

# Traitement Numérique de l'Image

## Introduction - Généralités - Définitions

TELECOM Nancy 2<sup>ème</sup> Année FISA - FISE

Vincent Bombardier  
(M&C HC 61ème Section)

Centre de Recherche en Automatique de Nancy - UMR CNRS 7039-  
Département: Ingénierie des Systèmes Eco-Technique  
Projet Système et Objets Intelligents en Interactions

Version du jeudi 5 septembre 2024 Vincent Bombardier ISET

1

## TNI Introduction : Compétences « Computer Sciences »

### IS/Perception and Computer Vision

**Topics:**

- Computer vision
  - Image acquisition, representation, processing and properties (cross-reference CN/Data, Information, Knowledge)
  - Shape representation, object recognition and segmentation
  - Motion analysis
- ~~Audio and speech recognition~~
- ~~Modularity in recognition~~
- Approaches to pattern recognition (cross-reference IS/Basic Machine Learning)
  - Classification algorithms and measures of classification quality
  - Statistical techniques

### IS/Basic Machine Learning

**Topics:**

- Definition and examples of broad variety of machine learning tasks, including classification
- Inductive learning
- Simple statistical-based learning, such as Naive Bayesian Classifier, decision trees
- The over-fitting problem
- Measuring classifier accuracy

Version du jeudi 5 septembre 2024 Vincent Bombardier

2

## TNI Introduction : Compétences Computer Sciences

### IS/Perception and Computer Vision

**Learning Outcomes:**

1. Summarize the importance of image and object recognition in AI and indicate several significant applications of this technology. [Familiarity]
2. List at least three image-segmentation approaches, such as thresholding, edge-based and region-based algorithms, along with their defining characteristics, strengths, and weaknesses. [Familiarity]
3. Implement 2d object recognition based on contour- and/or region-based shape representations. [Usage]
4. ~~Distinguish the goals of sound recognition, speech recognition, and speaker recognition and identify how the raw audio signal will be handled differently in each of these cases.~~ [Familiarity]
5. Provide at least two examples of a transformation of a data source from one sensory domain to another, e.g., tactile data interpreted as single-band 2d images. [Familiarity]
6. Implement a feature-extraction algorithm on real data, e.g., an edge or corner detector for images ~~or vectors of Fourier coefficients describing a short slice of audio signal.~~ [Usage]
7. Implement an algorithm combining features into higher-level percepts, e.g., a contour or polygon from visual primitives ~~or phoneme hypotheses from an audio signal.~~ [Usage]
8. Implement a classification algorithm that segments input percepts into output categories and quantitatively evaluates the resulting classification. [Usage]
9. Evaluate the performance of the underlying feature-extraction, relative to at least one alternative possible approach (whether implemented or not) in its contribution to the classification task (8), above. [Assessment]
10. Describe at least three classification approaches,

Version du jeudi 5 septembre 2024 Vincent Bombardier

3

## TNI Introduction : Déroulement du module FISE

### Partie 1: (12h CM)

- ↳ Introduction - Généralités
- ↳ Système d'Acquisition
  - Environnement, Éclairage, Capteur, ...
- ↳ Traitements de bas niveaux (4h TD, 6h TDM)
  - Histogrammes, Filtrage, Morphologie Math., Transformées, ...
- ↳ Segmentation - Interprétation (2h TD, 2h TP → ImageJ)
  - Contours, Régions, Classification, Etiquetage (label), ...
- ↳ Reconnaissance de Formes (2h TDM, 2h TP → ImageJ)
  - Bayes, K-means, K-ppv, Réseaux de Neurones, Logique Floue, ...

### Partie 2: (8hCM)

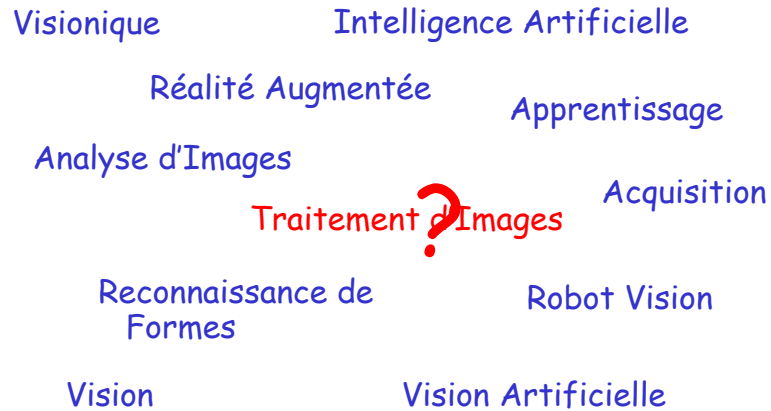
- ↳ Compression, tatouage d'images, (J.M. Moureaux - (4h TDM)

### Evaluation : 2 examens + Cr TPs

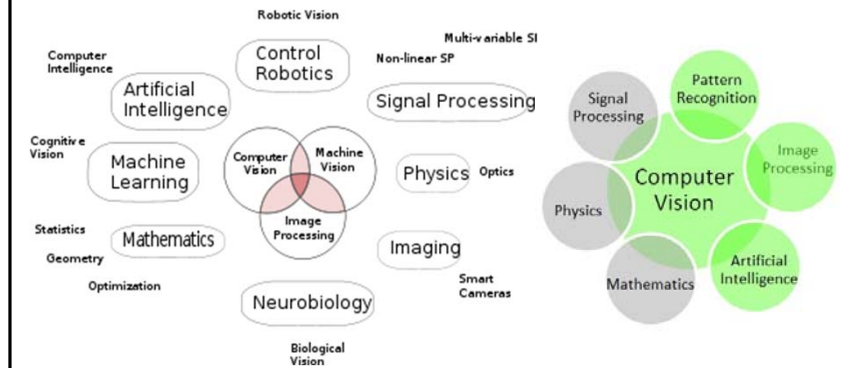
Version du jeudi 5 septembre 2024 Vincent Bombardier

