

Article original

Modélisation géométrique d'une bille de bois

I Bindzi, M Samson*, LM Kamoso

*Département des sciences du bois et de la forêt, faculté de foresterie et de géomatique,
université Laval, Sainte-Foy, PQ G1K 7PA, Canada*

(Reçu le 18 mars 1994; accepté le 7 mars 1995)

Résumé — Cet article présente les équations analytiques permettant de reconstituer la forme externe d'une bille de bois à partir de mesures recueillies sur des sections transversales de celle-ci. Ce modèle est différent des modèles homologues basés sur une représentation analytique de la bille en ceci que l'hypothèse de symétrie de la section transversale est relaxée, et que l'acquisition des données sur la forme de la bille pour les besoins du modèle pourrait être faite automatiquement avec la technologie actuellement disponible. Un débit théorique réalisé avec le présent modèle devrait donner une estimation réaliste du rendement-volume des billes en un temps inférieur à ce qu'exigent les modèles discrets courants. Le modèle développé est destiné à être intégré à un logiciel d'optimisation du débit. Il pourra aussi faire partie d'un logiciel de simulation permettant d'étudier la relation entre la qualité des billes et la qualité des sciages qui en sont issus.

forme des billes / modélisation / courbure / excentricité / rendement au sciage

Summary — **Geometric modeling of a sawlog.** *This paper presents a mathematical model developed to reconstruct the external shape of a sawlog based on data collected on selected cross sections of the log. The model differs from previous analytical models in that it allows the representation of eccentric cross sections. Furthermore, input data necessary to define log shape is compatible with that generated by newly developed scanners. The model is intended to be incorporated into computer simulation softwares used to assess the connection between log characteristics and timber quality.*

log shape / modeling / curvature / eccentricity / sawing yield

INTRODUCTION

Le sciage des billes de bois a rapidement évolué depuis les deux dernières décen-

nies, particulièrement dans les domaines de l'informatisation et de l'automatisation. Ces changements sont imposés par les coûts d'approvisionnement des billes et les

* Correspondance et tirés à part

coûts de production des sciages qui ensemble comptent pour une part de plus en plus importante des prix de vente des sciages. La matière première bois et la capacité de production des scieries devraient donc être utilisées efficacement de manière à extraire de chaque bille la valeur optimale en sciages.

Toute informatisation ou automatisation des opérations dans une scierie commence par une acquisition des données relatives à la bille qui sera débitée. Ces données servent alors à caractériser la géométrie externe de la bille et à créer une représentation mathématique de celle-ci. Cette bille est ensuite théoriquement débitée (par des simulations), autant de fois que nécessaire pour déterminer la stratégie de débit donnant le meilleur rendement-volume, en fonction de laquelle les outils de positionnement et de débitage seront ajustés (Todokori, 1988). La réalisation d'un meilleur profit dans l'industrie du sciage est ainsi fortement dépendante du modèle mathématique de représentation de la bille lors du débit théorique. La modélisation géométrique des billes se présente ainsi comme une étape déterminante dans l'automatisation des opérations dans une scierie. L'automatisation exige aussi des simulations en temps réel. Le temps de traitement des données relatives à la bille devrait donc être réduit au minimum. Cette contrainte additionnelle oblige à faire un compromis entre la précision du modèle de représentation mathématique de la bille et la masse de données à traiter.

TRAVAUX ANTÉRIEURS

L'acquisition automatique des données décrivant la géométrie externe des billes est maintenant possible grâce aux récents développements d'appareils de «vision numérique», installés au début de la chaîne de production dans une scierie. Deux méthodes de modélisation de la forme des billes sont en géné-

ral considérées dans la littérature : la «méthode des sections» et la «méthode analytique». La méthode des sections représente une bille à travers une superposition de ses sections transversales (Tsolakides, 1969 ; Todokori, 1988 ; Mongeau et al, 1992 ; Grace, 1993). Un grand nombre de sections est en général nécessaire, ce qui diminue l'efficacité à cause de la grande masse de données à traiter. La méthode analytique essaie de représenter la bille par une ou plusieurs fonctions analytiques représentant des cônes et des cylindres. Elle semble a priori plus avantageuse puisque la masse de données à traiter est moindre.

