HAL
open science

Modélisation de vignes à partir d'une séquence d'images

Jérôme Guénard, Charlotte Giron, Géraldine Morin, Pierre Gurdjos, Frédéric Boudon, Vincent Charvillat

To cite this version:

Jérôme Guénard, Charlotte Giron, Géraldine Morin, Pierre Gurdjos, Frédéric Boudon, et al.. Modélisation de vignes à partir d'une séquence d'images. 23èmes journées de l'Association Francophone d'Informatique Graphique, 2010, Dijon, France. hal-00831787

HAL Id: hal-00831787

https://inria.hal.science/hal-00831787v1

Submitted on 7 Jun 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

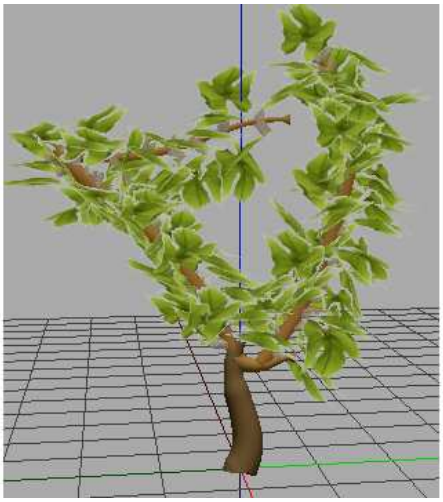
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AFIG 2010 / Dijon
LE2I Presse

Modélisation de vignes à partir d'une séquence d'images

Jérôme Guénard [1] Charlotte Giron[1] Géraldine Morin[1] Pierre Gurdjos[1] Frédéric Boudon[2] Vincent Charvillat[1]

[1]Université de Toulouse, IRIT [2]Cirad, Montpellier



Résumé
Cet article présente des travaux sur la modélisation de plantes à géométries fortement contraintes à partir d'images. A partir de séquences d'images acquises dans un vignoble, nous instancions un modèle paramétré des parcelles, des rangs, et des pieds de vignes. Le modèle est déduit des connaissances a priori ; à partir des images, des paramètres sont extraits. Ces paramètres sont ensuite fournis au modèle qui génère une représentation de la plante, du rang ou de la parcelle filmée.

Mots-clés : modélisation de plantes, modélisation à partir d'images, modèles avec a priori

1. Introduction

Ce travail s'inscrit dans l'étude de la productivité des vignobles (cf. §6). Le but est de modéliser des parcelles de vignes, de façon à pouvoir étudier l'évolution et le rendement d'une parcelle. Pour cela, une modélisation fidèle est nécessaire. Contrairement aux travaux précédents qui cherchent à avoir des modèles photoréalistes, nous souhaitons un modèle qui puisse être étudié pour ces propriétés biologiques.

2. Etat de l'art

La géométrie particulière des plantes a suscité de nombreux travaux proposant des modèles particuliers, souvent adaptés à certaines applications précises [DL05], [BMG06]. Le formalisme de génération des L-systèmes [PL90], particulièrement populaire dans la communauté de l'informatique graphique, est capable de simuler la croissance de la plante à partir d'un langage formel et interprète les symboles des chaines obtenues comme des éléments géométriques.

Le modèle proposé ici est basé sur une telle approche. Néanmoins, nous souhaitons ici modéliser une plante dont les propriétés géométriques sont définies par des propriétés biologiques ou contraintes par une action humaine (par exemple contraintes de forme par la taille ou au palissage).

Les premiers travaux sur lesquels nous nous sommes basés utilisent les caractéristiques géométriques spécifiques à une ou plusieurs espèces de plantes. Ainsi, il est possible de simuler le développement de plantes en fonction de leur en-

© Laboratoire Electronique Informatique Image 2010.

vironnement [PHL*09]. Cependant, un modèle ainsi généré ne correspond pas à un plante réellement existante.

