

Représentation des scènes vidéo par des maillages triangulés

Amal MAHBOUBI

IUT Cherbourg-Manche
LUSAC EA 2607 groupe VAI
Dept. SRC
120, rue de l'exode 50000 Saint-Lô
amal.mahboubi@unicaen.fr

Résumé

Cette étude s'inscrit dans le contexte de la conception de méthodes d'analyse de la vidéo numérique en vue de la représentation de son contenu. Nous pouvons dénombrer plusieurs objets dans une scène vidéo qui se déplacent généralement indépendamment les uns des autres. C'est pourquoi nous avons besoin d'un modèle qui pourra supporter les mouvements non rigides et qui prendra en compte les discontinuités du mouvement aux frontières des objets. Le maillage objet possède des arguments intéressants vis-à-vis de ces deux contraintes. Cet article présente une approche originale de modélisation par maillage triangulaire du contenu des scènes vidéos.. Nous avons développé dans cette étude un maillage triangulé articulé par objet d'intérêt. Cette triangulation s'appuie sur la segmentation spatio-temporelle de la scène afin de résoudre les problèmes liés à l'évolution topologiques des objets vidéos au court du temps. En effet cette représentation conjointe région/maillage permet l'identification des contours et une bonne représentation du mouvement des nœuds.

Mots clefs

Maillage triangulé, suivi temporel du maillage, évolution topologique du maillage.

1 Introduction

Dans cette étude nous nous intéressons à la pertinence d'une représentation conjointe 'région-polygonale'/'maillage-triangulaire' du contenu vidéo. Ainsi la segmentation spatio-temporelle est utilisée pour gérer les problèmes liés aux occultations, en se basant sur l'homogénéité de la luminance et du mouvement alors que le maillage triangulaire est utilisé comme outil de modélisation de cette segmentation spatio-temporelle dans un objectif de codage de type MPEG4. Notons que dans cet article nous nous limitons aux aspects relatifs à la triangulation et supposons que la segmentation spatio-temporelle est déjà disponible. En effet la littérature est riche en méthodes de segmentation spatio-temporelle, il suffit d'en choisir une qui permet l'extraction de ou des

objets d'intérêt et le maintien d'un découpage cohérent de chaque objet en zones à mouvement homogène. L'analyse d'image utilise les maillages aussi bien en tant que modèles de déformations, tels les animations faciales, que comme modèles de représentation. On peut classer les maillages en deux catégories : les *maillages réguliers* et les *maillages irréguliers*. Un maillage régulier présente une structure topologique uniforme issue d'une division régulière, à l'inverse d'un maillage irrégulier sur le même ensemble de points. Dans chacune de ces catégories nous pouvons parler de maillage adaptatif ou non adaptatif. Un maillage est dit adaptatif s'il prend en considération le contenu de l'image : la densité des nœuds est modifiée localement suivant les différentes zones de l'image. Alors que le maillage non adaptatif effectue un partitionnement homogène sur le support indépendamment de la distribution de l'information. Nous avons retenu pour notre étude un maillage irrégulier adaptatif car il épouse la forme de l'objet. Plus précisément nous considérerons le maillage triangulaire irrégulier adaptatif par triangulation de Delaunay [1] articulé par objet. Le standard MPEG4 [2] considère la vidéo comme un ensemble d'objets audiovisuels indépendants, ce qui permet leur manipulation individuelle et leur composition. Ce standard introduit la représentation par maillage triangulé de l'objet d'intérêt VOP¹. Ce concept de « l'objet-maillage » (mesh object) dépeint une entité normalisée, caractérisée par la géométrie (position spatiale des nœuds du maillage) et le mouvement (vecteurs de déplacement nodaux). L'image contiendra un maillage propre à chaque VOP. Ainsi, le maillage se concentre uniquement sur la partie de l'image contenant l'objet. Ceci présente l'avantage d'alléger la géométrie du maillage et procure un meilleur comportement quant à la régularité du mouvement : le maillage ne recouvrant qu'un seul objet, les discontinuités de mouvement seront beaucoup moins nombreuses que dans le cas d'un maillage global.

