

Traitement Numérique de l'Image

Introduction - Généralités - Définitions

TELECOM Nancy Apprentissage 2^{ème} Année

Vincent Bombardier
(MdC 61ème Section)

Centre de Recherche en Automatique de Nancy -UMR CNRS 7039-
Département: Ingénierie des Systèmes Eco-Technique
Projet Systèmes Intelligents Ambients

Mardi 07 janvier 2020 Vincent Bombardier ISET

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

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 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,

Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

3

TNI Introduction : Déroulement du module

➤ PLAN du Cours:

- ↳ **Introduction - Généralités**
- ↳ **Système d'Acquisition**
 - Environnement, Éclairage, Capteur, ...
- ↳ **Traitements de bas niveaux (4h TD, 8h TDM)**
 - Histogrammes, Filtrage, Morphologie Math., Transformées, ...
- ↳ **Segmentation - Interprétation (2h TD, 4h TP)**
 - Contours, Régions, Classification, Etiquetage (label), ...
- ↳ **Reconnaissance de Formes (4h TP)**
 - Classificateur à seuil, ... la suite en MOTA (3A)
- ↳ **Compression, tatouage d'images, (J.M. Moureaux)**

4

Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

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



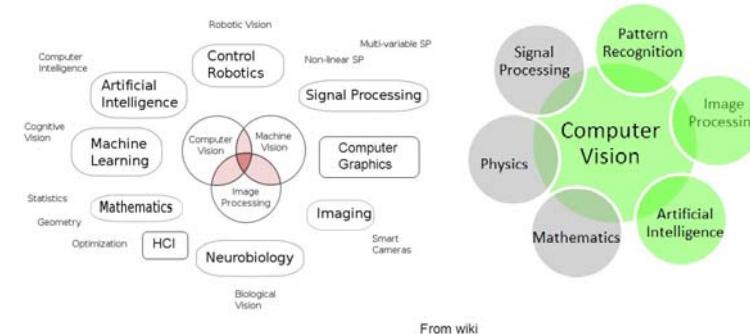
Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

5

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

Vision is multidisciplinary



From wiki

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

Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

7

TNI Introduction : Définitions

- TI et Vision sont des disciplines relativement jeunes (1960) qui évoluent rapidement: chaque année apparaissent de nombreux travaux académiques, technologique 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 ouverture au grand public -> croissance.
- **Problématique ouverte:**
 - complexité algorithmique : énormes volumes de données
 - caractère mal posé des problèmes: interprétabilité
 - faculté biologique difficile à formaliser

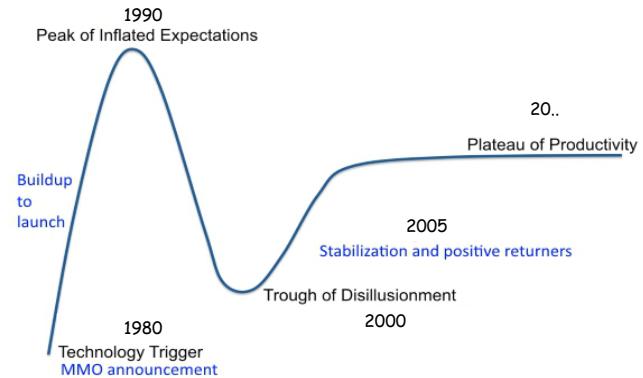
Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

8

TNI Introduction : Historique

Computer Vision Gartner Hype Cycle



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

9

TNI Introduction : Historique

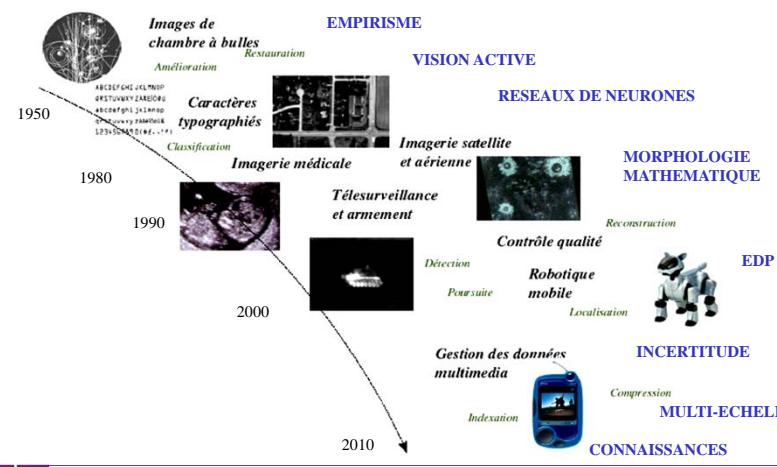
- 1492 Projection perspective et centrale (Leonard de Vinci).
- 17-18^e Géométrie projective (Desargues, Pascal, Monge).
- 19^e Géométrie projective premier traité (Poncelet).
- 1839 Première photographie (Daguerre), Daguerreotype : plaque photosensible (argentique) en cuivre (image positive).
- > 1849 L'automobile (L'automobile, le Père de la photographie) : première utilisation de photos pour la réalisation de cartes topographiques.
- 1850-1900 Techniques géométriques étendue à la photo (photogrammétrie).
- 1900-1950 Utilisation des images aériennes associées à des systèmes mécaniques pour effectuer des mesures (photogrammétrie).
- > 1950 La photogrammétrie utilise l'ordinateur et non plus des systèmes mécaniques.
- 1969 Premier capteur CCD (Bell).
- 1970 Calibration de caméra à l'aide de points de références par des méthodes numériques.
- 1970-1980 Développement de la vision artificielle, techniques d'amélioration d'images.
- 1980-1990 Extraction de primitives (contours, points d'intérêts), caractéristiques différentes. Vision active. Applications industrielles (vidéo-contrôle).
- 1990-2000 Géométrie de plusieurs caméras (imagerie non-métriques). Applications médicales. Apparition de la réalité augmentée, mixte. Systèmes d'indexation et de recherche d'images.
- 2000- Méthodes temps réel, virtualisation. Développements des approches statistiques.

Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

10

TNI Introduction : Historique



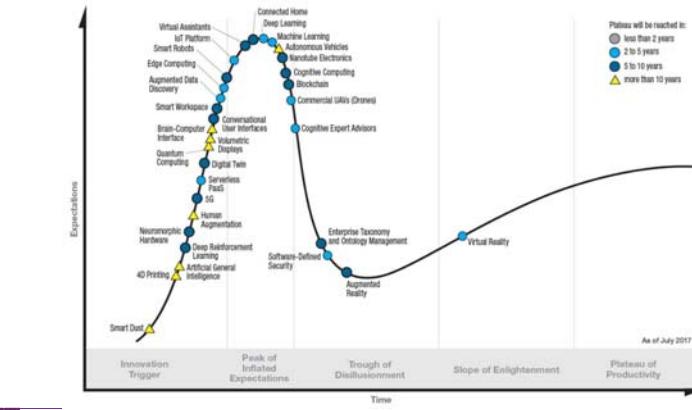
Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

11

TNI Introduction : Historique

Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

12

TNI Introduction : Domaines applicatifs : Exploration



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

13

TNI Introduction : Domaines applicatifs : Exploration



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

14

TNI Introduction : Domaines applicatifs : Transmission d'images

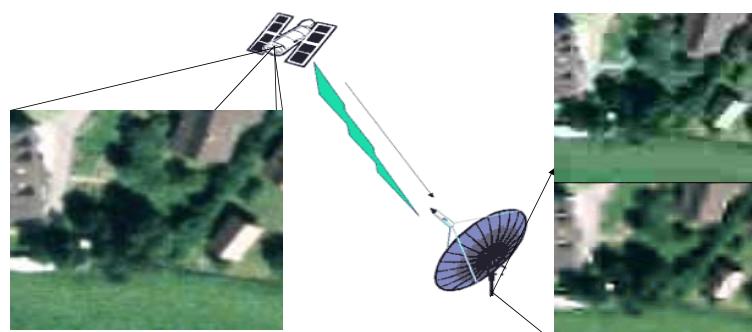


Image	Dimensions en pixels (nombre bandes x pixels)	Taille non compressée	Taille compressée	Facteur de compression
Image satellite	7 x 9000 x 9000	567 MB	22 MB	25:1
Orthophoto couleur (23x23 cm scanné à 14µm par pixel)	3 x 17000 x 17000	867 MB	17 MB	50:1
Carte topo scannée (24 bits) pour toute la Suisse	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

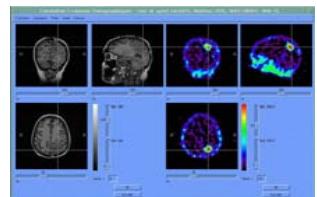
Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

15

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 reconstruit à partir de coupes d'images acquises par résonance magnétique (Univ. Québec)



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

16

TNI Introduction : Domaines applicatifs : Images et Bases de Données



Applications :

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



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

17

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
- ...



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

18

TNI Introduction : Domaines applicatifs : Images de synthèse Analyse d'images

➤ Analyse d'images

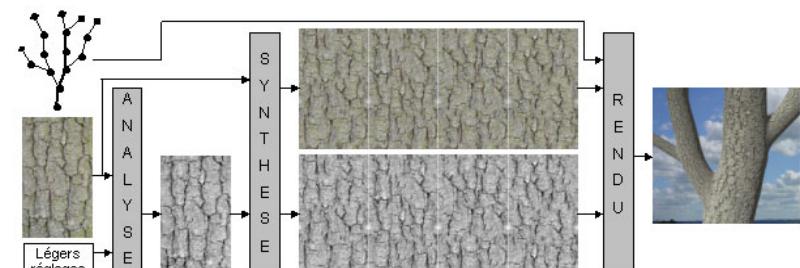


Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

19

TNI Introduction : Domaines applicatifs : Synthèse d'images



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

20

TNI Introduction : Domaines applicatifs : Images de synthèse

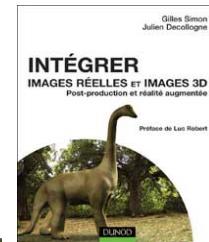


Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

21

TNI Introduction : Domaines applicatifs : Infographie - Réalité Augmentée



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



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

22

TNI Introduction : Domaines applicatifs : Images de synthèse - Réalité virtuelle

- Les images de synthèse



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

23

TNI Introduction : Domaines applicatifs : Réalité virtuelle -Augmentée



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

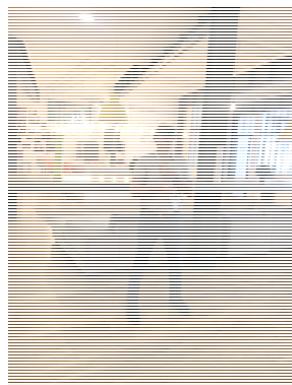
24



TNI Introduction : Domaines applicatifs : Réalité virtuelle -Augmentée



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



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

25

TNI Introduction : Domaines applicatifs : Industries

>Difficultés :