4

## TNI Introduction : Qu'est ce que le Traitement d'Images



## TNI Introduction : Computer Vision vs Image Processing



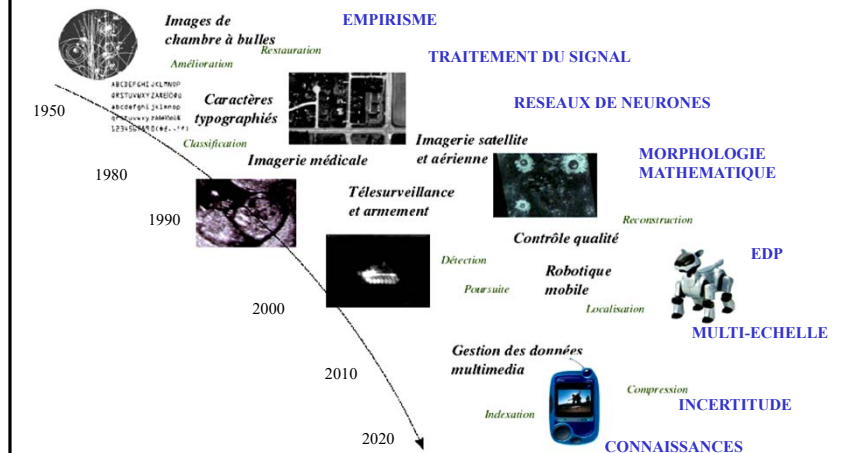
## TNI Introduction : Définitions

- **Traitement d'images** : Ensemble des opérations sur les images numériques, qui transforment une image en une autre image (bas niveau) ou en une primitive formelle (haut niveau).
- **Vision par Ordinateur** : Compréhension d'une scène ou d'un phénomène à partir d'informations « image », liant perception, comportements et contrôle.
- **Visionique** : Systèmes automatiques de vision, notamment pour les applications industrielles

Les domaines traités vont du traitement du signal bidimensionnel (filtrage, Fourier, ondelettes, ...) à l'intelligence artificielle (Réseaux de neurones, logique floue, réalité augmentée, ...)

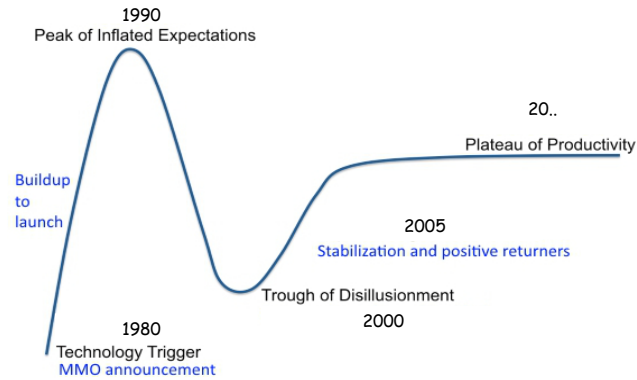
Description non exhaustive mais sensibilisation aux techniques actuelles

## TNI Introduction : Historique



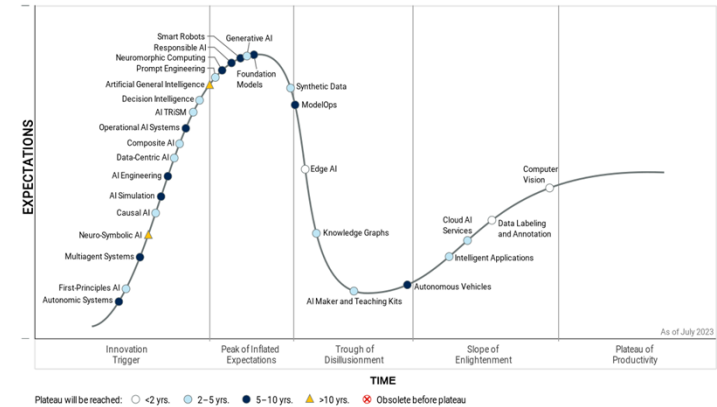
## TNI Introduction : Historique

### Computer Vision Garner Hype Cycle



## TNI Introduction : Historique

### Hype Cycle for Artificial Intelligence, 2023



## TNI Introduction : Historique

• TI et Vision sont des disciplines relativement jeunes (1960) qui évoluent rapidement: chaque année apparaissent de nombreux travaux académiques, technologiques ou industriels.

• Emergence industrielle en 1980, puis déclin

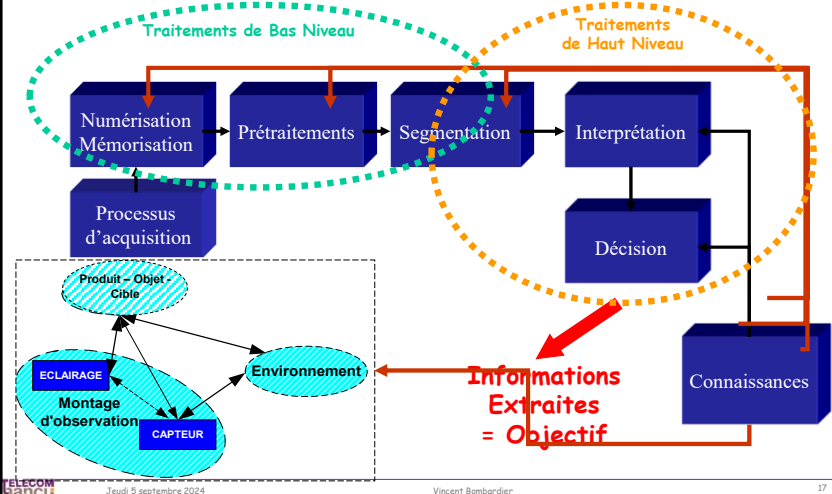
• Depuis fin 1990, recrudescence de l'engouement pour ces disciplines et multiplication des applications et des enjeux industriels dans des domaines aussi variés que: médecine, automobile, télécommunication, météorologie, défense, jeux vidéo, art, écologie, ...

• Depuis 2005 orientation grand public : Changement d'échelle

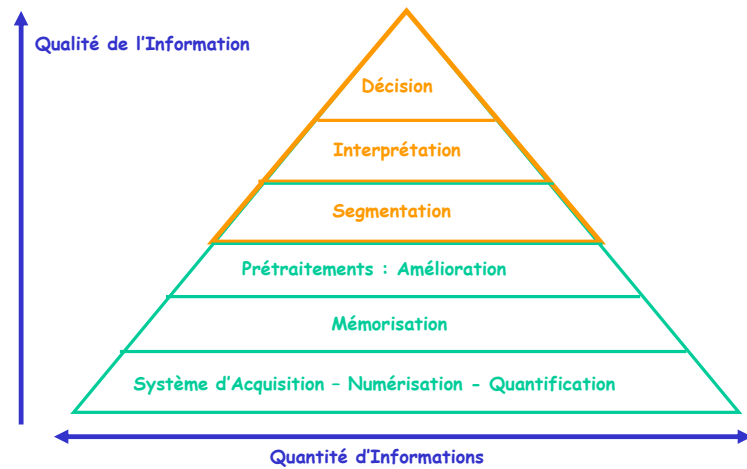
• **Problématique ouverte:**

- complexité algorithmique : énormes volumes de données
- caractère mal posé des problèmes: interprétabilité
- faculté biologique difficile à formaliser