Cet article est organisé en quatre sections. Dans la section 2, nous passons en revue quelques concepts de

¹ Nous désignerons l'objet d'intérêt par VOP pour Video Object Plane, terme emprunté à MPEG4 et qui désigne la silhouette de l'objet dans la scène animée à l'instant considéré.

triangulation, nous y présentons la construction de notre maillage. Dans la section 3 nous décrivons notre suivi temporel conjoint. En fin, les principaux résultats de notre étude sont présentés dans la section 4.

2 Construction du maillage

La stratégie que nous adoptons dans cette étude consiste à extraire l'objet d'abord et, ensuite, à construire le maillage en s'appuyant sur la géométrie de l'objet afin de profiter de la qualité de la segmentation objet/fond et de pouvoir traiter les problèmes de régularité de maillage par la suite. Avant de décrire le processus de triangulation, il est nécessaire d'introduire quelques notions relatives à la topologie et la géométrie d'un maillage triangulé articulé. Dans cette étude nous ne considérons que la triangulation 2D.

Triangler un ensemble de points A consiste à construire une triangulation T dont les sommets sont les points de A et dont le domaine Ω est l'enveloppe convexe de A [3] tel que :

- **H1** L'ensemble des sommets des éléments de T est exactement A .
 - **H2** $\Omega = \bigcup_{K \in T} K$, où K désigne un triangle.
 - **H3** Tout élément K de T est d'intérieur non vide.
 - **H4** L'intersection des intérieurs de 2 éléments est vide.
- On dit qu'un ensemble de triangles constitue une triangulation conforme de la surface qu'il recouvre si :
- **H5** l'intersection de deux triangles est soit : l'ensemble vide (pas de triangle inclus dans l'autre ou de chevauchement), un sommet, une arête (sur toute sa longueur).

Enfin une triangulation est valide si les conditions H1, H2, H3, H4 et H5 sont vérifiées.

Dans le plan, si le cardinal de l'ensemble des points A est supérieur à trois alors il existe plusieurs possibilités pour trianguler A . Néanmoins toutes ces triangulations ne sont pas intéressantes, c'est pourquoi il est souhaitable d'en avoir une qui soit optimale vis-à-vis d'un certain critère. Ces critères peuvent être purement géométriques ou liés aux données à traiter. Ainsi dans cette étude nous exploitons l'approximation polygonale du contour des objets de la scène vidéo issue de la segmentation polygonale pour construire l'enveloppe convexe du domaine de points à trianguler et il ne nous reste plus qu'à choisir une triangulation 2D optimale géométriquement. Dans cette optique, notre choix s'est posé sur la triangulation de Delaunay qui présente d'attrayants critères géométriques. [4] ont établi que la triangulation de Delaunay est la plus appropriée pour les approximations de surface, car elle produit des triangles aussi équiangulés que possible. La construction du maillage articulé consiste en une construction géométrique du maillage, suivie du calcul du modèle dynamique du flot optique nodal. Nous allons introduire ci-dessous le modèle

à la fois topologique, géométrique et dynamique d'un maillage triangulé articulé.

2.1 Modèle d'un maillage articulé

Soit $S^t = \{R_i^t\}$ la segmentation spatio-temporelle d'un objet à l'instant t . Elle est considérée comme un ensemble connexe de régions polygonales dans une zone limitée du plan-image à l'instant donné t . Le maillage articulé associé à cette segmentation sera défini comme suit.

2.1.1 Modèle géométrique

Soit $S = \{R_i\}$ l'ensemble des domaines polygonaux dans le plan-image. On note $Frontière(R)$ l'ensemble des sommets et des arêtes d'un domaine polygonal R donné. On désigne par $Intérieur(R)$ l'ensemble des points strictement à l'intérieur de R c'est-à-dire : $\{R\} - Frontière(R)$ où le signe '-' désigne la soustraction ensembliste.

