

TP2: La méthode de détection et de suivi visuel 'Contours Actifs'

Objectif :

L'objectif de ce TP est de mettre en œuvre la méthode la plus célèbre de détection et de suivi d'objets « **Contours Actifs** » .

Etude théorique

Les contours actifs ou "snakes" sont largement utilisés pour segmenter et suivre des objets. Ils sont créés à partir de modèles élastiques et tirent leur nom de leur capacité à se déformer comme des serpents.

1. Définition

Les contours actifs ou "*Snakes*" sont déterminés par une courbe continue, fermée ou non, avec ou sans extrémité fixe. Ils se déforment à partir d'une position d'initialisation proche de l'objet d'intérêt. Le modèle est soumis à des forces qui le déforment et le déplacent dans l'image. Ces forces sont représentées par deux types d'énergie associés au snake : une énergie propre, due uniquement à la forme du contour, appelée énergie de lissage interne, et une énergie potentielle imposée par l'image, appelée énergie externe. C'est cette dernière qui attire la ligne du snake vers les vrais contours présents sur l'image.

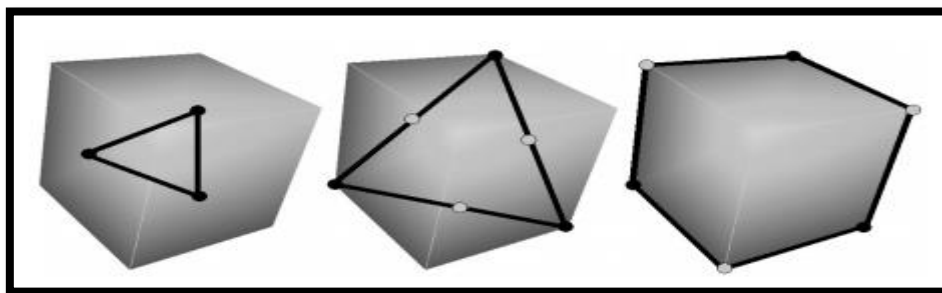


Figure 1 – Le principe de la segmentation par contour actif.

Initialisation du contour, convergence et résultat final.

Cette définition nous permet de dire que les spécifications de ce modèle de contour actif correspondent à un ensemble de critères :

- La position initiale au début de la segmentation doit être déterminée par une courbe ou une forme approuvée. Cette initialisation peut être manuelle ou automatique.
- La déformation du contour est le résultat de l'amélioration de la fonction énergétique associée au contour actif. Le modèle a d'autres limitations sous la forme d'autres types d'énergies.
- La convergence revient à définir la technique de minimisation de la fonctionnelle d'énergie.

2. La formulation classique de l'énergie

Le contour actif $\mathbf{v}$ est généralement déterminé par un ensemble de points de contrôle, par lesquels la courbe continue est interpolée, par les fonctions quadratiques BSplines ou cubiques. Ensuite, l'énergie totale pour un contour actif $\mathbf{v}$ décrit avec une représentation paramétrique $\mathbf{v} = (\mathbf{x}(s), \mathbf{y}(s))$ où s désigne l'abscisse curviligne, peut être écrite comme :

$$E_{\text{tot}}(\mathbf{v}) = \int E_{\text{int}}(\mathbf{v}(s)) + E_{\text{ext}}(\mathbf{v}(s)) ds \quad (1.1)$$

Où les indices inférieurs dans E , représentent les énergies interne et externe, respectivement.

L'énergie interne est généralement définie par :

$$E_{\text{int}}(\mathbf{v}) = \int_0^1 w_1(s) v_s^2 + w_2(s) v_{ss}^2 ds \quad (1.2)$$

Et l'énergie externe par :

$$E_{\text{ext}}(\mathbf{v}) = \int_0^1 P(v(s)) ds \quad (1.3)$$

où les indices inférieurs sur $\mathbf{v}$ dénotent l'ordre de différentiation, $w_1(s)$ et $w_2(s)$ sont des facteurs de poids donnés aux termes d'élasticité et de lissage respectivement, et P est l'intensité du potentiel externe.

