

MODELISATION GEOMETRIQUE ET OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DANS LES INDUSTRIES DE PREMIERES TRANSFORMATIONS DU BOIS.

R. DANWE, I. BINDZI, L. MEVA'A, B. MBAGNIA

Laboratoire d'Automatique et de Productique, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, BP 8390
YAOUNDE – CAMEROUN, e_mail : rdanwe@yahoo.fr

RESUME :

La perte de matières premières dans les industries de sciage atteint des proportions élevées. Nous posons ici le problème d'optimisation de la production sur la base de la valeur commerciale des débités. Ce problème passe par une connaissance de la géométrie de la bille de bois, des stratégies de débitage et du classement des débités. La classification permet de déterminer la qualité et la quantité de la production, et d'estimer la valeur commerciale de la bille. Le problème d'optimisation posé est abordé dans ce papier. Il s'agit d'un problème d'optimisation dont la fonction objective est non explicite, les variables discrètes et les contraintes non explicites. L'existence de contraintes technologiques peut compliquer la résolution.

ABSTRACT.

The loss of raw materials in the industries of sawing reaches high proportions. We raise here the problem of optimization of the production on the basis of the commercial value of the sold produced. This problem crosses by a knowledge of the geometry of the chunk of wood, strategies of cutting and the classification of the sold. The classification allows to determine the quality and the quantity of the production, and to estimate the value of the grume. The optimization problem is discussed in this paper. It is an optimization problem whose objective function is no explicit, the variable discreet and constraints no explicit. Technological constraint can also complicate the solution.

MOTS-CLES : *Modèle mathématique, débitage, simulation, optimisation*

1. Introduction

Le sciage des billes de bois devient une activité de plus en plus importante ces dernières années. La loi camerounaise N° 94/01 du 20 janvier 1994 portant régime des forêts, de la faune et de la pêche, en son article 71 (1) stipule que les grumes sont transformées par essence à hauteur de 70% de leur production par l'industrie locale pendant une période de 5 ans à compter de la date de promulgation de la présente loi. Passé ce délai, l'exportation des grumes est interdite et la totalité de la production nationale est transformée par l'industrie locale. Ainsi, une exploitation rationnelle des forêts camerounaises s'impose du fait de la première transformation avant exportation. 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. Plusieurs stratégies peuvent être mises en œuvre pour réduire les pertes matières et améliorer le rendement, défini comme le rapport entre la production des débités et le volume total de la bille.

L'automatisation des opérations dans une scierie est d'un apport énorme. Elle 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 géométrique de celle-ci. Le débitage de cette bille est ensuite simulé, autant de fois que nécessaire pour déterminer la meilleure stratégie, en fonction de laquelle les outils de positionnement et de débitage seront ajustés [5]. Une fois la

stratégie de débitage choisie, le classement des débités est effectué. Il est généralement basé sur l'examen des faces des débités pour déterminer la présence éventuelle des défauts.

L'étape ultime dans cette étude consiste à partir du modèle géométrique pour résoudre le problème d'optimisation du débitage en prenant comme fonction objective la valeur maximale des débités. Cette fonction objective dépend des dimensions des débités commerciaux.

2. Modélisation géométrique de la bille de bois

2.1 Introduction

La réalisation d'un meilleur profit dans l'industrie du sciage est fortement dépendante du modèle mathématique de représentation de la bille lors du débitage. L'automatisation exige aussi une prise de décision en temps réel. Le temps de traitement des données relatives à la bille devrait être réduit. Cette contrainte additionnelle impose un compromis entre la précision du modèle et la quantité de données à traiter.

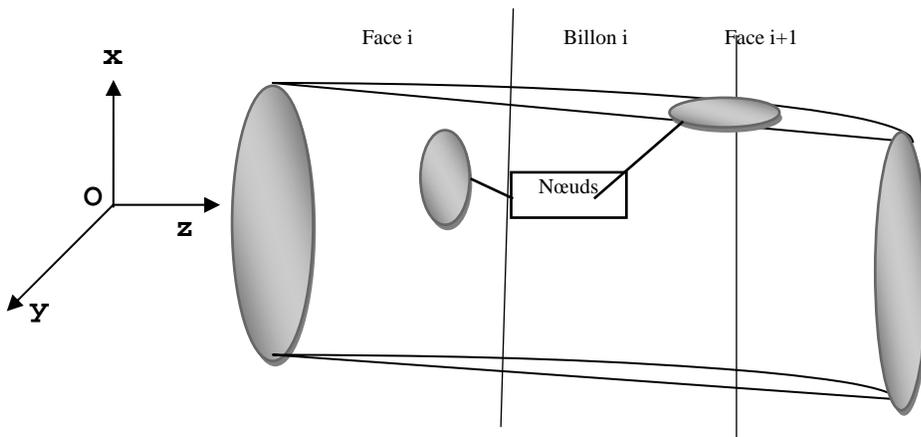


Figure 1 : Bille réelle

Deux méthodes de modélisation de la forme des billes sont en général considérées dans la littérature scientifique :