D'autres travaux modélisent des plantes à partir d'images. Dans [TFX*08] et [ZZZ06], le modèle est généré à partir d'une seule image. Dans ces deux approches, un contour de la plante dans l'image est défini interactivement afin d'en extraire un squelette. Une représentation 3D est alors déduite puis le feuillage ajouté. Les travaux récents de Quan et al. utilisent plusieurs images pour reconstruire un modèle 3D d'arbres ou de plantes [QTZ*06], [QWTY07]. Le modèle généré, basé sur des cylindres généralisés, et un feuillage à partir d'un modèle de feuille choisi interactivement. Cependant, ils cherchent à minimiser l'intervention de l'utilisateur. Dans [RMMD04], une reconstruction à partir de plusieurs images est aussi proposée ; cette fois ci un modèle de densité volumique est inféré. Ces travaux utilisent la redondance et les propriétés d'auto-similarité d'une plante pour reconstruire les parties occultées en les supposant ressemblantes aux parties visibles. Dans [NFD07], un volume de la plante est construit à partir de l'analyse d'image et remplit de particules dont les chemins sont utilisés comme forme de branches. A noter, que l'utilisateur donne dans ce cas, quelques segments de droites qui spécifient les branches principales pour guider les particules. Tous ces travaux nécessitent une intervention humaine lors du traitement, que ce soit pour la segmentation, la création de modèles notamment de feuilles ou encore l'amélioration du rendu final. Dans notre approche, nous bénéficions d'a priori très forts sur le modèle à reconstruire, et espérons ainsi ne pas avoir d'intervention pour l'analyse des images. Ainsi, l'intervention humaine ne sera limité à la création du modèle paramétrique : cette étape consiste à choisir les bons *paramètres de synthèse* qui permettent de définir la plante et donc de créer le modèle.

Dans cet article, nous nous intéresserons plus particulièrement à la modélisation de pieds de vigne. En effet, ceux-ci sont plantés artificiellement et respectent donc tous certaines contraintes de croissance, de forme ou encore de taille et de palissage. Il s'agira ensuite, grâce au traitement d'une ou de plusieurs images, d'extraire certains *paramètres d'analyse*. Ceux-ci seront ensuite transformés en *paramètres de synthèse* qui viendront nourrir le modèle construit au préalable.

La première partie de cet article parlera de la modélisation de la vigne, à différentes échelles. La particularité de notre travail est de modéliser une plante dont les propriétés de la géométrie sont fortement contraintes par des règles de conduites agricoles très précises. L'espacement entre pieds, la position des branches principales sont réglés de manière précise. D'autre part, nous disposons également d'images (fixes ou séquentielles) d'une plante ou d'un rang à modéliser. Le paragraphe 4 détaillera le traitement des images qui aura pour but de déterminer les paramètres d'analyse. Nous verrons alors comment il est possible de transformer ces paramètres en paramètres de synthèse et, dans le cas où le traitement n'est pas suffisant, comment il est néanmoins possible d'obtenir une bonne modélisation de la plante. Notre travail s'inscrit dans une étude de l'exploitation des vignes et a donc pour but de générer des modèles non seulement photo-réalistes, mais aussi suffisamment ressemblant biologiquement pour que des propriétés des plantes virtuelles créées ou à plus grande échelle, de la parcelle virtuelle, soit caractéristiques de celles de la parcelle réelle. Une dernière partie traitera de l'évaluation et de la formalisation du traitement des connaissances préalables.

