



Visite de l'Espace Muséal de l'INRIA Sophia Antipolis - Méditerranée



INSTITUT NATIONAL
DE RECHERCHE
EN INFORMATIQUE
ET EN AUTOMATIQUE



centre de recherche
SOPHIA ANTIPOLIS - MÉDITERRANÉE

EN INFORMATIQUE
ET EN AUTOMATIQUE





Du calcul à l'informatique



INSTITUT NATIONAL
DE RECHERCHE
EN INFORMATIQUE
ET EN AUTOMATIQUE



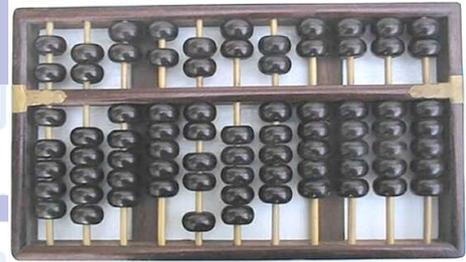
centre de recherche
SOPHIA ANTIPOLIS - MÉDITERRANÉE

EN INFORMATIQUE
ET EN AUTOMATIQUE



BOULIER CHINOIS

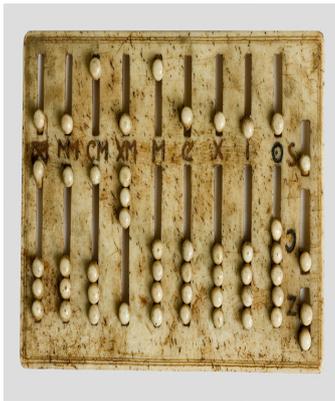
Boulier Chinois acheté au marché aux puces Panjiayuan à Pékin par Fabien Gandon chercheur à l'INRIA de Sophia Antipolis en visite au LIAMA." Le boulier chinois ou *suan pan* est utilisé en Chine depuis plus de 8 siècles. Sur chaque tige, on trouve 5 boules représentant une unité et 2 boules représentant 5 unités, séparées par une barre centrale.



ABAQUE ROMAIN – Italie – entre 2e et 5e siècle

Planchette rectangulaire munie de boules utilisant à la fois une base de calcul décimale (4 boules en colonne du bas) et une base 5 ou quinaire (1 boule en colonne du haut). Ainsi 80 est représenté par une boule quinaire en haut de la colonne X et 3 boules unitaires en bas.

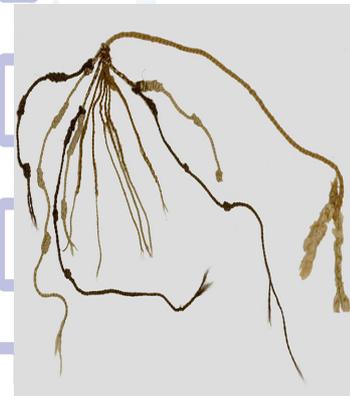
*Collection AMISA
(réplique à l'identique, prêt M.Houssemaine)*



QUIPU – Pérou (Inca) – 1200

Ensemble lié de cordelettes en fil de lin dont les couleurs, les longueurs, les formes des nœuds et leurs positions correspondent à un système Inca de mémorisation et de calcul, notamment pour le comptage des troupeaux.

Collection AMISA (réplique en cours de fabrication)





MACHINE D'HOLLERITH États-Unis – 1890

Répondant à un concours lancé par le gouvernement américain pour accélérer le dépouillement des recensements, Herman Hollerith imagina et construisit la première machine à statistiques.

Mise au point pour effectuer le recensement américain de 1890, cette machine qui utilise des cartes perforées a fait le succès de la « Tabulating Machine Company » devenue plus tard « IBM ».