- Environnement Connus, 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

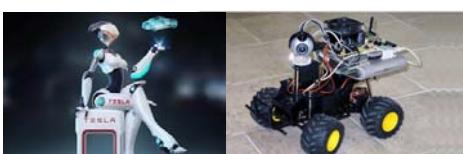
Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

26

TNI Introduction : Domaines applicatifs : Robot - Vision

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



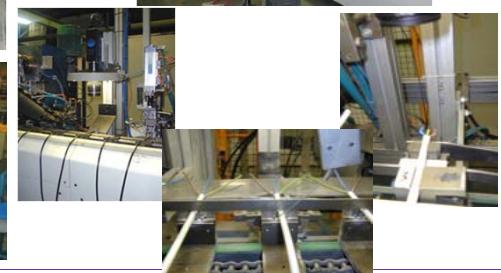
Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

27

TNI Introduction : Reconnaissance Couleur

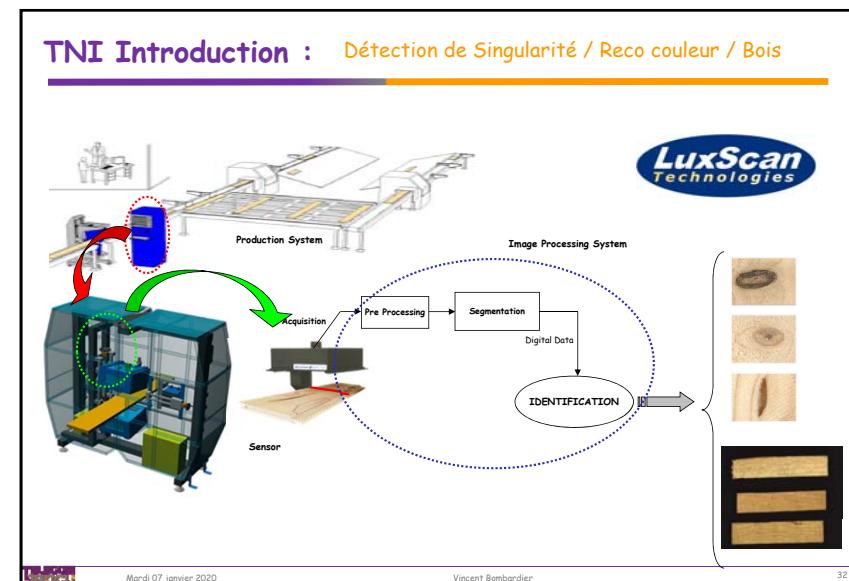
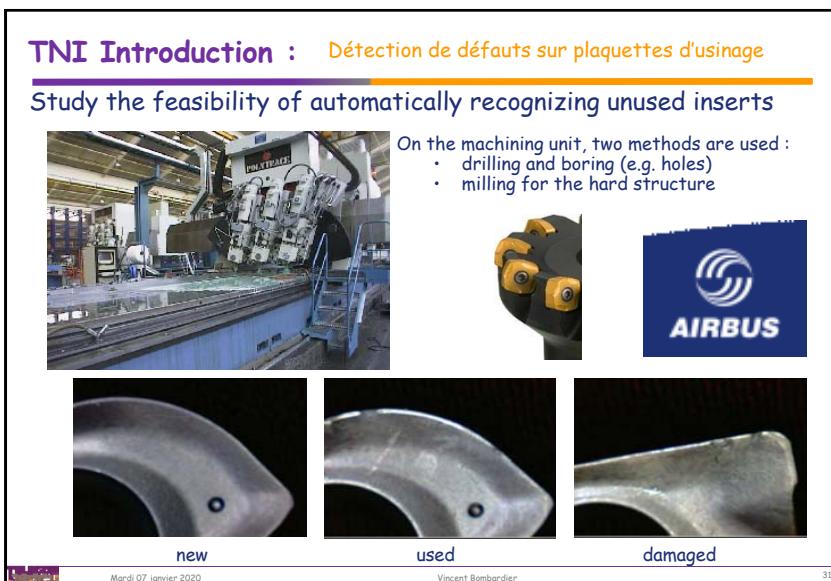
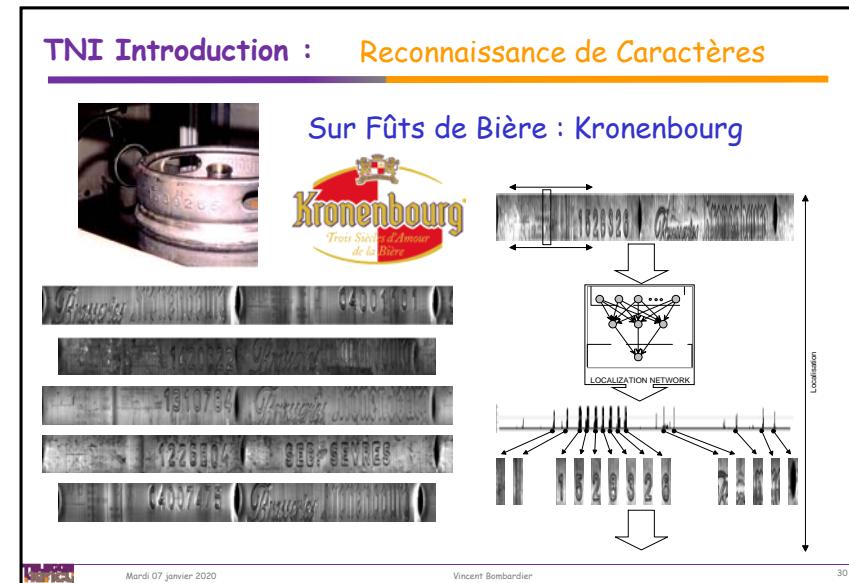
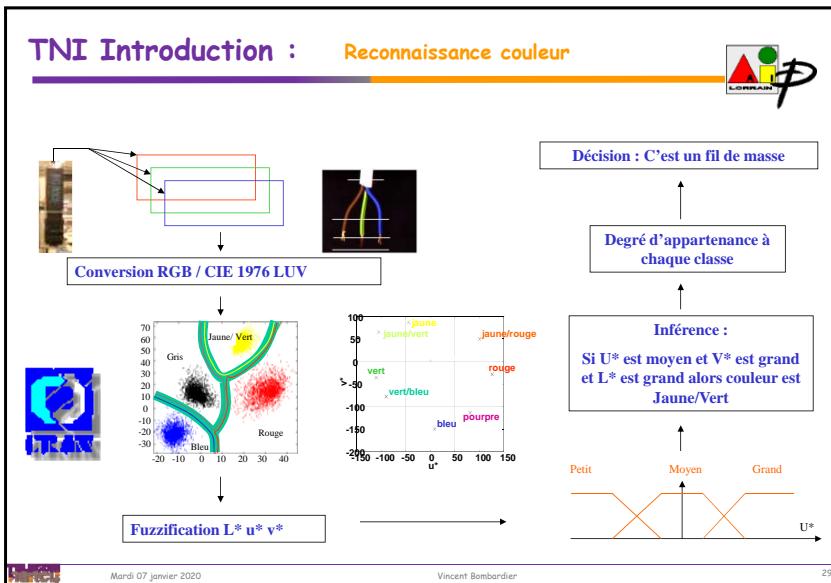
eurelectric
TECHNOLOGIES POUR L'INDUSTRIE



