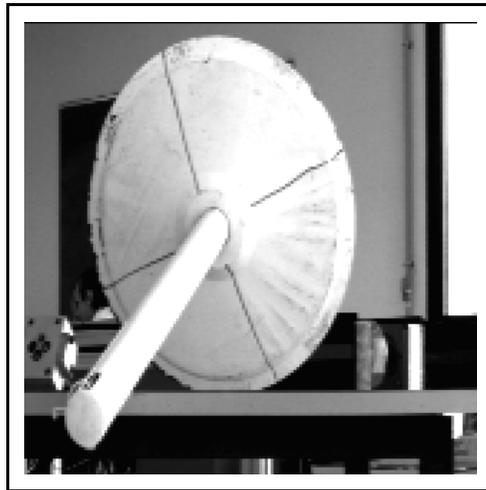


Description de scènes par groupement perceptuel récursif

Laurent Alquier, Philippe Montesinos
LGI2P - Parc Scientifique G.BESSE
NIMES, F-30000

E-Mail : {montesin, alquier}@eerie.eerie.fr
URL : <http://www.eerie.fr/~alquier/alquier.html>



Exemple de scène à décrire

But proposé

Description de scène selon ses formes caractéristiques et les relations qui les lient.

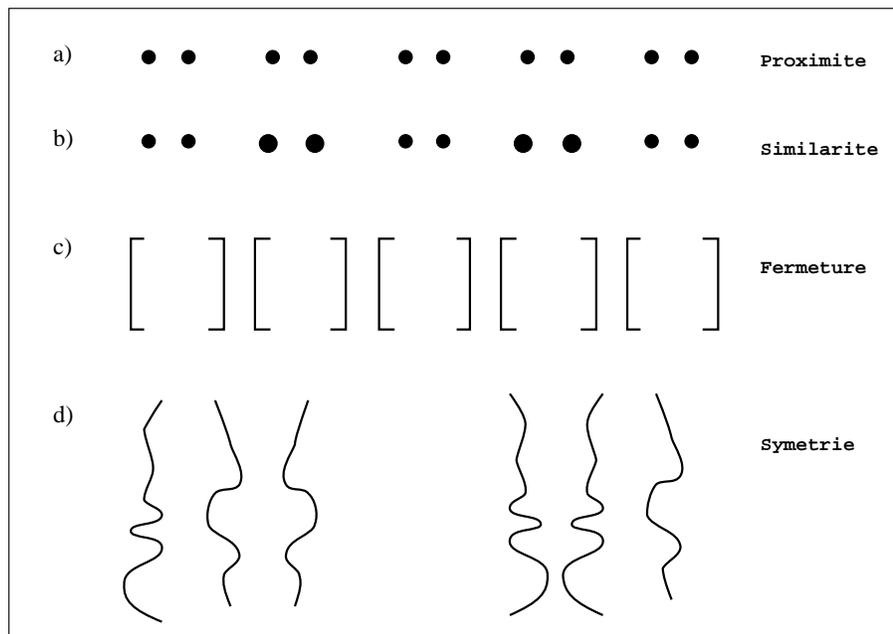
Le système doit remplir les conditions suivantes :

- **Peu de connaissance de la scène a priori**
- **Objets polyhédriques et courbes**
- **Robustesse et résistance au bruit**
- **Segmentation d'images en niveaux de gris**

Groupement Perceptuel

En vision naturelle, le Groupement Perceptuel décrit :

- L'organisation de primitives géométriques selon des *propriétés visuelles simples*
- Sans connaissance a priori de la scène

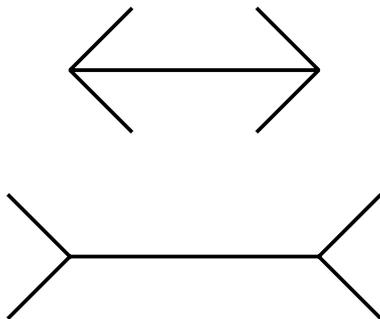


Exemples de propriétés visuelles

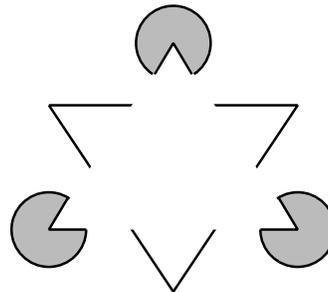
Influence du contexte

L'identification des composants d'une scène doit :

- permettre des hypothèses multiples pour tenir compte de leur environnement visuel.
 - s'adapter à des situations ambiguës
- Importance des occlusions, des contours fictifs, ...