## TNI Introduction : Modèle de la chaîne de traitements d'images

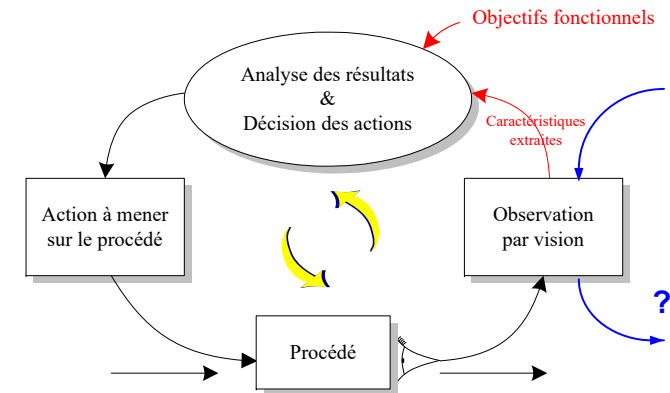


## TNI Introduction : Pyramide de l'information



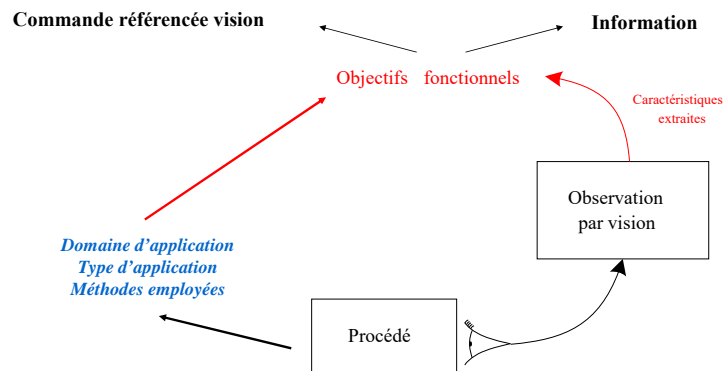
18

## TNI Introduction : La boucle de la cybernétique appliquée à la vision



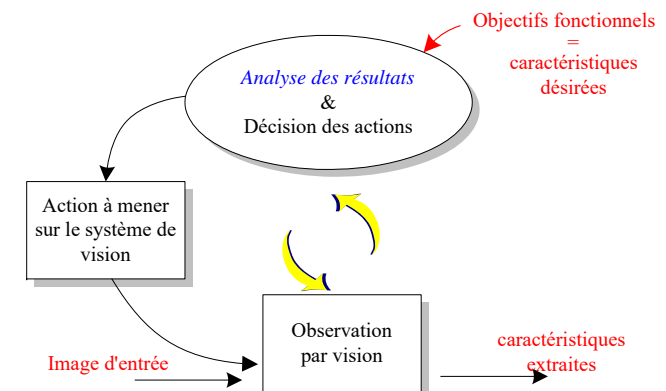
19

## TNI Introduction : Essai de Modélisation



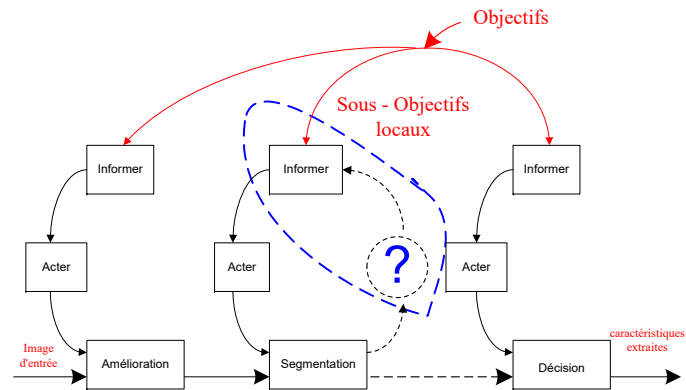
20

## TNI Introduction : Le système de vision est en boucle ouverte



21

## TNI Introduction : Chaque étape est en boucle ouverte

TELECOM  
Bancu

Jeudi 5 septembre 2024

Vincent Bombardier

22

22

## TNI Introduction : Vers une définition du T.I.

- **Image:**
  - ↳ Trace d'un vécu,
  - ↳ Moyen de communication,
  - ↳ Interprétation personnelle en fonction de ses connaissances, acquis, ...
  - ↳ Intervient dans le Système d'Informations et/ou le Système de Décision.
- **Long cheminement depuis les peintures rupestres:**
  - ↳ Peinture, photographie, publicité, cinéma, télévision, internet, ...
  - ↳ Révolution numérique.
- **Traitement Numérique des Images:**
  - ↳ Ensemble des méthodes et techniques opérant sur les images,
  - ↳ Rendre l'analyse possible, plus simple, plus efficace, plus agréable,
  - ↳ Extraire des informations jugées pertinentes.
- ↳ **Spécifique à chaque cas**
  - Informations recherchées.
  - Produits/Personnes d'intérêt
  - Environnement - Contexte.

TELECOM  
Bancu

Jeudi 5 septembre 2024

Vincent Bombardier

23

23

## TNI Introduction :

Exemples d'applications

TELECOM  
Bancu

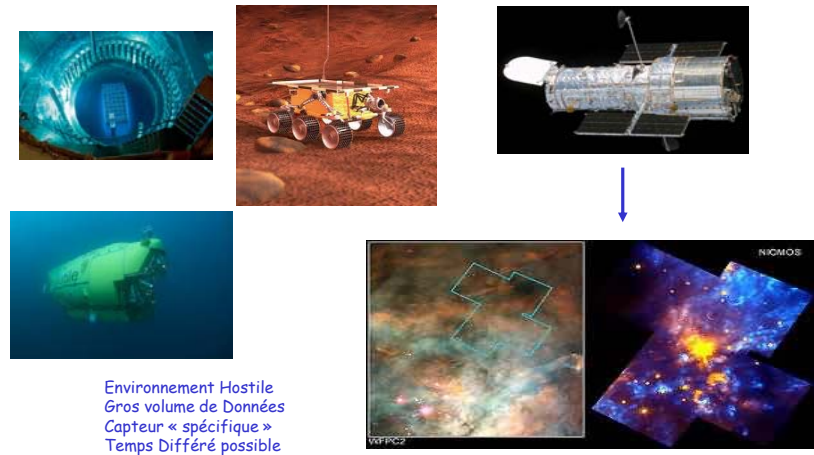
Jeudi 5 septembre 2024

Vincent Bombardier

24

24

## TNI Introduction : Domaines applicatifs : Exploration



Environnement Hostile  
Gros volume de Données  
Capteur « spécifique »  
Temps Différé possible

