

# Traitement Numérique de l'Image

## Introduction - Généralités - Définitions

TELECOM Nancy 2<sup>ème</sup> Année

Vincent Bombardier  
(Mdc 61<sup>ème</sup> Section)

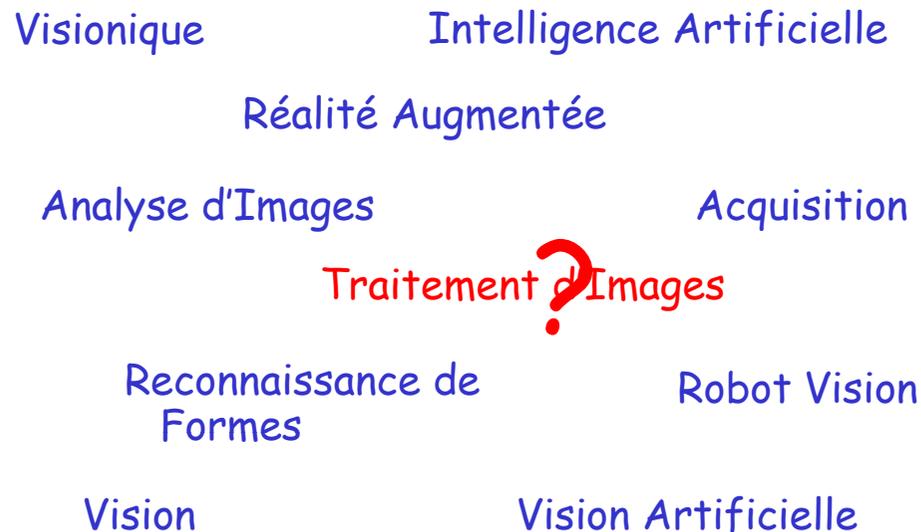
Centre de Recherche en Automatique de Nancy - UMR CNRS 7039-  
Département: Ingénierie des Systèmes Eco-Technique  
Projet Systèmes Intelligents Ambiants

## TNI Introduction : Déroulement du module

### ➤ PLAN du Cours:

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

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



## 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

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

• Problématique ouverte:

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

• 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, ...

## TNI Introduction : Historique

**1492** Projection perspective et centrale (Leonard de Vinci).

**17-18è** Géométrie projective (Desargues, Pascal, Monge).

**19è** Géométrie projective premier traité (Poncelet).

**1839** Première photographie (Daguerre). Daguerreotype : plaque photosensible (argentique) en cuivre (image positive).

**1849** Iconométrie (Laussedat, le Père de la photogrammétrie) : 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 différentielles. 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.

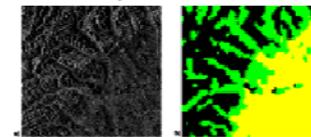
**2000-** Méthodes temps réel, virtualisation. Développements des approches statistiques.

## TNI Introduction : Historique



## TNI Introduction : Domaines applicatifs : Exploration

Extraction automatique du relief à partir d'images satellite radar à synthèse d'ouverture (Univ. Bonn)



environnement hostile



Image d'un carré d'our (Univ. Karlsruhe)

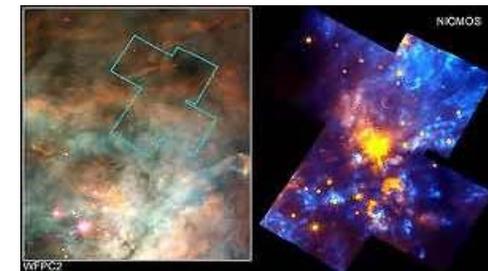


surveillance du trafic routier

Image sonar d'une épave de sous-marin reposant à 5000m de profondeur (Nauticos)



exploration des fonds marins



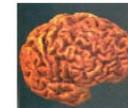
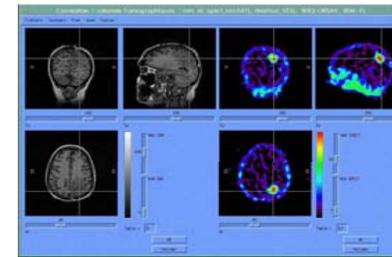
Environnement Hostile  
Gros volume de Données  
Capteur « spécifique »  
Temps Différé possible

## TNI Introduction : Domaines applicatifs : Exploration



## 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)



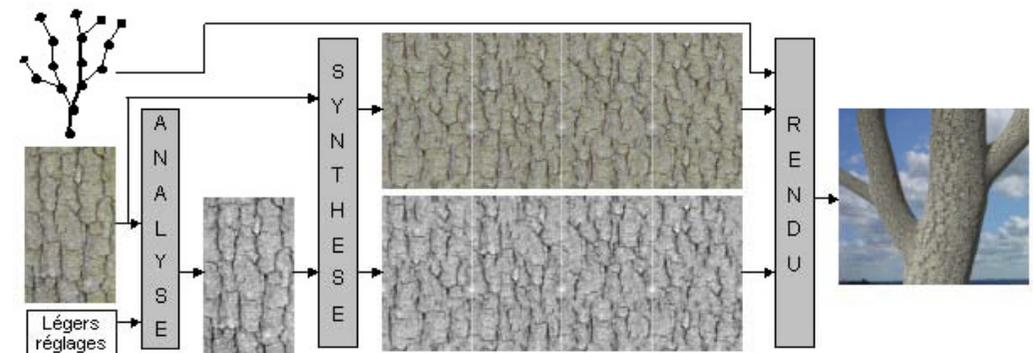
Détection automatique de sténoses sur des angiographies d'artères rénales (CRAN)