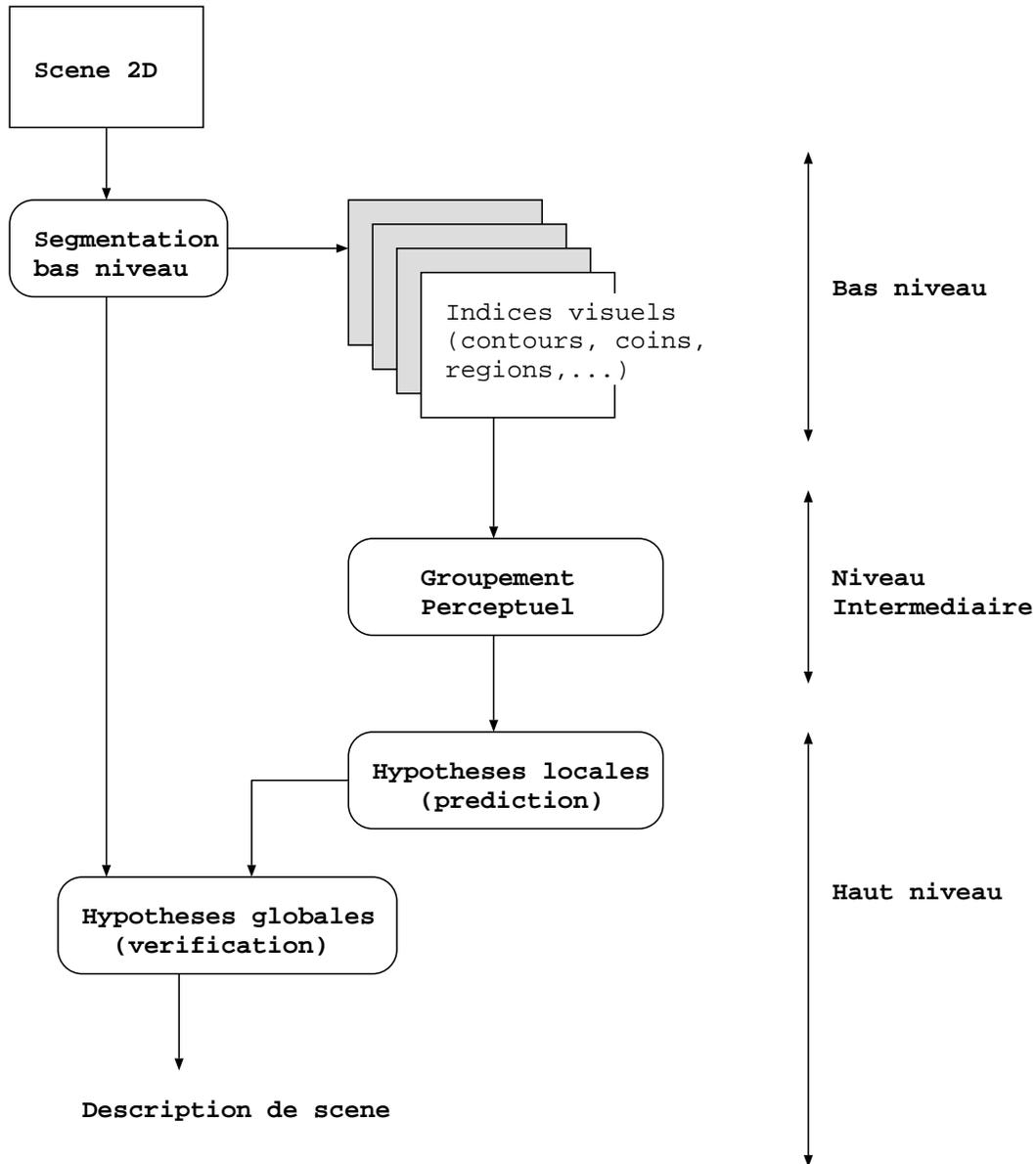


Illusion de Müller-Lyer



Triangle de Kanizsa

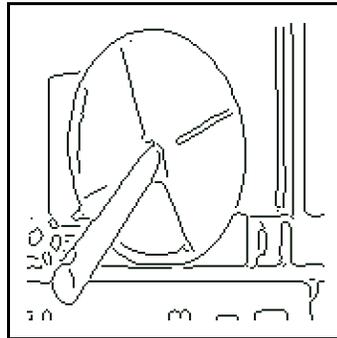
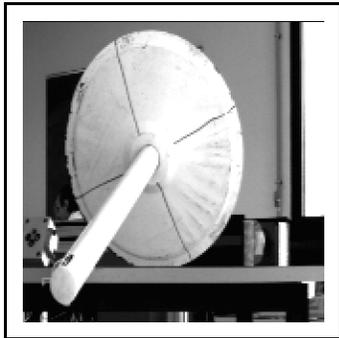
Contexte général



Place du Groupement Perceptuel dans notre système

Prétraitements

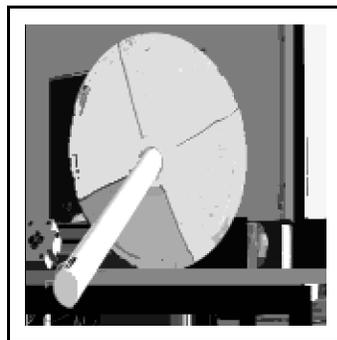
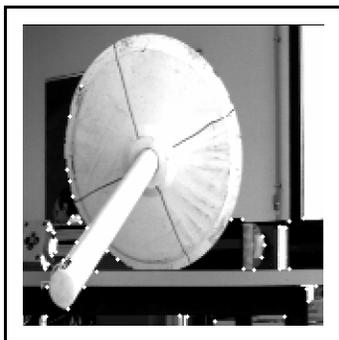
Primitives de départ: contours, crêtes.



Exemple de détection de contours

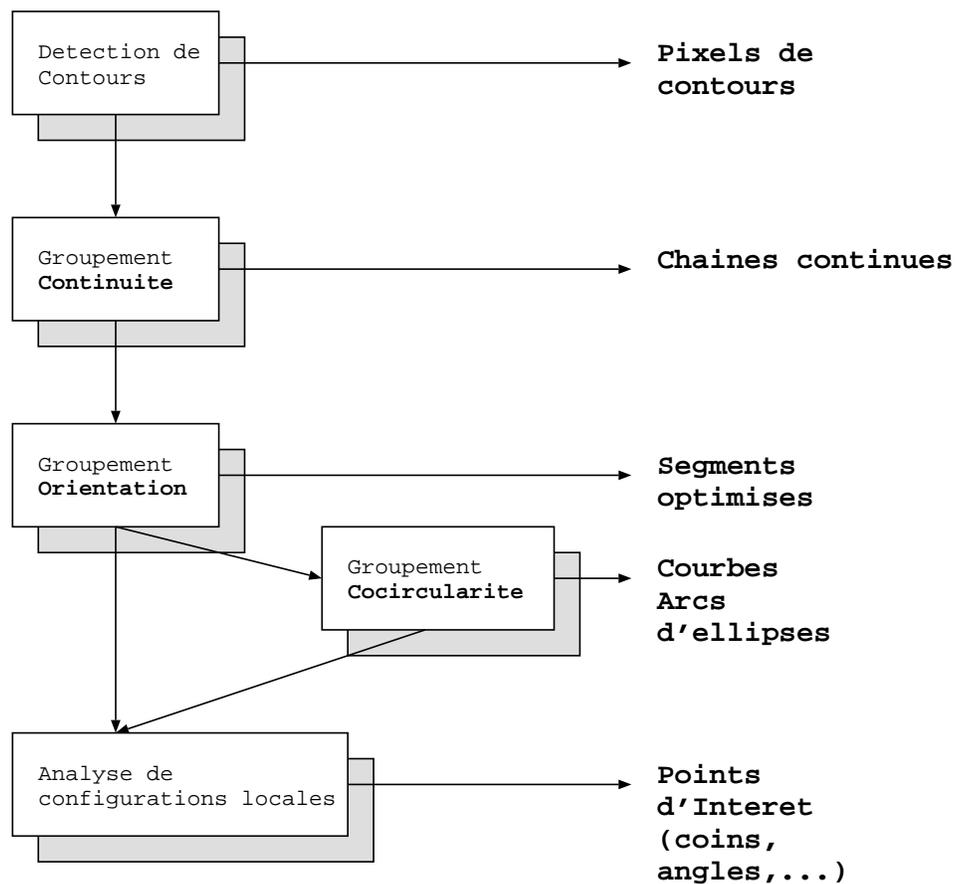
Autres indices visuels: coins, régions.

conservés comme source d'appoint pour vérifier les hypothèses générées par le groupement.



Détection de coins et de régions

Principe général



Groupement Perceptuel incrémental

Détection de primitives géométriques de plus en plus complexes et constitution d'un graphe de relations entre ces primitives.

Hypothèses générées

En sortie, le système propose les éléments de description suivants :

- **CHAINES** de contours continues
- **POINTS** d'intérêt
- **SEGMENTS** optimisés
- **ARCS** d'ellipses
- **COURBES** quelconques

Ces primitives sont organisées sous forme d'un graphe de relations :

- **JONCTIONS** entre primitives
- **PARALLELISME**
- **CONVEXITE**
- **SIMILARITE**

Groupement par Continuité

La qualité de la description finale dépend de l'efficacité de cette étape pour :

- la détection des structures linéaires importantes
- la fermeture des discontinuités
- l'insensibilité au bruit résiduel issu du prétraitement

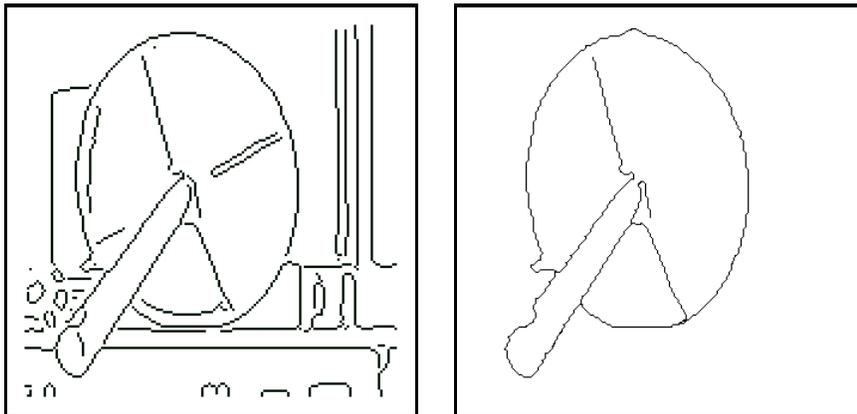


Image 316x316 pixels - 141 chaines - Sélection de 3 groupements

Principe : Optimisation récursive

Mise en valeur des structures linéaires visuellement importantes par une fonction de qualité.