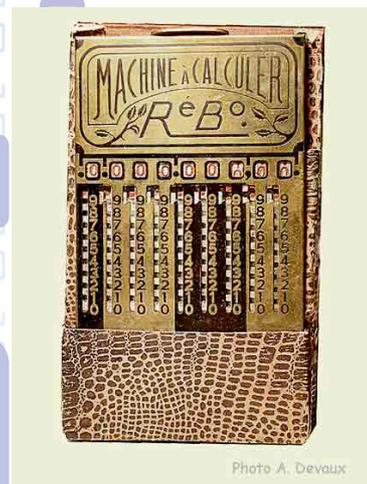
Un recensement de l'INRIA a été fait en décembre 2007 grâce à cette machine restaurée !



ARITHMOGRAPHE ReBo – France – 1915

Machine à huit chiffres décimaux. Elle permet d'effectuer des additions et des soustractions. La progression se fait de haut en bas, et la crose de retenue est en bas de l'échelle. Avec réplique japonaise- 1950

Collection AMISA (prêt M.Houssemaine)



LES BÂTONS DE NEPER (en bois) – Allemagne – 17e siècle

Inventés vers 1600 par le mathématicien écossais John NEPER, à partir d'un ancien procédé appelé « per gelosia », ces bâtons représentent en fait une disposition spéciale de la table de multiplication qui facilite et accélère les opérations coutumières...

Collection AMISA (réplique à l'identique)

FEUILLETS NEPERIENS – France – 1673

Lamelles en carton imprimées sur les 2 faces. Elles servent essentiellement à effectuer des multiplications. Appelée « rhabdologie » (du grec rhabdos, baguette), cette arithmétique fut populaire en Europe pendant plus de deux siècles.

Collection AMISA (réplique à l'identique)





Des traces de la Recherche

Modélisation informatique des systèmes biologiques

Reconstruction géométrique d'une main

Utilisation de modèles bio-inspirés

Un fantôme pour calibrer l'imagerie

Interface de simulation de chirurgie

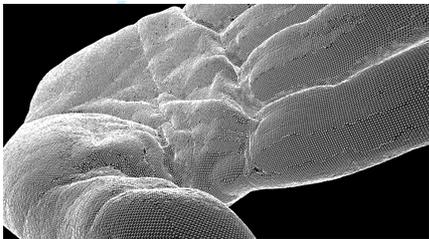
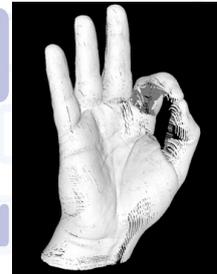


Reconstruction géométrique d'une main



Les algorithmes de géométrie permettent d'atteindre un degré de précision telle qu'il est possible de reconstruire à la précision de l'œil humain un objet tridimensionnel aussi complexe qu'une main.

Pour représenter des formes complexes avec les limites de stockage, mémoire et puissance de calcul, la première étape consiste à choisir de ne représenter que le *bord*, la surface des formes à représenter. C'est suffisant pour un grand nombre d'applications, comme la visualisation d'objets opaques.



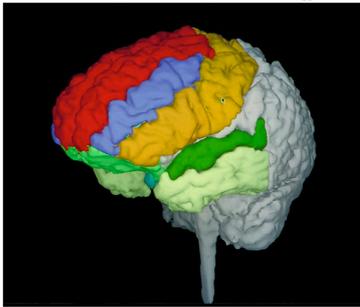
La seconde étape consiste à décomposer la surface en primitives géométriques simples, des polygones. On appelle maillage cet ensemble de polygones, reliant un ensemble de points, les sommets des polygones.

Les maillages composés uniquement de triangles sont courants du fait de leur simplicité. Pour la statue du David de Michel-Ange. 700 000 triangles suffisent pour reconnaître la statue dans une application multimédia, mais il en faut près de 2 milliards pour retrouver les traces de l'outil utilisé par le sculpteur pour une application en histoire de l'art.



La finesse de reconstruction de cette main, montre que nous arrivons à cette vertigineuse précision

Utilisation de modèles bio-inspirés



Pas de vision sans mouvements des yeux ! C'est en étudiant finement les mécanismes oculomoteurs que les scientifiques ont pu proposer des mécanismes de vision active (suivi de cible, zoom et focus automatiques, etc..) performants. Ceci à la fois en neurosciences et en sciences de l'ingénieur.