Nous supposons que dans le cas général les domaines R ne sont pas simplement connexes, à savoir que le graphe correspondant à $Frontière(R)$ n'est pas connexe. Une de ses composantes connexes correspond à la frontière extérieure du domaine et d'autres à la frontière intérieure encerclant des trous dans un polygone.

Nous supposons systématiquement que pour tout couple (R_i, R_j) $Intérieur(R_i) \cap Intérieur(R_j) = \emptyset$. Ainsi, nous pouvons introduire le maillage propre d'un polygone et l'articulation des maillages :

1. Maillage propre d'un polygone :

Soit R un domaine polygonal avec $N(R) = \{n_k\}_{k=1}^{K_R}$ l'ensemble des sommets du polygone

$Frontière(R)$ et $M(R) = \{m_i\}_{i=1}^{L_R}$ l'ensemble des points à l'intérieur du domaine polygonal R : $M(R) \subset Intérieur(R)$.

Une triangulation de Delaunay contrainte définie sur l'ensemble des nœuds $N(R) \cup M(R)$ sera appelée *maillage propre d'un polygone*.

2. Articulation des maillages :

Soit R_i, R_j deux domaines polygonaux adjacents dans le plan image introduits ci-dessous, tels que $Frontière(R_i) \cap Frontière(R_j) \neq \emptyset$.

Soit Δ_i et Δ_j les 'maillage propre' respectifs de R_i et R_j . Soit N_{ij} l'ensemble des sommets polygonaux communs de $Frontière(R_i)$ et $Frontière(R_j)$, E_{ij} l'ensemble des segments communs entre les sommets N_{ij} .

Notons par $N\Delta_i$ ($N\Delta_j$ respectivement) l'ensemble des nœuds des maillages Δ_i (Δ_j respectivement) et par E_{Δ_i} (E_{Δ_j} respectivement) l'ensemble des arêtes du maillage Δ_i (Δ_j respectivement). Alors les maillages Δ_i, Δ_j sont articulés si :

- $N_{ij} \in N\Delta_i$ et $N_{ij} \in N\Delta_j$; $E_{ij} \in E_{\Delta_i}$ et $E_{ij} \in E_{\Delta_j}$
- et pour tous les nœuds des ensembles $N\Delta_i$ et $N\Delta_j$, aucun n'appartient à l'intérieur des segments E_{ij} .

L'union des maillages propres articulés deux à deux s'appelle le 'maillage articulé' fondé sur la segmentation polygonale. La figure 1 illustre ces définitions. Nous représentons le maillage 'propre d'un polygone' sur la figure 1-a, alors que les divers cas d'articulation sont présentés sur les figures 1-b,c,d.

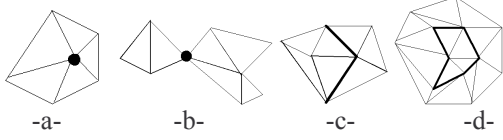


Figure 1 Illustration du maillage articulé. a- maillage 'propre d'un polygone' ; b- articulation par sommet ; c- articulation par frontière extérieur ; d- articulation par frontières intérieurs (trous).

2.1.2 Modèle dynamique du maillage articulé

Soit à l'instant t , $\{R_i^t\}$ l'ensemble des régions polygonales de la segmentation d'un objet et $\{\theta_j^t\}$ l'ensemble des

modèles du mouvement associé à chaque région R_i^t . Le vecteur de déplacement pour tout nœud m_{ie} du maillage à l'intérieur de la région R_i est celui défini par un des modèles $\theta_j^* \in \{\theta_j^t\}$; $\vec{d}m_{ie} = \vec{d}(\theta_j^*)$. Pour un nœud $n_{ie} \in N(R_i)$ situé sur la frontière du domaine polygonal R_i nous considérons l'ensemble des domaines polygonaux $RP = \{R_p\}$ pour lesquels ce nœud est commun ($R_i \in RP$); remarquons que si n_{ik} appartient à la frontière extérieure du domaine $S^t = R_1^t \cup R_2^t \cup \dots \cup R_l^t \cup R_l^t$ (silhouette de l'objet) alors RP ne contient qu'un seul élément R_i . Notons par θ_p^* le modèle du mouvement choisi parmi les modèles $\{\theta_j^t\}_p$. Alors $\vec{d}m_{ie} = \vec{d}(\theta_p^*)$. Remarquons que

l'ensemble $\{\theta_j^t\}_i$ des modèles du mouvement d'une même région R_i^t peut être issu de la hiérarchie des segmentations par exemple. Nous expliquerons les critères de choix d'un modèle pour le calcul du vecteur de déplacement nodal au niveau de la section 2.3.