Mardi 07 janvier 2020

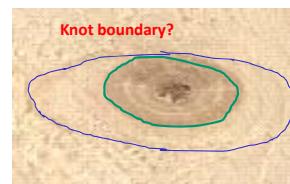
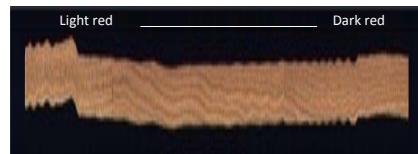
Vincent Bombardier

28



TNI Introduction :

Difficultés inhérentes au matériau bois



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

35

TNI Introduction : Reconnaissance Couleur

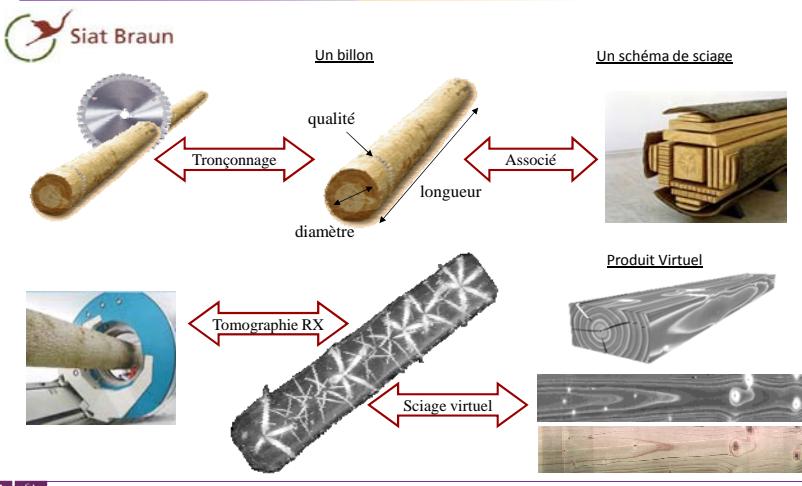
- Installation d'un prototype «Appariement Couleur» aux U.S. :
 - Paramétrages de 6 essences (Cerisier, Chêne rouge, Peuplier, Erable, Hêtre, Sycamore)
 - Taux global d'appariement couleur: 90%



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

36

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

Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

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

Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

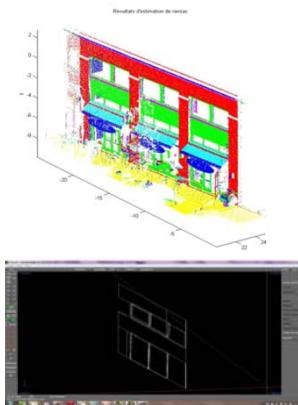
37

TNI Introduction :

Reconstruction Automatique de modèle CAO de bâtiment à partir des nuages de points télémétriques

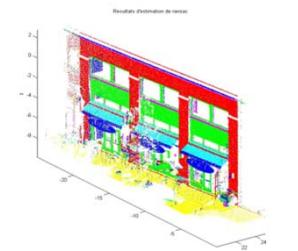
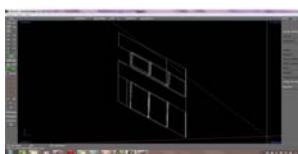
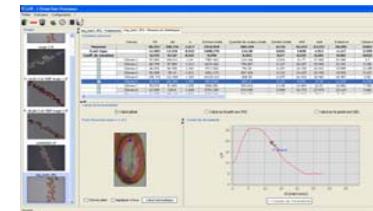
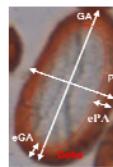
Crittbois

RESSOURCES & TRANSPORTS TECHNOLOGIQUES



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

**TNI Introduction :** Projet LHP : Calcul du taux de pénétration d'un colorant

Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

TNI Introduction :