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

### ➤ Analyse d'images



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



## TNI Introduction : Domaines applicatifs : Images de synthèse

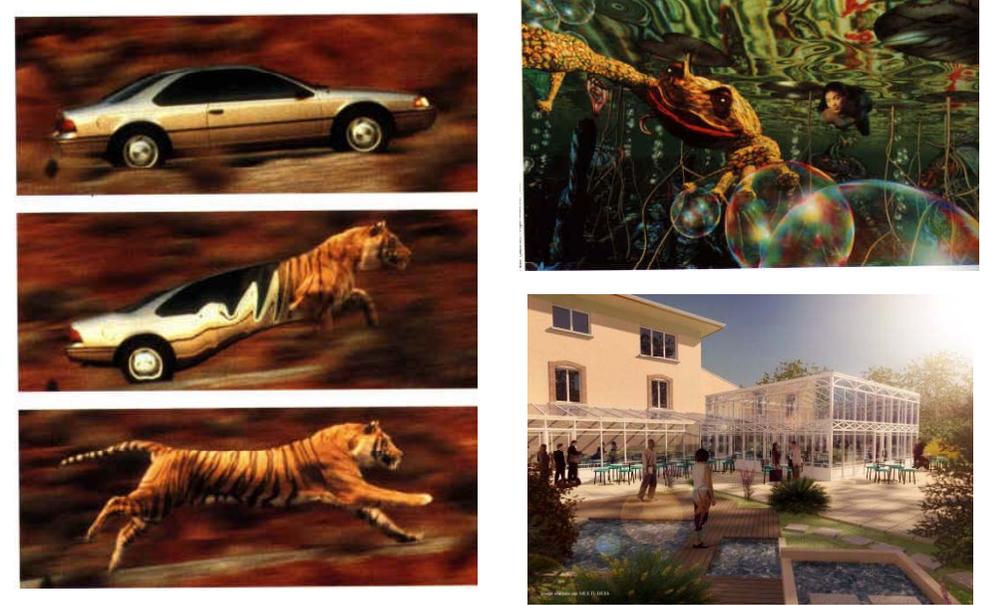


Jeudi 3 septembre 2015

Vincent Bombardier

13

## TNI Introduction : Domaines applicatifs : Images de synthèse



Jeudi 3 septembre 2015

Vincent Bombardier

14

## TNI Introduction : Domaines applicatifs : Images de synthèse - Infographie

- Les images de synthèse



Jeudi 3 septembre 2015

Vincent Bombardier

15

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

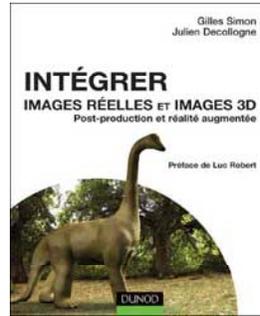
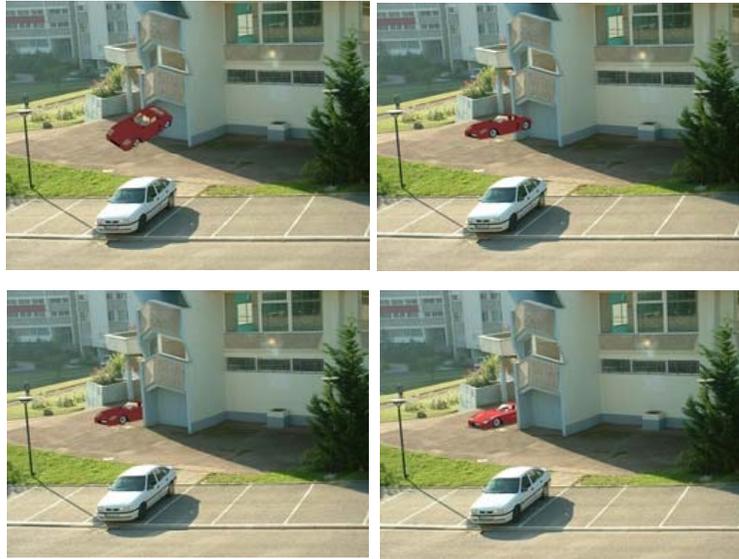


Jeudi 3 septembre 2015

Vincent Bombardier

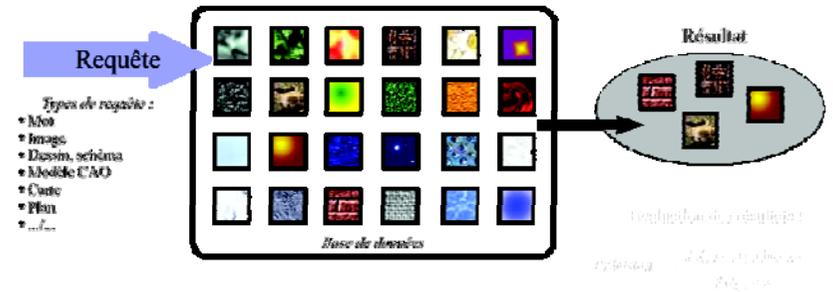
16

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



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

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



### Applications :

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

## 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 : Transmission d'images

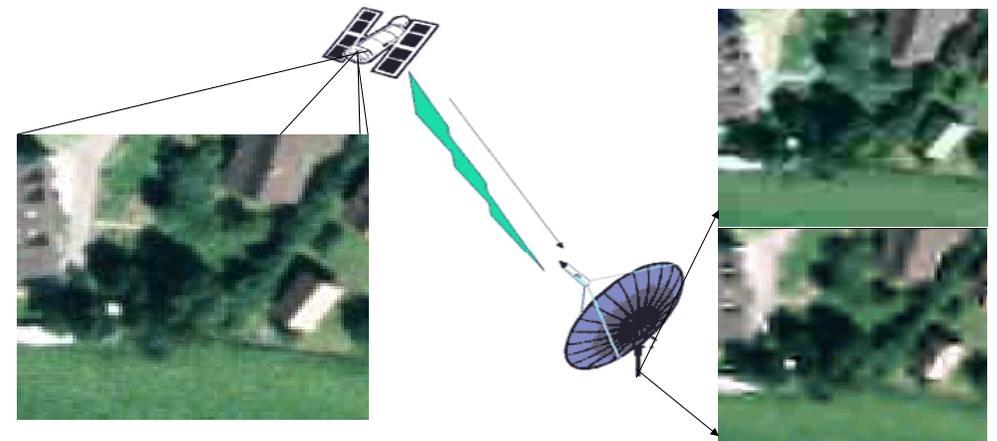


Image	Dimensions en pixels (nbre bandes x pixels)	Taille non comprimée	Taille comprimée	Facteur de compression
Image satellite	7 x 9000 x 9000	567 MB	22 MB	25:1
Orthophoto couleur (23x23 cm scanné à 14µm par pixel)	3 x 17000 x 17000	867 MB	17 MB	50:1
Carte topo scannée (24 bits) pour toute la Suisse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

## TNI Introduction : Domaines applicatifs : Robot - Vision

- évitement d'obstacle
- reconstruction 3D
- environnement non structuré / hostile
- temps réel primordial

PRAXITÈLE (INRIA)



conduite automatique

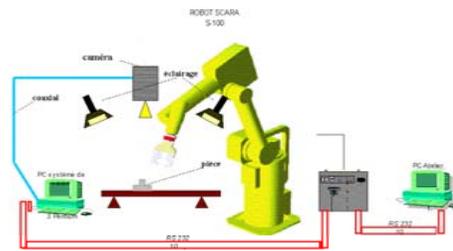
AIBO (SONY)



suivi et préhension d'objets en robotique mobile



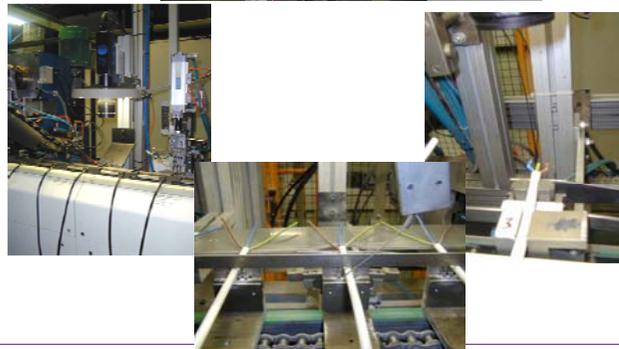
Modèle d'architecture technique de l'application



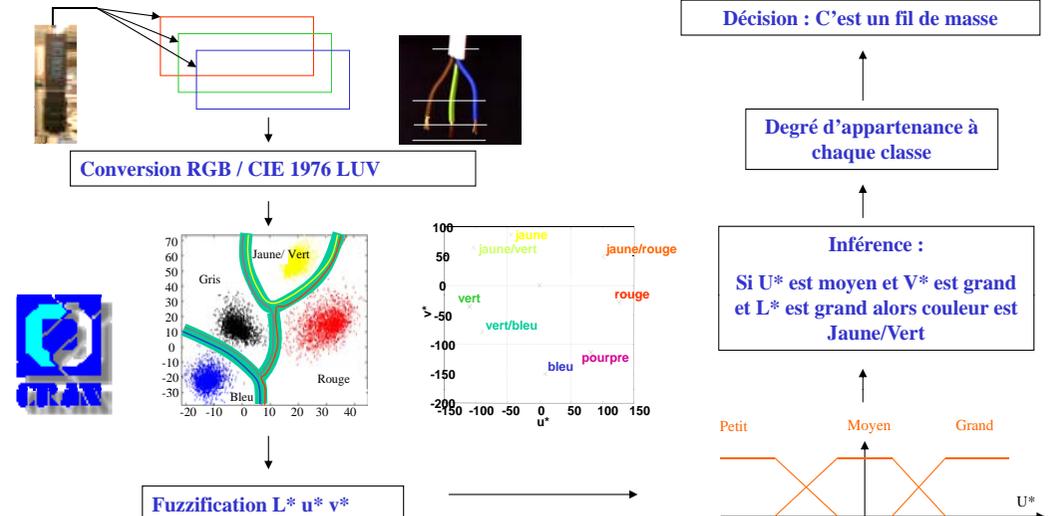
## TNI Introduction : Domaines applicatifs : Industries