TELECOM  
Bancu

Jeudi 5 septembre 2024

Vincent Bombardier

25

25

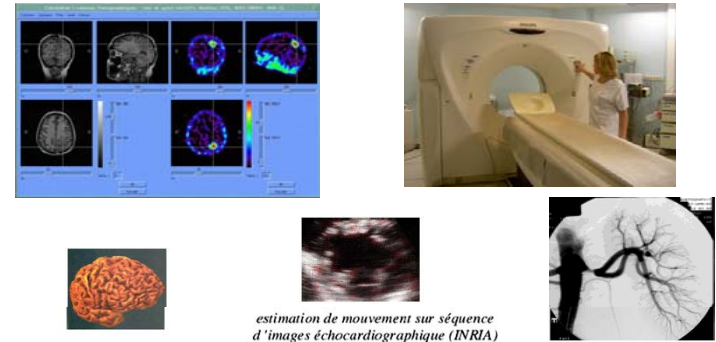
## TNI Introduction : Domaines applicatifs : Exploration



26

## TNI Introduction : Domaines applicatifs : Imagerie Biomédicale

Scanner, IRM, Tomographie, Radiographie, Echographie, Scintigraphie, Téléchirurgie, Ch. A.O. : Reconstruction 3D, Aide au diagnostic, Banque d'images...



modèle 3D de cerveau reconstitué à partir de coupes d'images acquises par résonance magnétique (Univ. Québec)

estimation de mouvement sur séquence d'images échocardiographique (INRIA)

Détection automatique de sténoses sur des angiographies d'artères rénales (CRAN)

27

## TNI Introduction : Domaines applicatifs : Transmission d'images

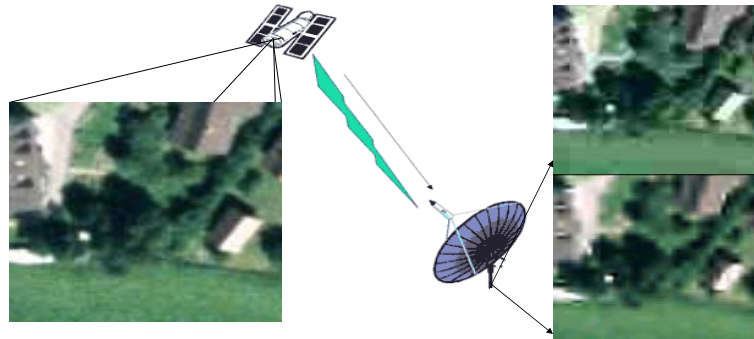
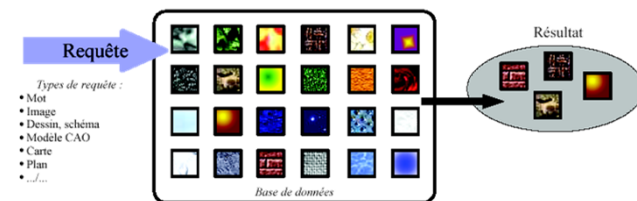


Image	Dimensions en pixels (nbre bandes x pixels)	Taille non comprimée	Taille comprimée	Facteur de compression
Image satellite	7 x 9000 x 9000	567 MB	22 MB	25:1
Orthophoto couleur (23x23 cm scanné à 14µm par pixel)	3 x 17000 x 17000	867 MB	17 MB	50:1
Carte topo scannée (24 bits) pour toute la Suisse	3 x 260 x 14000 x 96000	100 GB	2 GB	50:1
Couverture orthophoto 50 cm pour la Suisse	3 x 600000 x 300000	540 GB	11 GB	50:1

28

## TNI Introduction : Domaines applicatifs : Images et Bases de Données



### Applications :

- Médiamétrie (ex. empreintes digitales)
- Propriété des oeuvres
- Reconnaissance de visages, d'objets...
- Données biomédicales
- Imagerie satellitaire, aérienne
- Vidéo de télésurveillance

29



## TNI Introduction : Domaines applicatifs : Indexation d'images

- Requête par un exemple : recherche d'images semblables

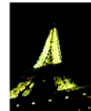


- Recherche d'un objet, ou d'un type d'objets particulier



### Difficultés :

- Variabilité : rotation, translation, homothétie,...
- Reconnaissance 2d ou 3d
- Visibilité partielle
- Changement de luminosité
- .../...

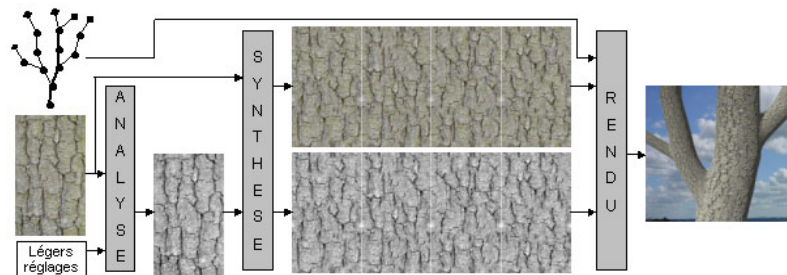


## TNI Introduction : Domaines applicatifs : Images de synthèse

### ➤ Analyse d'images



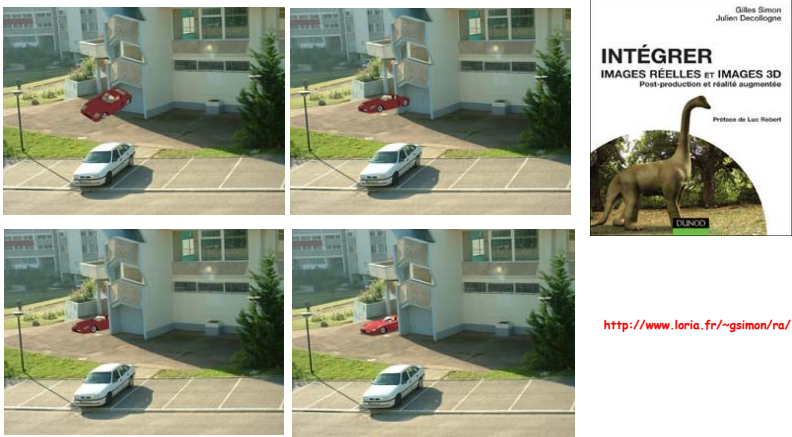
## TNI Introduction : Domaines applicatifs : Synthèse d'images