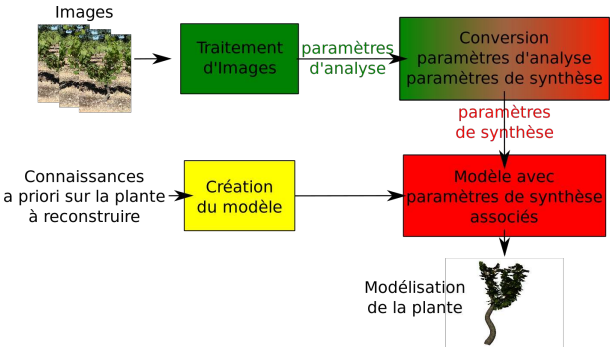


Figure 1: *Création dun modèle réaliste à partir de connaissances et d'images*

3. Modèle de plante multi-échelle pour les vignes taillées

Dans cette étude, nous souhaitons modéliser les plantes pour pouvoir dégager de nos modèles des propriétés biologiques permettant d'améliorer l'exploitation vinicole des vignes. Au niveau de la plante, le modèle choisi est un modèle basé sur les L-systèmes implémenté dans le modeleur L-Py [BCPG10]. Ce modeleur utilise des constructions de réécriture des L-systems et le languages Python. La spécificité de la culture du raisin permet d'avoir des hypothèses fortes quant àla forme de la vigne. En effet, la taille est fortement contrainte. A partir du pied de vigne, une branche principale est gardée, émanant d'un coté de ce pied ; cette branche principale porte les rameaux, eux même fixés à un palissage plan. Pour le modèle, nous avons donc choisi pour la forme des branches de les caractériser par une hauteur, une largeur, une orientation et un paramètre dit d'oscillation mesurant l'oscillation de cette branche. Cette modélisation permet de limiter le nombre de paramètres par rapport à un modèle plus classique basé sur des courbes à pôles. Pour les courbes à pôles, Bézier ou splines, chaque point nécessite au moins deux coordonnées, et le nombre de points croît avec le nombre d'oscillations de la courbe. Le pied de vigne est supposé de direction verticale, et donc caractérisé par seulement trois paramètres. A chaque branche est aussi associé un rayon définissant la section du cylindre généralisé. Le coté de la branche principale par rapport au pied est aussi un paramètre du modèle. La branche principale est définie par des caractéristiques similaires, auxquelles s'ajoute

© LE2I 2010.

une orientation. Sur cette branche principale, généralement à tendance horizontale, un certain nombre de rameaux verticaux sont positionnés. Pour ces rameaux, nous proposons un modèle par morceaux, défini la une suite de segments connectés (deux paramètres pour chaque segment, longueur et orientation). Pour le feuillage, une densité le long des rameaux est donnée, et les feuilles sont générées sur des sous-branches du modèle. L'ensemble des rameaux et leur feuillage peut être contraint dans un volume. Pour cela, les techniques d'élagage virtuel [PJM94] ou de *branch mapping* [PMKL01] peuvent être utilisées (nous utilisons un simple élagage dans notre cas). Les connaissances à priori sont donc "codées en dur" dans le modèle. Nous envisageons de pouvoir utiliser automatiquement ces informations grâce à un travail de formalisation.

Outre le modèle de plante considéré, nous souhaitons reconstruire un ensemble de pieds de vigne sur une parcelle. Les pieds de vignes sont régulièrement espacés sur un rang, et les différents rangs à une distance constante les uns des autres sur cette parcelle. Ces paramètres peuvent être, et ont été dans le cadre de notre projet, directement extraits d'images aériennes.

4. Instanciation du modèle à partir d'images

Nous abordons ici le problème de l'instanciation du modèle de la plante défini dans la section 3, à partir d'images : cela consiste à estimer, connaissant le modèle générique, les valeurs de paramètres de synthèse qui créent une instance de celui-ci.

Dans notre cas, à l'échelle de la plante, les paramètres de synthèse correspondent par exemple à la forme des pieds de vigne ou à la densité foliaire. A une plus grande échelle (échelle du rang ou de la parcelle), ces paramètres sont le nombre de rangées, les distances inter-rangées, les pieds manquants et éventuellement une certaine densité du feuillage.

Le modèle de caméra utilisé lors de nos expérimentations est le modèle sténopé tel qu'il est décrit dans [HZ00]. Le mouvement de la caméra est un mouvement linéaire avec la même orientation durant toute la séquence. Il s'agit donc d'une translation pure, parallèle au plan contenant l'ensemble des branchages des pieds de vigne et au sol. La caméra est supposée calibrée, c'est-à-dire que la matrice de calibrage $\mathtt{K}$ (homogène, d'ordre 3), permettant de passer du repère 2D du CCD au repère pixélique de l'image matricielle, est connue.