- **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 Couleur



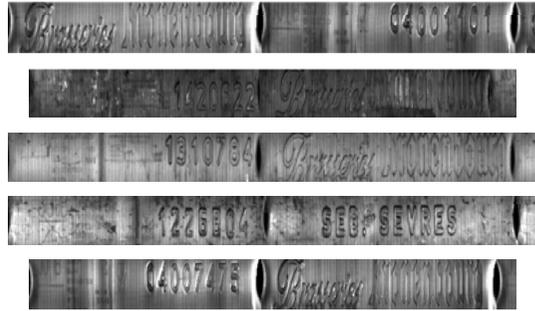
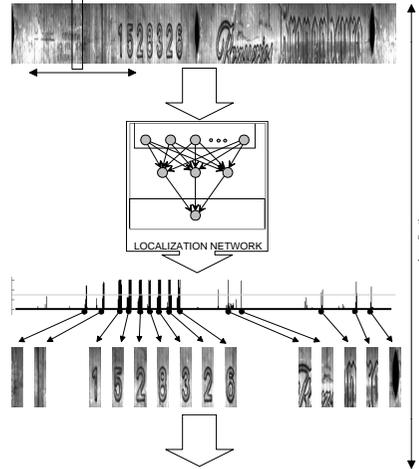
## TNI Introduction : Reconnaissance couleur