- la "méthode des sections" qui représente une bille réelle (Figure 1) à travers une superposition de ses sections transversales, et dans ce cas, un grand nombre de sections est alors en général nécessaire.
- la méthode analytique qui permet de représenter la bille par une ou plusieurs fonctions pour caractériser les troncs de cône. La fidélité de cette forme de modélisation dépend de la méthode d'interpolation choisie. Au lieu de se baser sur des fonctions d'interpolation quelque peu intuitives, certains 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 et proposer des profils typiques de bille. Leurs travaux ont montré que les formes de billes généralement rencontrées vont du néloïde (base de la bille de pied), au parabolioïde (portion centrale de la bille), et au cône (pour le sommet de la bille).

Dans la plupart de ces travaux, les sections transversales sont représentées par des cercles ou des ellipses régulières. Pour les modèles analytiques, la complexité de la forme de la section transversale n'a pas encore pu être restituée.

Dans la méthode des sections, la bille est balayée sur toute sa longueur, à intervalles réguliers, pour l'acquisition des coordonnées des points sur le périmètre des sections transversales de la bille. La bille est dans la pratique représentée par un ensemble de sections connectées entre elles par des génératrices droites [5]. La section transversale peut être représentée soit par une surface régulière (ellipse, cercle), soit par un polygone.

Le modèle développé ici [3] utilise des équations analytiques pour la représentation d'une bille dont les données décrivant la forme externe sont compatibles avec celles que génèrent les capteurs à axes multiples. Les hypothèses de section transversales régulières sont abandonnées. La section transversale est plutôt représentée comme la réunion de deux demi – sections coniques pour prendre en compte autant l'ovalité de la section que son excentricité réelle, c'est à dire le cas où le centre géométrique de la section n'est pas un centre de symétrie.

2.2 Modèle mathématique choisi

La bille est représentée par un ensemble de surfaces, à génératrices droites à section circulaire ou elliptique. Elle est subdivisée en billons pouvant être approximés par ces primitives. Ainsi, pour une bille droite, une unique primitive est suffisante, alors que pour une bille courbe plusieurs primitives seront utilisées. La discrétisation pourra être contrôlée par la variation de pente d'une génératrice de la bille. N'importe quelle bille peut être représentée par une superposition des primitives, sans nécessairement avoir à considérer des paraboloides ou des néloïdes, 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 cylindre) ne permet pas en effet de représenter une bille quelconque. Une erreur de représentation peut avoir une influence sur l'évaluation qualitative des sciages qui sont extraits de la bille. La forme de la section transversale présentée pourrait être due à une excentricité de la moelle pour un tronc de bille droit, ou peut tout simplement représenter la meilleure approximation d'une surface irrégulière. Aussi, dans les situations où la bille est courbe, les diverses primitives sont inclinées par rapport à la "verticale" Z, et les sections transversales sont les intersections des primitives avec le plan horizontal. De telles ovoïdes ne devraient pas être représentées par des ellipses régulières, mais par deux demi - ellipses.

2.3 Equations analytiques du modèle et débitage

Le billon paramétré est mis en équations pour obtenir des primitives. Ainsi, dans le repère OXYZ, pour reconstituer une bille donnée à partir du modèle, on a besoin des données suivantes pour les n+1 sections (Figure 2)

- (n+1) pour chacune des valeurs de b'_i , b''_i , X_{oi} , a_i ($i=1$ à $n+1$)
- n valeurs de L_i .

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

extraits les sciages, nous pensons que les simplifications faites à travers nos hypothèses, du fait de leur effet sur le volume réel occupé par la bille, n'auront pas une influence significative sur la forme des sciages qui seront extraits de celle-ci. Une simulation du débitage réalisé sur le présent modèle de bille devrait donner une estimation réaliste du rendement volume des billes.

Il est pertinent de remarquer que dans la modélisation de la forme extérieure de la bille, les boursouffures (qui servent généralement à caractériser la rugosité de la bille), ne devraient pas être prises en compte dans une perspective 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.