## TNI Introduction : Domaines applicatifs : Images de synthèse



**TNI Introduction :** Domaines applicatifs : Infographie - Réalité Augmentée



<http://www.loria.fr/~gsimon/ra/>

**TNI Introduction :** Domaines applicatifs : Infographie - Réalité Augmentée

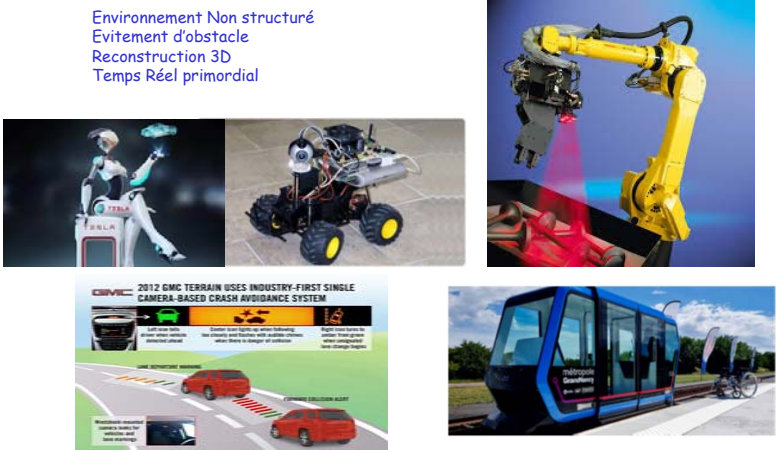


**TNI Introduction :** Domaines applicatifs : Réalité virtuelle - Augmentée - Mixte



HoloLens utilise la puissance de Windows 10 pour afficher des objets 2D, 3D dans le monde réel. On parle de **Réalité Mixte**.

**TNI Introduction :** Domaines applicatifs : Robot - Vision



Environnement Non structuré  
Evitement d'obstacle  
Reconstruction 3D  
Temps Réel primordial



## TNI Introduction : Domaines applicatifs : Industries

### >Difficultés :

- Environnement Connu, Contrôlé a défaut d'être maîtrisé
- Contraintes de Temps importantes.

### >Objectifs :

- Fiabilité, répétitivité, rapidité, productivité

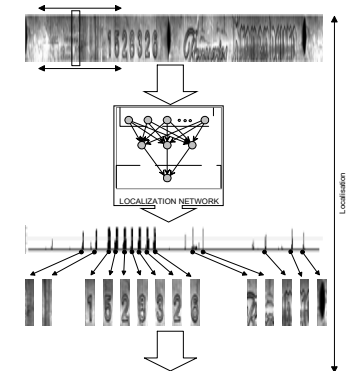
### >Domaines :

- Remplacer l'Homme, le soulager de tâches « dures »
- Accomplir des tâches irréalisables pour l'Homme

- Contrôle qualité,
- Détection de défauts,
- Reconnaissance de formes,
- Guidage,
- Commande Référencée Vision

## TNI Introduction : Reconnaissance de Caractères

### Sur Fûts de Bière : Kronenbourg



## TNI Introduction : Détection de défauts sur plaquettes d'usinage

### Study the feasibility of automatically recognizing unused inserts



On the machining unit, two methods are used :

- drilling and boring (e.g. holes)
- milling for the hard structure



new

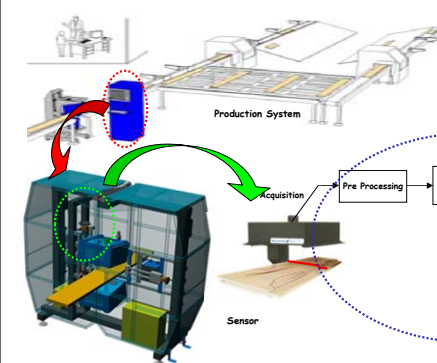


used



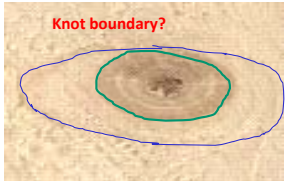


damaged

## TNI Introduction : Détection de Singularité / Reco couleur / Bois



TNI Introduction :

Difficultés inhérentes au matériau bois



TELECOM  
Sancu

Jeudi 5 septembre 2024

Vincent Bombardier

46

46

TNI Introduction :

Reconnaissance Couleur

- Installation d'un prototype «Appariement Couleur » aux U.S. :
  - Paramétrages de 6 essences (Cerisier, Chêne rouge, Peuplier, Erable, Hêtre, Sycomore)
  - Taux global d'appariement couleur: 90%



TELECOM  
Sancu

Jeudi 5 septembre 2024

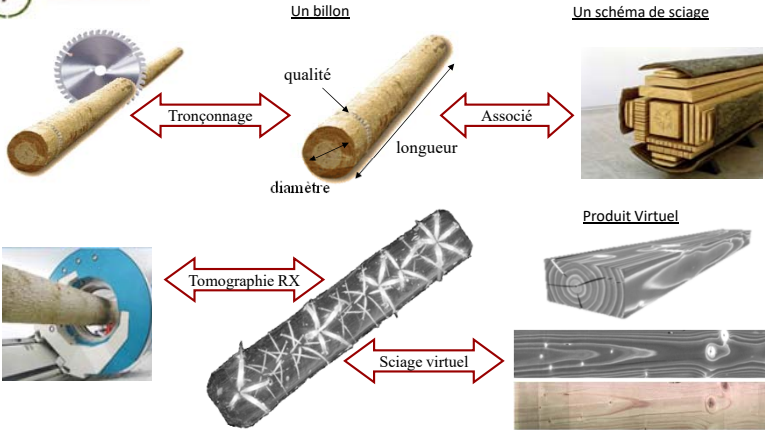

Vincent Bombardier

49

49

TNI Introduction :

Projet 3D RX : Optimisation de la qualité « virtuelle » d'un produit à partir d'images tomographiques



TELECOM  
Sancu

Jeudi 5 septembre 2024

Vincent Bombardier

50

50

TNI Introduction :

Projet 3D RX : Optimisation de la qualité « virtuelle » d'un produit à partir d'images tomographiques



TELECOM  
Sancu

Jeudi 5 septembre 2024

Vincent Bombardier

51

51

## TNI Introduction :

Projets LHP / LAMH / LHCR / LHSV



### ➤ Projets Industriels 3A TN - L'Oréal:

- ✓ Calcul du taux de pénétration d'un colorant
- ✓ Calcul du volume d'une mèche
- ✓ Calcul de l'allongement d'une anglaise
- ✓ Calcul de l'état de surface d'un cheveu.