## 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

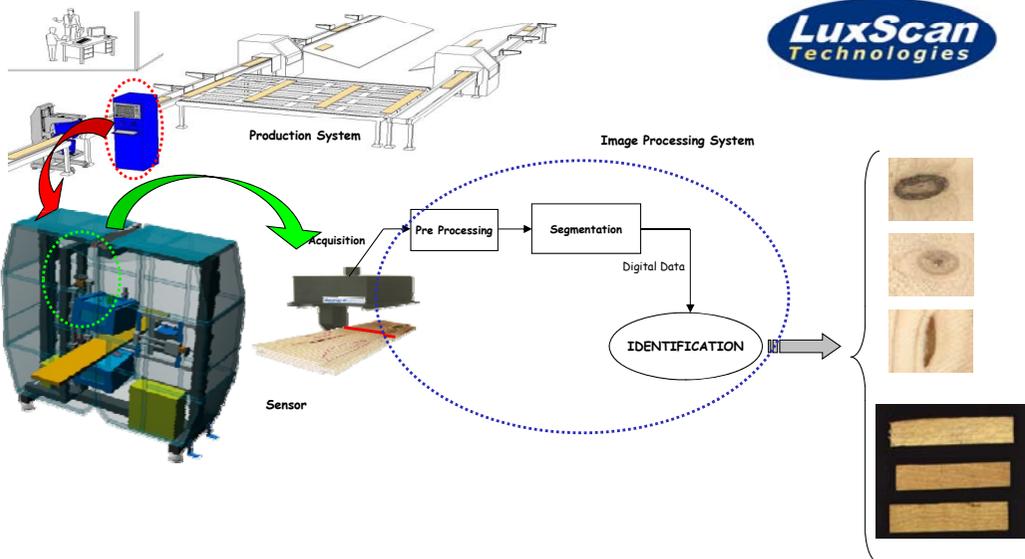


used



damaged

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

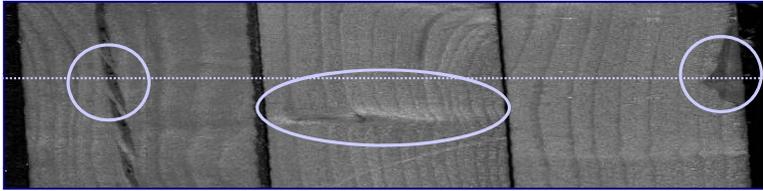


## TNI Introduction : Profil board sorting (300 m/min)

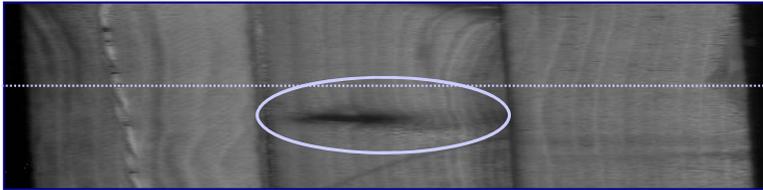


## TNI Introduction : Identification de Défauts

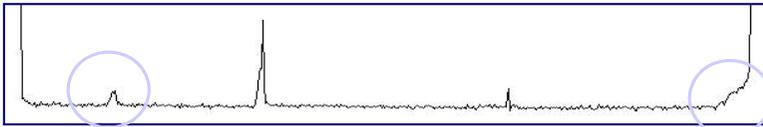
GreyScale image



,Scatter'-image



3D-Signal

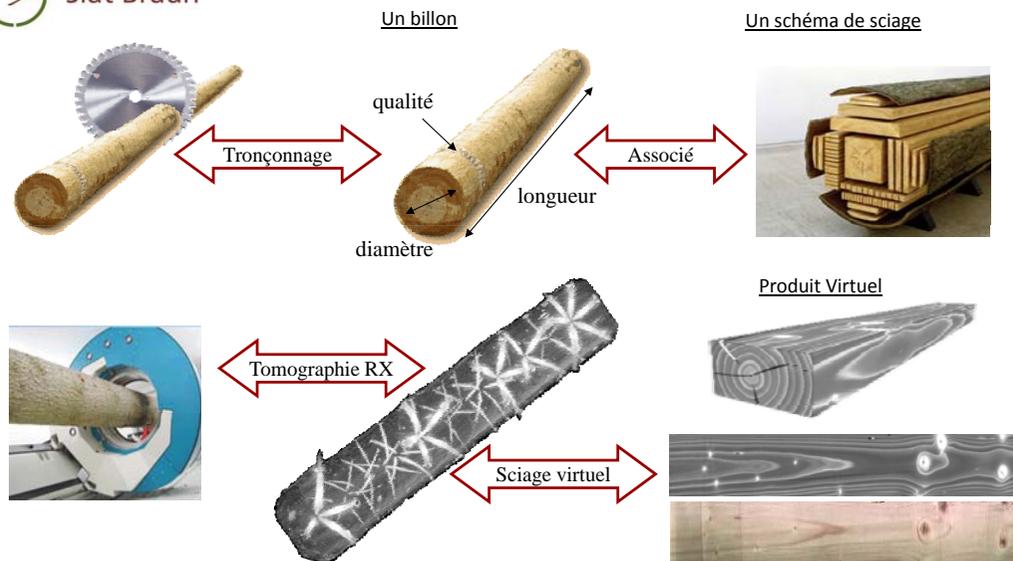


## TNI Introduction : Reconnaissance Couleur

- 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%



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

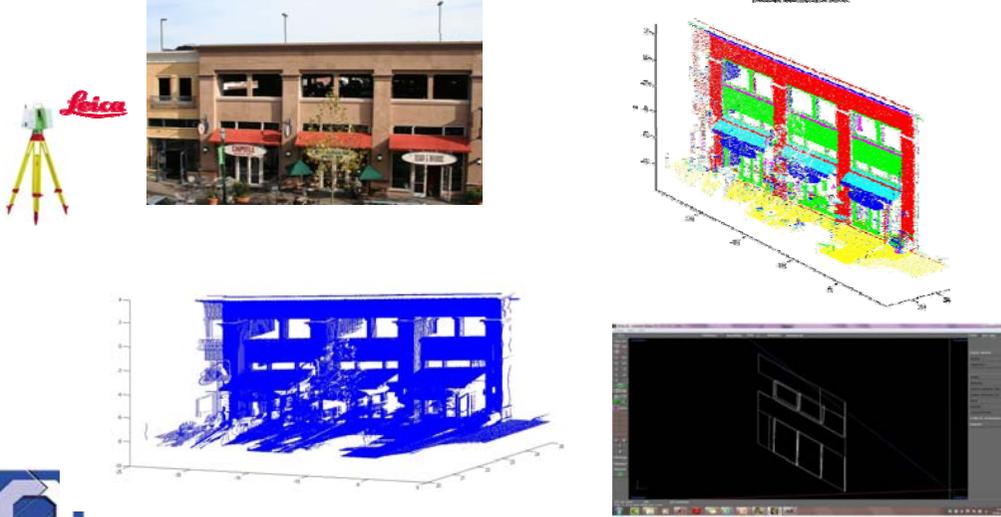


## TNI Introduction : Projet 3D RX : Optimisation de la qualité « virtuelle » d'un produit à partir d'images tomographiques



**TNI Introduction :** Reconstruction Automatique de modèle CAO de bâtiment a partir des nuages de points télémétriques

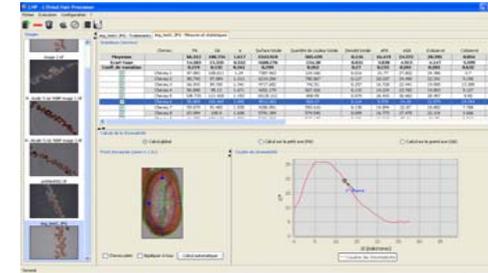
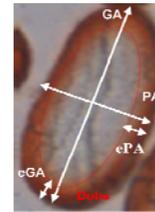
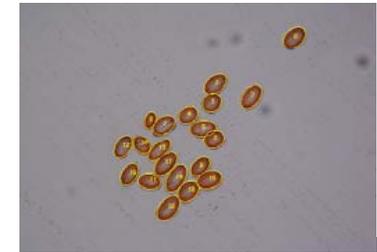
**Crittbois**  
RESSOURCES & TRANSFERTS TECHNOLOGIQUES



Jeu 3 septembre 2015

Vincent Bombardier

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



Jeu 3 septembre 2015

Vincent Bombardier

**TNI Introduction :** Domaines applicatifs : Applications Multimédia



Jeu 3 septembre 2015

Vincent Bombardier

35

**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

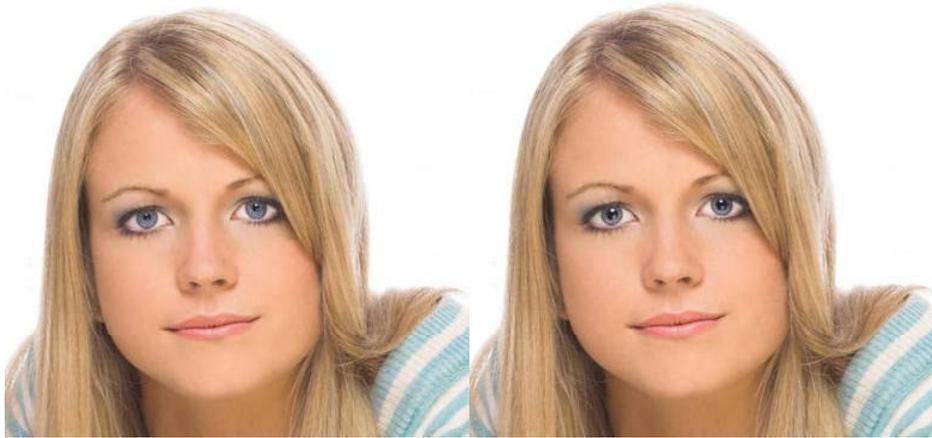


Jeu 3 septembre 2015

Vincent Bombardier

36

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



- 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'export. 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.

- Société : SAGEM 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

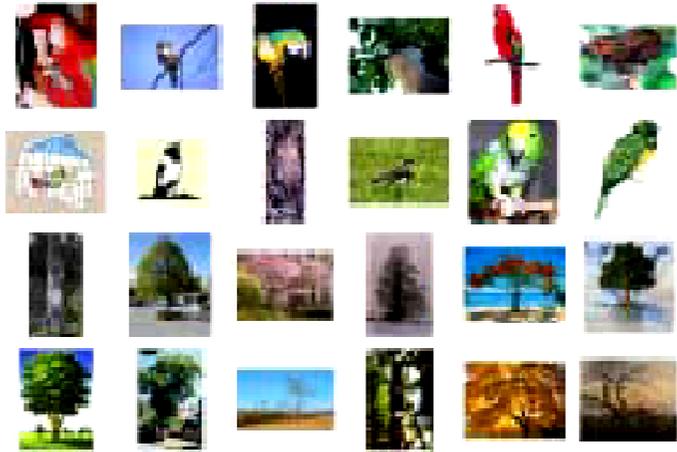
L'être Humain est capable de résoudre des problèmes extrêmement difficiles d'un point de vue du Traitement d'Images.

**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 ?



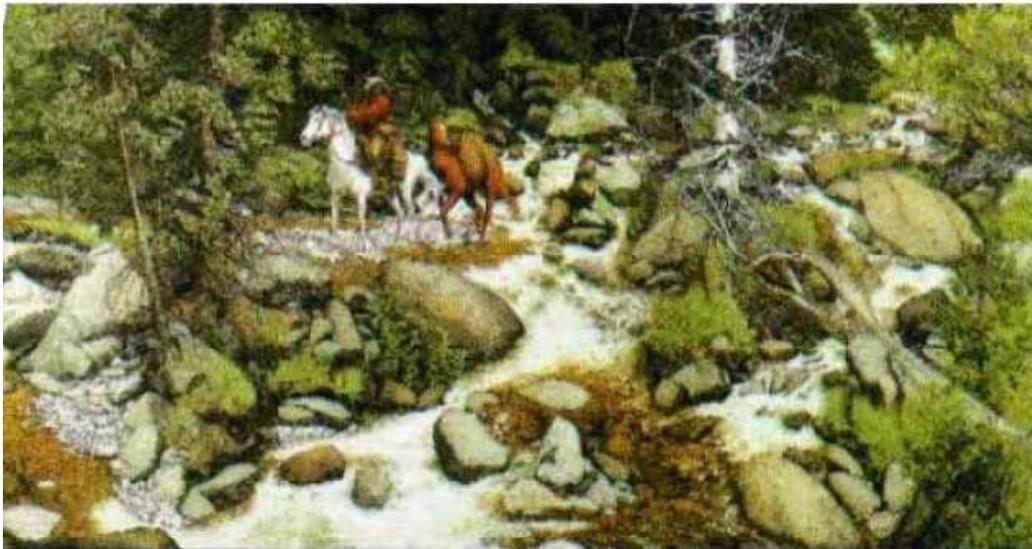
## TNI Introduction : L'Homme : Capteur Idéal ?

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 sans problème. C'est parce que le cerveau humain ne lit pas chaque lettre elle-même, mais le mot comme un tout.