Après avoir introduit le modèle géométrique, et le modèle dynamique pour un maillage articulé, nous allons exposer la méthode de construction géométrique du maillage fondé sur la segmentation.

2.2 Construction géométrique du maillage

La triangulation est réalisée par l'algorithme géométrique de la triangulation contrainte de Delaunay proposé dans [5]. Cet algorithme commence par construire une première triangulation sur le domaine polygonal de départ délimités par les contours du suivi-temporel polygonal en n'utilisant comme nœuds que les sommets polygonaux existants. Ensuite on procède par insertion des nœuds

intérieurs afin d'assurer dans la mesure du possible la propriété de Delaunay pour chaque triangle. Ces points dits 'points de Steiner' sont insérés de façon récursive en employant l'algorithme de [6] jusqu'à ce que tous les triangles satisfassent la contrainte de qualité géométrique, à savoir des contraintes sur l'angle minimum et le triangle maximum. Une fois le maillage construit, on calcule le modèle dynamique du flot optique nodal en utilisant les travaux de [6].

2.3 Affectation des vecteurs de déplacement nodaux en fonction du modèle de mouvement des régions

Nous allons décrire à présent la le procédé de calcul du vecteur du déplacement nodal et le choix du modèle du mouvement-région associé. L'objectif de la double représentation 'segmentation polygonale'/maillage triangulé' consiste à exploiter la hiérarchie des segmentations afin d'affecter un meilleur mouvement localement (à un ou plusieurs nœuds à l'intérieur d'une région).

La segmentation en régions polygonales utilisée en amont du maillage [7] permet de maintenir un découpage cohérent au cours du temps d'un VOP en zones de mouvement homogène. Ce modèle est hiérarchique : une région d'un VOP est le sommet de la pyramide des régions correspondant à des niveaux de segmentation plus fins. La méthode d'estimation de mouvement par région polygonale repose sur le modèle de mouvement 2D de type affine réduit : $\Theta = (t_x, t_y, k, \theta)^T$. Le vecteur de mouvement de chaque pixel appartenant à une région R donnée s'exprime à l'aide des quatre paramètres t_x, t_y, k et θ par :

$$\begin{cases} dx = t_x + k(x - x_g) - \theta(y - y_g) \\ dy = t_y + \theta(x - x_g) + k(y - y_g) \end{cases}$$

où (x_g, y_g) sont les coordonnées du centre de gravité de la région R, t_x, t_y , les paramètres de translation, k le paramètre de divergence et θ le paramètre de rotation. La méthode d'estimation choisie s'appuie sur la minimisation de l'erreur quadratique de compensation de mouvement par région (DFD). L'optimisation de cette fonctionnelle est effectuée par une méthode de descente de gradient, associée à une méthode de relaxation déterministe. Ainsi chaque région R est défini par :

- Son modèle C (approximation polygonale de son contour) ;
- Son modèle de mouvement (le vecteur Θ) ;
- La qualité de sa compensation de mouvement DFD.
- Sa profondeur relative par rapport au point d'observation et son appartenance ou pas au fond.