La méthode analytique s'est jusqu'à présent basée sur une approximation donnée de la bille en cônes, paraboloides, néloïdes ou sur une combinaison de ces formes simples. Certains auteurs choisissent ainsi de représenter la bille par une superposition de troncs de cône, à partir de données mesurées sur les sections extrêmes de la bille, les données nécessaires pour caractériser les troncs de cône intermédiaires étant interpolées à partir de celles mesurées aux extrémités (Leban et Duchanois, 1990). La fidélité de cette forme de modélisation dépend du réalisme de la méthode d'interpolation choisie (polynômes de Lagrange pour Leban et Duchanois, 1990). Au lieu de se baser sur des fonctions d'interpolation quelque peu intuitives, d'autres chercheurs ont mené des études empiriques pour déterminer des formes typiques de billes, afin de pouvoir caractériser ces formes à partir des mesures classiques effectuées sur celles-ci. Demaerschalk et Kozak (1977), de même que McClure et Czaplowski (1986) et Kozak (1988) ont ainsi développé des équations empiriques permettant de connaître la variation du diamètre de la bille en fonction du diamètre à hauteur de poitrine et de la hauteur de la section considérée dans l'arbre, pour proposer des profils typiques de bille. Leurs travaux ont ainsi montré que les formes de billes générale-

ment rencontrées allaient du néloïde (base de la bille de pied), au parabolôïde (portion centrale de la tige) et au cône (pour le sommet de la tige). Airth et Calvert (1973) proposent ainsi un modèle analytique de bille qui utilise les «primitives» ci-dessus.

Tous ces chercheurs ont considéré que les sections transversales sont représentées par des cercles ou des ellipses réguliers (symétriques par rapport au centre de la section) alors que la pratique montre que d'autres cas peuvent se présenter (Shigo, 1986). Pour les modèles analytiques, la complexité de la forme de la section transversale n'a donc pas encore pu être restituée. Les données nécessaires pour reconstituer les billes avec ces méthodes analytiques sont en général acquises manuellement. Aucune étude n'a, à notre connaissance, été menée où l'acquisition des données par capteur et la modélisation analytique de billes furent considérées conjointement. Une telle approche permettrait d'exploiter à la fois les avantages de la vision numérique et de la modélisation par fonctions analytiques.

Le présent article développe des équations analytiques dont les coefficients décrivant la forme externe d'une bille peuvent être soit mesurés manuellement, soit calculés à partir des données que génèrent les capteurs à axes multiples. Les hypothèses de sections transversales régulières sont abandonnées. La section transversale est plutôt représentée comme la réunion de deux demi-coniques (cercle, ellipse) pour prendre en compte autant le méplat (ou ovalité) de la section (rapport des grand axe et petit axe) que son excentricité réelle, c'est-à-dire le cas où le centre géométrique de la section n'est pas un centre de symétrie. L'objectif poursuivi dans la présente recherche est de développer les équations analytiques définissant la forme externe de différents types de billes (courbées ou non), en y intégrant la non-symétrie éventuelle de leurs sections transversales. La présente

contribution se limite cependant aux cas de courbures dans un seul plan.

MODÈLE MATHÉMATIQUE

La bille est représentée par un ensemble de surfaces à génératrices droites et à section asymétrique par rapport au centre de section. La bille réelle est donc subdivisée en billons pouvant être approximés par ces surfaces (que nous appellerons par la suite primitives). Ainsi, pour une bille droite, une unique primitive est suffisante, alors que, pour une bille courbée, plusieurs primitives seront utilisées. Dans ce dernier cas, la discrétisation pourrait être contrôlée par la variation de la pente d'une génératrice de la bille. Une telle condition pourrait être intégrée à un logiciel traitant les données fournies par un capteur à axes multiples. Il est donc permis de croire que n'importe quelle bille pourrait être représentée par une superposition des primitives ci-dessus, sans nécessairement avoir à considérer des parabolôïdes ou des néloïdes (Airth et Calvert, 1973), surfaces qui n'autorisent d'ailleurs pas à contrôler le profil de la bille localement.