3. Les limites du modèle classique

Malgré tous ses avantages, le modèle du snake soulève un certain nombre de problèmes:

- Si la courbe initiale n'est pas proche des contours, ceux-ci ne l'attireront pas (problème d'initialisation).
- Le snake ne peut pas atteindre les régions concaves.
- Le gradient maximal dû au bruit peut arrêter la courbe.
- La limite de la gamme de capture c.-à-d. les forces externes sont rapidement émises même si le snake reste en dehors des limites de l'objet

Le résultat de la segmentation sur une image artificielle est montré par le modèle paramétrique dans la figure suivante :

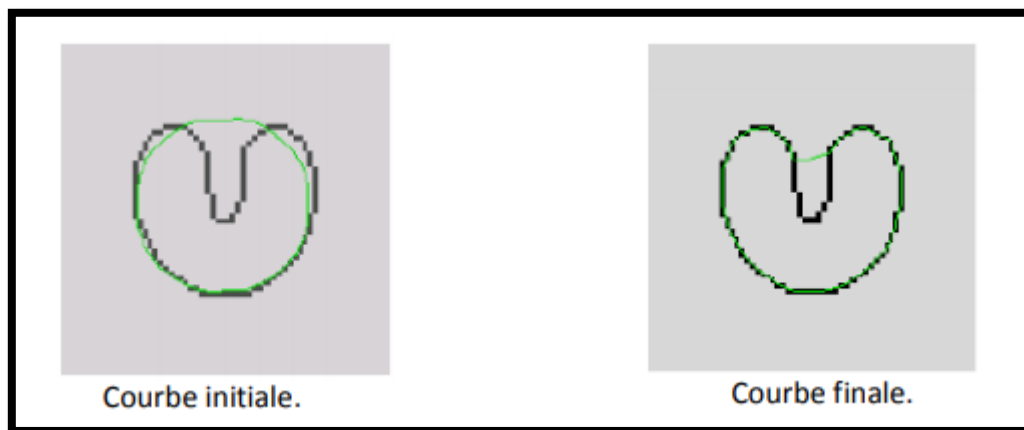


Figure 2 – Le résultat de la segmentation par le snake classique.

4. L'algorithme de minimisation « Greedy »

Afin de réduire l'énergie du contour actif, il convient d'utiliser l'algorithme greedy, comme le suggèrent Williams et Shah, qui a été considéré comme une alternative à l'approche variationnelle.

- Le principe

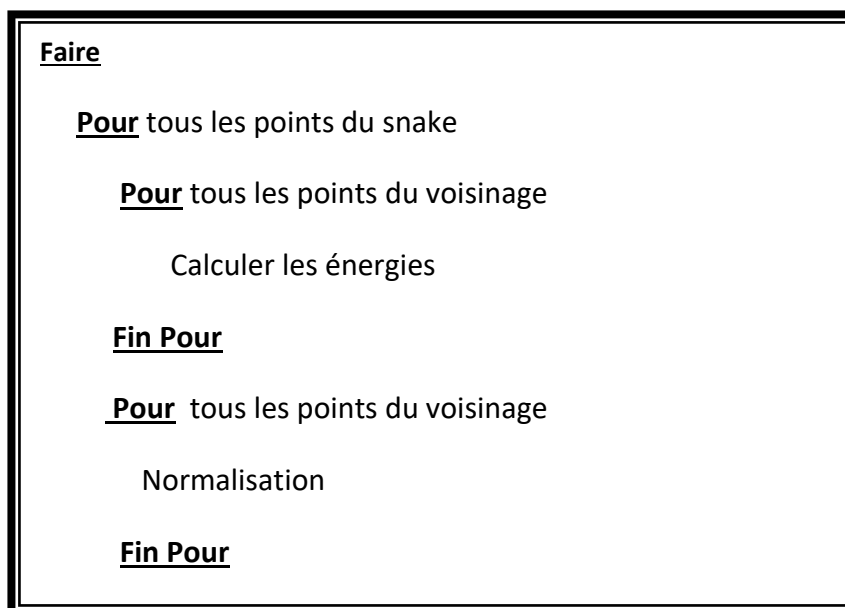
Pour chaque point P_i du serpent, nous choisissons un certain nombre de voisins pour lesquels nous calculons l'énergie ; ensuite, le point se déplace vers le voisin ayant l'énergie minimale. Par conséquent, nous cherchons à obtenir un ensemble de points ayant l'énergie la plus faible.