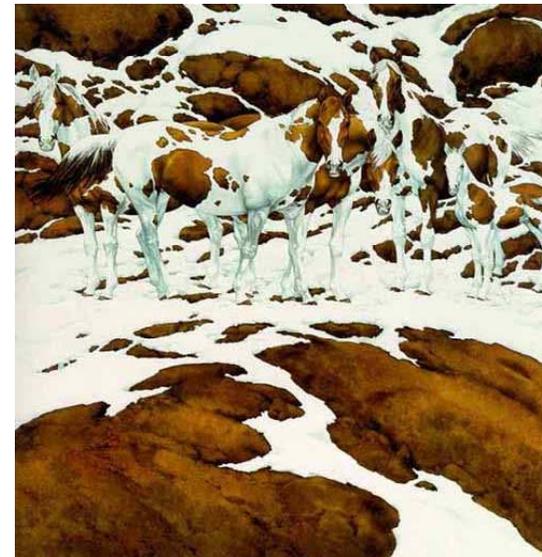
Bonne nouvelle pour les plus en orthographe...

Have a good day !

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



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

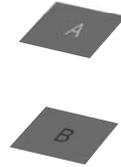


IB

IB

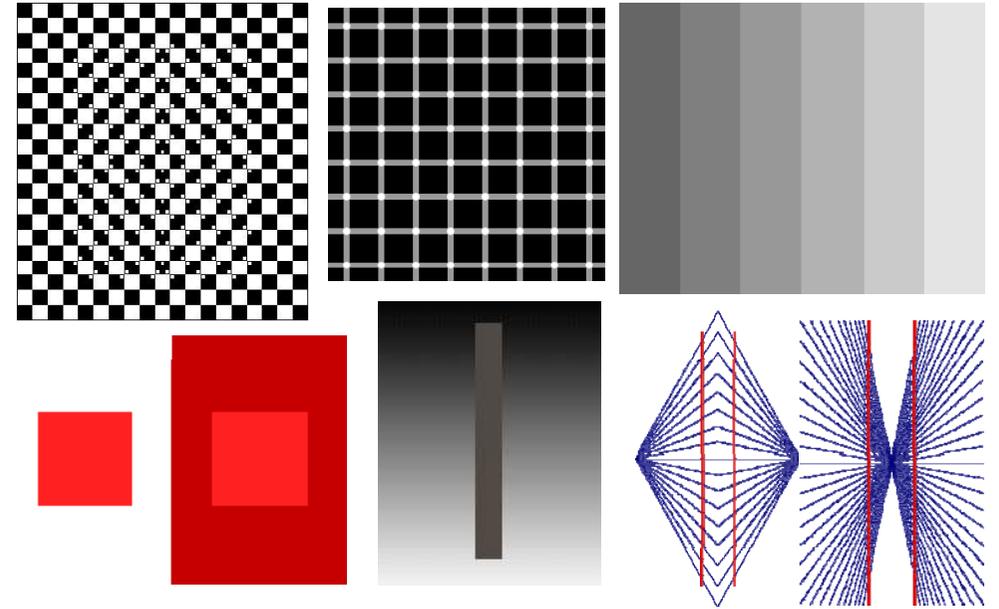
## TNI Introduction : L'Homme piètre capteur??

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

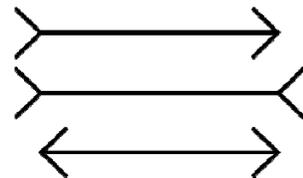
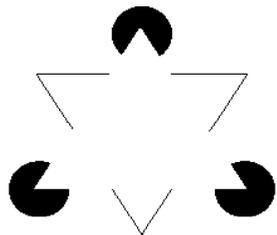
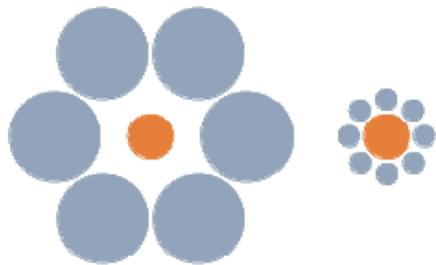


Edward H. Adelson

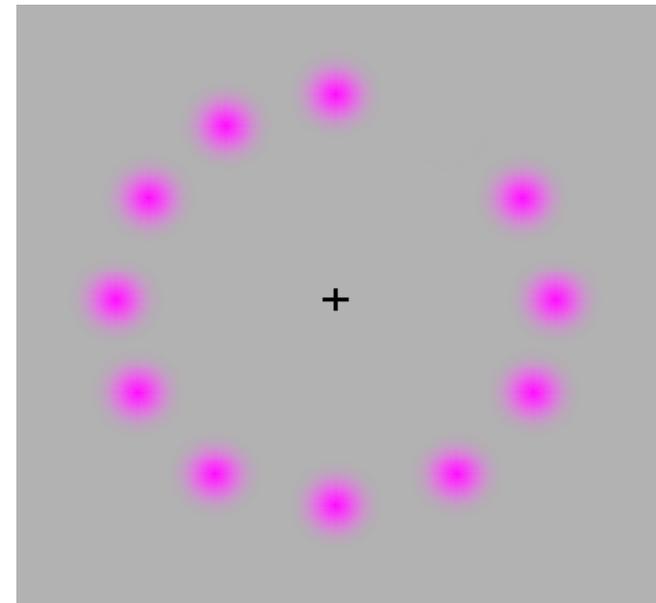
## TNI Introduction : Nos yeux nous jouent des tours



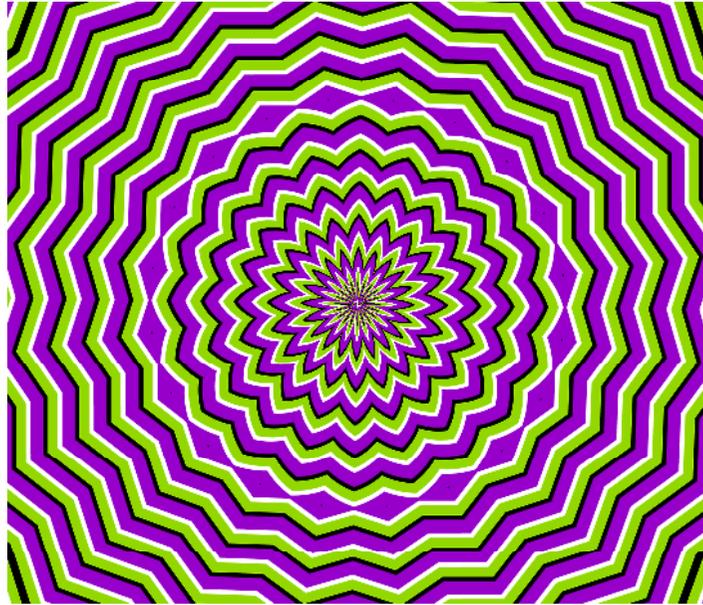
## TNI Introduction : Nos yeux nous jouent des tours



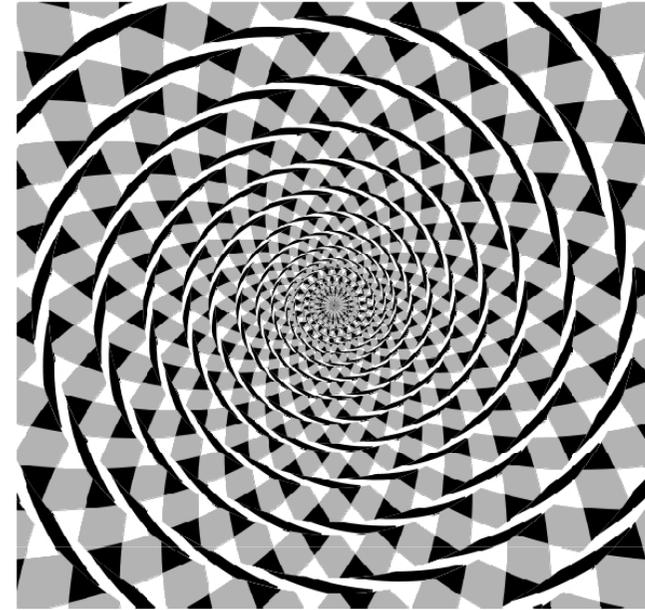
## TNI Introduction : Nos yeux nous jouent des tours