Le suivi temporel du maillage se base donc sur le suivi temporel de la segmentation spatio-temporelle. Il permet

d'obtenir le maillage Δ^{t+1} des VOPs de l'image suivante I^{t+1} à partir du maillage Δ^t des VOPs de l'image I^t et de la segmentation S^{t+1} déjà disponible par le suivi temporel polygonal. Ainsi l'affectation du vecteur de mouvement nodal est réalisée selon la distribution géométrique du nœud de la façon suivante :

- Si le nœud se trouve à la frontière entre plusieurs régions polygonales adjacentes. Le vecteur de déplacement du nœud est calculé à partir du modèle de mouvement affine de la région la plus proche de l'observateur. Si la profondeur des régions est identique, on prend alors la moyenne des vecteurs issus des modèles de mouvements de ces régions voisines. Dans ces calculs les régions du fond ne sont pas considérées.
- Si le nœud se trouve à l'intérieur d'une région polygonale. Le vecteur de déplacement du nœud est calculé à partir du modèle de mouvement affine de la région spatio-temporelle qui optimise sa compensation du mouvement. Cette région est puisée dans la hiérarchie des régions sur lesquelles le nœud donné se projète nécessairement à l'intérieur.

Ce maillage triangulé représente l'objet de façon plus fine que la partition région-polygonale. C'est le suivi de la segmentation polygonale qui permet d'assurer l'adéquation du modèle de représentation au contenu variable d'une scène vidéo. Le maillage triangulaire s'appuie sur ce suivi et permet d'obtenir une représentation plus souple et plus fine au sens du mouvement à chaque instant.

3 Suivi temporel conjoint

Le suivi temporel des VOPs dans une séquence vidéo consiste à suivre conjointement les nœuds du maillage triangulé et les segmentations hiérarchiques associées pour chacun d'eux. Ces deux aspects s'articulent de la façon indiquée dans la figure 2. Connaissant la segmentation spatio-temporelle S^t à l'instant courant t et l'image I^{t+1} à l'instant suivant, le suivi temporel orienté-régions consiste à produire la segmentation spatio-temporelle S^{t+1} .

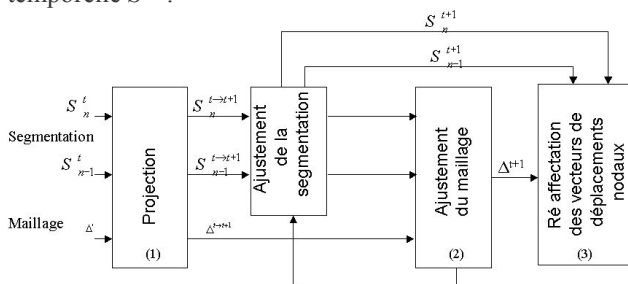


Figure 2 Principe du suivi conjoint

3.1 Cycle de vie d'un maillage

Le cycle de vie du maillage est schématisé en deux phases : 'Initialisation' et 'Suivi'. La phase d'initialisation s'appuie sur la segmentation pour la construction du maillage. Soulignons ici le lien entre le maillage d'un objet et la sémantique de la segmentation. Grâce aux techniques de gestion automatique du contenu que nous avons proposées dans [7], toutes les régions de la segmentation sont catégorisées en tant que *Fond* (fond de la scène), *Forme* (objet) et *Indéfini*. Ces dernières (*Indéfini*) se situent souvent sur les frontières des objets et peuvent comporter des parties des objets. C'est pourquoi nous triangulons systématiquement non seulement les régions de la classe *Forme*, mais également celles de la classe *Indéfini*. La deuxième phase du cycle de vie représente le suivi du maillage qui s'appuie sur la segmentation S^{t+1} disponible. Cette phase comporte des étapes typiques pour le suivi à savoir :

- prédiction ou projection du maillage sur I^{t+1}
- ajustement et ré-estimation du mouvement ou, dans notre cas, calcul du flot optique nodal en fonction des modèles du mouvement des régions sous-jacentes.

3.2 Suivi temporel en avant du maillage

Afin d'aboutir au modèle global du maillage (géométrique et dynamique), [6] propose une méthode d'affectation du vecteur de déplacement nodal en fonction du modèle du mouvement de la région sous-jacente. Dans cette étude nous avons approfondi cette approche et proposons une stratégie optimale d'affectation que nous exposons ci-dessous :

Nous cherchons à calculer ces vecteurs de déplacement *en avant* à partir des informations du mouvement et des images disponibles. Pour cela nous projetons le maillage dans le sens du temps et ajustons la position géométrique des nœuds. La somme des mouvements de la projection et de l'ajustement représente le vecteur du déplacement en avant, et permet de reconstruire les nœuds du maillage Δ^{t+1} à partir des nœuds de Δ^t .