Nous commencerons par détailler une méthode de segmentation permettant de retrouver la forme de la plante. Puis nous chercherons à déterminer dans l'image, les "contours" d'un parallélépipède rectangle qui correspondra à une zone dans laquelle se trouvent toutes les branches du pied de vigne (Figure 5, page 4). Cette étape nous permettra de rectifier métriquement l'image pour avoir la forme de la plante dans une vue de face "virtuelle". Nous pourrons également retrouver la pose de la caméra, c'est-à-dire sa position par rapport au pied de vigne modélisé.

4.1. Segmentation de la forme du pied

La première étape consiste à séparer les pixels correspondant aux feuilles du pied à modéliser à ceux du ciel et du sol, mais également à ceux du feuillage des pieds de vigne situés sur les rangs de derrière.

La segmentation des feuilles par rapport au sol et au ciel est effectuée par une simple approche bayésienne utilisant les couleurs (r,g,b) comme variables (Figure 2, page 3). Cependant, une telle approche ne suffit pas à identifier les feuilles correspondant aux rangées suivantes.

Figure 2: *Segmentation en quatre classes (à gauche l'image originale, à droite l'image segmentée). Le ciel est représenté en violet, le sol en jaune, le feuillage en vert. Seuls les pieds et les ombres portées au sol ont gardé leurs couleurs d'origine.*

Pour palier à ce problème, nous procédons à un suivi de points d'intérêts que nous détaillerons plus tard. Nous utilisons les trajectoires dans la séquence d'image ainsi que les hyothèses sur le mouvement de la caméra. En effet, celui-ci est une translation, ce qui implique que les points 3D les plus proches de la caméra se déplaceront plus vite dans les images. A l'inverse, les points les plus éloignés, correspondant aux rangées suivantes, se déplaceront moins vite dans les images (Figure 3, page 4).

En combinant ces deux méthodes, on arrive à obtenir une segmentation satisfaisante donnant la forme de la plante et sa densité de feuilles.

© LE2I 2010.

Figure 3: *Identification des points trackés selon leur profondeur par rapport à la caméra. Les points correspondant à des points éloignés de la caméra sont représentés en bleu roi et en rouge alors que les points proches de la caméra sont en cyan.*

4.2. Calcul des parallélépipèdes englobants

L'approche utilisée est la suivante : nous calculons, dans chaque image, la projection d'un parallélépipède rectangle (virtuel) orienté dans le sens du mouvement de la caméra.

La première étape consiste à suivre des points d'intérêt dans une séquence d'images [TK91]. Au bout de n images, nous aurons les positions de plusieurs points appariés dans les deux images extrêmes I_1 et I_n. Ceci va permettre le calcul de la géométrie épipolaire [HZ00]. L'épipole $\mathbf{e}$ de l'image I_n (projection du centre de la caméra en position initiale dans la $n$ième image) correspondra alors au point de fuite $\mathbf{p_1}$ associé à la direction de translation de la caméra. En supposant que la caméra n'est pas inclinée, la ligne de fuite $\mathbf{l_f}$ correspondant au plan des branchages a alors pour équation $\mathbf{y} = v$ où $\mathbf{p_1} = (u, v, 1)^T$. Pour connaître le point de fuite $\mathbf{p_2}$ correspondant à l'ensemble des droites perpendiculaires au plan des branchages, il suffit de calculer [HZ00] :

$$\mathbf{p_2} = \omega^* \mathbf{l_f}$$

où $\omega^* = \mathtt{KK}^T$.

Toute la structure des parallélépipèdes est maintenant

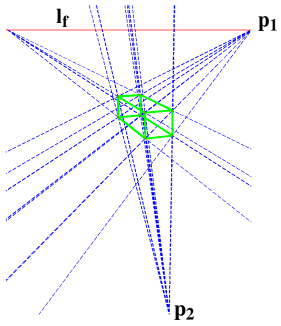


Figure 4: *Points de fuite et ligne de fuite de l'image d'un parallélépipède.*

connue en 2D (Figure 4, page 4). Il s'agit maintenant de passer en 3D. Pour cela, on utilise la méthode détaillée dans [WSB02].