Comment, grâce à la vue, réussir à s'orienter dans un espace en trois dimensions, à éviter des obstacles, à détecter un mouvement, à suivre un objet, à se guider sur une trajectoire, ou simplement à rester en place ?

Autant de tâches que les animaux, comme les grenouilles par exemple, accomplissent tous les jours de façon complètement automatique... mais qu'il a été difficile de faire réaliser à des systèmes dotés de vision artificielle, comme les robots.

Le problème clé de cette vision dynamique est l'analyse du mouvement. Car elle permet également de recueillir des informations purement géométriques. L'analogie avec les mouvements oculaires ou le contrôle de la posture chez les animaux est importante.

Les modèles de connaissance des mécanismes étudiés en neurosciences diffèrent des modèles de fonctionnement utilisés en robotique, et les deux types de systèmes sont si différents qu'ils sont bien entendu irréductibles l'un à l'autre. De même, s'obstiner à développer une robotique plus ou moins anthropomorphe n'aurait aucun sens ; dans bien des cas, le résultat est même au contraire plus satisfaisant pour peu qu'on se libère des contraintes biologiques.

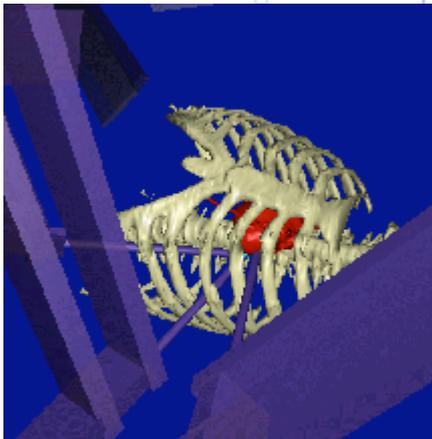
En revanche, qu'ils soient artificiels ou animaux, les deux types de systèmes sont amenés à accomplir des tâches comparables, et l'un comme l'autre doivent émettre des hypothèses sur les caractéristiques de l'environnement qu'ils perçoivent à partir des informations sensorielles. Cette synergie stimulante entre sciences de la vie et mathématiques appliquées permettra de mieux comprendre les phénomènes de perception biologiques, et d'améliorer, en retour, les algorithmes de vision robotique.

Un fantôme pour calibrer l'imagerie

Le but est de concevoir et développer de nouveaux outils d'analyse des images médicales pour améliorer le diagnostic et la thérapeutique.

Parmi les principaux thèmes de recherche, on peut citer : l'extraction de paramètres quantitatifs (formes, textures), le recalage d'images (prises à différents moments, avec des appareils multiples et éventuellement sur des patients différents, etc.), la construction d'atlas anatomiques et fonctionnels à partir d'images, la morphométrie (c'est à dire l'analyse statistique sur les formes et les quantités mesurées), l'analyse du mouvement cardiaque, la modélisation des tissus mous pour l'interaction visuelle et haptique (c'est à dire du toucher), les modèles physiologiques d'organes, et le couplage de l'imagerie et de la robotique médicale.

L'utilisation de fantômes anthropomorphiques, ici ce squelette, permettent de valider les méthodes d'imagerie médicale en obtenant des images réalistes à partir d'objets entièrement connus.



Par exemple, à partir d'images médicales, on établit un modèle qui est tridimensionnel et adapté au patient. L'imagerie médicale fournit alors des informations anatomiques, raccordées en un ensemble le plus cohérent et le plus fidèle possible. Reflétant l'état de l'organe à un instant donné, ces modèles orientent le choix thérapeutique, la planification thérapeutique et la surveillance de la lésion après traitement. Enfin, ils servent à la conception et à l'optimisation des dispositifs médicaux implantables et au développement de logiciels qui simulent les opérations médicales lors de l'apprentissage du métier de médecin et de chirurgien.

Interface de simulation de chirurgie



L'objectif de la simulation chirurgicale est de fournir un entraînement hautement réaliste, pour promouvoir la pratique d'interventions innovantes et moins invasives tout en améliorant l'apprentissage du chirurgien.