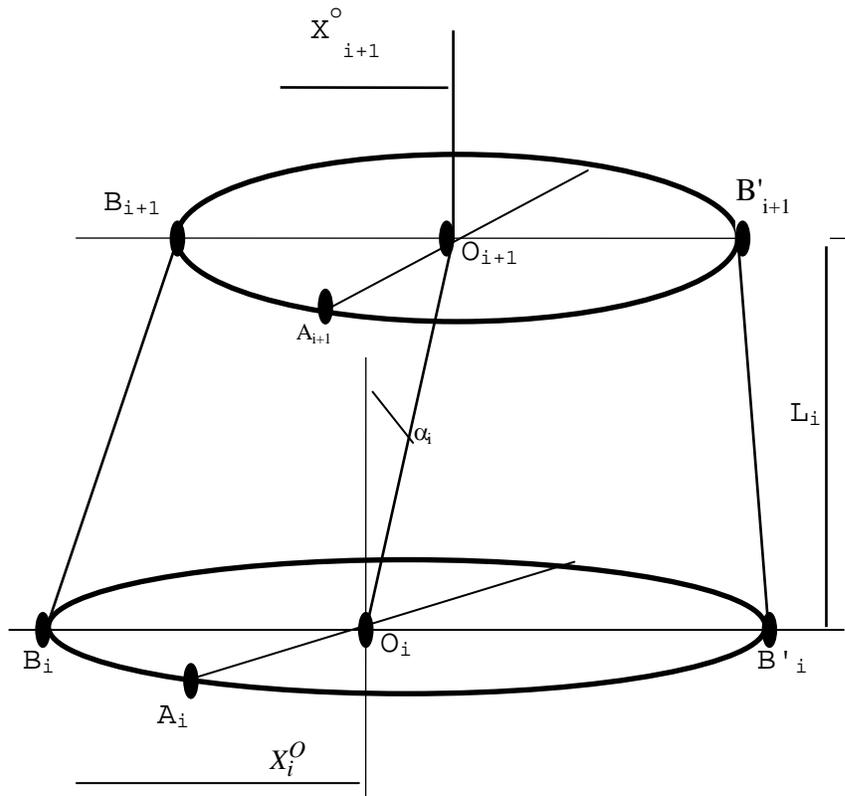


Figure 2 : Paramétrage d'un billon

Le débitage est l'extraction des débités à partir de l'analyse de l'intersection à diverses orientations d'un plan de coupe (modélisant la lame de scie) et la surface terminale de la bille.

3. Optimisation de la production

Plusieurs facteurs influent sur la production dans une scierie : les machines, le personnel, la qualité de matières premières, l'organisation du travail. Dans cet article, nous regarderons uniquement la géométrie et les stratégies de débitage.

3.1 Rendement matières dans les scieries

La qualité des matières premières a une incidence décisive sur la production des débités. En fonction de la forme du billon, une perte de matières peut être due à l'influence du trait, à la

précision, au mode de débit et à l'épaisseur de sciage. Cette perte est également fonction du type d'essence de bois [1].