Domaines applicatifs : Applications Multimédia



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

41

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



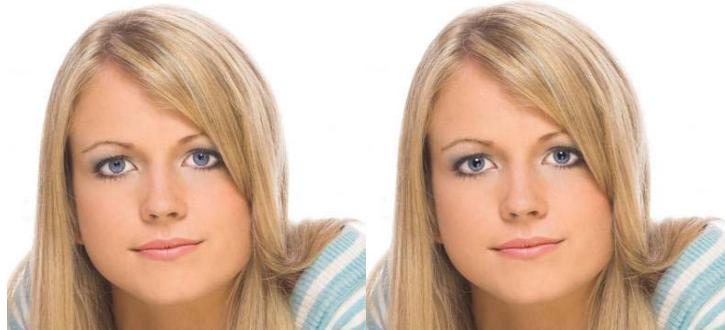
Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

42

TNI Introduction : Domaines applicatifs : Applications « Familiales »

➤ Subjectivité de la qualité d'une photo ...



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

43

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



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

44

TNI Introduction : L'Homme : Capteur Idéal ?

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



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

45

TNI Introduction : L'Homme : Capteur Idéal ?

**Selon une étude de l'Université de Cambridge,
l'ordre des lettres dans un mot n'a pas
d'importance, ce qui compte, c'est que la première
et la dernière soient à la bonne place. Le reste peut
être dans un désordre total et tu peux toujours lire
un problème. C'est parce que le cerveau humain ne
lit pas chaque lettre elle-même, mais le mot comme
un tout.**

**Bonne nouvelle pour les plus en forme...
Have a good day !**



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

46

TNI Introduction : L'Homme : Capteur Idéal ?

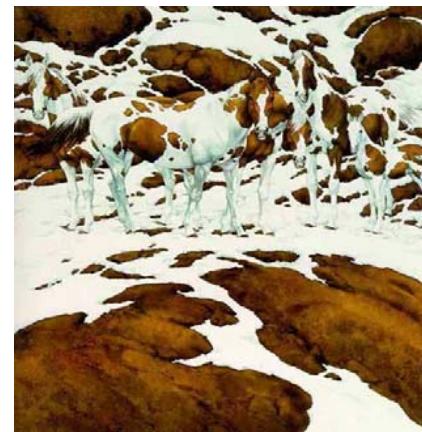


Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

47

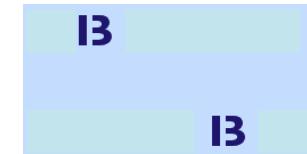
TNI Introduction : L'Homme : Capteur Idéal ?



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

48



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

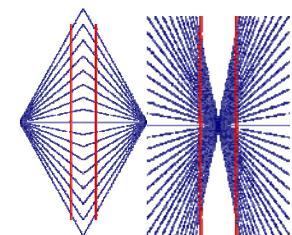
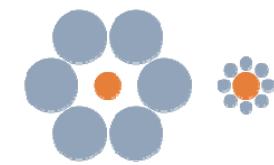
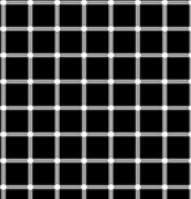
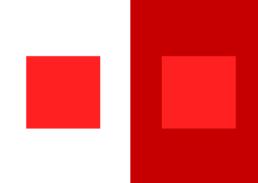
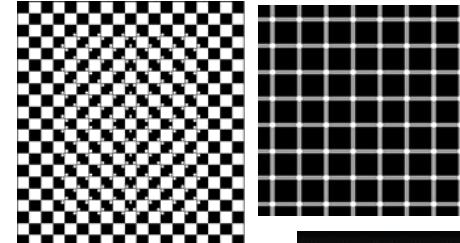


Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

49

TNI Introduction : Nos yeux nous jouent des tours

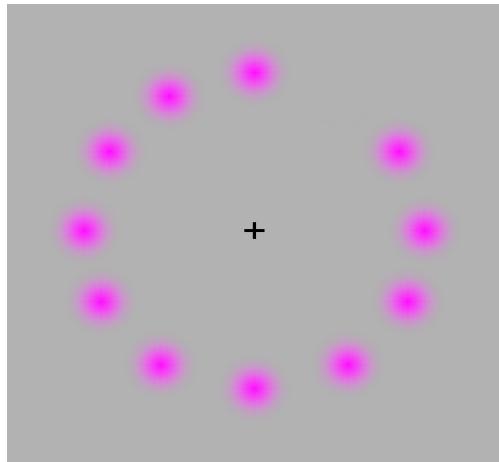


Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

12

TNI Introduction : Nos yeux nous jouent des tours

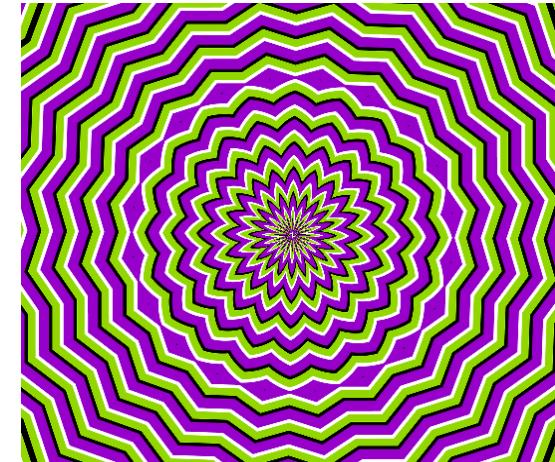


Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

51

TNI Introduction : Nos yeux nous jouent des tours

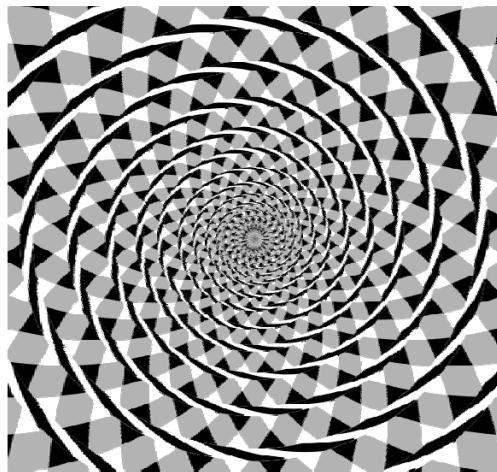


Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

52

TNI Introduction : Nos yeux nous jouent des tours

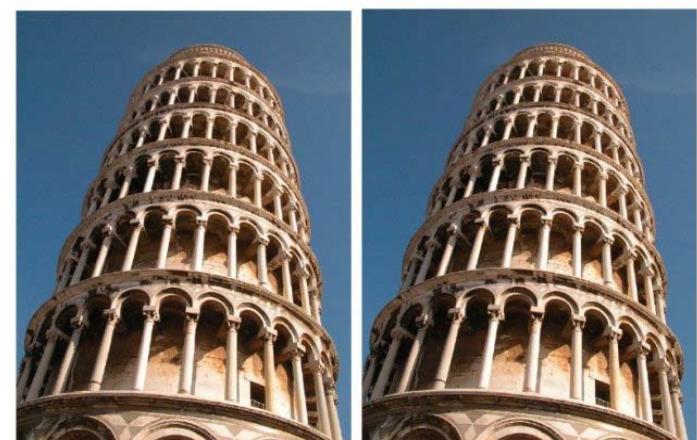


Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

53

TNI Introduction : L'homme piètre capteur ?

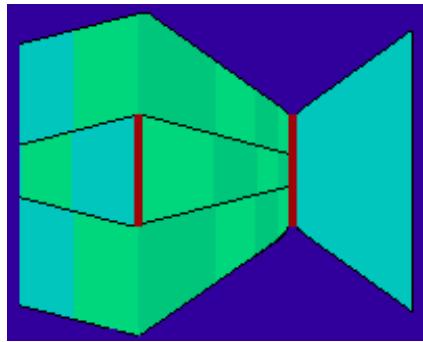


Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

54

TNI Introduction : Notre cerveau nous joue des tours

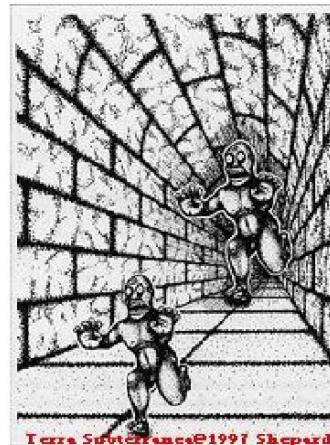


Mardi 07 janvier 2020

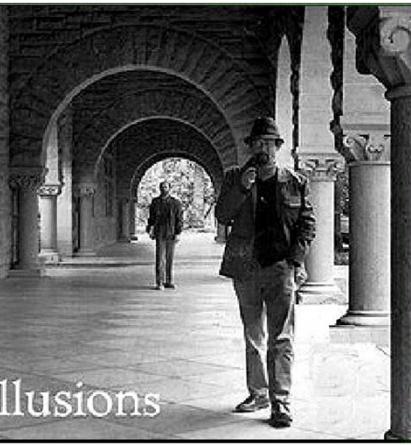
Vincent Bombardier

56

TNI Introduction : Notre cerveau nous joue des tours



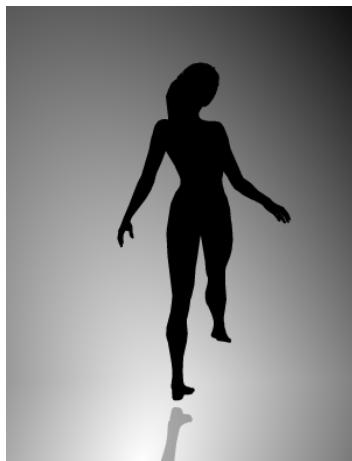
Mardi 07 janvier 2020



Vincent Bombardier

56

TNI Introduction : Notre cerveau nous joue des tours



Théorie des deux cerveaux (1970)
Hémisphère gauche (sens trigono): Logique
 Mots & Langage
 Présent & Passé
 Mathématiques & Sciences
 Sens pratique & Rigueur
Hémisphère droit (sens horaire):
 Instinct
 Symboles & images
 Présent & Futur
 Philosophie & religions
 Prise de risque

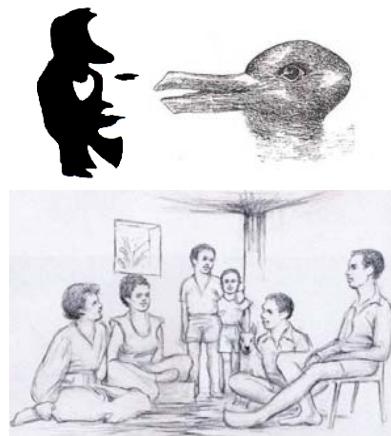


Mardi 07 janvier 2020

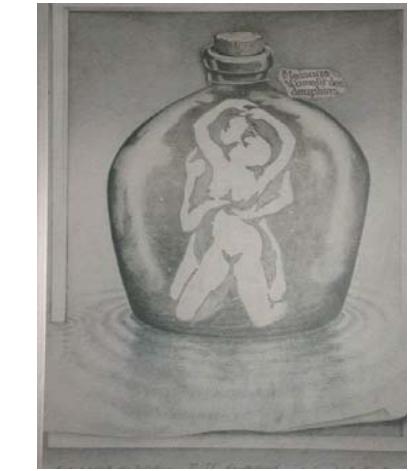
Vincent Bombardier

57

TNI Introduction : La connaissance a priori !!!!