A ce niveau, groupement possible entre **pixels de contours** ou **chaines de contours** .

Pour chaque primitive :

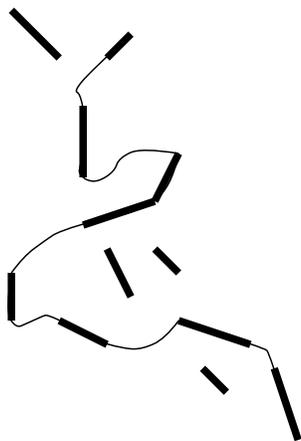
- **Définition du voisinage**
- **Sélection des meilleures combinaisons de voisins**

La fonction de qualité d'une combinaison est constituée

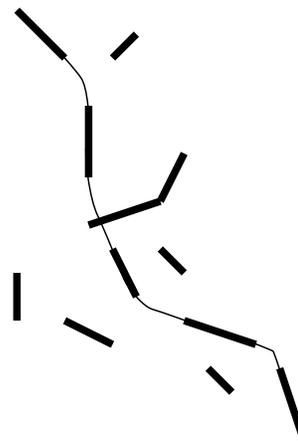
- **d'un terme propre à la primitive**
- **d'une contribution des deux voisins**

Au fil des itérations, les structures isolées sont désavantagées par rapport aux structures linéaires par manque de contributions.

Un suivi de proches en proches suffit pour extraire le groupement après optimisation.



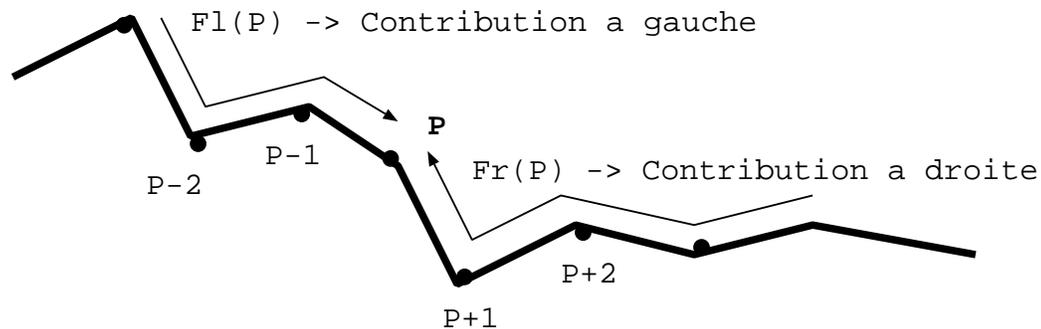
Mauvais groupement



Bon groupement

Deux groupements possibles et leur qualité

Formalisme : Optimisation récursive



$$F(P) = [Fl(P) + Fr(P)]$$

Notations pour un groupement en cours d'optimisation

Pour une primitive donnée, chaque terme de qualité \mathcal{F} est écrit sous forme de **fonction bi-laterale** :

$$\mathcal{F}(P) = (\mathcal{F}_r(P) + \mathcal{F}_l(P)) \quad (1)$$

pour un chemin $\mathcal{F}_l(P)$ arrivant en P et un chemin $\mathcal{F}_r(P)$ partant de P .

Chaque contribution latérale est une somme de contributions locales :

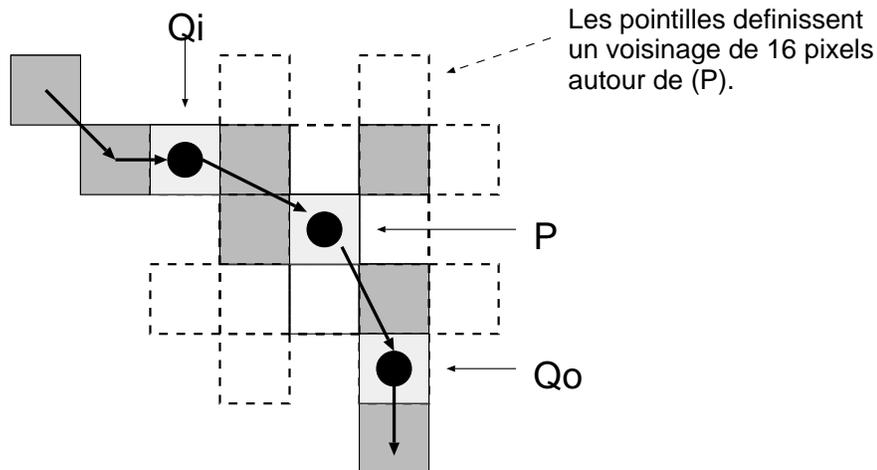
$$\begin{aligned}\mathcal{F}_l(P) = & \frac{1}{2} \cdot Q(P) \\ & + \rho \cdot Q_P(P-1) \\ & + \rho^2 \cdot Q_{P-1}(P-2) + \dots\end{aligned}\tag{2}$$

où $Q(P)$ est le terme propre à P et $Q_P(P-1)$ la contribution en P venant de $(P-1)$.

Ou bien, écrit de façon récursive pour une distance n de P :

$$\mathcal{F}_l^{(n)}(P) = Q_P(P) + \rho \cdot \mathcal{F}_l^{(n-1)}(P-1)\tag{3}$$

Pixels de contours



Connexion entre un pixel (P) et un couple de ses voisins:

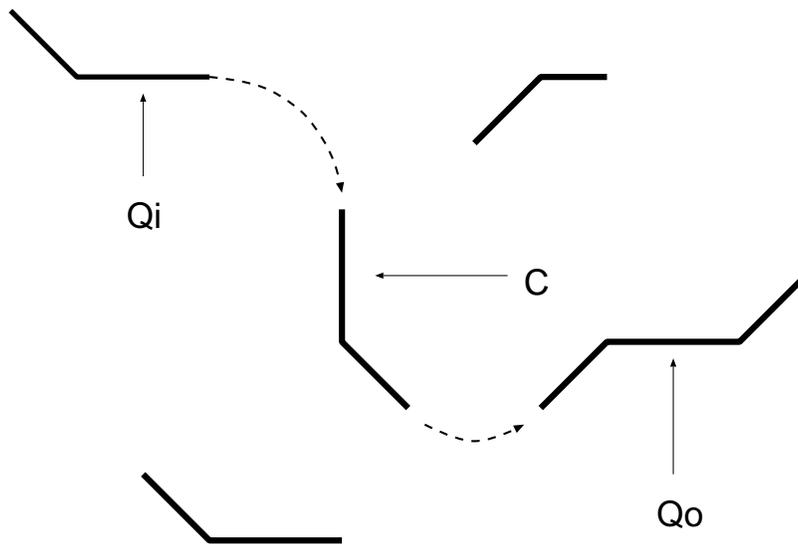
$$Q_o = \text{Connect} (Q_i , P)$$

Groupement de pixels

Remarques:

- Voisinage statique - fixé à 16 voisins
- Optimisation dense dans l'image - tous les pixels sont pris en compte
- Très couteux en temps et mémoire

Chaines de contours



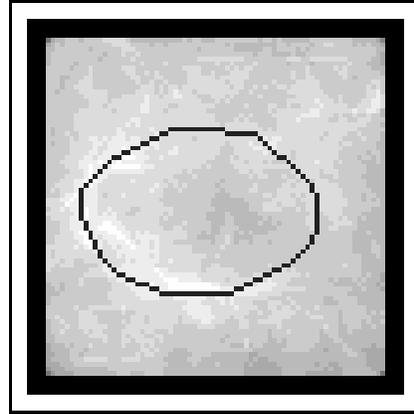
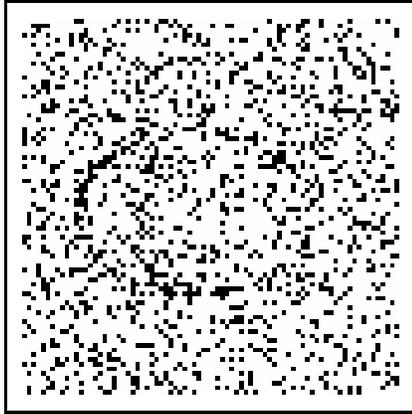
Connexion entre une chaine (C) et un couple de voisins :
 $Q_o = \text{Connect} (Q_i , C)$

Exemple de groupement de chaines

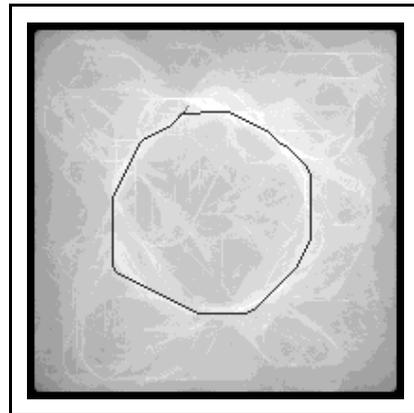
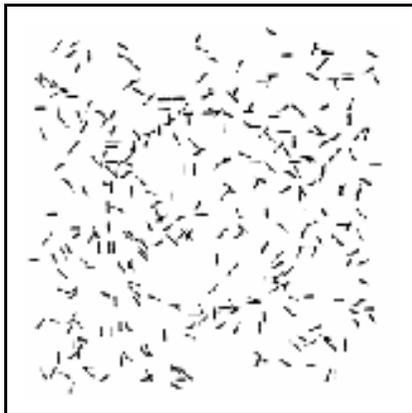
Remarques:

- Voisinage dynamique
- Connexions entre les extrémités.
- Prétraitement supplémentaire pour permettre les jonctions en 'T'
- Plus rapide et moins coûteux que le groupement de pixels

Comportement face au bruit

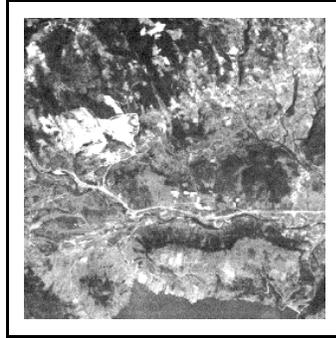
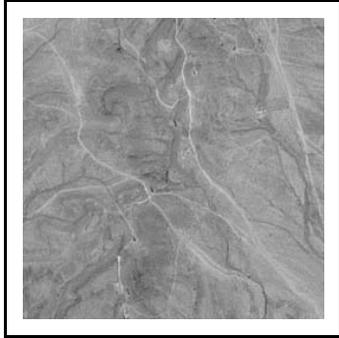


Ellipse avec bruit blanc

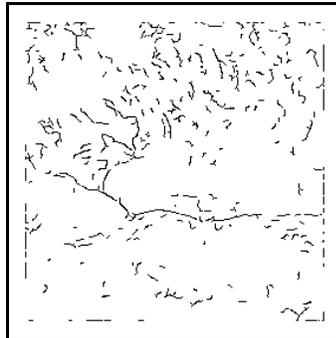


Cercle avec "bruit orienté"

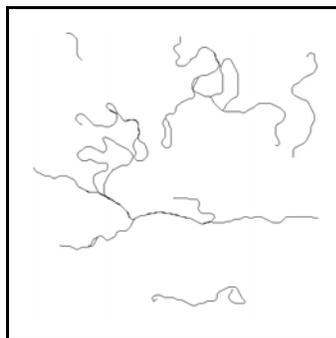
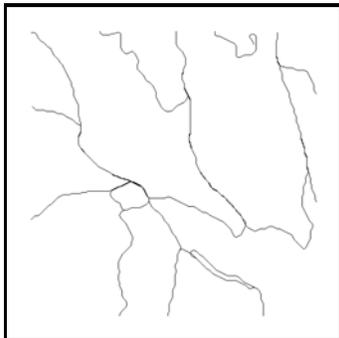
Images Satellites



Images d'origine

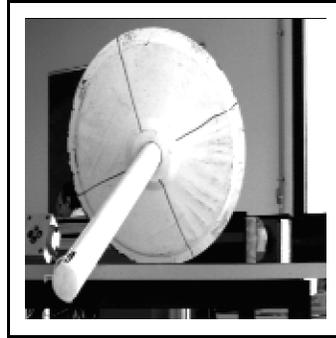
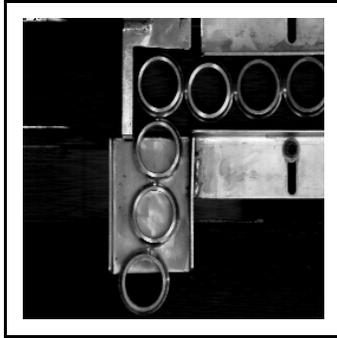


Détection de crêtes

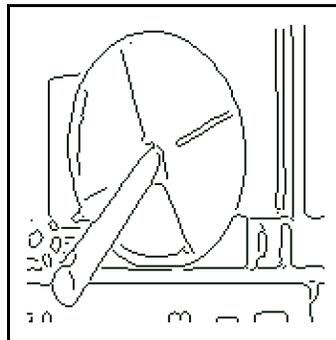
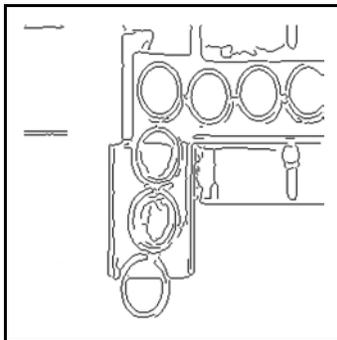


Sélection des groupements principaux

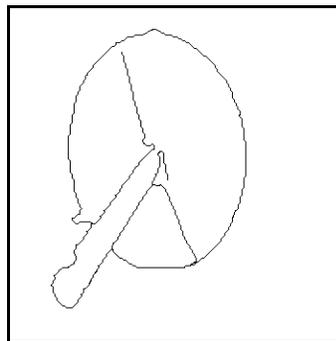
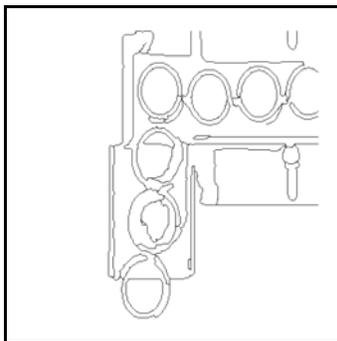
Scènes d'intérieur