Jeudi 5 septembre 2024

Vincent Bombardier

53

## TNI Introduction :

Domaines applicatifs : Applications Multimédia



Jeudi 5 septembre 2024

Vincent Bombardier

54

## TNI Introduction : Domaines applicatifs : Applications « Familiales »

### ➤ Exemple : Retouche de Photos..

Photo jaunie

Mal orientée lors du scan

Personnage sombre

le posemètre de l'appareil a trop compensé à cause de la neige très brillante

Petites taches



Jeudi 5 septembre 2024

Vincent Bombardier

55

55

## TNI Introduction :

Connaissances « a priori »



Jeudi 5 septembre 2024

Vincent Bombardier

57



## TNI Introduction : Analogie Humaine

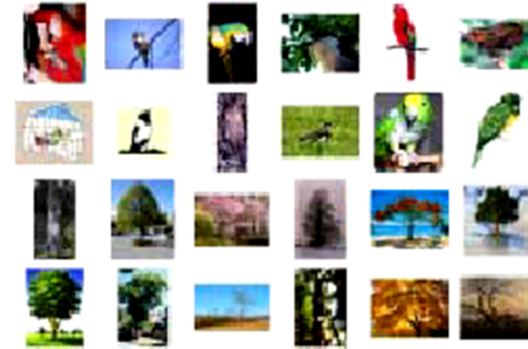
L'être Humain est capable de résoudre des problèmes extrêmement difficiles d'un point de vue du Traitement d'Images.

Objectif : établir une correspondance entre les points visibles dans les deux images



## TNI Introduction : L'Homme : Capteur Idéal ?

– Parmi ces images, quelles sont celles qui contiennent un arbre ? un oiseau ?



## TNI Introduction : L'Homme : Capteur Idéal ?

Sleon une édtue de l'Uvinertisé de Cmabrigde,  
l'odrre des ltteers dnas un mot n'a pas  
d'ipmrotncae, ce qui cmptoe, c'est que la pmeirère  
et la drenèire soeint à la bnnoe pclae. Le rsete peut  
êrte dnas un dsérorde ttoal et tu puex tujoruos lrie  
snas porblème. C'est prace que le creaveu hmauin ne  
lit pas chuaqe ltetre elle-mmêe, mias le mot cmome  
un tuot.

Bnone nvoeulle puor les nlus en otroharpghé...

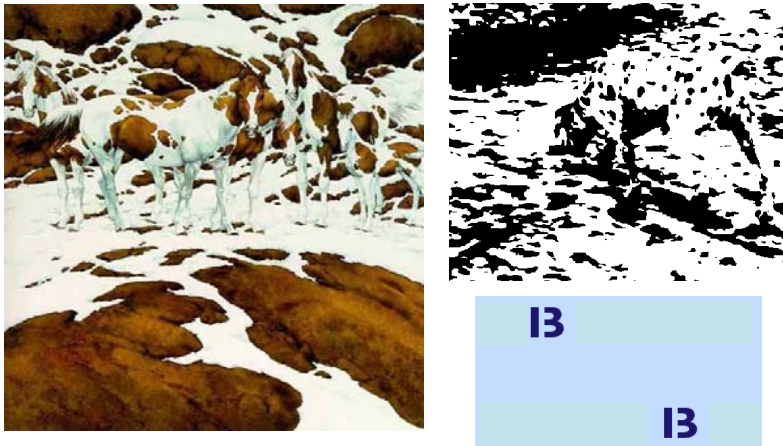
Have a good dya !

## TNI Introduction : L'Homme : Capteur Idéal ?





TNI Introduction : L'Homme : Capteur Idéal ?



62

TNI Introduction : L'Homme piètre capteur??

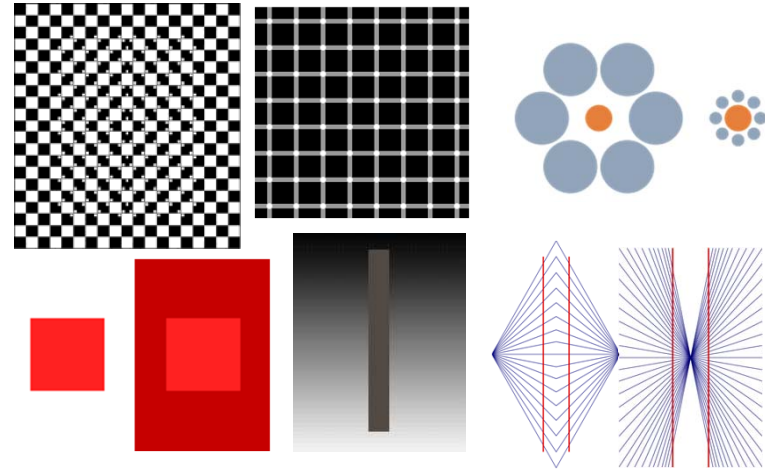
Au même temps, il éprouve parfois des difficultés devant des problèmes relativement simples en vision par ordinateur