Pour approcher le mieux la forme réelle de la bille, il est aussi nécessaire de représenter la section transversale par une fonction analytique adéquate. L'utilisation d'une fonction unique (cercle ou ellipse) ne permet pas en effet de représenter une bille quelconque, comme par exemple celle dont la section se présente comme à la figure 1. La forme de la section transversale présentée à la figure 1 pourrait être due à une excentricité de la moelle (et il y a éventuellement du bois de réaction), ou peut tout simplement représenter la meilleure approximation d'une surface irrégulière. Aussi, dans les situations où la bille est courbée (fig 2), les primitives seront inclinées par rapport à la «verticale» Z d'un certain angle α . Les sections transversales (perpendiculaires à la direction verticale), qui sont les intersections des primi-

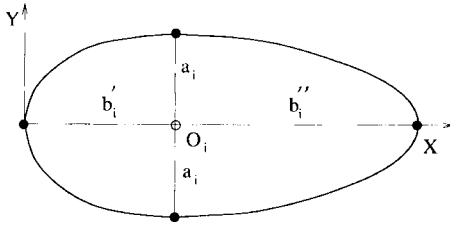


Fig 1. Forme d'une section transversale de la bille modélisée.

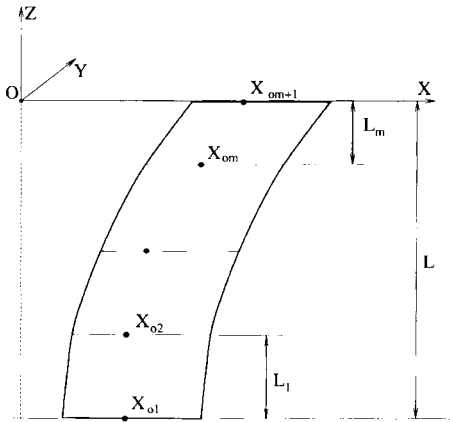


Fig 2. Représentation du référentiel lié à la bille et discrétisation de la bille en billons.

tives avec le plan horizontal, se présenteront alors comme à la figure 1, même si la section réelle de la primitive est un cercle. De telles ovoïdes ne devraient pas être représentées par des ellipses régulières symétriques, mais par deux demi-ellipses.

Nous considérons que pour une bille donnée, telle que schématisée à la figure 2, le lieu des points O_i se trouve dans un même plan fixe XZ. Ceci veut donc dire qu'une bille donnée, si elle est courbée, ne l'est que dans un seul plan. Le modèle ne se limite cependant pas au cas de simple courbure puisqu'un changement de concavité est admis dans ce plan, ce qui permet, par exemple, la représentation d'une bille en forme de S. Nous considérons aussi que le

plan de courbure de la bille est celui contenant un des axes de la section transversale et que le billon est symétrique par rapport à ce plan.

La figure 2 définit la bille de hauteur L que nous discrétisons en m billons de hauteur L_i et montre le référentiel OXYZ tel que le billon situé le plus en bas ait sa section transversale inférieure à la cote $-\sum L_i$ et que la section transversale la plus au-dessus ait une cote nulle. La figure 3 présente le billon i avec les mesures pratiques obtenues à ses deux sections extrêmes grâce par exemple au traitement des données fournies par un capteur à axes multiples. Une primitive sera définie par deux moitiés de tronc de surface régulière (cône ou cylindre), et quatre cas peuvent se présenter :

Cas A : les grandeurs a_i , a_{i+1} , b'_i (b''_i), b'_{i+1} (b''_{i+1}), sont différentes deux à deux ; le billon est alors représenté par la réunion de deux moitiés de troncs de cône.

Cas B : a_i est différent de a_{i+1} , alors que les grandeurs b'_i et b''_{i+1} (ou b''_i et b'_{i+1}) sont égales. Chacune des moitiés de billon est alors définie par une surface intermédiaire entre la moitié de tronc de cône et la moitié de tronc de cylindre.

Cas C : les grandeurs a_i et a_{i+1} sont égales de même que les grandeurs b'_i et b'_{i+1} (ou b''_i et b''_{i+1}), mais a_i est différent de b'_i (ou b''_i). L'une ou l'autre des moitiés de billon est alors représentée par une moitié de cylindre elliptique.

Cas D : les grandeurs b'_i et b''_{i+1} (ou b''_i et b'_{i+1}) sont égales de même que les grandeurs a_i et a_{i+1} , et de plus on a $a_i = b'_i \cos \alpha_i$ (ou $b''_i \cos \alpha_i$) ; l'une ou l'autre des moitiés de billon est alors représentée par une moitié de cylindre circulaire.