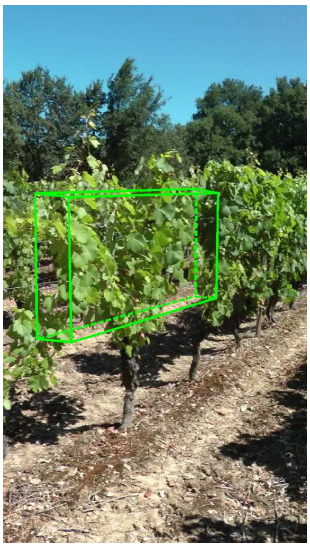


Figure 5: *Parallélépipède englobant.*

4.3. Rectification métrique de l'image

L'analyse des paramètres doit être réalisé dans une vue parallèle au plan des pieds. En effet, étant donné que l'on suppose l'ensemble des branchages dans un même plan, la rectification métrique de l'image facilitera le calcul de la position des branches dans un repère orthonormé de l'image. Le calcul des points de fuite expliqué dans le paragraphe précédent permet de calculer l'homgraphie faisant passer du plan contenant les branchages au plan de l'image [HZ00, p205]

© LE2I 2010.

(Figure 6, page 5). Cette homographie, notée H, est calculée par SVD à partir de l'équation :

$$[\mathbf{l_f}]_\wedge \omega [\mathbf{l_f}]_\wedge \sim \mathtt{H} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \mathtt{H}^T$$

où ω est l'inverse de ω^*, $\sim$ signifie égal à un facteur près et $[.]_\wedge$ désigne le produit antisymétrique [HZ00].

Figure 6: *Rectification métrique de l'image. A gauche, l'image originale, à droite l'image rectifiée.*

4.4. Calcul des paramètres des branches

Une fois la segmentation effectuée et la rectification faite, nous pouvons détecter les branches. Pour le moment, ce calcul s'effectue semi-automatiquement. L'utilisateur décrit de façon minimaliste les directions et les longueurs qui définissent au mieux les directions et les longueurs des branches (Figure 7, page 5).

La densité foliaire est fonction de la distance des segments trouvés aux bords de la segmentation.

4.5. Parties cachées et aléatoire

Certains paramètres du modèle ne sont pas complètement déterministes. En particulier, la génération des feuilles se fait à partir d'une densité foliaire déduite de l'image qui sert dans le modèle de densité de probabilité le long de la branche. Des sous-branches portant des feuilles sont générées aléatoirement suivant cette densité.

De plus, l'extraction des paramètres d'analyse ne suffit pas pour déterminer tous les paramètres de synthèse du modèle. En effet, cette extraction dépend d'une part de la qualité des images et de la robustesse des algorithmes utilisés mais également du fait que certaines parties de la plante sont cachées. De ce fait, le modèle doit être capable de compléter les paramètres de synthèse de façon cohérente pour obtenir une modélisation de plante réaliste.

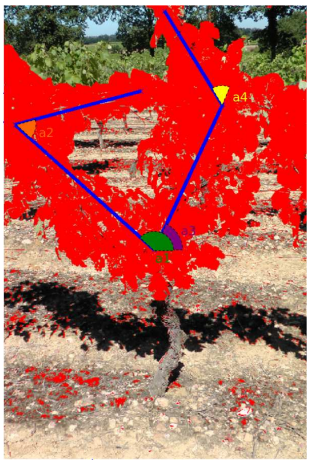


Figure 7: *Calcul de la direction et de la longueur des branches du pied.*

5. Conclusion et Perspectives

5.1. Evaluation et réalisme

Le problème qui se pose maintenant est de savoir si le résultat obtenu est satisfaisant, c'est-à-dire est-il suffisamment proche de la réalité. Pour cela, deux types d'approche peuvent être abordés.

Dans un premier temps, l'évaluation se base sur une analyse qualitative de la reconstruction 3D obtenue. A partir des images du pied de vigne et de la modélisation faite, plusieurs experts évaluent si le modèle est ressemblant à l'image de la plante réelle.

