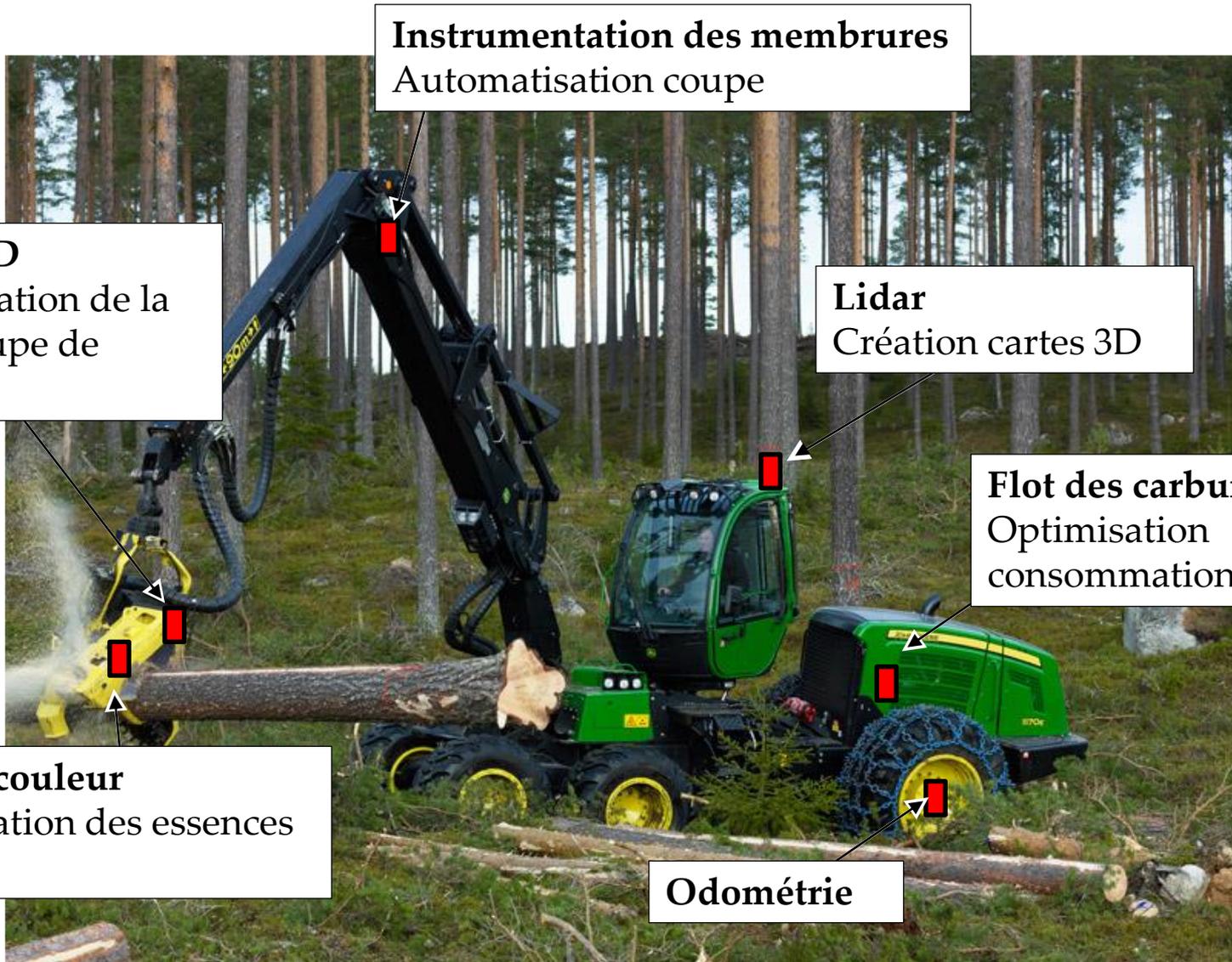


**Saisie et coupe d'arbres**

Mahler, J., Liang, J., Niyaz, S., Laskey, M., Doan, R., Liu, X., Ojea, J. A., Dex-net 2.0: deep learning to plan robust grasps with synthetic point clouds and analytic grasp metrics, (2017)



# L'abatteuse de 2025 ?



**Instrumentation des membrures**  
Automatisation coupe

**Camera 3D**  
Automatisation de la saisie + coupe de arbres

**Lidar**  
Création cartes 3D

**Flot des carburants**  
Optimisation consommation

**Camera couleur**  
Identification des essences coupées

**Odométrie**

# Conclusion

- L'IA peut apporter beaucoup à un secteur traditionnel comme l'exploitation forestière
- Augmenter la sécurité, productivité, confort des travailleurs
- Convergence de technologies
- Contexte intéressant pour la recherche scientifique