Les équations développées ici permettent de décrire la forme externe du billon. Ces équations imposent que les points $A_i, A_{i+1}, \dots, D_i, D_{i+1}$ de la figure 3, qui appartiennent à l'enveloppe du billon réel, appartiennent aussi à l'enveloppe du billon théo-

rique. Le modèle présenté ici suppose connues les grandeurs a_i, b_i, b'_i, X_{0i} ($i = 1, m + 1$) et L_i ($i = 1, m$).

Cas A

La figure 4 schématise l'algorithme de calcul utilisé pour passer des données sur les sections transversales (perpendiculaires à l'axe Z) à celles sur la section réelle perpendiculaire à l'axe Z' du billon. Cette figure montre que le billon a été modélisé comme deux moitiés de billon (identifiés par les indices 0 et 1), qui n'appartiennent pas nécessairement à la même primitive (les sommets S_i^0 et S_i^1 ne coïncident pas).

Nous calculons d'abord, à partir des grandeurs connues, les angles :

$$\alpha_i = \tan^{-1} \left(\frac{X_{0i+1} - X_{0i}}{L_i} \right) \quad [1]$$

$$\beta_i^0 = \tan^{-1} \left(\tan \alpha_i + \frac{b'_i - b'_{i+1}}{L_i} \right) \quad [2]$$

$$\beta_i^1 = \tan^{-1} \left(-\tan \alpha_i + \frac{b''_i - b''_{i+1}}{L_i} \right) \quad [3]$$

En appliquant la loi des sinus au triangle $A_i O_i A'_{i+1}$, on obtient :

$$b_i^0 = b'_i \frac{\cos \beta_i^0}{\cos (\beta_i^0 - \alpha_i)} \quad [4a]$$

de manière analogue pour le triangle $B_i O_i B'_{i+1}$, nous avons :

$$b_i^1 = b''_i \frac{\cos \beta_i^1}{\cos (\alpha_i + \beta_i^1)} \quad [4b]$$

Ces relations sont valables quelles que soient les valeurs algébriques des angles α_i, β_i^0 et β_i^1 . Ces relations permettent de res-

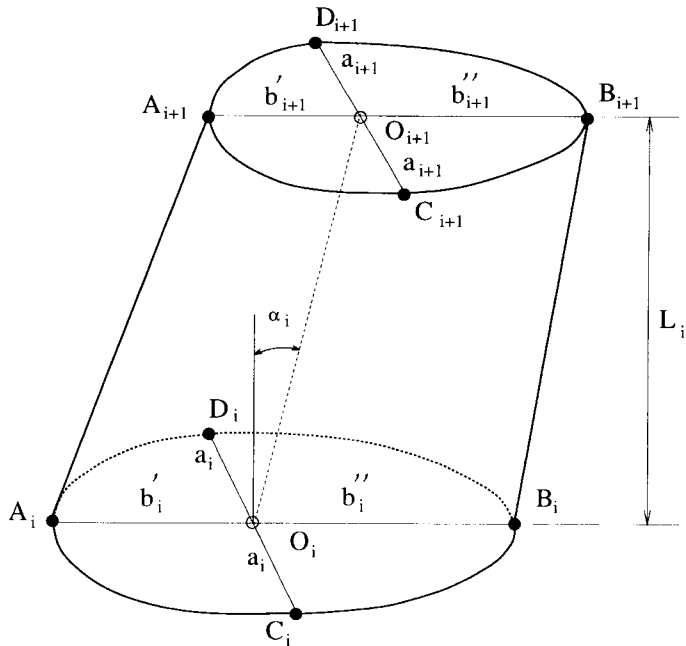


Fig 3. Schématisation d'un billon et présentation des mesures à réaliser dans la pratique.