Edward H. Adelson

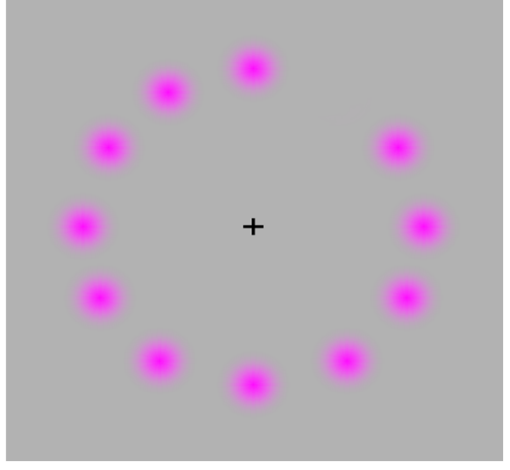
63

TNI Introduction : Nos yeux nous jouent des tours



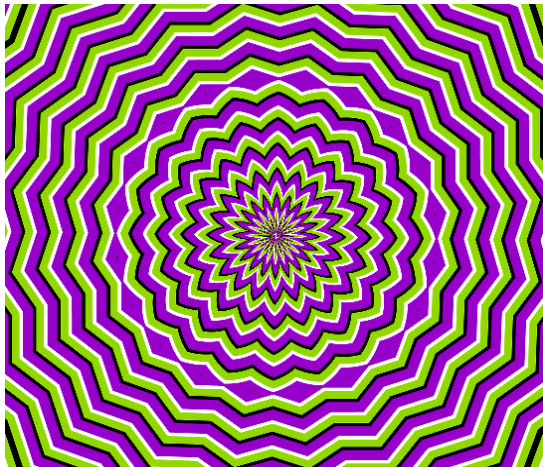
64

TNI Introduction : Nos yeux nous jouent des tours



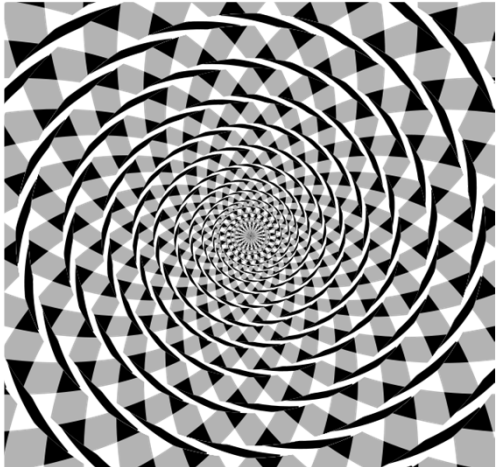
65

TNI Introduction : Nos yeux nous jouent des tours



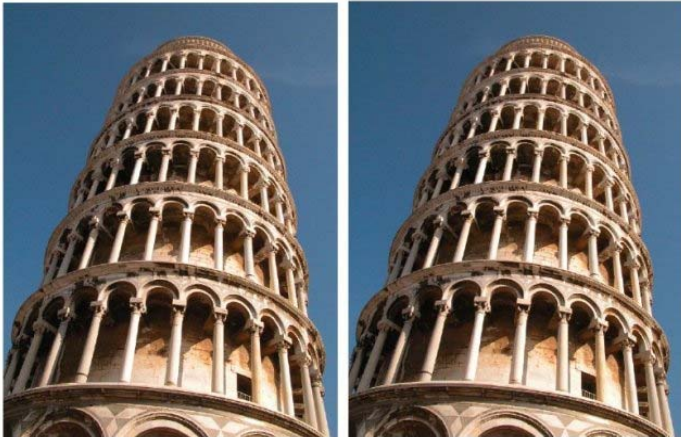
66

TNI Introduction : Nos yeux nous jouent des tours



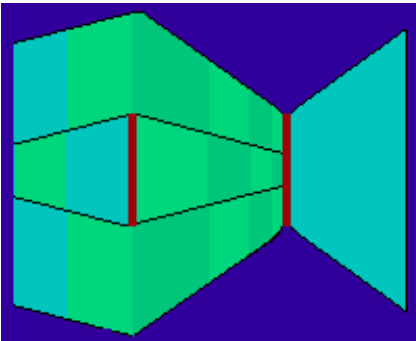
67

TNI Introduction : L'homme piètre capteur ?



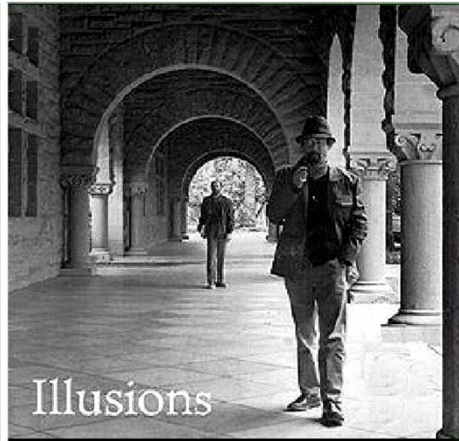
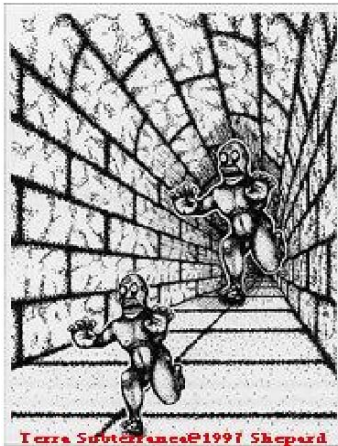
68

TNI Introduction : Notre cerveau nous joue des tours



69

## TNI Introduction : Notre cerveau nous joue des tours

TELECOM  
Bancu

Jeudi 5 septembre 2024

Vincent Bombardier

70

70

## TNI Introduction : Notre cerveau nous joue des tours



### Théorie des deux cerveaux (1970)

*Hémisphère gauche (sens trige):* Logique

Mots & Langage

Présent & Passé

Mathématiques & Sciences

Sens pratique & Rigueur

*Hémisphère droit (sens horaire):*

Instinct

Symboles & images

Présent & Futur

Philosophie & religions

Prise de risque

TELECOM  
Bancu

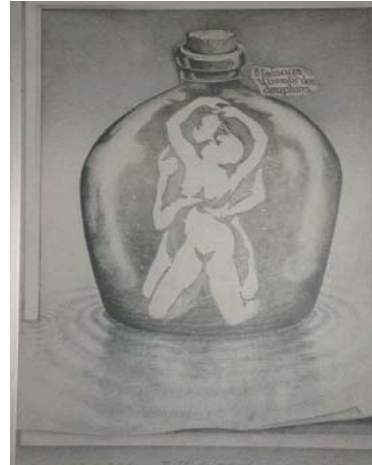
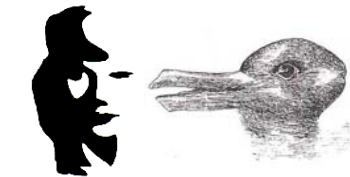
Jeudi 5 septembre 2024

Vincent Bombardier

71

71

## TNI Introduction : La connaissance a priori !!!!

TELECOM  
Bancu

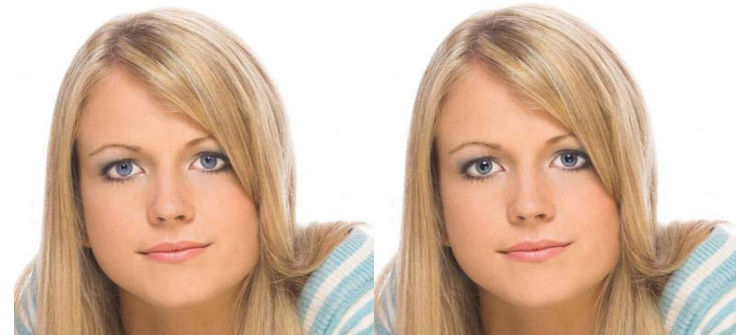
Jeudi 5 septembre 2024

Vincent Bombardier

72

72

## TNI Introduction : Subjectivité de l'information d'une image

TELECOM  
Bancu

Jeudi 5 septembre 2024

Vincent Bombardier

73

73

## TNI Introduction : Le rôle de la connaissance

Ces exemples soulignent l'importance de l'apprentissage et de la connaissance dans la perception visuelle humaine.

Doit-on imiter la vision humaine???