Il s'agit d'un algorithme répétitif qui déplace un point pour former un nouveau contour actif à chaque itération. Tous les points sont traités consécutivement à chaque itération.

Dans l'algorithme greedy, l'énergie fonctionnelle est une somme de 4 énergies (continuité, courbure, gradient, ballon) normalisées et pondérées chacune par un coefficient (α β μ et δ). Pour déterminer le meilleur jeu de coefficients, un ensemble de paramètres est tiré aléatoirement pour tous les points composant le serpent.

- **L'algorithme**

L'algorithme greedy fonctionne de la manière suivante:



La stabilité des points du serpent est le critère d'arrêt de cet algorithme. Elle est représentée par le pourcentage du nombre de points qui ne bougent pas pendant un certain nombre d'itérations. Une fois le mouvement du serpent arrêté, les contours de l'objet sont généralement détectés dans l'image courante.

✓ **Energie courbure**

Son but est d'éviter de contenir des points isolés incompatibles avec la forme systématique globale de contour. L'énergie $E_{\text{courbure}}(p_i)$ est donc proportionnelle à une expression discrète de la dérivée du second ordre .

L'énergie de courbure est donnée par la formule (1.4) suivante :

$$E_{\text{courbure}}(p_i) = \sqrt{(x_{i-1} - 2x_i + x_{i+1})^2 + (y_{i-1} - 2y_i + y_{i+1})^2} \quad (1.4)$$

✓ Energie de gradient

Elle est estimée sur la base du gradient de Sobel. Il est à noter que d'autres méthodes d'estimation ont été testées pour évaluer cette énergie.

✓ Energie de ballon

La force du ballon a été introduite par Cohen et permet au contour de grandir ou de rétrécir en fonction du signe du coefficient associé à la force. L'énergie d'un voisin $\mathbf{v}_j = \mathbf{t}(\mathbf{x}_v, \mathbf{y}_v)$ du point du snake $\mathbf{P}_i$ est estimée par la formule (1.5) suivante :

$$E_{\text{ballon}} = (X_v - X_c) * (X_v - X_i) + (Y_v - Y_c) * (Y_v - Y_i). \quad (1.5)$$

✓ Energie de continuité

La force de continuité influence le rayon de courbure du contour, amenant les points du contour à se positionner à équidistance les uns des autres. La forme du contour tend alors vers un cercle. L'énergie de continuité est définie par la formule (1.6) suivante:

$$E_{\text{continuité}}(\mathbf{P}_i) = |distance_moyenne - \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}| \quad (1.6)$$

Il est clair que si nous minimisons cette énergie, le point $\mathbf{P}_i$ doit être positionné à une distance égale à **distance_moyenne** du point $\mathbf{P}_{i-1}$.

5. L'initialisation automatique du snake dans l'image suivante

Une fois les contours de l'objet détectés dans la première image, l'étape de suivi de l'objet est lancée dans les images suivantes. Comme le montre la figure 3, le traitement de toutes les autres images est similaire à celui de la première image, à l'exception de l'initialisation manuelle du serpent. Cette initialisation manuelle est remplacée par une initialisation automatique qui utilise les informations obtenues lors des opérations

précédentes. Ainsi, le centre de gravité est calculé à partir du contour actif final de l'image précédente.