Images d'origine



Détection de contours



Groupements principaux - 29/377 chaines et 3/141 chaines

Exemples de groupements

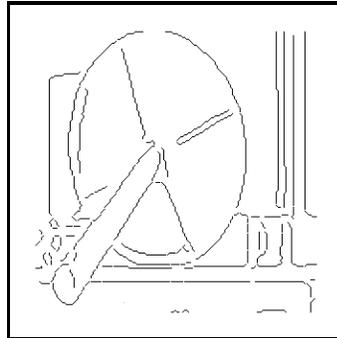
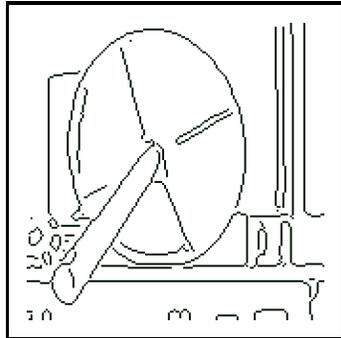
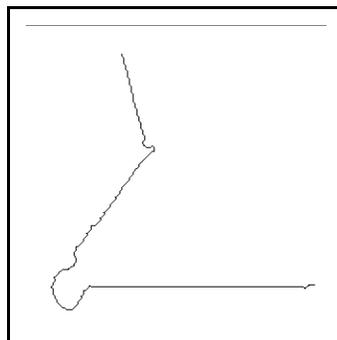
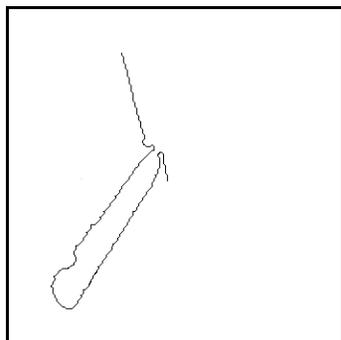
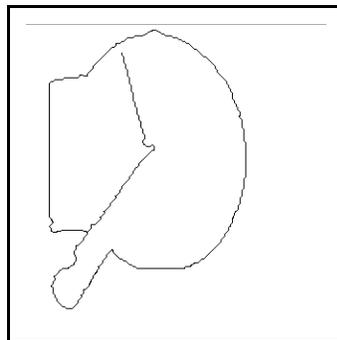
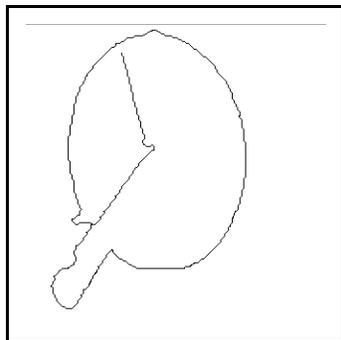
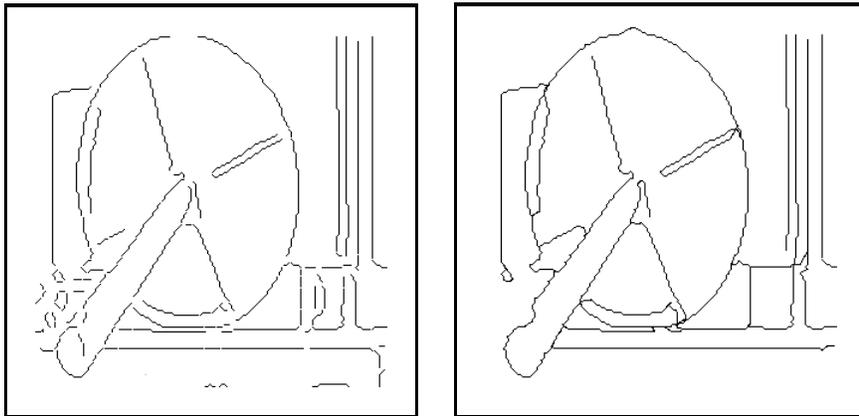


Image de contours - Chainage initial



Continuité : Conclusion

- Etape déterminante pour réduire la combinatoire des étapes suivantes.
- Faible nombre de groupements continus par rapport au nombre d'éléments de contours.
- Rôle de **focus d'attention**

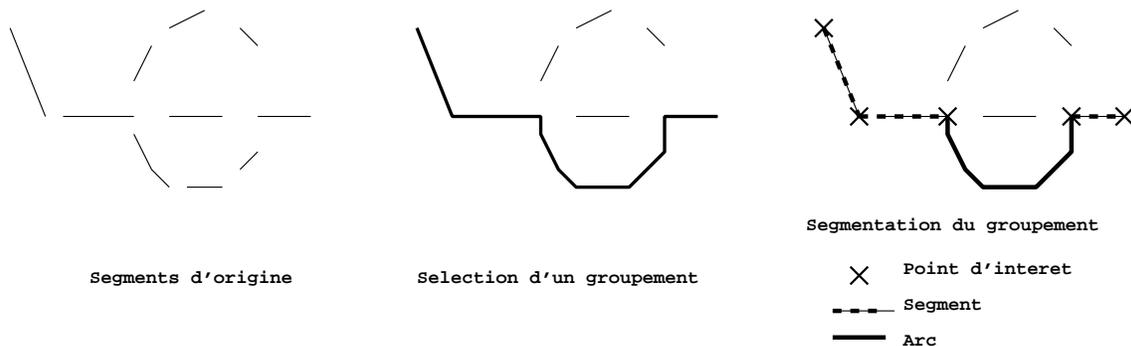


Groupement par continuité - 141 chaînes - 17 groupes

Colinéarité et Cocircularité

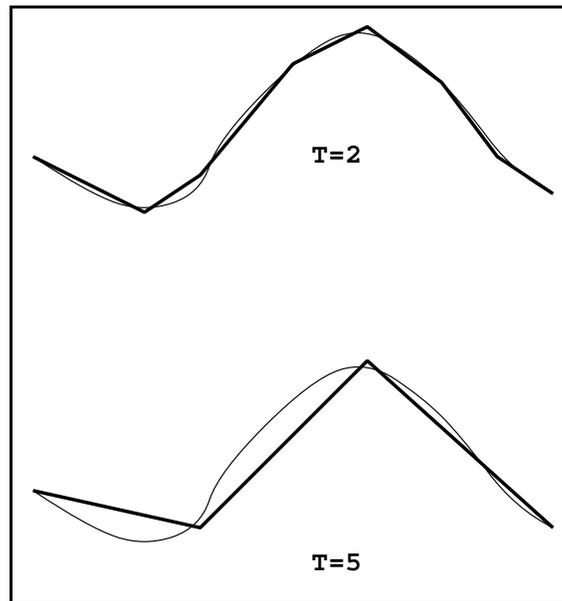
Chaque groupement “continu” est segmenté en éléments de description :

Points d’Intérêt, Segments, Arcs, Courbes.