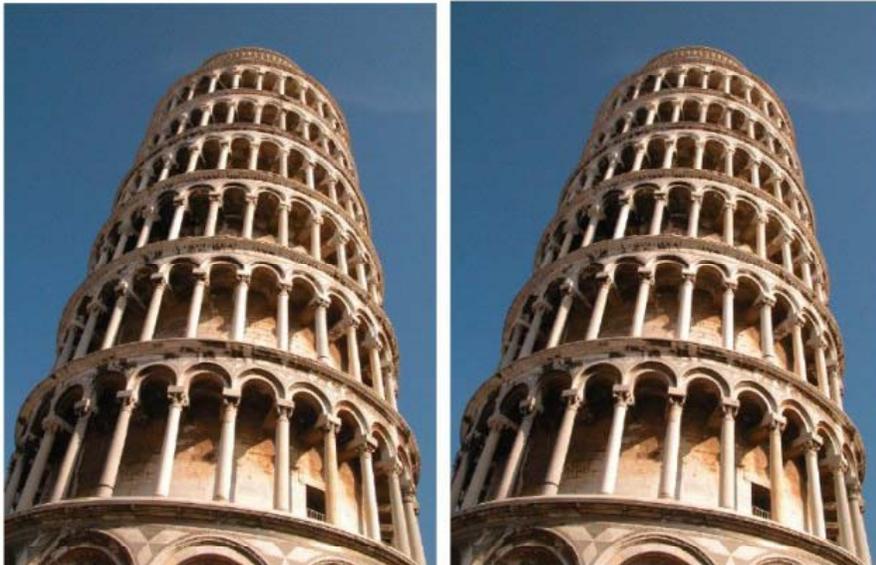
TNI Introduction : Nos yeux nous jouent des tours



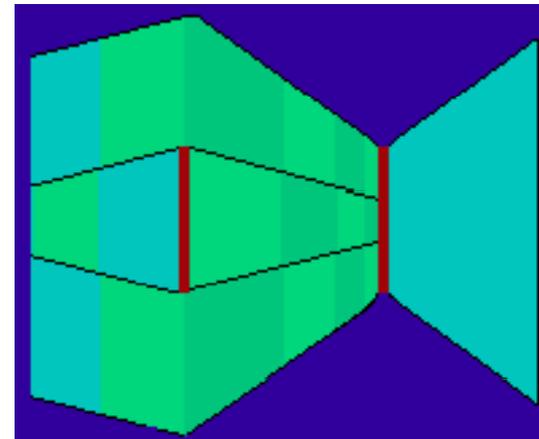
TNI Introduction : Nos yeux nous jouent des tours



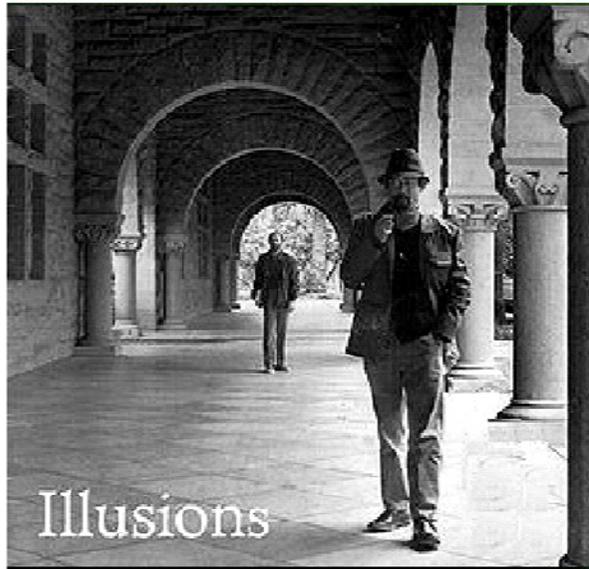
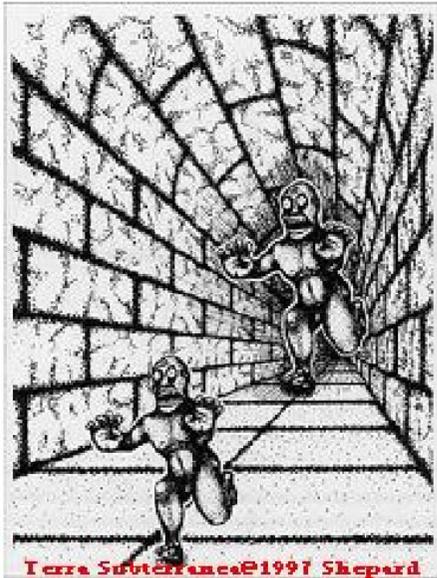
TNI Introduction : L'homme piètre capteur ?



TNI Introduction : Notre cerveau nous joue des tours



## TNI Introduction : Notre cerveau nous joue des tours



## TNI Introduction : Notre cerveau nous joue des tours



**Théorie des deux cerveaux (1970)**

**Hémisphère gauche (sens trigo):** Logique

Mots & Langage

Présent & Passé

Mathématiques & Sciences

Sens pratique & Rigueur

**Hémisphère droit (sens horaire):**

Instinct

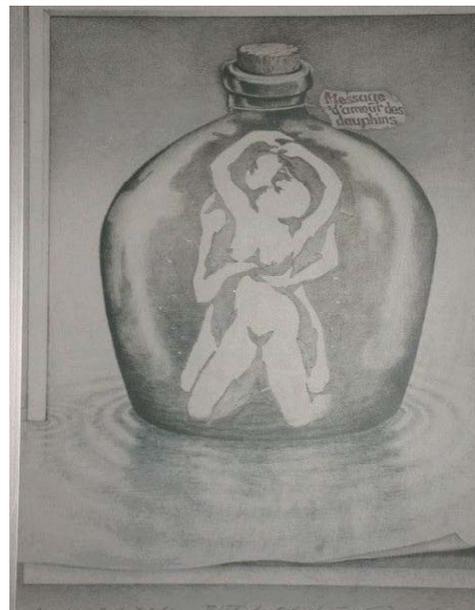
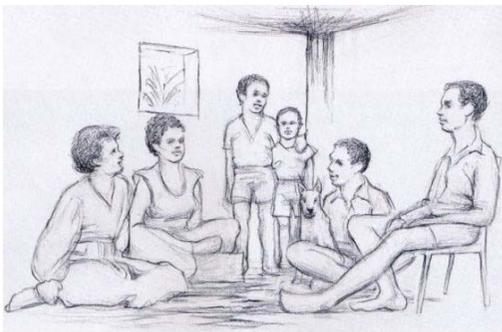
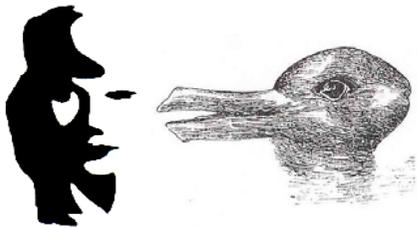
Symboles & images

Présent & Futur

Philosophie & religions

Prise de risque

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



## 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

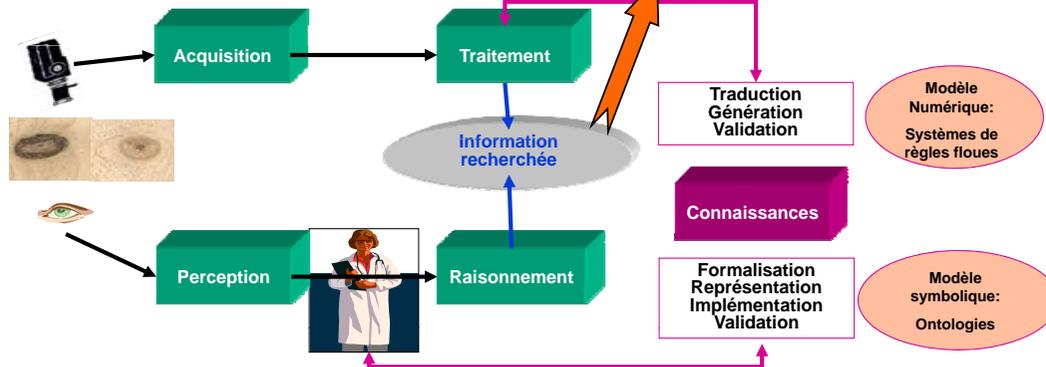
**NON :** Il est impossible d'élaborer des algorithmes biologiquement plausibles car le fonctionnement de la perception humaine n'est pas suffisamment connu.