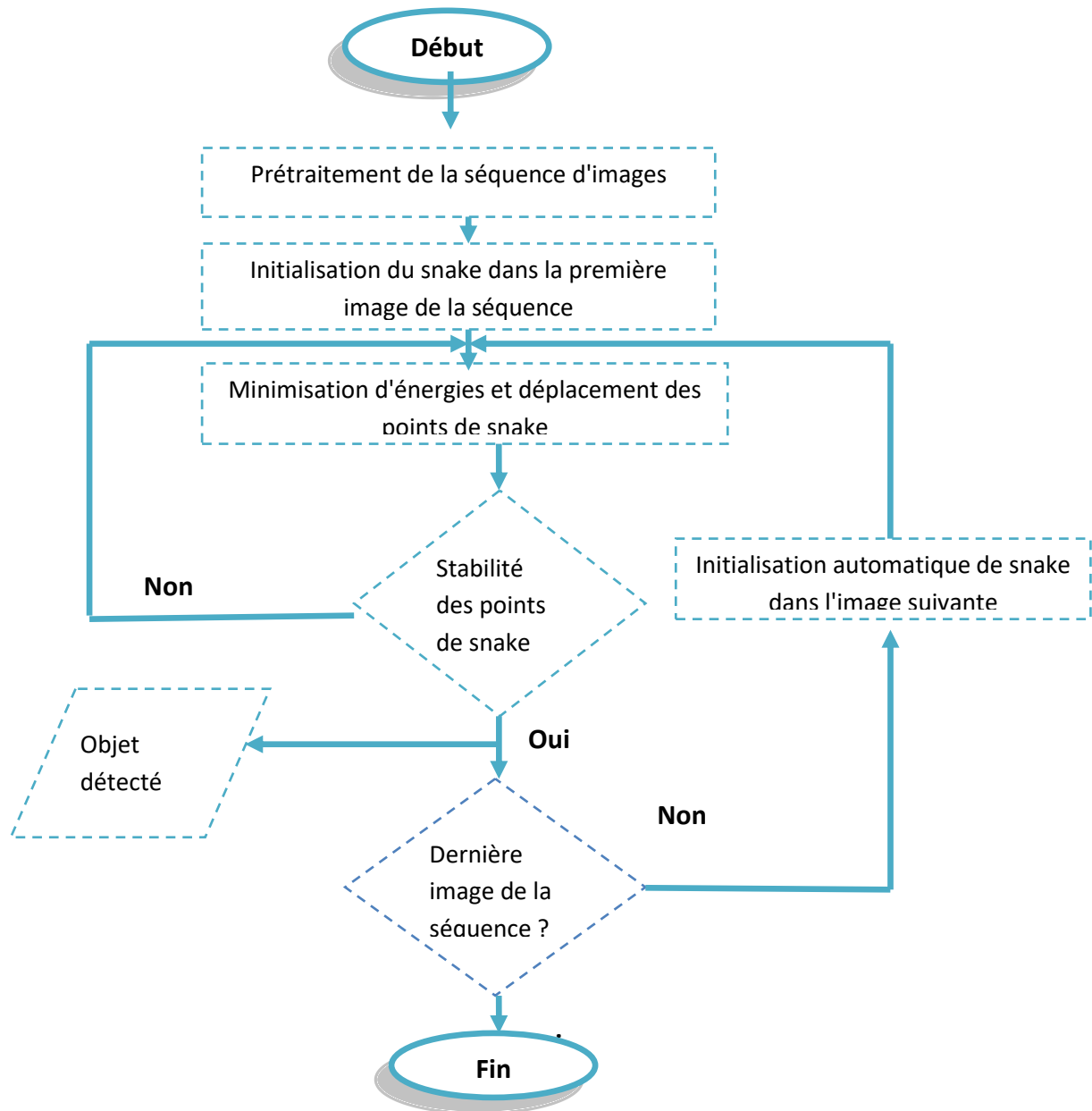


Figure 3 – Les étapes de détection et suivi d'objet.