Sélection et segmentation d'un groupement

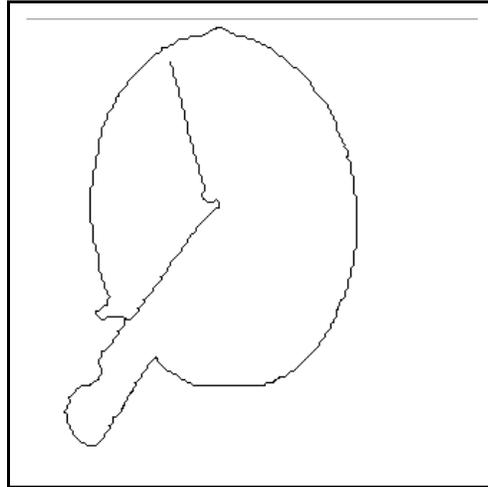
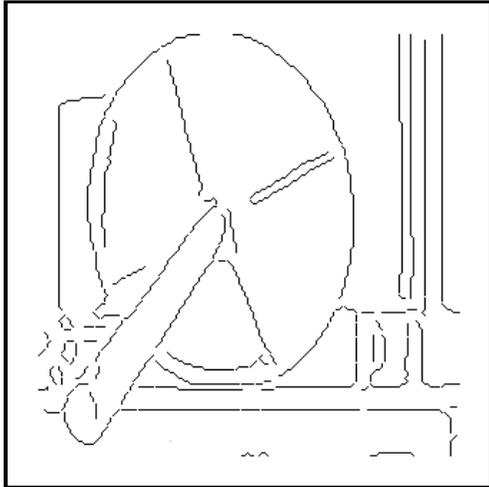
Colinéarité



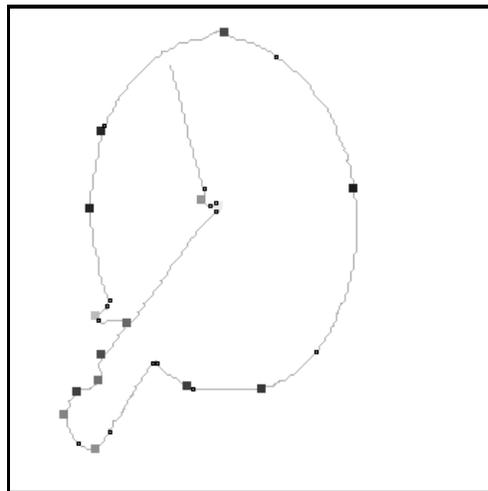
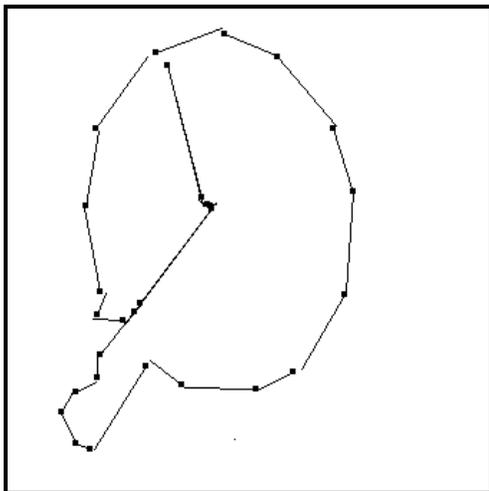
Approximation polygonale

- **Extraction par approximation polygonale**
Approximation fine pour suivre au mieux la chaine.
- **Fusion des segments colinéaires**
- **Détection des coins**

Segments et Coins

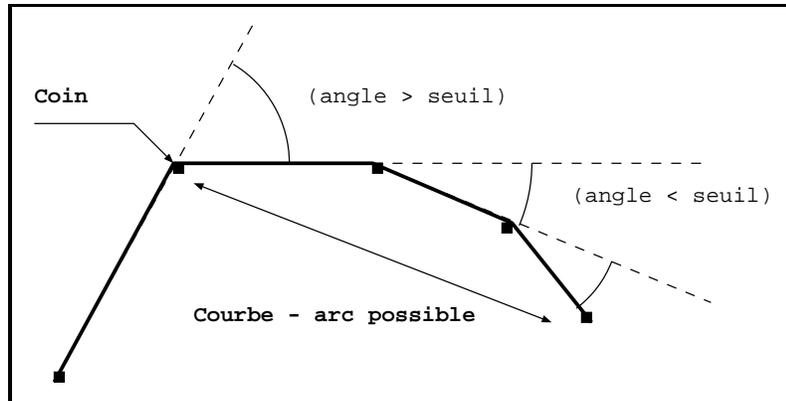


Chainage initial - Selection d'un groupement



Detection de Segments et Coins

Cocircularité



Détection des parties courbes

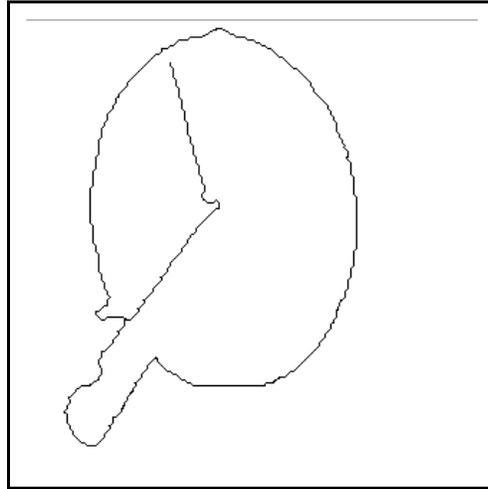
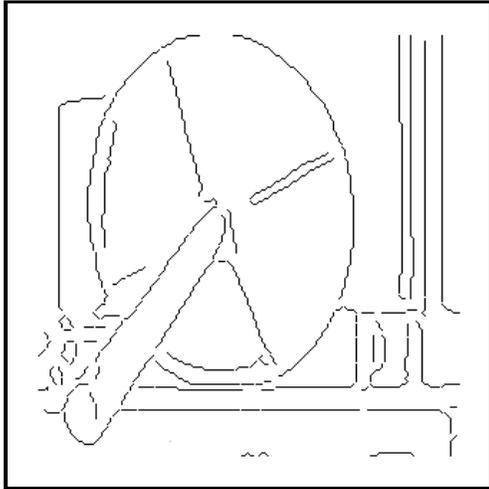
- **Parties Courbes**

Evaluation de la courbure à plusieurs échelles d'approximation de la chaîne.

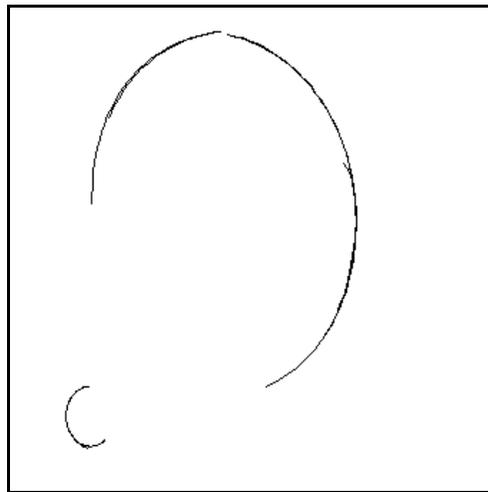
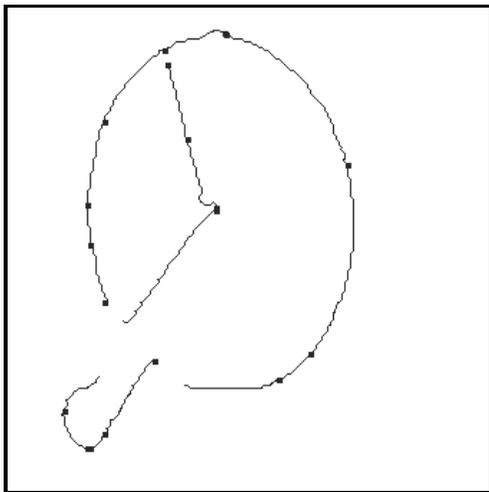
- **Arcs d'ellipse**

Identifiés à partir des chaînes courbes (minimisation de la distance à la chaîne).