## 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

Modèle Numérique:  
Systèmes de règles floues

Modèle symbolique:  
Ontologies

## 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 ALMECIJA (Déc 2013)
    - Modélisation, Intégration de connaissance, SIF hiérarchique.
- 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

### 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*)

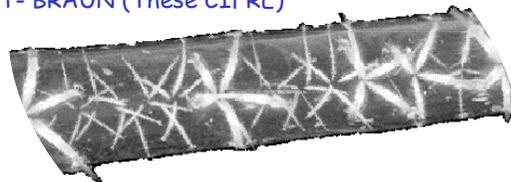
### Outil : Théorie des ensembles flous (possibilité, logique floue, ...)

## TNI Introduction : Projets de recherche 2A TELECOM Nancy

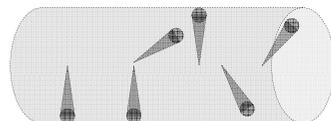
- Arbre de décision flou : Mise en œuvre de méthode de fuzzification
  - collaboration L'OREAL (3 PIDRs, 2 PIs, 2 Stages 2A, 1 Stage 3A)

- Classification qualité de billons à partir d'une image tomographique 3D RX

- Collaboration SIAT- BRAUN (Thèse CIFRE)



- Extraction de singularité d'une image virtuelle d'un produit bois



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

### Avantages :

#### Master CRAN :

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

#### BDI, CIFRE

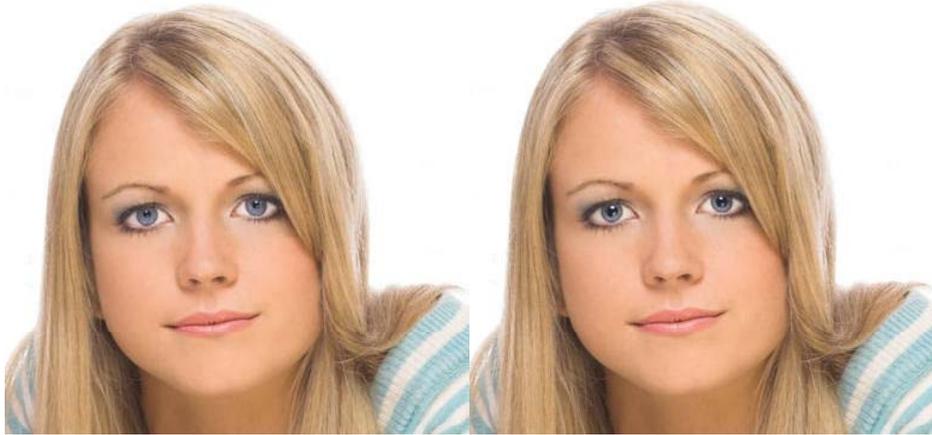
- Aide spécifique à Ingénieur (ESIAL habilitée).
- Aide revalorisée récemment (CIFRE)
- Aide à l'embauche (PME- PMI)
- Rattrapage dans grille de Salaire.
- Spécialisation sur des outils « high-tech » (Fuzzy, RdF)
- Diplôme reconnu hors frontière (PhD)

### Inconvénients:

- 3 ans!

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

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

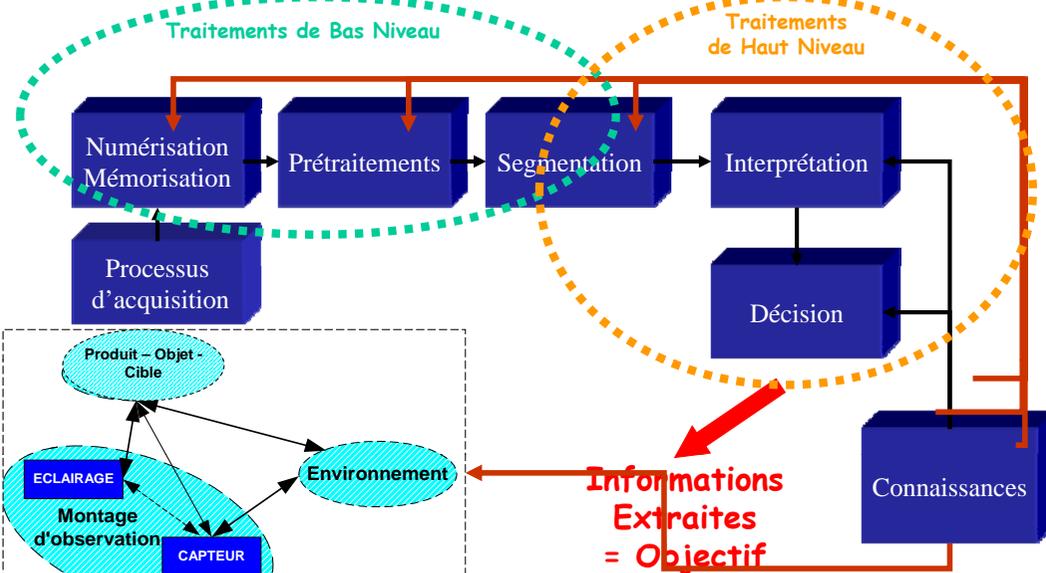


Résultat du sondage (108 présents : 90,0% Promol) : Gauche : 42,2% Droite : 56,9% Indécis : 0,9%

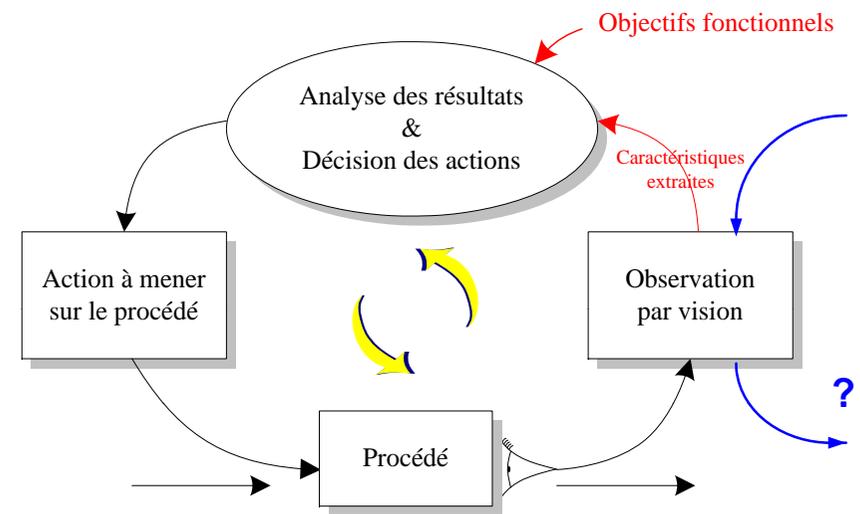
## TNI Introduction : Vers une définition du T.I.