Mardi 07 janvier 2020



Vincent Bombardier

58

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..



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

55

TNI Introduction : Vers une définition du T.I.

➤ Image:

- ↳ Trace d'un vécu,
- ↳ Moyen de communication,
- ↳ Intervient dans le Système d'Informations.

➤ Long cheminement depuis les peintures rupestres:

- ↳ Peinture, photographie, publicité, cinéma, télévision, internet, ...
- ↳ Révolution numérique.

➤ Analyse d'images:

- ↳ Personnelle à chacun,
 - Impression recherchée,
 - Informations recherchées.

➤ Traitement Numérique des Images:

- ↳ Ensemble des méthodes et techniques opérant sur les images,
- ↳ Rendre l'analyse possible, plus simple, plus efficace, plus agréable,
- ↳ Améliorer leur aspect visuel,
- ↳ Extraire des informations jugées pertinentes.

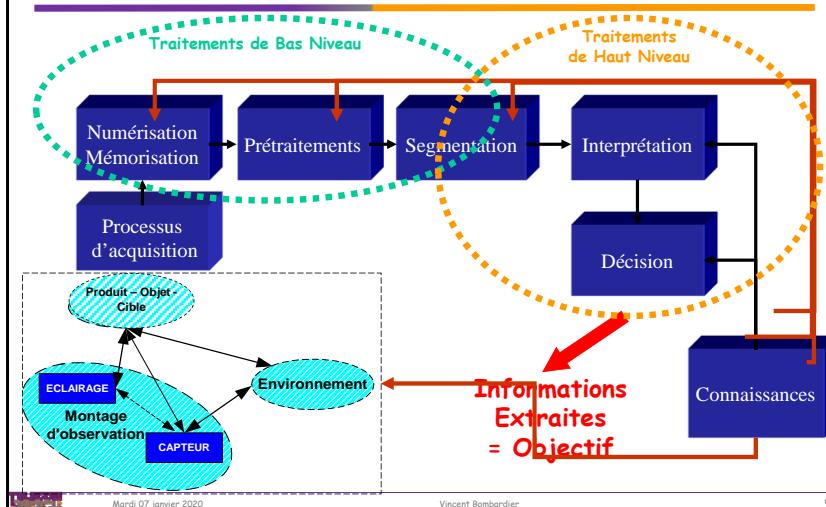


Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

60

TNI Introduction : Modèle de vision artificielle

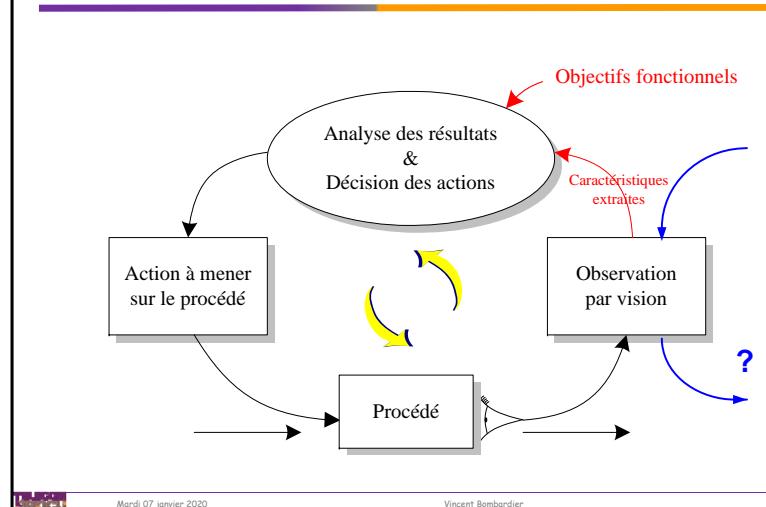


Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

61

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

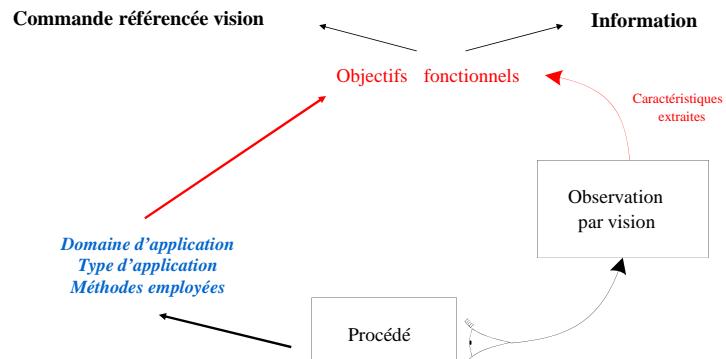


Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

62

TNI Introduction : Essai de Modélisation

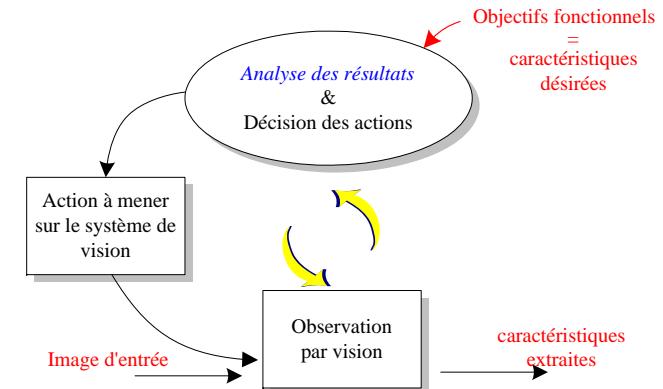


Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

63

TNI Introduction : Le système de vision est en boucle ouverte

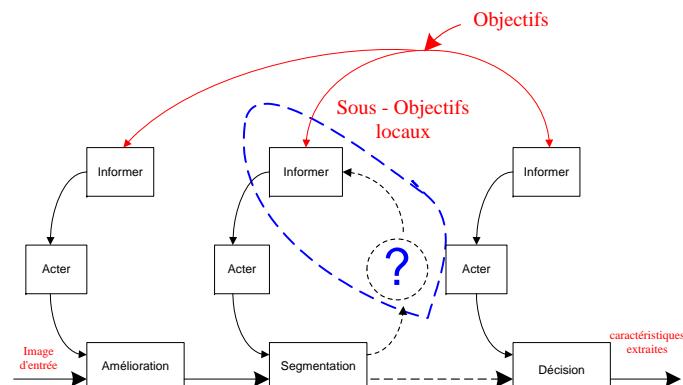


Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

64

TNI Introduction : Chaque étape est en boucle ouverte

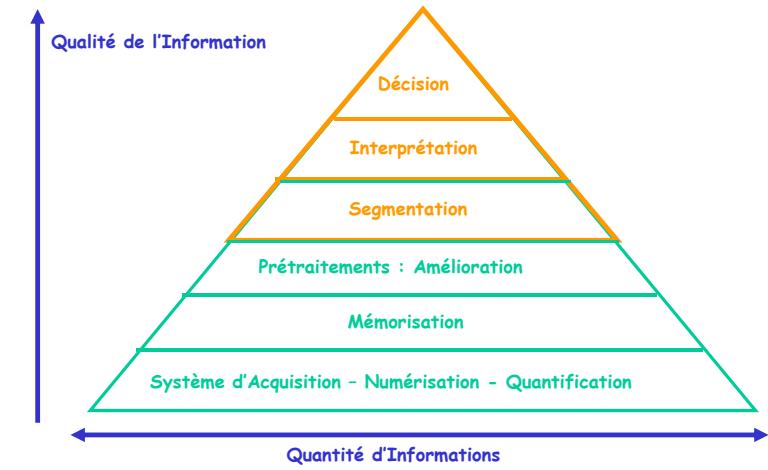


Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

65

TNI Introduction : Pyramide de l'information



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

66