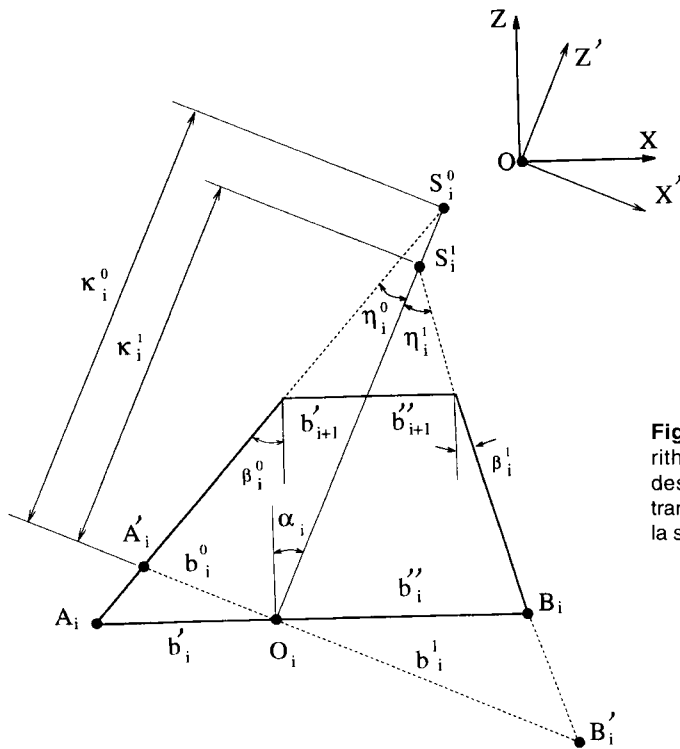


Fig 4. Justification de l'algorithme de calcul pour passer des grandeurs sur la section transversale aux grandeurs sur la section réelle du billon.

pecter le défilement latéral du billon selon l'axe X et de s'assurer que le billon théorique contienne effectivement les points $A_i, A_{i+1}, B_i, B_{i+1}$. Pour obtenir les équations analytiques des primitives, une première étape consiste à étudier les demi-cônes dans leurs repères propres. Les angles au sommet de ces demi-cônes dans le plan XZ sont donnés par :

$$\eta_i^0 = \beta_i^0 - \alpha_i \quad [5a]$$

$$\eta_i^1 = \beta_i^1 + \alpha_i \quad [5b]$$

quels que soient les signes de α_i, β_i^0 et β_i^1 . La valeur du demi-axe selon X en une section réelle quelconque du billon est alors donnée par :

$$b_i^n = Z'^n \tan \eta_i^n \quad (n = 0, 1) \quad [6]$$

avec Z'^n cote de la section dans le repère $S_i^n, X'Y'Z'$ ($n = 0, 1$). Nous avons aussi comme portion des axes des demi-cônes :

$$\kappa_i^n = \frac{b_i^n}{\tan \eta_i^n} \quad [7a]$$

et les projections de ces longueurs sur la verticale et l'horizontale sont :

$$K_i^n = \kappa_i^n \cos \alpha_i \quad [7b]$$

$$D_i^n = \kappa_i^n \sin \alpha_i \quad [7c]$$

Le défilement dans le plan $Y'Z'$ est défini par :

$$\gamma_i = (a_i - a_{i+1}) \frac{\cos \alpha_i}{L_i} \quad [8]$$

Le billon théorique devrait respecter ce défilement pour que son enveloppe contienne effectivement les points $C_j, C_{j+1}, D_j, D_{j+1}$. Le respect de ce défilement par le billon théorique permet aussi d'assurer la continuité dans le plan YZ des billons formant la bille théorique. La valeur du demi-axe selon Y en une section quelconque du billon sera donc :

$$a = a_j - \gamma_j (Z'^n + \kappa_j^n) \quad (n = 0, 1) \quad [9]$$

Dans les référentiels $S_j^n X'Y'Z'$, les demi-troncs de cône ont pour équation paramétrique (équation implicite paramétrique d'un cône dans son repère propre, voir par exemple Mortenson, 1985) :

$$\begin{cases} X' = Z'^n \tan \eta_j^n \cos \theta \\ Y' = [a_j - \gamma_j (Z'^n + \kappa_j^n)] \sin \theta \\ Z' + Z'^n \end{cases} \quad [10]$$

Sachant que le passage du référentiel XYZ au référentiel $X'Y'Z'$ est donné par la transformation $(X'Y'Z')$ est obtenu par rotation de XYZ autour de Y d'un angle α_j :