**OUI** : On cherche à reproduire certains mécanismes comme la détection de contours dans l'aire cérébrale V1

**NON** : Il est impossible d'élaborer des algorithmes biologiquement plausibles car le fonctionnement de la perception humaine n'est pas suffisamment connu..

➤ Les problèmes de Vision sont souvent « mal posés », en lien avec l'apprentissage et la connaissance !!

## TNI Introduction : Offres d'emplois

### ➤ L'entreprise

La société CYBERNETIX, basée à Marseille, spécialisée en ingénierie de robotique et automatisme, développe des services à haute valeur ajoutée autour de solutions innovantes dans de grands programmes scientifiques, nucléaires et dans l'industrie de contrôle non destructif.

### ➤ Le Poste

Dans le cadre de son développement, elle recherche pour sa division Industrie (**vision 2D, 3D, colorimétrie, ferroviaire**) : un Ingénieur Responsable d'Établissement H/F. En charge d'une équipe de 10 spécialistes pour le développement de l'activité "réalisation d'équipements de contrôle RX" en France et à l'étranger. Poste à pourvoir à Grenoble en CDI. Déplacements en France et à l'étranger. Merci d'envoyer votre candidature (lettre + CV + prétentions) en précisant la référence 1 du poste.

### ➤ Le profil du candidat

Spécialisé en **contrôle non destructif** par rayon X et traitement d'images. Vous justifiez de **10 ans d'expérience minimum** dans un poste similaire (connaissances dans les systèmes de contrôle en CND) et maîtrisez l'anglais.

## TNI Introduction : Offres d'emplois

- Société : SAFRAN DÉFENSE SÉCURITÉ
- Lieu (pays) : Eragny (Ile-de-France, France)
- Type de contrat : Contrat à Durée Indéterminée (CDI)
- Date de début : nc.
- Salaire indicatif : nc.
- Description du poste :



Le système cible permet de réaliser un ensemble d'opérations sur des images et vidéos en provenance de **capteurs spécifiques** (satellites, photo aérienne...). Les formats de données en entrée sont nombreux et les traitements souhaités nécessitent la mise en œuvre d'**outils avancés de traitement d'images**. Dans ce contexte, vous étudiez les produits disponibles sur étagère. Vous sélectionnez les produits les plus adaptés au besoin et les intégrez dans notre application. Vous réalisez les développements complémentaires nécessaires tout en soignant particulièrement l'ergonomie de l'ensemble.

### ➤ Profil du candidat :

De formation ingénieur, vous justifiez d'une **solide expérience** (> 2 ans) dans le traitement d'image de système militaire. Maîtrise de l'anglais technique indispensable. Habilitation Confidentiel Défense requise. Motivé par les challenges techniques et humains ? Alors rejoignez-nous ! Anglais : courant exigé

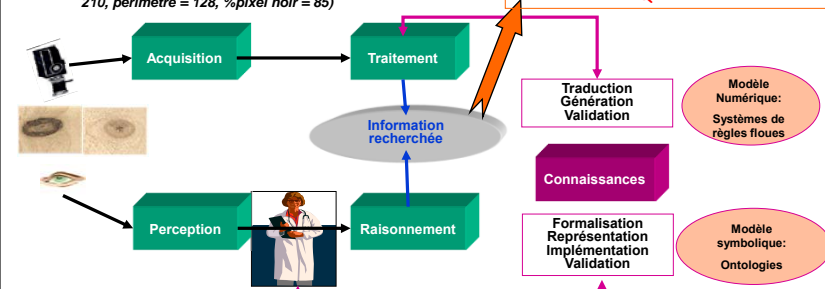
## TNI Introduction : Thème de Recherche V.B.

Utilisation de la Théorie des Ensembles Flous, Règles Linguistiques Floues pour la prise en compte de connaissances a priori dans le Traitement de l'Information.

- Modélisation de Deux sources d'informations principales :
  - Experts humains (*classification qualitative : Nœud Noir, Nœud Sain,...*)
  - Système de vision (*données quantitatives : Surface = 210, périmètre = 128, %pixel noir = 85*)

- Choisir une méthode d'identification adaptée à la prise en compte des spécificités du matériau Bois
- Définir une méthodologie capable de prendre en compte les connaissances a priori

### LOGIQUE FLOUE





## TNI Introduction : Thème de Recherche V.B.

### ➤ Contexte :

- ↳ Origine : Intégration de Connaissance en imagerie biomédicale pour la détection de sténoses sur des angiographies d'artères rénales (1993-00)
  - Thèse O.P. ORAMAS (2000)
    - Fuzzy Reasoning Edge Detector
- ↳ Conception de Systèmes de Reconnaissance de Formes dans le domaine du bois
  - Thèse E. SCHMITT (sept 2007)
    - Capteur Flous d'aspect du bois (Fuzzy Rule Classifier)
  - Thèse B. ALMEGILJA (Déc 2013)
    - Modélisation, Intégration de connaissance, SIF hiérarchique.
  - Thèse de R. DAHBI (Sept 2020)
    - Analyse de texture pour la finition de produits bois (Projet ANR Optimin).
- ↳ Extraction d'information à partir de capteur « image »
  - Thèse J. JOVER (Déc 2013)
    - Extraction d'information dans la chaîne de transformation des produits bois - Tracabilité
  - Thèse A. BENNIS (Sept 2015)
    - Modélisation 3D d'un bâtiment à partir d'un nuage de points télémètre laser
  - Thèse F. Lefevre (Déc 2019)
    - Détection et suivi de POI dans des scènes complexes.

### ➤ Problématique de l'étude :

- ↳ Intégration de connaissance pour l'amélioration de systèmes de RdF
- ↳ Spécification des systèmes à un problème donné ou à une classe de problèmes
- ↳ Sélection de paramètres pertinents

### ➤ 2 sources d'information principales:

- ↳ Connaissance experte (*qualitative*)
- ↳ Données issues de capteurs (*quantitative*)

### ➤ Outil : Théorie des ensembles flous (possibilité, logique floue, ...)

## TNI Introduction : Ingénieur Docteur ? Master en 3A ?

### ➤ Avantages :

#### ↳ Master CRAN ICS:

- Lien avec l'industrie secteur recherche
- 7 Etudiants TELECOM Nancy en TI

#### ↳ BDI, CIFRE

- Aide spécifique à Ingénieur (TELECOM Nancy habilitée).
- Aide revalorisée récemment (CIFRE)
- Aide à l'embauche (PME- PMI)
- Rattrapage dans grille de Salaire.
- Spécialisation sur des outils « high-tech » (Fuzzy, RdF)
- Diplôme reconnu hors frontière (PhD)

### ➤ Inconvénients:

#### ↳ 3 ans!

#### ↳ Salaire !