- Projection du maillage : la projection consiste à calculer le vecteur $\vec{d}_i^{t \rightarrow t+1} = -\vec{d}_i^t$, où \vec{d}_i^t est le vecteur du déplacement nodal affecté à partir du modèle du mouvement de la région sous-jacente. Ainsi les coordonnées $(x^{t+1/t}, y^{t+1/t})$ d'un nœud projeté de l'instant

$$t \text{ à } t+1 \text{ seront } \begin{cases} x^{t+1/t} = x^t + d_x^{t \rightarrow t+1}(x^t, y^t) \\ y^{t+1/t} = y^t + d_y^{t \rightarrow t+1}(x^t, y^t) \end{cases} \text{ où } (x^t, y^t) \text{ sont les}$$

coordonnées du même nœud à l'instant t ; (d_x, d_y) sont les coordonnées du vecteur de déplacement.

- Ajustement géométrique du maillage : le procédé d'ajustement du maillage s'appuie sur l'ajustement de la segmentation spatio-temporelle en régions polygonales qui tient compte à la fois des informations spatiales et

dynamiques de la scène. C'est pourquoi dans l'ajustement du maillage triangulé, nous accordons une confiance absolue aux frontières de la segmentation polygonale « ajustée ». L'ajustement du maillage en est donc simplifié et réalisé de manière purement géométrique par rapport aux contours de la segmentation spatio-temporelle. Il consiste à déplacer le nœud projeté pour correspondre au mieux aux contours réels présents dans le VOP (contours extérieurs et intérieurs). Cet ajustement s'appuie actuellement sur la segmentation à l'instant $t+1$ (disponible au codeur). Chaque nœud du bord extérieur d'une région dans un VOP subit un mouvement contraint dans une fenêtre de taille limitée ($11*11$ pixels) et se déplace sur le bord de la région du niveau supérieur de la segmentation. Les nœuds de Steiner sont ajustés vis à vis des bords des régions des niveaux inférieurs de la segmentation quand cela est possible (contrainte de déplacement). Ainsi le vecteur de déplacement en avant est donné par :

$$\vec{d}_i^{t+} = \vec{d}_i^{t \rightarrow t+1} + \vec{a}_i^{t+1}$$

où \vec{a}_i^{t+1} est le déplacement dû à l'ajustement sur le bord.

3.3 Evolution de la topologie

Le suivi en avant proposé permet donc non seulement d'ajuster le maillage par rapport à l'évolution de l'objet sous-jacent, mais aussi de fournir les vecteurs de déplacements nodaux nécessaires pour le codage des objets (triangulation) avec le mouvement en avant. Néanmoins l'ajustement géométrique seul s'avère insuffisant si la segmentation a subi des variations de topologie. Celles-ci sont dues à la complexité des mouvements articulés, à l'apparition de nouveaux objets, aux auto-occultations des objets. Afin de pouvoir décrire l'adaptation du maillage à ces situations complexes, nous allons aborder les questions relatives à l'évolution de la topologie des segmentations et des maillages. A cet effet nous définissons la notion de région topologiquement invariable (resp. variable) comme suit :

- Région topologiquement invariable (notée TI). Une région R_i est dite TI à l'instant $t+1$ si elle vérifie les deux conditions suivantes : *i*) elle existait à l'instant précédant t , *ii*) elle ne connaît pas de bouleversement topologique à l'instant $t+1$, autrement dit aucun trou n'apparaît à cet instant ou ne disparaît (typiquement un trou est une région dans la région).
- Région topologiquement variable (notée TVAR). Une région R_i est dite TVAR à l'instant $t+1$ si à l'inverse d'une région TI, elle ne connaît pas de bouleversement topologique à l'instant $t+1$.