La simulation numérique offre des avantages incommensurables : la capacité à apprendre à partir de ses erreurs, la possibilité de s'exercer seul ou avec un formateur, ainsi qu'une adaptabilité supérieure permettant la simulation de divers scénarios allant des pathologies standard à des cas extrêmement rares. Les simulateurs chirurgicaux pourraient être aussi utilisés pour répéter une intervention complexe avec les données spécifiques du patient et devenir ainsi un prolongement naturel de la planification préopératoire. Les simulateurs pourraient également servir à attester de manière quantitative et objective les compétences d'un chirurgien.

Les simulateurs de troisième génération associent les modélisations anatomique, physique et physiologique c'est-à-dire la modélisation des fonctions de certains systèmes organiques tels que les systèmes cardiovasculaire, respiratoire ou digestif. À cela s'ajoute un degré de complexité lié à la nature des propriétés physiologiques et physiques. Certains modèles intéressants existent pour le système cardio-pulmonaire, le système vasculaire et le système cardiaque.



Des traces de la Recherche

Informatique et Automatique :

l'exemple de la vision et de la robotique

La main Gauche

Casque Stéréoscopique

Anis, robot mobile expérimental pour la perception multi sensorielle



La Main Gauche



Les mouvements de la plate-forme supérieure sont contrôlés en changeant la longueur des 6 jambes.

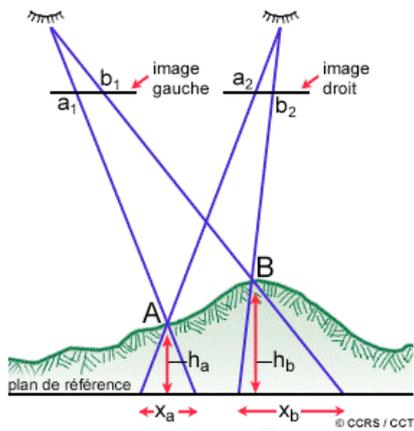
Cette structure particulière, appelée robot parallèle, permet d'obtenir des performances supérieures à celles des structures plus classiques de robot, qui utilise une architecture mécanique ressemblant à celle d'un bras humain.

En effet, un « bras » de robot a ses moteurs montés en série, chaque moteur portant l'autre: le premier moteur doit donc être surdimensionné. De plus, les erreurs mécaniques s'accumulent. Si les moteurs sont montés en parallèle, comme c'est le cas des vérins sur ce poignet artificiel, alors les moteurs se partagent la charge à porter, tandis que leurs erreurs ne s'accumulent pas.

Par exemple la "main gauche" initiale avait une précision absolue de l'ordre de 10 microns et pouvait supporter plus d'une tonne. Les robots parallèles posent aussi des problèmes théoriques intéressants comme, par exemple, trouver la solution du modèle géométrique direct qui consiste à déterminer les positions possibles de la plate-forme étant données les longueurs des 6 jambes, ou détecter les singularités, des situations où le positionnement du système n'a plus de solutions génériques et peut donc alors se coincer, voir même se rompre : il a fallu plus de 10 ans de recherche pour résoudre ces problèmes.

Les robots parallèles ont aujourd'hui essayé vers de nombreuses applications : machines outils, outils mécaniques miniatures, télescopes ou transfert de denrées alimentaires (emballage de boîtes de chocolat, etc.).

Casque Stéréoscopique

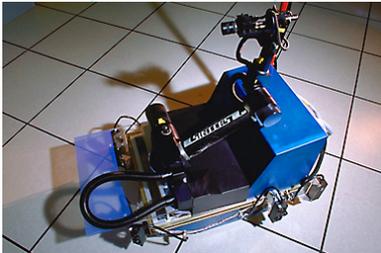


Premier casque stéréoscopique de l'équipe projet Robotvis de l'INRIA utilisant un système de miroir pour faire en temps réel (1-2 images/seconde) du 3D avec une caméra. Le mécanisme de miroir permet de simuler deux capteurs visuels, distants de quelques centimètres, comme si il y avait deux caméras.