Courbes et Arcs



Chainage initial - Selection d'un groupement



Detection de Courbes et Arcs

Points d'intérêt

Détectés à partir des séparations entre :

- **Segment-Segment** : Coins
- **Arc-Arc** : Points d'inflexion
- **Arc-Segments** : Points tangents

L'ensemble de ces points permet d'identifier les **Jonctions**.

Piece mécanique

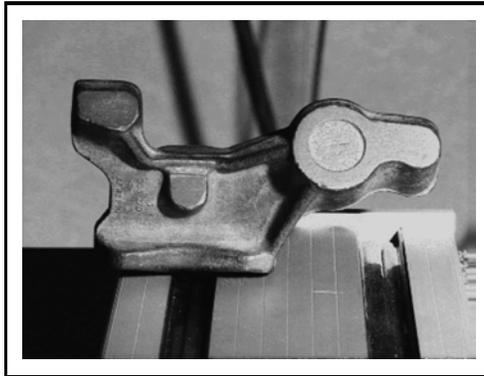
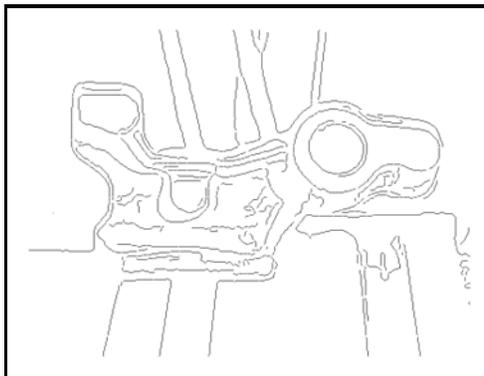
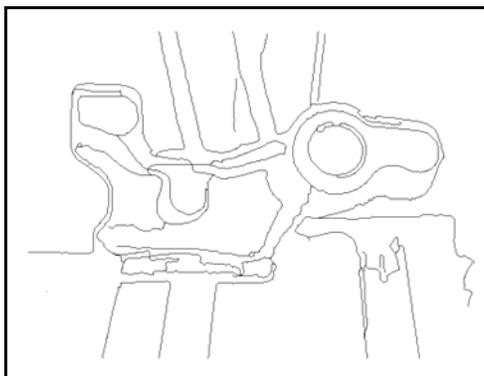


Image originale

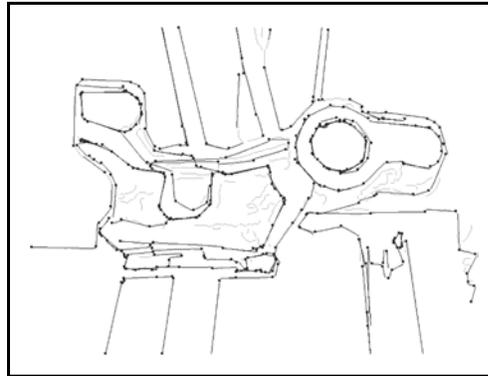
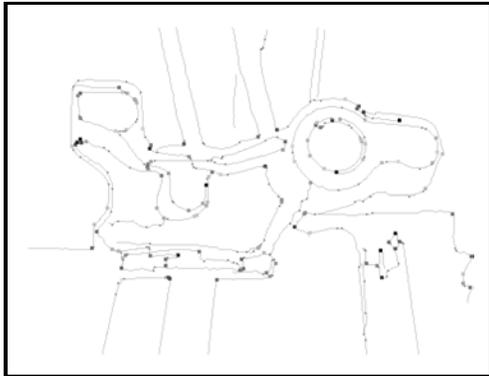


Contours - 467 chaines

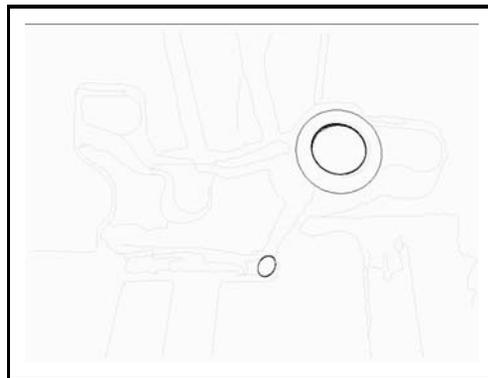
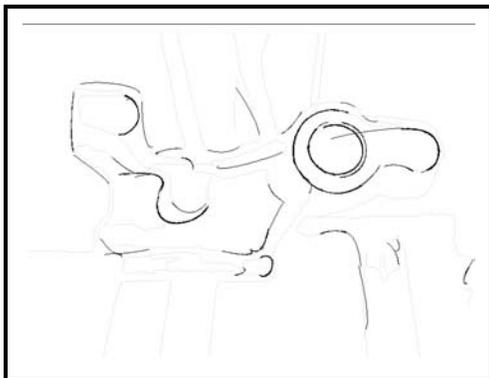


53 Groupements

Piece mécanique



745 Points - 450 Segments



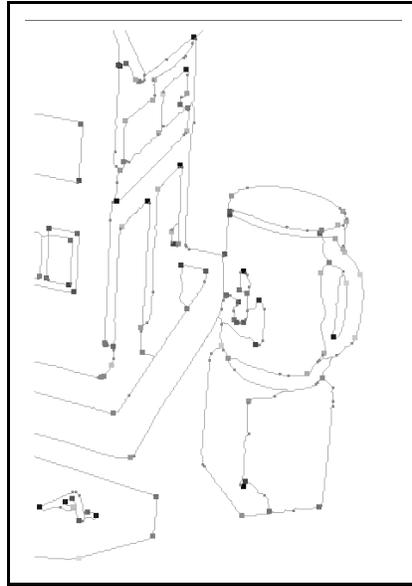
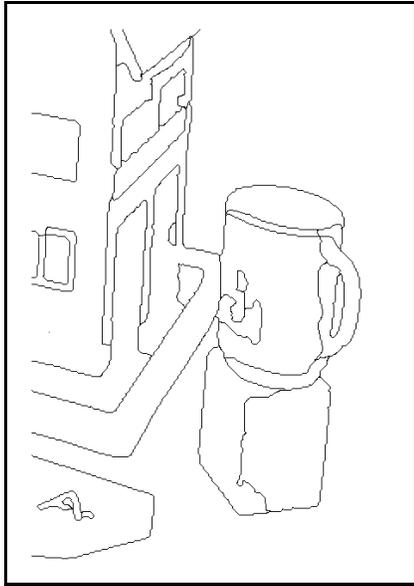
217 Arcs - 15 Ellipses