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha_j & 0 & \sin \alpha_j \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \alpha_j & 0 & \cos \alpha_j \end{bmatrix} \begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} \quad [11]$$

les équations des demi-cônes dans les référentiels $S_j^n XYZ$ deviennent alors :

$$\begin{cases} X = Z'^n (f_j^n + \sin \alpha_j) \\ Y = [a_j - \gamma_j (Z'^n + \kappa_j^n)] \sin \theta \\ Z = Z'^n (\cos \alpha_j - g_j^n) \end{cases} \quad [12]$$

où

$$f_j^n = \tan \eta_j^n \cos \theta \cos \alpha_j \quad [13a]$$

$$g_j^n = \tan \eta_j^n \cos \theta \sin \alpha_j \quad [13b]$$

Pour que les sections terminales du billon soient horizontales (perpendiculaires à la

direction Z), nous introduisons le paramètre t en faisant la transformation :

$$Z'^n (\cos \alpha_j - g_j^n) = t \quad [14]$$

En substituant l'équation 14 dans les équations 12, les équations des demi-cônes dans les référentiels $S_j^n XYZ$ s'écrivent alors sous la forme paramétrique suivante :

$$\begin{cases} X = \frac{t}{\cos \alpha_j - g_j^n} (f_j^n + \sin \alpha_j) \\ Y = [a_j - \gamma_j (\frac{t}{\cos \alpha_j - g_j^n} + \kappa_j^n)] \sin \theta \\ Z = t \end{cases} \quad [15]$$

Or les sommets des demi-cônes sont positionnés dans le repère XYZ par les vecteurs

$$\bar{O}S_j^n = (X_{Oj} + D_j^n, 0, K_j^n - \sum_{j=1}^m L_j) \quad [16]$$

En appliquant la translation de vecteur $\bar{O}S_j^n$ aux équations 15, l'équation finale du billon devient :

$$\begin{cases} X = X_{Oj} + D_j^n + \frac{t}{\cos \alpha_j - g_j^n} (f_j^n + \sin \alpha_j) \\ Y = [a_j - \gamma_j (\frac{t}{\cos \alpha_j - g_j^n} + \kappa_j^n)] \sin \theta \\ Z = t + K_j^n - \sum_{j=1}^m L_j \end{cases} \quad [17]$$

avec, pour délimiter le billon, les conditions suivantes :

$$-K_j^n \leq t \leq -K_j^n + L_j$$

$$-\pi/2 \leq \theta < \pi/2 \text{ pour } n = 1$$

$$\pi/2 \leq \theta < 3\pi/2 \text{ pour } n = 0$$

Cas B, C et D

Les équations ci-dessus présentent alors une singularité (car en effet $\eta_i^n = 0$ et donc $\kappa_i^n \rightarrow \infty$), et ces cas ne peuvent être considérés comme des cas particuliers du cas A. Dans la pratique, nous allons considérer que cette situation se rencontre lorsque le défilement selon X est inférieur à une certaine limite (par exemple 1 mm/m). Nous avons :

$$b_i^0 = b_i' \cos \beta_i^0 \quad [18a]$$

$$b_i^1 = b_i'' \cos \beta_i^1 \quad [18b]$$

Posons :

$$\kappa_i^n = \frac{2L_i}{\cos \alpha_i} \quad [19]$$

Nous avons alors :

$$K_i^n = 2L_i \quad [20a]$$

$$D_i^n = 2L_i \tan \alpha_i \quad [20b]$$

En procédant de manière analogue au cas A, les équations de l'une ou l'autre des moitiés de billon sont alors données sous forme paramétrique par :

$$\left\{ \begin{array}{l} X = X_{oi} + D_i^n + b_i^n \cos \theta \cos \alpha_i \\ \quad + (t + b_i^n \cos \theta \sin \alpha_i) \tan \alpha_i \\ Y = [a_i - \gamma_i \left(\frac{t + b_i^n \cos \theta \sin \alpha_i}{\cos \alpha_i} + \kappa_i^n \right)] \sin \theta \quad [21] \\ Z = t + K_i^n - \sum_{j=i}^m L_j \end{array} \right.$$

avec, pour délimiter le billon, les mêmes conditions qu'à l'équation 17. Nous avons ainsi évité l'instabilité numérique qu'aurait pu engendrer ce cas particulier.

EXEMPLE NUMÉRIQUE

Pour reconstituer une bille donnée à partir du modèle présenté ici, on a besoin de $5m + 4$ données pour les $m + 1$ sections (voir à la figure 3), c'est-à-dire :

– $(m + 1)$ valeurs de a_i, b_i', b_i'', X_{oi} ($i = 1$ à $m + 1$) ;

– m valeurs de L_i .