TNI Introduction : Thème de Recherche V.B.

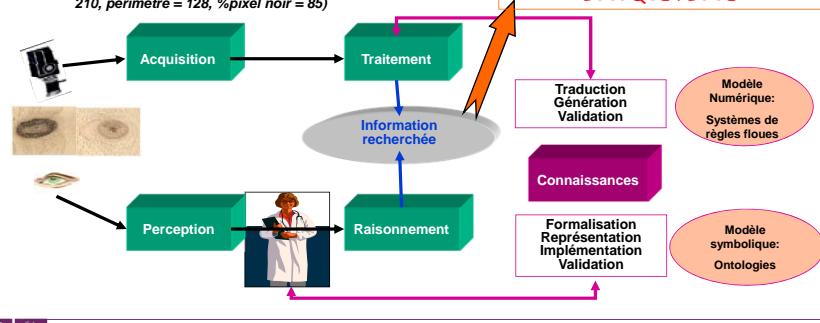
Utilisation de la Théorie des Ensembles Flous, Règles Linguistiques Floues pour la prise en compte de connaissances a priori dans le Traitement de l'Information.

- 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



Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

67

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. ALMECLIA (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 Optifin).
- ↳ 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, ...)

Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

68

TNI Introduction : Bibliographie

Livres :

- J.P. Cocquerez et S. Philipp « *Analyse d'images : filtrage et segmentaion* » Masson 1995
- R.C. Gonzalez et Woods « *Digital Image Processing - 2d édition* » Addison Wesley 2002
- A. Rosenfeld et A.C. Kak « *Digital picture processing* » Academic Press - London 1982.
- H. Maitre (ss la direction de) « *Le traitement des images* » Hermès Lavoisier IC2 2003.
- J.R. Parker « *Algorithms for Image Processing and Computer Vision* » Wiley & Sons 1997.
- S. Bres, J.M. Jolion, F. Lebourgeois « *Traitemen et analyse des images numériques* » Hermès Lavoisier 2003
- I.T. Young, J.J. Gerbrands et L.J. Van Vliet « *Fundamentals of Image Processing* » Université de Delft. (sur internet : <http://www.ph.tn.tudelft.nl/~lucas/publications/1995/FIP95TYJGLV/FIP2.2.pdf>)
- D. Lingrand « *Introduction au Traitemen d'images* » Vuibert 2004

Pages web :

- Telesun – INSA : <http://telesun.insa-lyon.fr/~telesun/>
- Univ. de Delft : <http://www-ict.its.tudelft.nl/html/education/courses/>
- Projet Marble : <http://www.icbl.hw.ac.uk/marble/vision/fow/fundamentals/intro.htm>
- CVOnLine - Univ. d'Édimbourg : <http://www.dai.ed.ac.uk/CVonline/>

Mardi 07 janvier 2020

Vincent Bombardier

69