Maison et Tasse

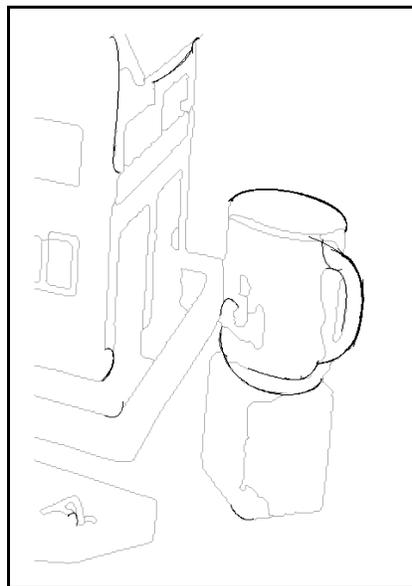
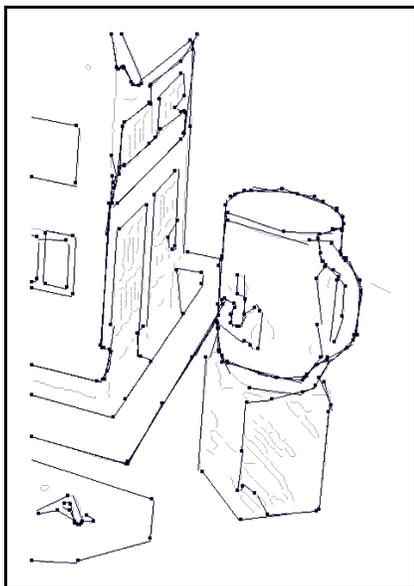


Image originale et Contours - 530 chaines

Maison et Tasse



25 Groupements et 520 Points



237 Segments et 84 Arcs

Detection d'Arcs et d'Ellipses

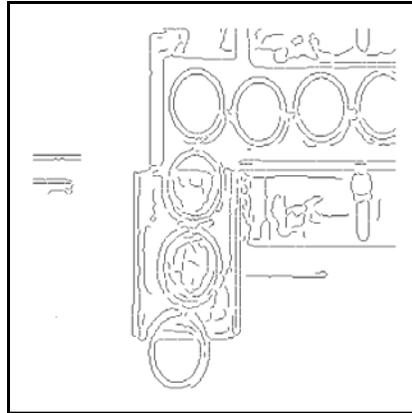
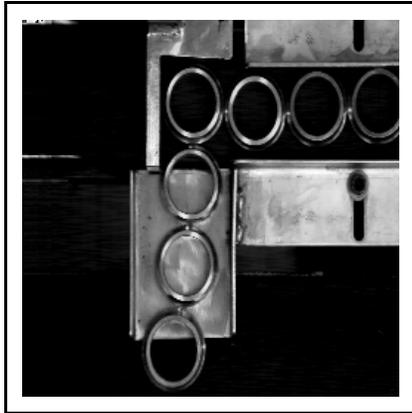
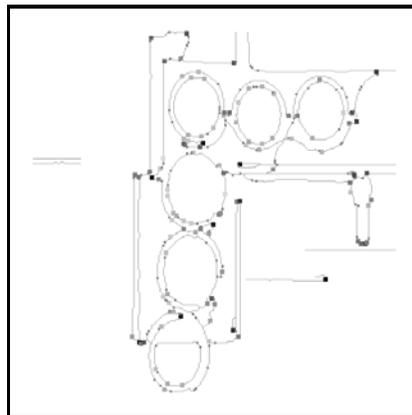
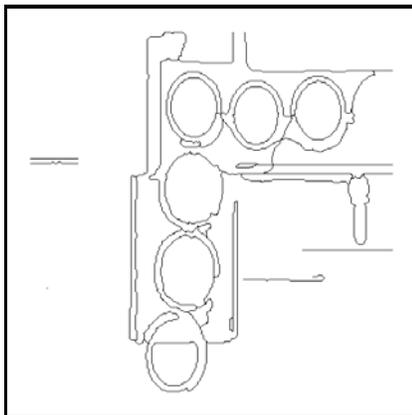
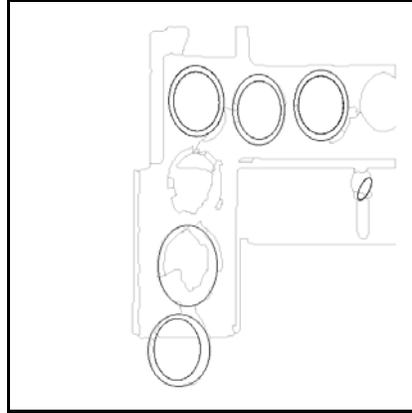
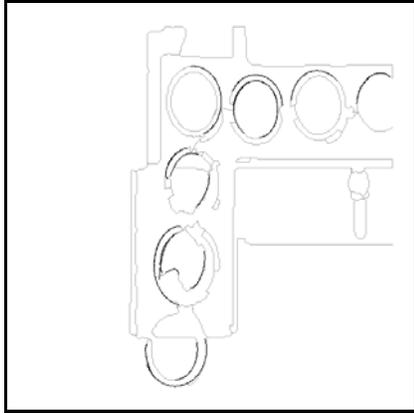


Image originale et Contours - 605 chaines

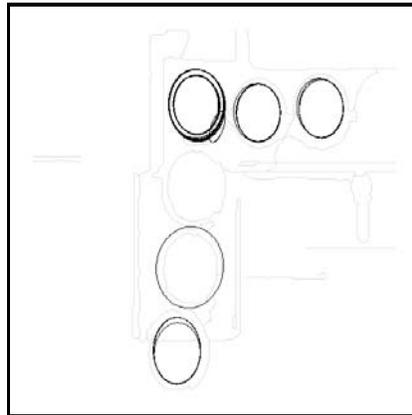
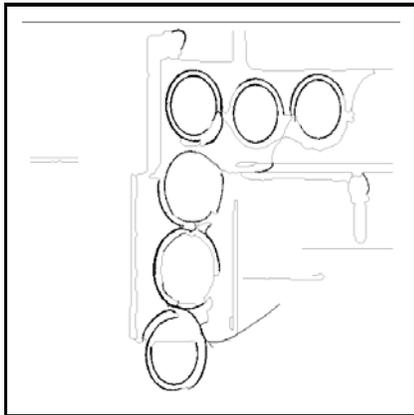


32 Groupements et 490 Points

Detection d'Arcs et d'Ellipses



19 Arcs - 9 Ellipses



200 Arcs - 39 Ellipses

Mise en correspondance

Première application envisagée pour cette description de scène.

Le travail en cours porte sur :

- **Détection et classification de Jonctions**
- **Détection de structures plus complexes**

En particulier, selon des relations de convexité (polygones) et de symétrie.

- **Mise en correspondance**

Sur les segments, jonctions et polygones.

Conclusion

Nous avons présenté une méthode de description de scène selon des primitives géométriques.

- **Groupement Perceptuel Incrémental**

Primitives géométriques détectées d'un point de vue local vers global.

- **Focus d'attention**

Recherche des primitives guidée par une détection efficace de groupements continus.
Complexité combinatoire réduite.

- **Description de scène**

Sous forme d'un graphe de relations entre différentes primitives.

Perspectives

- **Contributions d'autres indices visuels**

Pour réduire les ambiguïtés lors de la vérification des hypothèses (régions notamment).

- **Mise en correspondance**

Pour aider la perception 3D d'une scène (modélisation ou caméra virtuelle).

- **Indexation d'images**

Système de requêtes par schéma d'une image dans une base de données.