Cependant, cette approche très naïve n'est évidemment pas satisfaisante. Dans des futurs travaux, nous allons donc utiliser une métrique comparant l'image réelle avec la reprojection de la plante modélisée. Il sera alors possible de générer un grand nombre de plantes grâce à notre modèle puis de garder la plante modélisée la plus réaliste au regard de cette métrique [ST01].

5.2. Minimisation de l'interaction

Le but de notre travail est de reconstruire automatiquement une plante dont la géométrie est contrainte et pour laquelle des prises de vues calibrées sont disponible. La chaine de traitement présentée dans cet article est encore incomplète. Les traitements nécessaires pour la densité foliaire seront issus du traitement d'imge ou de géométrie 2D puisque la segmentation est faite dans le plan sur lequel le pied de vigne a été palissé. Par ailleurs, nous souhaitons par la suite pouvoir rendre plus automatique la définition du modèle en formalisant les connaissances à priori [ST01].

© LE2I 2010.

6. Remerciements

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet VINNEO, financé par la République française, l'Europe, les conseils régionaux du Languedoc Roussillon et de Midi Pyrénées, le conseil général du Tarn et Oseo.

References

[BCPG10] BOUDON F., COKELAER T., PRADAL C., GODIN C. : L-py, an open l-systems framework in python. In *6th International Workshop on Functional-Structural Plant Models* (Davis, CA, USA, 2010). 2

[BMG06] BOUDON F., MEYER A., GODIN C. : Survey on computer representations of trees for realistic and efficient rendering. 1

[DL05] DEUSSEN O., LINTERMANN B. : *Digital Design of Nature : Computer Generated Plants and Organics*. Springer-Verlag, 2005. 1

[HZ00] HARTLEY R., ZISSERMAN A. : *Multiple view geometry in computer vision*. Cambridge University Press, New York, NY, USA, 2000. 3, 4, 5

[NFD07] NEUBERT B., FRANKEN T., DEUSSEN O. : Approximate image-based tree-modeling using particle flows. *ACM Transactions on Graphics (Proc. of SIGGRAPH 2007) 26*, 3 (2007). 2

[PHL*09] PALUBICKI W., HOREL K., LONGAY S., RUNIONS A., LANE B., MĚCH R., PRUSINKIEWICZ P. : Self-organizing tree models for image synthesis. 1–10. 2

[PJM94] PRUSINKIEWICZ P., JAMES M., MECH R. : Synthetic topiary. 351–358. 3

[PL90] PRUSINKIEWICZ P., LINDENMAYER A. : *The algorithmic beauty of plants*. Springer Verlag, 1990. 1

[PMKL01] PRUSINKIEWICZ P., MUENDERMANN L., KARWOWSKI R., LANE B. : The use of positional information in the modeling of plants. 289–300. 3

[QTZ*06] QUAN L., TAN P., ZENG G., YUAN L., WANG J., KANG S. B. : Image-based plant modeling. *ACM Trans. Graph. 25*, 3 (2006), 599–604. 2

[QWTY07] QUAN L., WANG J., TAN P., YUAN L. : Image-based modeling by joint segmentation. *Int. J. Comput. Vision 75*, 1 (2007), 135–150. 2

[RMMD04] RECHE-MARTINEZ A., MARTIN I., DRETTAKIS G. : Volumetric reconstruction and interactive rendering of trees from photographs. *ACM Trans. Graph. 23*, 3 (2004), 720–727. 2

[ST01] SLANEY J., THIÉBAUX S. : Blocks world revisited. *Artif. Intell. 125*, 1-2 (2001), 119–153. 5

[TFX*08] TAN P., FANG T., XIAO J., ZHAO P., QUAN L. : Single image tree modeling. 1–7. 2

[TK91] TOMASI C., KANADE T. : Detection and tracking of point features. 4

[WSB02] WILCZKOWIAK M., STURM P., BOYER E. : Calibrage et reconstruction à l'aide de parallélépipèdes et de parallélogrammes. 849–857. 4

[ZZZ06] ZENG J., ZHANG Y., ZHAN S. : 3d tree models reconstruction from a single image. 445–450. 2

© LE2I 2010.