La figure 3 illustre quelques exemples de régions topologiquement variables. Dans la figure 3-a, la région est de type TVAR car un trou y apparaît à $t+1$. Dans la figure 3-b, elle est de type TVAR du fait qu'un trou

existant à t a disparu à $t+1$. Enfin dans la figure 3-c la région est de type TI car elle s'est juste déformée (évolution cohérente).

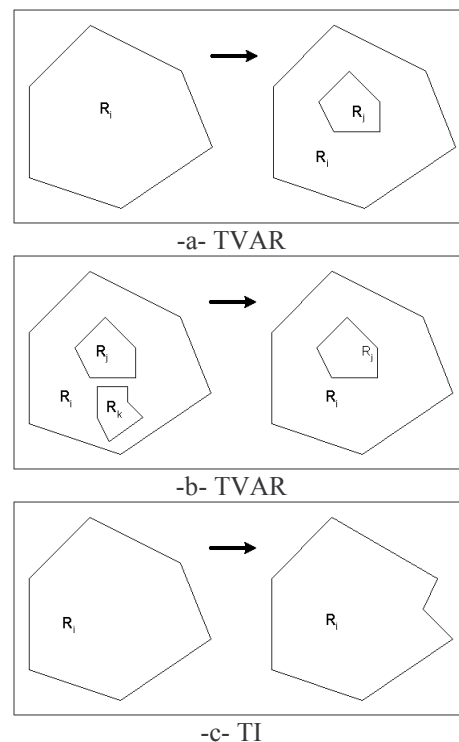


Figure 3 Exemple d'évolution de régions

3.4 Suivi temporel avec topologie variable

Le suivi avec topologie variable consiste à trianguler les VOPs de la première image et à les suivre au cours du temps jusqu'à ce que leurs régions deviennent topologiquement variables. La triangulation des régions TI d'une image à l'autre est suivie car le maillage associé à la région TI ne change ni en nombre de nœuds, ni la connexité. Notons qu'ici nous ne traitons pas le problème d'aplatissement des triangles et de la disposition des nœuds en conséquence. Quant aux régions de topologie variable TVAR, la variation de leur topologie signifie une apparition ou disparition des trous et exigerait un remaniement fort du maillage associé. Cela est une tâche complexe compte tenu de la variété des configurations topologiques possibles. Aussi pour simplifier, nous proposons de re-trianguler les régions TVAR comme s'il s'agissait de nouvelles régions, apparues entre des instants consécutifs. Le sur coût de codage dû à cette retriangulation est justifié par la qualité subjective de la scène décodée. Les régions nouvelles, inexistantes dans le passé sont évidemment triangulées et leur flot optique nodal est calculé en mode intra-image. Ainsi le maillage est construit en fonction des modifications de la segmentation, puis affiné localement de façon

hiérarchique. Dès qu'une région R_i est de type TI à l'instant t , son maillage $\Delta^{t-1}(R_i)$ est projeté à l'instant t , donnant lieu à $\Delta^t(R_i)$. Pour une région R_j de type TVAR à l'instant t , son maillage $\Delta^t(R_j)$ est reconstruit géométriquement comme s'il s'agissait d'une nouvelle région apparue à cet instant. Nous pouvons observer sur la figure 4 le suivi de VOPs avec topologie variable de $t=5$ à $t=27$ de la séquence 'Children'. Nous y observons la projection du maillage des régions TI et la triangulation des régions TVAR. Par exemple, le maillage associé au ballon est retriangulé à $t=25$. Le maillage géométrique coïncide avec les contours simplifiés de la segmentation spatio-temporelle polygonale. Le mouvement assigné aux sommets des triangles permet un raffinement supplémentaire de notre représentation. L'articulation du maillage permet de limiter la re-triangulation aux seules régions TVAR à l'intérieur d'un VOP comme aux instants de détachement du ballon.