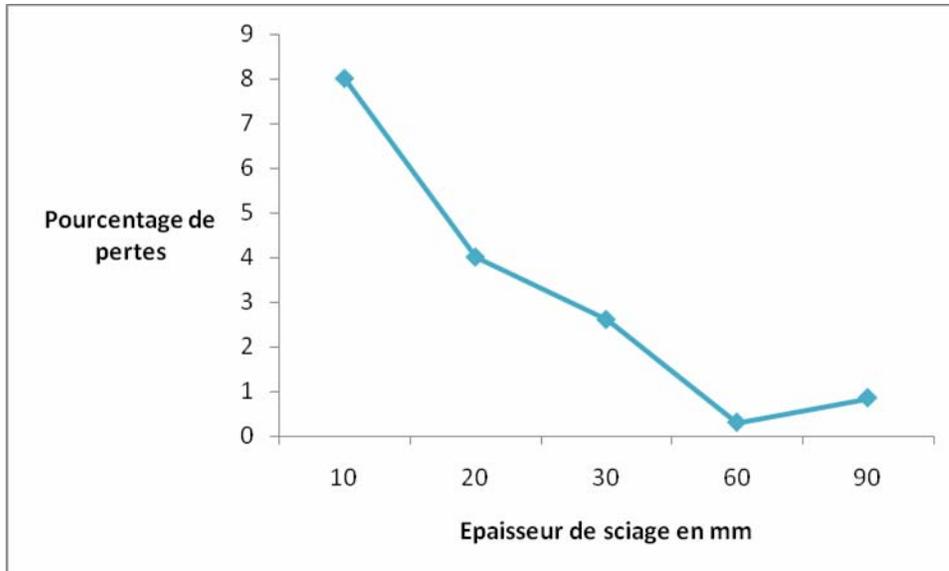


Figure 4 : Pertes de rendement matières en fonction des épaisseurs de sciage

3.2 Optimisation du débitage

Le problème d'optimisation rencontré dans cette étude est présenté. Compte tenu de la nature de ce problème, les méthodes classiques sont utilisées. 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 débitage. Pour simplifier, on peut définir une fonction objective linéaire. Des contraintes existent, et concernent surtout les exigences du marché qui imposent des dimensions standards, et le problème d'optimisation posé est un problème en variables discrètes. Le problème consiste à obtenir à partir d'une bille le maximum de sciage choisi dans un ensemble de dimensions existant sur le marché local. Les dimensions généralement rencontrées dans le marché local sont les suivantes quel que soit l'essence de bois utilisé :

Tableau 1 : Dimensions de certains débités commerciaux sur le marché local

Débité	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Largeur de la section droite (e_{λ_i} en mm)	40	40	60	60	60	80	80	80	100
Hauteur de la section droite (h_{λ_i} en mm)	80	100	120	150	160	200	250	300	300

Cherchant à extraire de chaque bille le maximum de débités commerciaux, on a à résoudre le problème suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Maximiser } S_{\text{TOTAL}} = \sum_{i=1}^{NB} n_{\lambda_i} S_i \quad \text{sous la contrainte :} \\ \sum_{i=1} n_{\lambda_i} s_i - S_{\lambda} \leq 0, \quad \text{avec } S_{\lambda} \text{ la section droite totale de la bille, } s_i \equiv \text{section droite du débité } i \quad (s_i = e_{\lambda_i} l_{\lambda_i}) \\ e_{\lambda_i} \quad \text{et } l_{\lambda_i} \text{ étant les dimensions des débités commerciaux dans le tableau 1.} \end{array} \right.$$

Compte tenu de la nature discrète des variables du problème, les méthodes classiques de la programmation continue ne pourront être satisfaisantes. Les approches de résolution sont de deux ordres : les méthodes approchées et les méthodes exactes basées sur la programmation en variables discrètes.

Le problème simplifié retenu ici s'apparente au problème de couverture [6],[7] ou encore problème de couverture d'ensemble pondéré (Weighted Set Covering Problem). La méthode que nous avons choisie pour résoudre ce problème est un algorithme de Branch & Bound. Les solutions obtenues nous donnent des pertes matières de l'ordre de 10 à 17%, ce qui est très accepté dans les scieries industrielles.

Conclusion

Nous avons utilisé un modèle mathématique permettant la représentation d'une bille de bois. Le présent modèle a franchi un autre pas important dans la modélisation analytique de la bille de bois et ouvre de nouvelles perspectives dans la représentation 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. L'optimisation de la production dans les scieries de premières transformations du bois peut donc être envisagée avec optimisme, tout au moins sur le plan du débitage maximal. Les perspectives ce travail sont la réalisation d'un logiciel d'optimisation des procédés de transformation des billes de bois dans une scierie.

Références

- [1] MAKANGA Simon « Etude de l'optimisation de la production de la grande scierie POKOLA – C.I.B. (CONGO Brazzaville) », Mémoire de Master en valorisation industrielle du bois, CRESA FORET-BOIS, UNIVERSITE DE DSCHANG CAMEROUN, Janvier 2001
- [2] GRACE, L. A. « Exploring the potential of using optical log scanners for predicting lumber grade ». Forest Product Journal 43(10) : PP 45-50, 1993
- [3] BINDZI, I. and SAMSON, M. « A new method of grading lumber for spiral grain », Forest Product Journal 45(2) : PP 63-66, 1993
- [4] American Society for Testing and Materials (ASTM) Standard practice for establishing structural grades and related allowable properties for visually graded lumber. ASTM Standard D 245. ASTM, Philadelphia, PA, USA, 1992
- [5] TODOKORI, C. L. SEESAW : A visual sawing simulator as developed in version 3.0 New Zealand Journal of Forestry Science, 18(1), 116-123, 1988
- [6] Sakarovitch M. Optimisation combinatoire : méthodes mathématiques et algorithmiques. -- Hermann, 1984. 270 p.
- [7] Barr Richard S., Golden Bruce L., Kelly James P., Resende Mauricio G.C. et Stewart William R.. Designing and reporting on computational experiments with heuristic methods. Journal of Heuristics, vol. 1, 1995, pp. 9--32.
- [8] Beasley J.E. An algorithm for set covering problem. European Journal of Operational Research, vol. 31, 1987, pp. 85--93.