Nous présentons ci-dessous le modèle géométrique d'une bille réelle d'épicéa noir (*Picea mariana*, bille de pied) de 5 m de longueur présentant à la fois courbure (flèche de 90 mm) et asymétrie de section. En vue de la modéliser, la bille est subdivisée en 6 troncs de longueur $L_1 = L_2 = L_5 = L_6 = 1$ m et $L_3 = L_4 = 0,5$ m. Les mesures ont été prises à la main sur les sections extrêmes de la bille. Les données correspondant aux sections intermédiaires ont été calculées approximativement à partir des mesures sur les sections extrêmes. L'axe de la bille a été associé à une parabole, ce qui a permis de localiser approximativement le centre des sections intermédiaires connaissant la flèche et les centres X_{o1} et $X_{o(m+1)}$. En considérant le repère OXYZ de la figure 2, nous avons (en millimètres) les positions suivantes des centres de section :

$$\begin{array}{llll} X_{o1} = 80 & X_{o2} = 138 & X_{o3} = 166 & X_{o4} = 170 \\ X_{o5} = 166 & X_{o6} = 138 & X_{o7} = 80 & \end{array}$$

Les demi-axes sont pris de la façon suivante :

$$\begin{array}{lll} a_1 = 156 & b_1' = 178 & b_1'' = 162 \\ a_2 = 142 & b_2' = 166 & b_2'' = 150 \\ a_3 = 140 & b_3' = 162 & b_3'' = 146 \\ a_4 = 138 & b_4' = 160 & b_4'' = 144 \\ a_5 = 136 & b_5' = 158 & b_5'' = 142 \\ a_6 = 134 & b_6' = 154 & b_6'' = 140 \\ a_7 = 130 & b_7' = 152 & b_7'' = 138 \end{array}$$

La figure 5 est la reconstruction de la bille à partir du présent modèle. Le pourtour de chaque section est représenté par un polygone à 10 côtés dont les coordonnées des sommets sont calculées à partir des équations correspondantes. Pour obtenir une représentation graphique uniforme de la bille, une section intermédiaire a été ajoutée au milieu des billons de 1 m. Des carreaux de surface cubiques, reliant entre elles les sections, servent à visualiser la surface de la bille. Cette figure montre que la représentation de la bille est libre de discontinuité et assez réaliste, malgré le faible pas de discrétisation utilisé (6 billons pour une bille courbée de longueur 5 m). Le présent exemple est loin de constituer une validation du modèle. Il aura néanmoins servi à exhiber les possibilités qu'offre le modèle à ce stade de son développement.

DISCUSSION

Le présent modèle permet d'approximer diverses formes de sections ainsi que divers profils de billes. De même, ce modèle étant destiné à représenter le volume duquel

seront extraits des sciages, nous ne croyons pas que les simplifications faites à travers nos hypothèses, du fait de leur effet sur le volume réel occupé par la bille, auront une influence marquée sur la forme des sciages qui seront extraits de celle-ci (mauvaise estimation de la flache par exemple). Un débitage théorique réalisé à partir du présent modèle devrait donner une estimation réaliste du rendement-volume des billes en sciages.

Nous reconnaissons cependant que l'impossibilité de prendre en compte les courbures dans deux plans est la principale limitation du présent modèle par rapport à la réalité. Pour lever cette limite, il serait nécessaire de représenter le billon par la réunion de quatre quarts de surface régulière (cône ou cylindre) plutôt que deux demis. Un tel arrangement devrait permettre à la fois d'assurer la continuité de l'enveloppe du billon dans les deux plans tout en respectant la courbure et le défilement dans ces plans.

Il est pertinent de faire remarquer que dans la modélisation de la forme extérieure de la bille, les «boursouflures», qui servent généralement à caractériser la rugosité de la bille (Grace, 1993), ne devraient pas être prises en compte dans une perspective

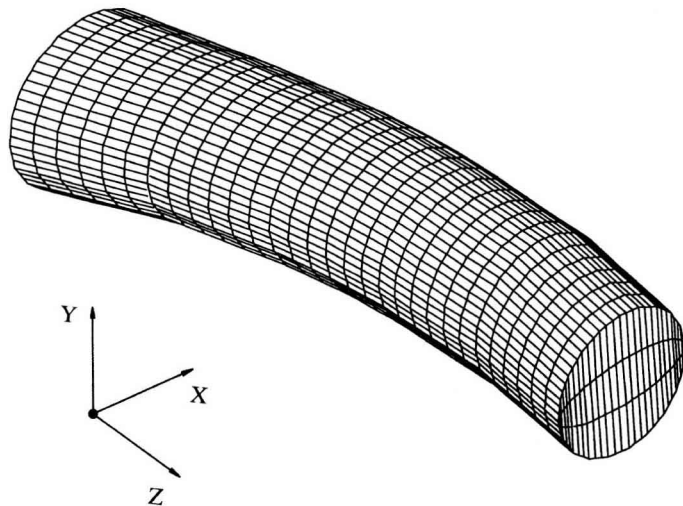


Fig 5. Reconstitution à partir du présent modèle d'une bille réelle courbée dans un plan.