Avec une seule image, la vue est plate (2D) et la profondeur 3D des objets est perdue. Avec deux images, c'est ce parallaxe entre ces deux caméras, c'est à dire le fait que les rayons lumineux issus d'un même objet arrivent avec des angles différents en fonction de leur distance qui permet de trianguler la profondeur de l'objet, donc de retrouver le 3D. Mais pour cela le système doit être minutieusement calibré et tous les ingénieurs savent que cette calibration est critique. Mais l'œil et le cerveau semblent se jouer de cette calibration ! C'est en comprenant cela que les chercheurs ont pu rendre autonomes et efficaces les systèmes de vision 3D. Avec ces nouvelles équations, les paramètres optiques et géométriques de la caméra et du montage sont calculés automatiquement en même temps que la reconstruction 3D. Cette solution au problème "auto-calibration" est la découverte majeure en vision par ordinateur.

Elle permet à des robots autonomes de travailler même si leurs caméras sont bousculées (re-calibration), d'utiliser des caméras avec des zooms et de traiter de manière efficace des scènes visuelles virtuelles et naturelles mélangées, en postproductions cinématographique. La société Realviz/Autodesk connue dans le monde cinématographique (trucages de Matrix, Troie, ..) utilise les algorithmes issus de ces travaux désormais achevés.

Anis, robot mobile expérimental pour la perception multi sensorielle.



Anis, est un robot mobile doté de diverses modalités sensorielles: vision par caméra, ceinture d'ultrasons, laser rotatif et odométrie (mesure de la position angulaire des roues). Cela lui permet de se localiser et de se déplacer dans des environnements d'intérieur afin de les explorer et d'en construire une représentation.

La base mobile porte un bras à six degrés de liberté, et divers capteurs: à l'arrière droit, le laser rotatif, au centre la caméra embarquée et autour de la plateforme, la ceinture de huit capteurs ultrasons.

Il a servi de support expérimental aux études en commande et navigation référencée capteur ainsi qu'en perception active et fusion multi capteurs. Il a été l'une des plateformes expérimentales permettant de valider les travaux de recherche de l'INRIA dans ces domaines.

En voici deux exemples:

Robotique mobile: commander un robot mobile n'est pas chose aisée car il est "non holonome" ! Cela signifie, pour simplifier, qu'il lui manque des degrés de liberté et nous nous en rendons tous compte lorsque nous garons notre voiture en créneau. Impossible avec les deux degrés de liberté "avant-arrière" et "gauche-droite" du volant de positionner directement le véhicule en position (deux degrés de liberté "nord-sud" et "ouest-est") et en direction (orientation du véhicule). Il faut faire une manœuvre, c'est à dire résoudre un problème non-linéaire qui n'a pas de solution "localement". Contribuer à la résolution formelle de ce problème a été une avancée majeure des automaticiens de l'INRIA.

Commande par les capteurs: dans le règne animal, la vision n'est pas une fin en soi. On voit pour agir, jouer son rôle de prédateur etc.. Vision et autres modalités sensorielles sont donc des sources d'information permettant d'accomplir des tâches élémentaires, qui combinées donnent des comportements. C'est la formalisation de cette classe de mécanisme qui a permis d'automatiser des mécanismes comme le suivi de cibles, l'évitement d'obstacle, la réalisation de "gestes" complexes, etc.. La fusion entre des capteurs de géométrie, précision et modalités différentes par des méthodes dites "d'optimisation" est une des composantes principales de cette informatique en prise avec la réalité.



Quelques liens utiles de Culture Scientifique

VITRINE NUMERIQUE

http://www.inria.fr/sophia/culture_scient/vitrine/fr/accueil.php

INTERSTICES

<http://interstices.info/>

AMISA

<http://www.inria.fr/sophia/amisa>

INRIA SOPHIA ANTIPOLIS – MEDITERRANEE

<http://www.inria.fr/sophia/>