4 Conclusions et perspectives

Dans cette étude nous nous intéressons à l'apport de l'association des maillages à la segmentation dans un procédé de suivi temporel. La segmentation spatio-temporelle est utilisée pour gérer les problèmes liés aux occultations, alors que le maillage est utilisé comme support pour la représentation du mouvement. Par construction, l'association de vecteurs de déplacement à chaque nœud du maillage permet l'interpolation immédiate du mouvement localement par rapport à un seul modèle par région. Le maillage utilisé est un maillage objet irrégulier et hiérarchique. Les contours de la segmentation spatio-temporelle polygonale permettent la construction de la triangulation de Delaunay contrainte. La hiérarchie de la segmentation est utilisée pour corriger localement les mailles et ainsi s'affranchir des phénomènes de dégénérescence. Du fait de cette architecture, la zone d'influence de la correction (effectuée pour adapter la maille au contenu) ne concerne que la région mise en défaut. Il n'est pas nécessaire de chercher à découper les mailles des régions voisines afin de préserver la conformité du maillage. Nous obtenons ainsi des mailles emboîtées adaptées au contenu et conformes. La méthode présentée (la représentation conjointe région/maillage) s'affranchit de toute connaissance a priori sur le contenu ce qui représente un atout pour le codage des objets génériques articulés. Cependant nous sommes loin d'avoir exploré l'ensemble des problèmes liés au suivi du maillage tels que l'aplatissement des triangles lors du suivi ou l'adaptation du maillage aux déformations fortes aux frontières de la segmentation. Ces questions seraient à explorer dans des travaux futurs.

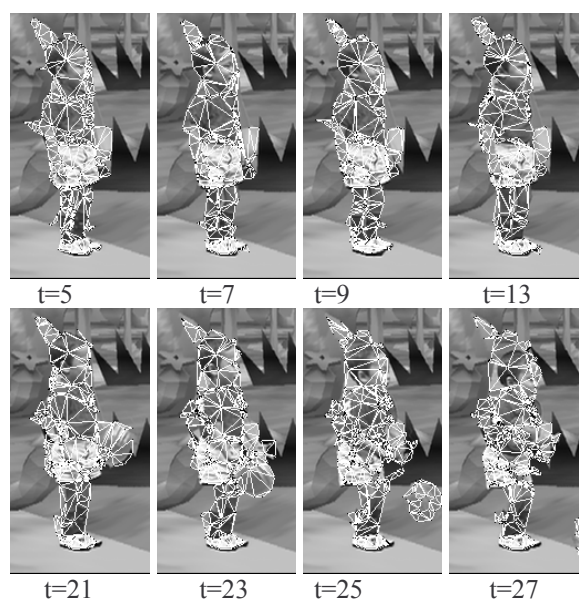


Figure 4 Suivi d'un VOP -topologie variable

Références

- [1] B. Delaunay, "Sur la sphère vide.", Bulg. Acad. Sci. URSS Class. Sci. Nat. 7, pp. 793-800 (1934)
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N2202. Information technology-Coding of audio-visual objects: Visual. ISO/IEC 14496-2 Committee Draft (MPEG4: Visual). Tokyo, March 1998.
- [3] P.L. George & H. Borouchaki, «Triangulation de Delaunay et maillage. applications aux éléments finis», Editions Hermès, Paris 1997.
- [4] I. Babuzka, A.K. Aziz, "On the Angle Condition in the Finite Element Method", SIAM Journal on Numerical Analysis, vol. 13, no2, p. 214-226, 1976.
- [5] J.R. Shewchuk, "Delaunay Refinement Mesh Generation", Ph.D. thesis, Technical Report CMU-CS-97-137, School of Computer Science, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania, May 1997.
- [6] J. Benois-Pineau, H. Hornegger, D. Barba, "Representation of hierarchical VOPs in video sequences by semi-Delaunay adapted meshes." *VLBV'98*, Urbana, IL, pp. 117-120, Oct 8-9 1998.
- [7] A. Mahboubi, J. Benois-Pineau, D. Barba "Tracking of Objects in Video Scenes with Time Varying Content", *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, 'Special issue on Image Analysis for Multimedia Interactive Services -Part II', Volume 2002 Number 6 on June 2002, pp.582-594.