- **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.

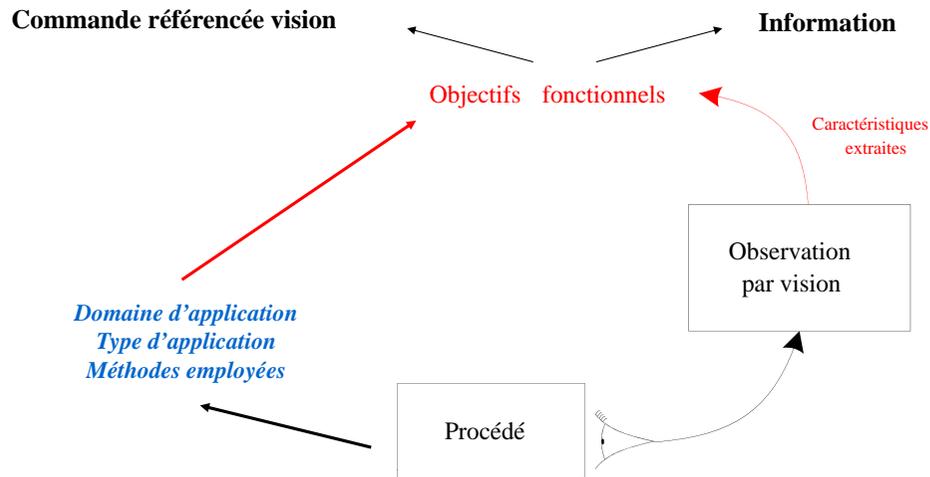
## TNI Introduction : Modèle de vision artificielle



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



## TNI Introduction : Essai de Modélisation

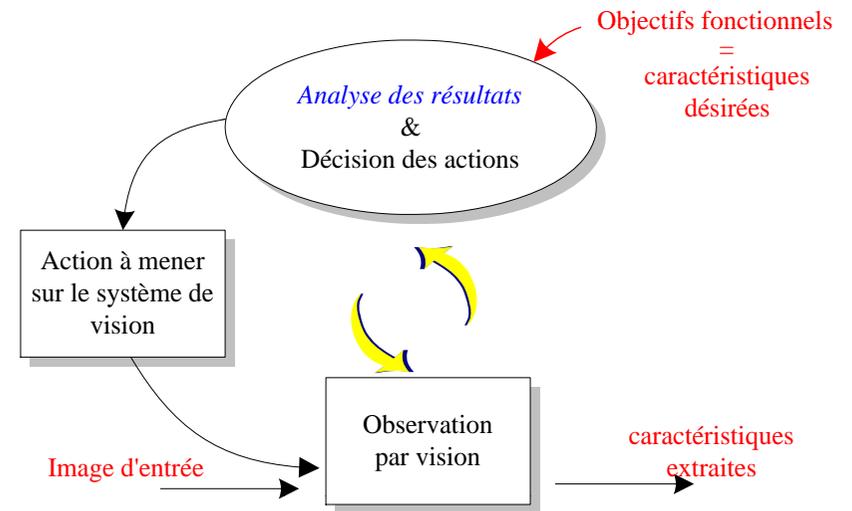


Jeu 3 septembre 2015

Vincent Bombardier

65

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

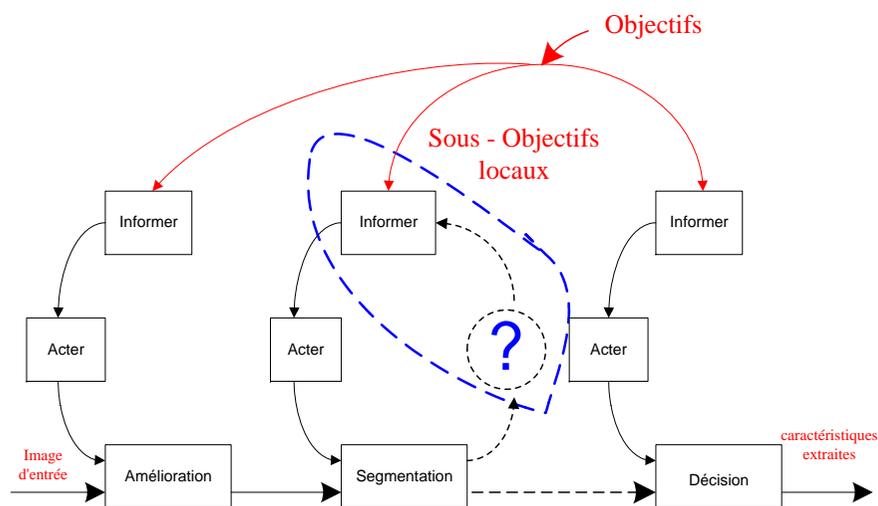


Jeu 3 septembre 2015

Vincent Bombardier

66

## TNI Introduction : Chaque étape est en boucle ouverte

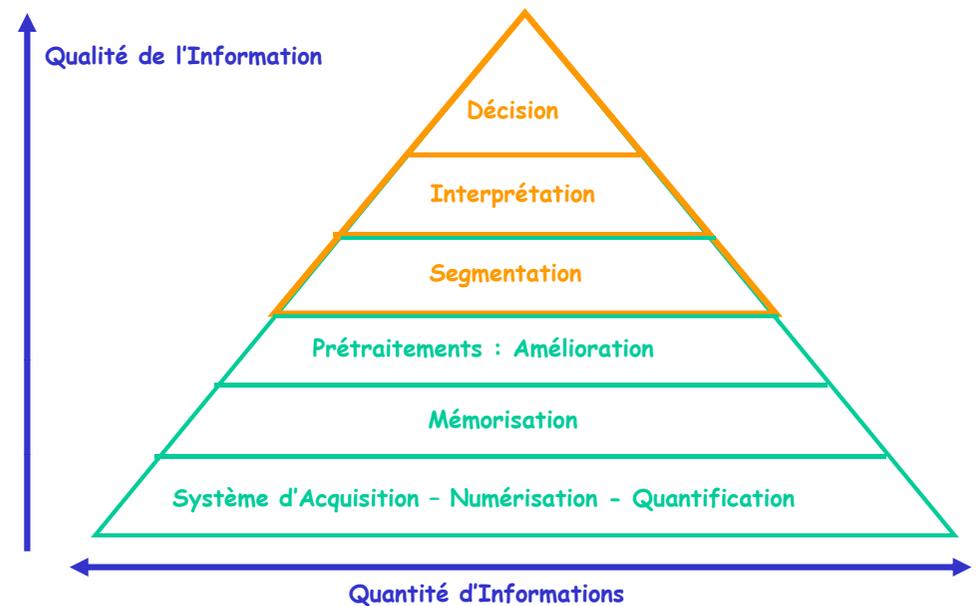


Jeu 3 septembre 2015

Vincent Bombardier

67

## TNI Introduction : Pyramide de l'information



Jeu 3 septembre 2015

Vincent Bombardier

68

## Livres :

- J.P. Cocquerez et S. Philipp « *Analyse d'images : filtrage et segmentation* » 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. Maître (ss la direction de) « *Le traitement des images* » Hermes Lavoisier IC2 2003.
- J.R. Parker « *Algorithms for Image Processing and Computer Vision* » Wiley & Sons 1997.
- S. Bres, J.M. Jolion, F. Lebourgeois « *Traitement et analyse des images numériques* » Hermes 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 Traitement 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/low/fundamentals/intro.htm>
- CVOnline - Univ. d'Édimbourg : <http://www.dai.ed.ac.uk/CVonline/>