d'optimisation du rendement-volume du débitage de la bille. Elles sont en effet généralement des excroissances des nœuds et doivent être modélisées en tant que telles. Nous n'avons modélisé ici que la bille lisse. Ces excroissances pourraient être prises en compte, si nécessaire, dans un module de modélisation des nœuds.

Un capteur à axes multiples permet de numériser le pourtour d'une section d'une bille. Il est envisageable de concevoir un algorithme d'analyse de ce pourtour qui permette d'identifier des grandeurs assimilables aux demi-axes a_i , b_i' et b_i'' , ainsi que la position du centre O_i de la section mesurée. Plutôt que d'être mesurés à des sections très rapprochées, comme l'exige la représentation par la méthode des sections, les pourtours pourraient être mesurés à un nombre restreint de sections, le lien entre ces sections s'étant assuré par les primitives choisies. La masse de données à traiter étant ainsi plus faible, une réduction est donc à attendre au niveau des temps de traitement. Ceci se traduira par une économie en autant que les rendements calculés avec la présente méthode soient aussi précis, ou encore davantage, que ceux fournis par la méthode des sections. Une comparaison des précisions de ces deux méthodes, faisant intervenir essais et simulations, fera l'objet d'une phase ultérieure du présent programme de recherche. Ce travail servira éventuellement à valider le présent modèle.

CONCLUSION

Le modèle géométrique développé dans cette recherche permet de prendre en compte autant la forme axiale particulière de la bille, avec la seule contrainte que sa courbure éventuelle soit contenue dans un seul plan, que l'éventuelle asymétrie de la section transversale. En plus d'innover en matière de modélisation analytique de la bille de bois, le présent modèle ouvre de nouvelles perspectives dans la représenta-

tion analytique de surfaces complexes. Une bonne représentation de la bille pourrait donc être obtenue sans avoir à collecter un nombre imposant de données, à moins que la bille ait une forme très irrégulière. Le logiciel gérant les données recueillies par un appareil de vision numérique pourrait ainsi être programmé de telle manière que les mesures ne soient faites qu'à des sections transversales données.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, Forêts Canada et le Technical Research Centre of Finland (VTT) pour leurs appuis financiers. Des remerciements particuliers s'adressent à A Usenius de VTT pour ses judicieux conseils.

RÉFÉRENCES

- Airth JM, Calvert W (1973) Computer simulation of log sawing. Information Report OP-X-66, Study number OP-121, Eastern Forest Products Laboratory, Ottawa, ON
- Demaerschalk JP, Kozak A (1977) The whole-bole system: a conditioned dual equation system for precise prediction of tree profiles. *Can J For Res* 7, 488-497
- Grace LA (1993) Exploring the potential of using optical log scanners for predicting lumber grade. *Forest Products Journal* 43, 45-50
- Kozak A (1988) A variable exponent taper equation. *Can J For Res* 18, 1363-1368
- Leban JM, Duchanois G (1990) SIMQUA : un logiciel de simulation de la qualité du bois. *Ann Sci For* 47, 483-493
- McClure J P, Czaplowski RL (1986) Compatible taper equation for Loblolly pine. *Can J For Res* 16, 1272-1277
- Mongeau JP, Beauregard R, Harless TEG (1992) Mathematical log modelling, a study of model accuracy. *Seminar/workshop on scanning technology and image processing on wood*, Skellefteå, Sweden, Aug 30-Sept 1, 7 p
- Mortenson ME (1985) Geometric modeling. John Wiley and Sons Inc, New York, 763 p
- Shigo AL (1986) *A new tree biology*. Shigo and Trees Associates, Durham, NH, États-Unis, 215 p
- Todokori CL (1988) Seesaw: a visual sawing simulator, as developed in version 3.0. *New Zealand J For Sci* 18, 116-123
- Tsolakides JA (1969) A simulation model for log yield study. *Forest Products Journal* 19, 21-26